

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“ ESTUDIO Y DISEÑO PRELIMINAR DE UNA VIA DE ACCESO DESDE LA VIA PERIMETRAL AL CAMPUS POLITÉCNICO GUSTAVO GALINDO VELASCO PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SECTOR NORESTE ”

TOPICO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del titulo de

INGENIERO CIVIL

Presentada por

SILVIA VELÁSQUEZ SOLÓRZANO.
GEOVANNY NICOLA SALGUERO.
DARWIN ARROYO FLORES.

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2002

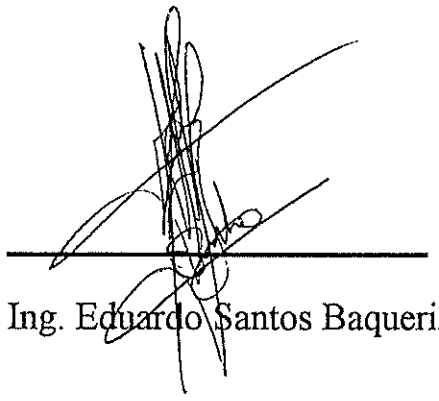
AGRADECIMIENTO

A nuestros profesores que con su desinteresado apoyo nos ayudaron a sacar el proyecto adelante y en especial a nuestro Director Ing. Eduardo Santos B.

DEDICATORIA

A nuestros padres

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

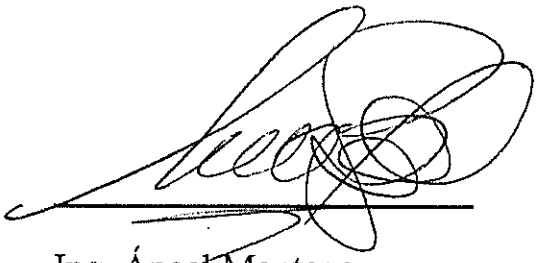


Ing. Ricardo Gallegos Orta

Subdecano de la FICT

Ing. Eduardo Santos Baquerizo

Director Tópico de Graduación



Ing. Miguel Angel Chávez M.

Vocal Tópico de Graduación

Ing. Ángel Montoya

Vocal Tópico de Graduación

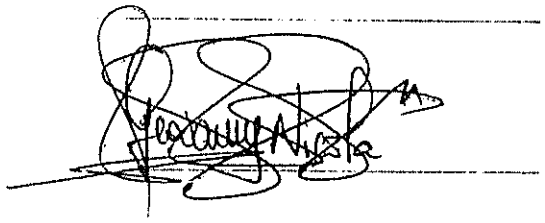
DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente, y, el patrimonio intelectual de la misma, a la

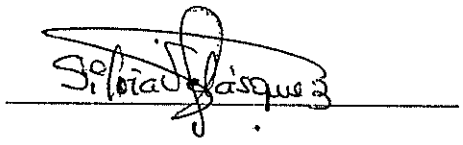
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

Darwin E. Arroyo Flores



Pedro G. Nicola Salguero



Silvia P. Velásquez Solórzano

RESUMEN

El proyecto vial motivo de nuestro estudio se desarrolló en los terrenos del Campus Politécnico en la zona norte junto a los linderos con las invasiones que se han asentado en el sector, de ahí la dificultad que hubo para realizar el trabajo de campo ya que se trabajaba con equipos costosos como teodolitos y niveles electrónicos Leica y la estación total de la FICT, para lo cual se tuvo que contar con el resguardo de la seguridad de la ESPOL, además de que se trabajaba en sectores inhóspitos, sorteando dificultades como la presencia de animales e insectos peligrosos.

Una vez obtenidos los datos de campo como: topografía, tipos de suelo, zonas de vegetación, reconocimiento de cauces importantes, etc., luego se procede a realizar el trabajo de oficina lo concerniente al diseño vial, considerando la parte hidrológica e hidráulica, y los estudios necesarios para la estabilización de los taludes.

Se ha considerado realizar un presupuesto referencial, ya que se trata de un proyecto preliminar que bien puede ser considerado como definitivo porque se deja previsto 3 alternativas diferentes, analizando en una de ellas los problemas que se presentaren en el proceso constructivo.

La ejecución de este proyecto vial serviría de forma eficaz al desarrollo del sector Noreste e implicaría un ahorro de tiempo para los usuarios

provenientes del norte de la ciudad de Guayaquil; por tal motivo se tomó la decisión de realizar los estudios pertinentes para el diseño del mismo, aportando así con mejoras, en este caso viales, a nuestra Institución.

El estudio de rutas comprende la actividad efectuada por el Ingeniero Civil, para escoger de entre varias alternativas, la más favorable. Esta etapa está íntimamente ligada con las características topográficas, hidrológicas y geológicas de la zona en estudio, para lo cual se escogió uno de los tres proyectos presentados en el trabajo final del tópico de graduación, por ser el más conveniente por considerar el menor y mejor movimiento de tierras, la menor longitud posible, el menor número de cauces que interceptan la vía, que llevan al aspecto más importante la ruta más económica realizable.

Una vez escogida la ruta, se procede a ubicar la línea de bandera que reunirá las condiciones necesarias de velocidad y alineamiento, características principales de la vía.

Una vez demarcada dicha línea de gradiente o de bandera, se procederá a realizar el estudio topográfico con el equipo adecuado. La demarcación de dicha línea se hace ubicando banderines visibles que indicarán el área a desbrozar.

Sobre la línea de gradiente se levanta un polígono taquimétrico en el cual se recoge información, aproximadamente cada 50 m, medidos con estadia (mira) y tomando dos lecturas.

Para que el proyecto tenga cota y coordenadas reales, es necesario hacer un arrastre de las coordenadas X, Y, y Z, desde el IGM más cercano que es el que está ubicado junto a la pila del puente del viaducto de la intersección de la Vía Perimetral con la Av. Juan Tanca Marengo.

Como aporte a la Institución se dejan 8 hitos de referencia de hormigón, llamados BM (Base Medida) que se encuentran distribuidos a lo largo del eje de la poligonal de estudio, y servirán para el replanteo de la vía y para trabajos futuros.

De acuerdo del análisis del estudio del tráfico la clase de vía que adopta es del tipo II y de acuerdo a lo observado en campo el tipo de terreno es montañoso.

En el diseño de caminos y carreteras, el alineamiento vertical está íntimamente ligado a la velocidad de diseño, distancia de visibilidad de parada y radio de curvatura; es tan importante como el diseño horizontal, por lo cual un buen diseño amerita la combinación de ambos alineamientos.

En el Proyecto se hace un exhaustivo estudio de las cuencas de drenaje, consiguiendo incluso nuevos planos en el que se abarque toda el área en estudio, de los cuales se obtienen las áreas portantes para el diseño tanto de las alcantarillas como el de las cunetas.

Se debe considerar en todo proyecto vial el estudio de los taludes, para lo cual es necesario saber interpretar lo que se observa en el campo para poder realizar un diseño práctico y con criterio, en nuestro proyecto hemos considerado lo que ocurriría si dos familias de diaclasas interceptan el estrato rocoso, por medio de dos métodos simples verificamos la estabilización del talud de corte asumido según el tipo de material rocoso por donde cruce la vía.

Otro aspecto importante considerado en nuestro estudio se trata de una solución propuesta para enfrentar el problema de la inestabilidad de los suelos altamente expansivos encontrados en la zona del Proyecto CENAE, para lo cual se efectuaron pruebas de laboratorio que dieron resultados manejables, después de realizar un estudio especializado con la ayuda de profesores de esa rama de la FICT.

El haber realizado el estudio vial desde su etapa inicial, como lo es la fase de reconocimiento de campo, la obtención de la topografía basándose en planos existentes que estaban incompletos y el desarrollo del diseño vial considerando todos sus aspectos: Hidráulicos, hidrológicos, geológicos y

geotécnicos, nos dejan una idea clara y precisa de lo que concierne un proyecto vial completo.

Nuestro proyecto está dirigido a remediar uno de los principales problemas que tiene el Campus Politécnico, su acceso, para lo cual se plantea una solución realizada con el mejor criterio vial, aprendido durante el desarrollo del proyecto, el que llevó un año de preparación ardua y constante con la ayuda de nuestro Director y demás profesores del tópico de graduación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN

CAPÍTULO 1

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.- INTRODUCCIÓN 1
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 2
1.3.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO 3
1.4.- SELECCIÓN DE LA RUTA 4
1.5.- LOCALIZACIÓN DE LA RUTA 5
1.6.- EXPLORACIÓN TERRESTRE 5
1.7.- ESTUDIO PRELIMINAR 7
1.8.- RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 8
1.8.1.- Estudio topográfico 8
1.8.2.- Estudio Ambiental 11
1.8.3.- Estudio hidrometeorológicos e hidráulicos 12
1.8.4.- Información sobre uso del suelo 20
1.8.5.- Reconocimiento del área de estudio 20
1.8.6.- Estudio geológico 21
1.8.7.- Estudios geotécnicos 28
1.9.- TRABAJO DE CAMPO PRELIMINAR 33
1.9.1.- Línea de gradiente 33
1.9.2.- Polígono de reconocimiento 34
1.10.- CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO 38
1.10.1.- Actividades del mantenimiento vial rutinario 39

1.10.2.- Herramientas necesarias para el mantenimiento rutinario 41
1.10.3.- Costo del mantenimiento vial rutinario 42

CAPÍTULO 2

TRÁFICO

2.1.- GENERALIDADES 44
2.2.- TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 45
2.3.- FACTORES QUE DEFINEN EL TPDA 46
2.4.- TIPO DE VEHÍCULOS 47
2.5.- AFORO DE TRÁFICO 48
2.6.- ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO 52
2.6.1.- Cuestionario de la encuesta 53
2.6.2.- Resultados de la encuesta 54
2.7.- COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO 55
2.7.1.- Tráfico futuro 55
2.7.2.- Crecimiento normal del tráfico actual 56
2.7.3.- Tráfico proyectado 57
2.7.4.- Tráfico generado 58
2.7.5.- Tráfico por desarrollo 58
2.7.6.- Cálculo del tráfico 59
2.8.- CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁFICO 60

CAPÍTULO 3

DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1.- ANTECEDENTES. 61
3.2.- VELOCIDAD DE DISEÑO 62

3.3.- VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN 63
3.4.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD 64
3.5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA 65
3.6.- EFECTO DE LA GRADIENTE 67
3.7.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE 68
3.8.- PROYECTO HORIZONTAL 69
3.8.1.- Generalidades 69
3.8.2.- Curvas horizontales 71
3.8.3.- Elementos y fórmulas de las curvas horizontales 72
3.8.4.- Peralte 74
3.8.5.- Efecto de la gradiente 75
3.8.6.- Transición del peralte 75
3.8.7.- Curvas de transición 80
3.8.8.- Grado de curvatura 81
3.8.9.- Radio mínimo de curvatura 81
3.8.10.- Sobreancho 84
3.8.11.- Recomendaciones 86
3.9.- PROYECTO VERTICAL 87
3.9.1.- Generalidades 87
3.9.2.- Gradiente longitudinal 88
3.9.3.- Gradientes mínimas 89
3.9.4.- Curvas verticales 90
3.10.- COMBINACIÓN DE ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL 100

CAPÍTULO 4

DRENAJE VIAL

4.1.- GENERALIDADES 103
4.2.- METODOLOGÍA 104
4.3.- SISTEMA DE DRENAJE VIAL 105
4.4.- GRADO DE PROTECCIÓN 107

4.5.- ESTUDIO PRELIMINAR 108
4.6.- MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS 111
4.6.1.- Método directo 115
4.6.2.- Método racional 116
4.6.3.- Método de hidrograma unitario (C:O: Clark) 117
4.6.4.- Método de las relaciones universales 119
4.6.5.- Curvas regionales de gastos 121
4.6.6.- Modelos de simulación hidrológica 121
4.7.- DRENAJE TRANSVERSAL 123
4.7.1.- Hidráulica de canales abiertos 124
4.7.2.- Hidráulica de alcantarillas 125
4.8.- HIDRÁULICA DEL DRENAJE LONGITUDINAL 152

CAPÍTULO 5

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y GEOTECNIA

5.1.- INTRODUCCIÓN 155
5.2.- FACTORES CAUSANTES DE DESLIZAMIENTOS DE TALUDES 156
5.2.1.- Condiciones del terreno 156
5.2.2.- Procesos geomorfológicos 157
5.2.3.- Procesos físicos 158
5.2.4.- Acciones antrópicas 159
5.3.- MÉTODOS PARA DISMINUIR O ELIMINAR EL RIESGO DE FALLAS EN TALUDES 160
5.3.1.- Prevención 161
5.3.2.- Elusión de la amenaza 162
5.3.3.- Controles 163
5.3.4.- Estabilización 164
5.4.- SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES 165
5.4.1.- Modificación topográfica del talud 165

5.4.2.- Recubrimiento de la superficie del talud 168
5.4.3.- Control de agua superficial y subterránea 170
5.4.4.- Estructuras de contención 171
5.4.5.- Mejoramiento del suelo 173
5.5.- COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS 174
5.6.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS 175
5.6.1.- Descarga y contrapeso 175
5.6.2.- Terrazas o bermas intermedias 177
5.6.3.- Subdrenes de zanjas 188
5.6.4.- Drenes horizontales de penetración 193
5.6.5.- Relleno o bermas al pie del deslizamiento 195
5.6.6.- Bermas en el pie del talud 195
5.6.7.- Muros de contención 196
5.6.8.- Anclaje o pernos 199
5.6.9.- Pantalla ancladas 200
5.6.10.- Inyecciones 201
5.6.11.- Estabilización con cemento 204
5.6.12.- Estabilización con cal 206
5.6.13.- Magmaficacion 207
5.6.14.- Congelación del suelo 208
5.7.- ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DEL PROYECTO VIAL 208
5.7.1.- Cálculo de buzamientos aparentes por método analítico 210
5.7.2.- Cálculo de taludes por método gráfico 213
5.7.3.- Conclusiones 214
5.8.- METODOLOGÍA PROPUESTA PARA UNA INVESTIGACIÓN EN SUELOS EXPANSIVOS 215
5.8.1.- Introducción 215
5.8.2.- Mecanismos de expansión 218
5.8.3.- Factores que determinan la expansión 221
5.8.4.- Metodología de ensayos 226
5.8.5.- Tratamiento especial de arcillas expansivas 234
5.8.6.- Daños ocasionados por los suelos expansivos en pavimentos 237

CAPÍTULO 6

PAVIMENTO

6.1.- INTRODUCCIÓN 240
6.2.- DEFINICIÓN DEL PAVIMENTO 242
6.3.- FUNCIONES DEL PAVIMENTO 242
6.4.- CARACTERÍSTICAS 243
6.4.1.- Desde el punto de vista estructural 243
6.4.2.- Desde el punto de vista social 244
6.5.- TIPOS DE PAVIMENTOS 245
6.6.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 247
6.6.1.- La subrasante 248
6.6.2.- La subbase 251
6.6.3.- La base 255
6.6.4.- Imprimación asfáltica 259
6.6.5.- La carpeta de rodadura 260
6.7.- TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES EN UN PAVIMENTO 264
6.7.1.- Esfuerzos en los pavimentos flexibles 264
6.7.2.- Esfuerzos en los pavimentos rígidos 268
6.8.- CARACTERÍSTICAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO 269
6.8.1.- Capacidad de soporte 270
6.8.2.- Valor relativo de soporte (CBR) 270
6.8.3.- Compactación 274
6.8.4.- Potencial expansivo 276
6.8.5.- La fundación del pavimento 279
6.8.6.- El tránsito 280
6.8.7.- El clima 280
6.8.8.- Costos 281
6.9.- DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 281
6.9.1.- Procedimientos 282
6.10.- LOS GEOTEXTILES COMO ELEMENTOS DE

UN PAVIMENTO 287
6.10.1.- Concepto de geotextiles 287
6.10.2.- Funciones del geotextil 287
6.10.3.- Características de los geotextiles 288
6.10.4.- Aplicaciones de los geotextiles 289
6.10.5.- Ejemplos prácticos del uso de geotextiles en el área de pavimentos 290
6.11.- MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL PAVIMENTO 296
6.11.1.- Generalidades 296
6.11.2.- Problemas más frecuentes que se encuentran en los pavimentos flexibles 297

CAPÍTULO 7

MOVIMIENTO DE TIERRAS

7.1.- DEFINICIÓN 303
7.2.- SECCIONES TRANSVERSALES 304
7.2.1.- Secciones transversales típicas 307
7.3.- ÁREA DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES 308
7.4.- CÁLCULO DE VOLÚMENES 310
7.5.- VARIACIONES VOLUMÉTRICAS DE TIERRA 311
7.6.- DIAGRAMA DE MASAS 315
7.6.1.- Propiedades del diagrama de masas 315
7.7.- DISTANCIAS DE ACARREO 316
7.7.1.- Distancias de acarreo libre 317
7.7.2.- Distancias de sobre acarreo 318
7.8.- TRANSPORTE 318

CAPÍTULO 8

RENDIMIENTO DE EQUIPO Y PRESUPUESTO

8.1.- INTRODUCCIÓN 329
8.2.- CONCEPTOS BÁSICOS 330
8.3.- PRECIO UNITARIO 331
8.3.1.- Costos directos 332
8.3.2.- Costos indirectos 338
8.3.3.- Utilidades 346
8.3.4.- Impuestos 347
8.3.5.- Factor de sobrecosto 347
8.3.6.- Costo base de materiales 348
8.4.- CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE LOS EQUIPOS 348
8.5.- ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS 349
8.5.1.- Tiempo de ciclo 349
8.5.2.- Vida económicamente útil 353
8.5.3.- Costos de adquisición, operación y mantenimiento de los equipos 355
8.6.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CAMINERO A UTILIZARSE 369
8.6.1.- Tractores 369
8.6.2.- Cargadores de ruedas 373
8.6.3.- Volquetas 375
8.6.4.- Excavadoras hidráulicas 377
8.6.5.- Motoniveladoras 379
8.6.6.- Mototraíllas 380
8.6.7.- Compactadores 382
8.6.8.- Pavimentadoras de asfalto 384
8.7.- DESCRIPCIÓN DE LOS RUBROS 386
8.7.1.- Desbroce, desbosque y limpieza 386
8.7.2.- Excavación y relleno 387
8.7.3.- Transporte 392
8.7.4.- Mejoramiento de la subrasante 393
8.7.5.- Subbase de agregados 394
8.7.6.- Base de agregados 395

8.7.7.- Riego de imprimación 395
8.7.8.- Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta 396
8.7.9.- Hormigón estructural 397
8.8.- ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS 398
8.9.- CUADRO DE CANTIDADES Y PRECIOS 398
8.10.- CRONOGRAMA VALORADO DE ACTIVIDADES 398

CAPÍTULO 9

IMPACTO AMBIENTAL

9.1.- INTRODUCCIÓN 399
9.2.- ANTECEDENTES 400
9.3.- MARCO LEGAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL ECUADOR 401
9.4.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA 404
9.5.- TRABAJO A REALIZAR 404
9.6.- METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 406
9.6.1.- Matriz de Leopold 407
9.6.2.- Discusión y valoración de los impactos ambientales negativos 409
9.6.3.- Lista de chequeo utilizada en la evaluación 410
9.7.- IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 411
9.7.1.- Medio ambiente físico 412
9.7.2.- Medio ambiente biológico 414
9.7.3.- Medio ambiente social 415
9.8.- MATRIZ DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL 418
9.9.- INFORME FINAL DE CALIFICACIÓN 420
9.10.- MEDIDAS DE MITIGACIÓN 421
9.11.- AUDITORIA AMBIENTAL 424
9.11.1.- Objetivos 424
9.12.- SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL 425

9.13.- RESEÑA DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
Y LA ISO 14000 426
9.14.- CONCLUSIONES 427

CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPÍTULO 1

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.- INTRODUCCIÓN

Nos hemos visto motivados a realizar el diseño de una vía alterna para el Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco, debido a la necesidad emergente que surge por parte de los usuarios, los mismos que demandan la ejecución de otro acceso, por la congestión que se forma al existir un único y ya no tan exclusivo ingreso a dicho Campus, ya que actualmente algunas instituciones particulares tienen su domicilio en el sector.

La ejecución de este proyecto vial serviría de forma eficaz al desarrollo del sector Noreste e implicaría un ahorro de tiempo para los usuarios provenientes del norte de la ciudad de Guayaquil; por tal motivo se tomó la decisión de realizar los estudios pertinentes para el diseño del mismo, aportando así con mejoras, en este caso viales, a nuestra Institución.

Para la realización de este proyecto de graduación se consideró un sector inhabitado, el mismo que demandó estudios minuciosos de topografía, obtención de datos geológicos, parámetros geotécnicos, estudios de suelo y el refuerzo académico de materias de especialización tales como:

Estabilidad de Taludes, Equipo Caminero, Vías de Comunicación II y Diseño de Drenaje Vial.

Este trabajo aportará con parámetros de diseño, para lo cual se considerarán todas las normas de construcción vial, como son: ASSHO, MOP, CORPECUADOR; sin dejar de lado las normas de carácter AMBIENTAL (como se indica en la regulación del ISO 14000). Tales parámetros quedarán como referencia en caso de llevarse a cabo la construcción de la vía.

El desarrollo del trabajo de campo requerido para este proyecto, tuvo una duración de dos meses de esfuerzos y sacrificios, exponiéndonos a todos los riesgos que conllevan el adentrarse a lugares prácticamente inhóspitos; por tratarse de una labor pionera, al no existir ninguna otra propuesta para la creación de esta vía, dejándonos así experiencias que sin duda hoy nos llenan de orgullo y satisfacción.

1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La siguiente propuesta de estudio, tiene como finalidad el diseño preliminar de una vía alterna, que beneficiará principalmente a los habitantes del norte de la ciudad que se dirijan a la ESPOL y usen el viaducto de la avenida

Juan Tanca Marengo, sumándose a ellos los usuarios provenientes del sector industrial de la vía Daule y además promoverá el intercambio de productos agrícolas y pecuarios originarios del Proyecto CENAE manejado por la FIMCP, e impulsará el mejor aprovechamiento de las áreas del sector noreste que se encuentran inhabilitadas del Campus.

Esta vía se enlazará con la vía Perimetral aproximadamente en el Km. 26, desde el interior del Campus a la altura de las edificaciones de los Laboratorios del Ciclo Básico de Ingenierías, contribuyendo de esta manera con un rápido y descongestionado ingreso de vehículos a nuestro establecimiento de Educación Superior.

Este proyecto nace como iniciativa de los estudiantes del Tópico de Graduación y de su director, con el afán de contribuir al desarrollo vial organizado dentro del Campus Politécnico, conociendo de antemano el crecimiento de la población estudiantil y por ende del tráfico vehicular.

1.3.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, parroquia Tarqui, sector “La Prosperina”, entre las coordenadas IGM 9’763.200 N, 615.000 E (Laboratorios del Ciclo Básico de la ESPOL)

y 9’764.500 N, 617.200 E (vía Perimetral, Km 26 aprox.); con un área aproximada de 65 Has en una franja de 200 m.

1.4.- SELECCIÓN DE LA RUTA

El estudio de rutas comprende la actividad efectuada por el Ingeniero Civil, para escoger de entre varias, la más favorable. Esta etapa está íntimamente ligada con las características topográficas, hidrológicas y geológicas de la zona en estudio.

Para esto es importante conocer las características del terreno, basándonos en la clasificación considerada por el MOP:

- ***Terrenos llanos:*** son terrenos con pendientes menores al 3% que presentan algunas elevaciones.
- ***Terrenos Ondulados:*** presentan elevaciones y depresiones más fuertes pero con longitudes largas. Las pendientes están en el orden del 3% al 6%.
- ***Terrenos Montañosos:*** son terrenos que presentan depresiones y elevaciones con pendientes muy fuertes, sin longitudes largas; son bastante irregulares, por lo que se los considera muy abruptos.

1.5.- LOCALIZACIÓN DE LA RUTA

Es la fase del proyecto vial donde se indagan las posibles rutas que servirán para el desempeño de nuestro diseño, recopilando toda la información disponible referente a planos topográficos, mapas, hojas topográficas (IGM), fotografías aéreas, planos restituidos, e información proveniente de organismos estatales como el Ministerio de Obras Públicas (MOP), Municipio, Consejo Provincial, CEDEGE, etc.

De igual manera, serán de gran importancia las encuestas desarrolladas a los moradores de la zona en estudio; para proceder en oficina con el trazado de las rutas más favorables. Luego de esto pasamos a la fase de *la exploración terrestre,* siguiendo las posibles rutas escogidas.

1.6.- EXPLORACIÓN TERRESTRE

Comprende el reconocimiento de la ruta, a fin de establecer longitudes, orientaciones, altitudes, gradientes, puntos importantes, bancos de material y posibles drenajes. A continuación se explica brevemente cada una de las fases de éste recorrido y en algunas de ellas, los equipos a utilizarse:

- ***Longitudes:*** Se realiza el recorrido a pie y con el equipo necesario para esta actividad, estableciendo longitudes con la ayuda de aparatos como el podómetro y el odómetro.
- ***Orientaciones:*** Al mismo tiempo que se miden las longitudes, se toman también los diferentes rumbos y cambios de orientación de acuerdo al recorrido y esto se lo realiza utilizando la brújula.
- ***Altitudes:*** Se realiza por medio de un altímetro cada cierta longitud para determinar la variación de altura, cotas o niveles a lo largo del recorrido.

- ***Gradientes:*** Se mide las variaciones de inclinaciones y pendientes en el sitio de acuerdo al recorrido por medio del clinómetro.

- ***Puntos importantes:*** Consiste en la determinación e identificación de todo detalle importante, tales como cortes demasiados pronunciados, cruce de quebradas, plantaciones y propiedades, etc.

- ***Bancos de material:*** Son los lugares de posibles préstamos o compra de material para relleno, como canteras aledañas.
- ***Posibilidad de drenaje:*** Son zonas conflictivas de inundaciones, debido a la alta pluviosidad, que requerirán de obras de drenaje.



Figura 1.1 ***Observación de estructuras existentes***

1.7.- ESTUDIO PRELIMINAR

Luego de las exploraciones realizadas en las rutas potenciales, y de haber seleccionado la más idónea, se procede a hacer el estudio preliminar de dicha ruta, para lo cual requerimos la topografía del terreno, las características del suelo y el drenaje de la zona, con la colaboración de especialistas en las respectivas áreas.

1.8.- RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

La información que se obtuvo y que detallamos a continuación, proviene de archivos de la FICT y de resultados del estudio del Aprovechamiento Integral del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco.

Las principales vías de acceso a la zona de estudios son:

- La Autopista Perimetral que se encuentra en el lado Este.
- La Carretera Guayaquil – Daule.
- La Carretera Guayaquil – Salinas a la altura de la urbanización Colinas de los Ceibos.

1.8.1.- Estudio Topográfico

En cuanto a la parte topográfica se cuenta con la siguiente información:

- Plano de restitución aerofotogramétrica del Campus, escala 1:2000 con curvas de nivel cada 5 metros.
- Plano de restitución aerofotogramétrica del Campus, escala 1:2000 con curvas de nivel cada metro.
- Plano de Implantación del Parque Tecnológico, escala 1:4000.
- Plano digitalizado de los terrenos del Campus Politécnico.

- Información de coordenadas del punto referencial IGM., bajo el viaducto de la perimetral, junto a la Prosperina.
- Fotografía aérea del Campus en escala 1:6000.
- Levantamiento planimétrico del lindero del Campus Politécnico (Prosperina) escala 1:2500. Agosto 1996.
- Plano del levantamiento altimétrico del área en estudio, con curvas a nivel cada 5 metros en escala 1:4000.

Para el proyecto se realizó un levantamiento topográfico del área en estudio, de aproximadamente 65 Has, en una franja de 200 metros que colinda con el lindero norte del Campus.

En el plano original del Campus, se puede observar el curso general de las quebradas, más no todos los detalles del lado norte que colinda con las invasiones, por lo que se tomaron datos adicionales para complementar dicha información.

El acoplamiento final de la nueva topografía con el plano de restitución existente fue realizado mediante el control de campo de accidentes geográficos naturales, principalmente en las quebradas.

De la información topográfica disponible, se deduce que el Campus "Gustavo Galindo" está conformado por dos cuerpos de terreno separados por la vía Perimetral; con extensiones de 697.7 Has y 15.3 Has, aproximadamente. Antes de la construcción de la vía Perimetral, el predio de la ESPOL era de 720.37 Has. Actualmente el área del Campus Politécnico está distribuida de la siguiente manera:

TABLA 1.1 Distribución de las áreas del Campus Politécnico

Bosques naturales y a reforestar	229.71Has
Matorrales, gramíneas, muy pocos árboles	392.73 Has
Espacios verdes adicionales	3.00 Has
Área utilizada en embalses	8.50 Has
Área para aprovechamiento agrícola	0.00 Has
Edificaciones e infraestructura	53.32 Has
Vías, Poliducto, Perimetral	33.11 Has
Área total del Campus	**720.37 Has**

El Campus Politécnico "Gustavo Galindo Velasco" tiene un dominio topográfico que, en términos generales, se desarrolla desde la cota 30 en el costado este del predio hasta la cota 450 en el lindero oeste, donde se tienen las mayores elevaciones.

La morfología del terreno señala la existencia de 3 dominios de pendiente: un dominio al oeste del Campus con pendientes que varían entre 13 y 14 grados, en el cual sólo existen pequeñas áreas planas; un dominio en el centro del Campus con pendientes que varían entre 3 y 4 grados, en donde se encuentra ubicada la actual infraestructura de la ESPOL; y, un dominio al este del área construida en el que se tienen pendientes de 11.5 a 16 grados, en el cual predominan la mayor cantidad de irregularidades topográficas, constituidas por riscos y quebradas, que conforman el sistema de drenaje de mayor magnitud del Campus, orientado de S-O a N-E.

1.8.2.- Estudio ambiental

En lo referente al estudio ambiental se cuenta con los siguientes documentos que servirán para realizar el estudio de impacto ambiental:

- Proyecto para la "Reforestación de áreas degradadas y conservación del Bosque Protector del Campus Politécnico Gustavo Galindo". ESPOL, Octubre 1998, consultor Leoncio Loján Idrobo.
- Ejecución del Plan de Manejo del Bosque Protector "La Prosperina". ESPOL, 1998, Ing. Edwin Jiménez.
- Estudio de Impacto Ambiental y Manejo Territorial del Campus "Gustavo Galindo Velasco" – Zonificación. ESPOL, Octubre 1997, Ing. Jorge Calle García.

- Plan de Manejo del Bosque Protector de la “Prosperina”. ESPOL, 1998.
- Diagnóstico ambiental de la Cordillera Chongón – Colonche. Fundación Natura - 1997. Incluye Cerro Azul y los Cerros circundantes al Campus Politécnico.
- Estado Actual de la Vegetación Natural en la Cordillera Chongón - Colonche. Universidad de Guayaquil –1991.

1.8.3.- Estudios Hidrometeorológicos e Hidráulicos

1.8.3.1.- Meteorología

Para descubrir el clima de la zona es necesario referirse al ámbito regional y continental, ya que los factores que lo modelan tienen esa característica.

En general, el Ecuador presenta una variación climática difícil de una completa explicación racional en base del nivel actual de conocimiento, por lo que puede ser clasificado como uno de los más complicados del planeta.

Los principales factores que moldean el clima del Ecuador y de los países del pacífico sur, son fenómenos como: El desplazamiento meridional de la Zona de Convergencia Intertropical, el efecto del enfriamiento de la

Corriente de Humbolt, la influencia de la cálida Corriente Ecuatorial de efecto contrario a la anterior, el efecto conocido como fenómeno de El Niño, aparte de la perpetua muralla que constituyen Los Andes.

Según el informe de Hidrología y Meteorología de la Presa Daule - Peripa efectuado por el consorcio TAMS-AHÍ-INTEGRAL, se dice que el clima de la zona donde está ubicado el sitio de estudio, se clasifica como ”Tropical Húmedo y Seco (Sabana) con un invierno único predominante”.

La precipitación media multianual es de 1,150.4 mm, concentrándose el 87% en los cuatro primeros meses del año, lo cual pone de manifiesto lo irregular de su distribución en el tiempo, e induce a tomar medidas para su control y mejor aprovechamiento, mediante la ejecución de proyectos. Cabe señalar también que han ocurrido años con valores extremos, como 1983 donde se registró un valor máximo anual de 4,250.7 mm. coincidente con el fenómeno de El Niño; así como se han registrado años muy secos como 1979 donde se tuvo apenas 413.2 mm.

En cuanto a otros eventos meteorológicos se tiene, para Guayaquil, los siguientes valores anuales:

TABLA 1.2 Otros parámetros meteorológicos

Temperatura máxima	=	35.8 °C
Temperatura media	=	25.0 °C
Temperatura mínima	=	18.5 °C
Evaporación	=	1,207.50 mm
Humedad relativa	=	77.5 %
Heliofanía	=	1,562.5 horas
Nubosidad	=	7 octavos

1.8.3.2.- Precipitación

La precipitación es de vital importancia en la determinación de la disponibilidad del agua, ya sea superficial o subterránea, cuanto más, si se considera, que en esta región es la única fuente de producción de escurrimiento.

De la precipitación, que generalmente se presenta en forma de lluvia, nos interesa conocer, su altura a nivel diario, mensual o anual, según los fines específicos que se persiga. Pero una de las aplicaciones más importantes está relacionada con las características de la lluvia; es decir, con su intensidad, duración y frecuencia.

1.8.3.2.1.- Curvas de Intensidad

Teniendo presente que el objetivo de este trabajo es la determinación de caudales en los sitios de cierre de las sub-cuencas, para diferentes períodos de retorno o frecuencias, y tomando en consideración, como ya se mencionó, que la lluvia es la única fuente de escurrimiento, resulta indispensable este análisis.

El análisis relacionado con la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia, culmina con la obtención de las curvas que llevan dicho nombre, de las que se hablaran en el capítulo 4, para nuestro proyecto se consideran las curvas I-D-F de la estación Guayaquil - DAC, que se considera representativa de la zona en estudio dado su cercanía, conforme ya se estableció anteriormente.

Es preciso señalar que para llegar a la obtención de dichas curvas, es necesario recorrer un largo camino, que se inicia con la recopilación y posterior levantamiento de las fajas pluviográficas de todos los años registrados.

El levantamiento comprende la determinación de la altura de lluvia ocurrida para diferentes intervalos de tiempo que van desde los cinco

minutos hasta las 24 horas. Luego se seleccionan los máximos valores de altura de lluvia para los diferentes intervalos de tiempo. A cada una de las series se aplica una distribución teórica de valores extremos, tal como la Gumbel Tipo I. Esto permite obtener valores máximos de altura de lluvia asociadas con la duración y frecuencia, los que transformados a intensidades proporcionan la información necesaria para la elaboración de tales curvas, mediante un proceso de ajuste gráfico o analítico.

Este proceso se ha cumplido para la serie bastante extensa como es la de la estación Guayaquil - DAC, que incluye el Fenómeno El Niño 1982-1983. Cabe destacar que siendo dicha estación lo suficientemente confiable, así como el análisis efectuado, sus resultados también lo serán.

1.8.3.3.- Escurrimiento

Tratándose de pequeñas sub-cuencas no controladas, no es posible contar con valores registrados de caudales, y aunque los hubiera, siempre es necesario confrontar sus valores con los obtenidos mediante relaciones lluvia - escurrimiento. En consecuencia, en el caso presente, la única forma de obtener gastos o caudales es mediante este último procedimiento.

Disponiendo de la información de intensidades de lluvia para diferentes frecuencias, es posible obtener los caudales correspondientes, bajo el supuesto de que lluvias de una frecuencia dada producirán caudales de la misma frecuencia (no es estrictamente cierto), pero es una práctica usual en la ingeniería, ya que sus resultados son lo suficientemente confiables.

1.8.3.4.- Información Hidrometeoro lógica

Revisando el mapa de ubicación de la Red Nacional de Estaciones Hidrometeoro lógicas del INAMHI, se establece que la única estación meteorológica cercana al sitio en mención es la de Guayaquil DAC, ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar, a unos pocos kilómetros de distancia, por lo que se considera representativa del mismo.

Esta estación posee una muy buena información en cuanto a calidad y a la extensión de su registro que data desde el año 1915, como se indica en el cuadro 1.2, en el que presenta la información de precipitación.

TABLA 1.3 Resumen de datos de precipitación (mm) - Estación 056 Guayaquil DAC

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviem	Diciem	Total
MIN	0	44,5	6,7	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	329,2
MAX	701,3	795,2	830,5	1124	621,7	629,9	292,5	18,2	58,2	89,6	520,7	772	4250,7
MED	225,0	292,0	290,4	193,7	60,8	22,9	6,2	0,7	1,7	3,6	10,5	42,9	1150,4

En cuanto a información hidrométrica, no se cuenta con ninguna, lo cual es explicable por obvias razones, tratándose de sub-cuencas de pequeña extensión y que no revisten mayor interés dentro del ámbito regional.

1.8.3.5.- Sub-cuencas de drenaje

Tomando como base el plano en escala 1:2000 y con curvas de nivel cada 5 metros, que incluye todo el Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco, se procedió a delimitar las principales sub-cuencas de drenaje. Previamente se efectuaron inspecciones in situ tendentes a esclarecer ciertas inquietudes en torno al problema de drenaje.

Es pertinente señalar que los cauces naturales que constituyen el colector principal de cada sub-cuenca, no son relevantes dentro del contexto

regional, por lo que no se conoce que tengan alguna denominación en particular que permita referirse a ellos o a las sub-cuencas que drenan.

Frente a esta situación, se ha optado por darle alguna denominación a cada sub-cuenca, utilizando las primeras letras del alfabeto. De este modo se tienen, en el sentido de oeste a este, las siguientes sub-cuencas: A, B, C, D y E; esta última conformada por dos afluentes relativamente importantes, cuyas sub-cuencas se han denominado E1y E2, más un aporte local denominado E3 (ver Plano Sub-cuencas y Drenajes de la ESPOL).

Debido a que la información que se tenía para el análisis de las Sub-cuencas de drenaje no era completa, ya que no se tenía información (curvas de nivel) en el sector de las invasiones junto al lindero norte de la Espol, fue necesario trabajar con un plano de un levantamiento altimétrico realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, que cuenta con curvas de nivel cada 5 metros a una escala de 1:4000, en el que se trazó las subcuencas de drenaje con las que se trabajó en el proyecto y que se describe en el capítulo de Drenaje Vial.

1.8.4.- Información sobre uso del suelo

Respecto a la información sobre uso del suelo se ha acogido en gran parte a lo expuesto en el documento denominado Plan de Manejo del Bosque Protector, efectuado en 1998 para la Escuela Superior Politécnica de Litoral, aparte de lo que en el desarrollo del presente trabajo se ha podido establecer y cuantificar, específicamente como área desarrollada.

1.8.5.- Reconocimiento del área de estudio

Con ayuda del plano topográfico escala 1:2000, se realizó un recorrido por el área de estudio del Campus "Gustavo Galindo", dando especial énfasis a la observación de materiales y al drenaje natural existente en la zona.

Los primeros resultados de dicho reconocimiento sirvieron para conocer la real ubicación de las corrientes de agua, ya que no estaban definidas las quebradas en su totalidad y se desconocían los sectores de confluencias de los drenajes.

También se detectó la presencia de ciertas fallas constructivas en obras concluidas, como es el caso de alcantarillas, además de la destrucción de muros de contención por un mal manejo del drenaje; paredes del

cerramiento perimetral en el lindero norte, afectadas por fallas del terreno de cimentación y otras deficiencias constructivas que podrían generar nuevos problemas al ecosistema del Campus.

En definitiva, el análisis de la información existente y los primeros trabajos de reconocimiento de campo, en los que se requirió de intensos recorridos y un número considerable de trochas, sirvieron para establecer con mayor precisión las investigaciones que se expresan a continuación.

1.8.6.- Estudio Geológico

1.8.6.1.- Aspectos Generales

1.8.6.1.1.- Fisiografía

El Ecuador Continental está dividido en tres regiones fisiográficas: Litoral o Costa, Cordillera de los Andes compuesta por tres ramales y las tierras bajas de la región oriental. La Región Costera a la que pertenece el área de estudios, se desarrolla desde las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental hasta la línea de costa.

1.8.6.1.2.- Marco Geológico de la región costera

La Región Costera se localiza al Oeste de la Cordillera de los Andes. Está compuesta por una base de rocas basálticas, sobre la cual se han depositado formaciones geológicas de origen marino y posteriormente formaciones recientes de origen sublitoral-continental. Un levantamiento tipo Horst que dio lugar a la formación de la Cordillera Chongón – Colonche, llevando a la superficie rocas basálticas de la Formación Piñón (antiguo piso oceánico) y rocas detríticas de la Formación Cayo.

La Formación Cayo se subdivide de abajo hacia arriba en tres miembros:

- Miembro Calentura.
- Miembro Cayo Sensu Strictu (S.S.)
- Miembro Guayaquil (últimamente definida como formación)

El Miembro Calentura se compone de rocas volcánicas de tamaño variable desde polvo volcánico hasta bloques piroclásticos de gran tamaño.

El Miembro Cayo S.S. es el más representativo de esta formación compuesta por material volcánico y detritos clásticos de origen fluvial.

La Formación Guayaquil está formada por material volcánico de textura muy fina que se depositó en un ambiente acuático y fue enriquecido de sílice dando lugar a lutitas silicificadas en diferente grado hasta llegar a Chert, en este caso con el máximo contenido de sílice.

1.8.6.2.- Geología Local

1.8.6.2.1.- Geomorfología

Geomorfológicamente, el área del Campus presenta tres rangos de relieve claramente diferenciados:

- El primer rango comprende el sector situado a partir de la Perimetral y que cubre unas 200 Has, se caracteriza por varias colinas, algunas de ellas adyacentes y cuyas alturas no superan los 80 metros sobre el nivel del mar, tienen perfiles suaves, con vertientes de baja pendiente, alineadas al rumbo de los estratos de las unidades litológicas existentes.

- El segundo rango se ubica en el sector central del Campus, con colinas alargadas que alcanzan los 180 metros sobre el nivel del mar, y presenta pendientes suaves a ligeramente pronunciadas, debido a la

resistencia mecánica de los estratos rocosos que afloran en dicho sector.

- El tercer rango, comprende el sector Oeste del Campus y se desarrolla desde los 180 hasta los 450 metros sobre el nivel del mar, apreciándose colinas altas con pendientes pronunciadas a muy pronunciadas en cuyas bases se han establecido depósitos coluviales con pendientes ligeramente pronunciadas, formando pequeños encañonados por donde circulan corrientes de agua con saltos hidráulicos.

En estos dominios geomorfológicos, aflora el Miembro Cayo S.S. de la Formación Cayo y la Formación Guayaquil Chert. El depósito coluvial aparece como otra unidad geológica importante.

1.8.6.2.2.- Mapeo Geológico

En el Campus Gustavo Galindo existen diferentes tipos de terrenos que aparecen zonificados en el plano de Contactos Geológicos adjunto en la sección de planos y que se describen como:

a) ***Terrenos rocosos:*** Se considera que las variaciones litológicas o grupos de estratos que se encuentran en el Campus pertenecen a la formación sedimentaria Cayo, de edad cretácica, y son las siguientes:

- Microbrechas, areniscas de grano grueso y lutitas (Miembro cayo SS)
- Areniscas de grano fino, estratos algo silicificados de lutitas y limolitas (transición Miembro Cayo SS y Guayaquil Chert)
- Lutitas muy silicificadas constituyendo chert, areniscas y limolitas bien silicificadas (Miembro Guayaquil Chert)

b) Depósitos de suelo:

- Suelos limo arcillosos con clastos, irregularmente acumulados, suelos coluviales.
- Arcillas negras aluviales.

Partiendo de las cotas más bajas del Campus se puede describir una columna litológica de la siguiente forma:

Sector de la vía Perimetral.- En la base del talud rocoso (cota 40 msnm) se encuentran areniscas de grano fino, estratificados con intercalación de estratos decimétricos de lutitas y también, estratos métricos de microbrecha. Esta unidad litológica está altamente fracturada.

Sector de las primeras doscientas hectáreas.- Situado entre las cotas 50 hasta la cota 80 msnm. Afloran brechas grauwáticas, microbrechas, areniscas microconglomeráticas. Estas rocas están pobremente cementadas por lo que en ciertas condiciones se erosionan.

Sector intermedio del Campus.- Situado entre las cotas 91 a 180 msnm, con secuencias alternantes de brechas grauwáticas, areniscas microconglomeráticas, areniscas de grano medio a fino y también intercalaciones esporádicas de estratos centimétricos de lutitas. Las rocas tienen enriquecimiento de sílice de bajo a medio.

Sector alto del Campus.- Se desarrolla a partir de la cota 180 msnm. Afloran brechas silicificadas color verde azulado, microbrechas, areniscas en estratos centimétricos a decimétricos de grano grueso a medio y bancos potentes de lutitas color verde azulado. En este sector se encuentran pequeñas acumulaciones de zeolita.

Los estratos rocosos, de modo enfático los del miembro geológico Guayaquil Chert, están bien silicificados y son muy resistentes.

Suelos Coluviales.- Son los depósitos acumulados al pie de las pendientes más pronunciadas del Campus, producto de la erosión de las rocas meteorizadas y que se han desplazado por acción de corrientes de agua, por deslizamientos violentos o por deslizamientos lentos o reptaciones. Los materiales constitutivos de esa masa de suelos son muy heterogéneos y se encuentran irregularmente acumulados por lo que son de difícil caracterización.

1.8.6.3.- Geología Estructural

La estructura geológica de todo el Campus constituye un homoclinal. Los estratos tienen un rumbo Noroeste – Sureste. El buzamiento, inclinación perpendicular al rumbo, está dirigido hacia el Sur con una inclinación variable entre 12º y 20º. La estratificación es siempre contraria a la pendiente del terreno.

En el sector estudiado se encuentran fallas transversales a la dirección general de la cordillera.

Existen tres familias de fracturas y son las siguientes:

F1: N 37° E / 84° E

F2: N 66° W / 71° E

F3: N 9° W / 87° E

1.8.7.- Estudios Geotécnicos

Utilizando toda la información obtenida en los el estudio geológico, la hidrología de las subcuencas y la topografía, además de los estudios geotécnicos mediante un gran número de calicatas y también mediante sondeos geofísicos, se efectuó la caracterización y zonificación geotécnica que permitió determinar cuatro tipos de terrenos, que se detallan enseguida, diferenciados por sus propiedades físicas y comportamiento geomecánico.

1. ***TERRENO TIPO "A"***

Constituidos por estratos rocosos de la formación Cayo (Miembro Cayo S.S.), que se encuentran ubicados entre la vía Perimetral y el límite del área construida, en donde predominan las microbrecha y las areniscas de grano grueso, teniéndose también paquetes de estratos de lutitas que se intercalan entre los primeros antes mencionados, las cuales tienen las siguientes propiedades geomecánicas en promedio ponderado:

- **Peso volumétrico seco**, en promedio ponderado 2 Ton/m^3.
- **Peso volumétrico saturado**, en promedio ponderado 2.2 Ton/m^3.
- **Cohesión**, en promedio ponderado 60 Ton/m^2.
- **Angulo de fricción interna**, en promedio ponderado 29°.

En condiciones naturales, el macizo rocoso de esta caracterización tiene un espesor de meteorización que fluctúa entre 0.3 y 1.0 metro de espesor, dando como resultado en las capas superficiales, suelos arcillosos - limo arenosos; y, en algunos sectores, arcillas finas bien plásticas y expansivas (exp.= > 30 ton/m^2).

De acuerdo al mapeo geológico efectuado, se determina que todos los estratos tienen un rumbo Noroeste Sureste y un buzamiento dirigido al Sur del orden de 16°, que es contrario a la pendiente natural del terreno.

En términos generales, la disposición de los estratos favorece la estabilidad de los taludes, pudiendo constituir un macizo rocoso de baja permeabilidad si la dirección del flujo de agua es en sentido opuesto a la dirección del buzamiento y también si en el sector de cierre (en el caso de presas), se encuentran paquetes de estratos de lutitas o limolitas no fracturadas. Es importante señalar que casi todos los sitios de presa encontrados, tienen los

estratos inclinados en dirección aproximadamente opuesta al sentido del cauce.

Los estratos rocosos meteorizados o alterados de este sector (microbrechas, areniscas, limolitas), son excelentes materiales para ser compactados en terraplenes pues fácilmente puede alcanzar un valor en el próctor modificado del 100%.

TERRENO TIPO "B"

Son paquetes de estratos rocosos de la Formación Cayo (Miembro Cayo S.S. y Miembro Guayaquil Chert), ubicados desde el área desarrollada del Campus G. Galindo Velasco hasta los linderos norte y sur del Campus.

En este sector predominan los estratos rocosos silicificados duros de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino; sin embargo, se constata que existe una capa de meteorización que fluctúa entre 0.15 y 0.60 metros de espesor, la misma que ha estado sometida a un proceso de erosión. Esta capa meteorizada tiene en sus capas superficiales arcillas finas que estuvieron estabilizadas cuando existía vegetación natural. La deforestación ha dado lugar a que volúmenes importantes de estos suelos arcillosos hallan sido

erosionados y transportados por el agua hacia las partes más bajas del Campus.

Las propiedades geomecánicas de los estratos rocosos de este sector, son en promedio ponderado, las siguientes:

- **Peso volumétrico seco**, en promedio ponderado 2.2 Ton/m^3.
- **Peso volumétrico saturado**, en promedio ponderado 2.3 Ton/m^3.
- **Cohesión**, en promedio ponderado 120 Ton/m^2.
- **Angulo de fricción interna**, en promedio ponderado 31°.

Los estratos tienen un rumbo Noroeste Sureste y un buzamiento dirigido al Sur de promedialmente 17°, que es contrario a la pendiente natural del terreno.

La disposición de estratos silicificados duros, contraria a la pendiente del terreno ha permitido la formación de riscos y quebradas sub-verticales que son estables.

TERRENO TIPO "C"

Son suelos coluviales depositados mediante la acumulación de materiales sueltos y movilizados en masa por efectos de la erosión y hasta de deslizamientos de tierra.

Se trata de depósitos de suelos con alta heterogeneidad en donde no se puede distinguir capas o depósitos regularmente depositados. Tampoco es posible realizar una caracterización geotécnica porque presentan una gran dispersión de valores en sus propiedades físicas y mecánicas, tales como límites de Atterberg, humedad, capacidad portante, resistencia al corte, permeabilidad, densidad y otros.

TERRENO TIPO "H"

Son las arcillas finas de color negro característico, que se han acumulado en un depósito de más de 25 ha en la parte central del lindero norte de la ESPOL (área ocupada por el CENAE), que es parte de una planicie que se continúa fuera del Campus. El espesor de este depósito arcilloso supera los 4 m. en algunos sectores.

Las arcillas de aquel sitio son plásticas de consistencia rígida, con un LP=25%, IP= 55% en promedios ponderados. Tienen un elevado grado de expansión, su esfuerzo expansivo es de más de 30 Ton/m^2, su peso específico es de un promedio ponderado de 1.68 Ton/m^3. Son suelos prácticamente impermeables en el sitio y también cuando se compactan. Es importante anotar que el núcleo impermeable de la Presa 1 se construyó con las arcillas de este depósito.

También se tienen otras acumulaciones importantes de arcilla en los pequeños valles que se encuentran en la parte Este del Campus, en los terrenos ubicados sobre el área construida, concretamente arriba de la vía de circunvalación que pasa por la administración central, biblioteca e Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas.

1.9.- TRABAJO DE CAMPO PRELIMINAR

1.9.1.- Línea de gradiente

Es la ruta escogida por el Ingeniero Civil en la cual se procede a ubicar la línea de bandera que reunirá las condiciones necesarias de velocidad y alineamiento, características principales de la vía.

Una vez demarcada dicha línea de gradiente o de bandera, se procederá a realizar el estudio topográfico con el equipo adecuado.

La demarcación de dicha línea se hace ubicando banderines visibles que indicarán el área a desbrozar.

1.9.2.- Polígono de reconocimiento

Sobre la línea de gradiente se levanta un polígono taquimétrico en el cual se recoge información, aproximadamente cada 50 m, medidos con estadia (mira) y tomando dos lecturas. Así mismo se revisarán cada 5 Km, los ángulos de la poligonal, por medio de observaciones solares, teniendo un margen de error angular de ± 20" por estación. En caso de existir depresiones o elevaciones en el eje, a distancias menores que 50 m, se tomarán estos puntos, con el fin de detallar más la poligonal.

En toda estación de la poligonal se debe medir el rumbo, tanto atrás como adelante para chequear el ángulo leído del graduado del teodolito; además se analizará la topografía inicial y final del proyecto; partida y llegada de todos los detalles existentes.



Figura 1.2 ***Colocación de estacas para la poligonal de reconocimiento (lindero norte, sector del CENAE)***

Luego de realizar el levantamiento cada 50 m de los puntos del terreno, se calculará la poligonal taquimétrica, diferenciando la altimetría de la planimetría. No debemos olvidar que nunca se encera con respecto al norte magnético, al tratarse de una poligonal abierta.

En la altimetría se calculan las cotas de estaciones y puntos cada 50 m o menos (depresiones o elevaciones); en la planimetría esto se calcula por coordenadas. Con la información obtenida del cálculo total de la poligonal abierta, se la dibuja con todos los detalles iniciales y finales de recorrido.

Como se dijo anteriormente, en el cálculo de coordenadas se obtienen los ángulos con observaciones solares y las distancias con arrastre de coordenadas IGM. En cada una de las estaciones y puntos tomados aproximadamente cada 50 m, se proyectan perpendiculares al eje y en los vértices se lanzan directrices para luego hacer una nivelación con el clinómetro y obtener las cotas del terreno en dirección a éstas, en una franja de 50, 100, 200, 300 m a cada lado. Con ésta información, se calcularán las cotas de los puntos por medio de las obtenidas en el eje y luego se graficarán las llamadas *curvas a nivel*.



Figura 1.3 ***IGM P-PN-15 ubicado en la pila del viaducto de la Prosperina***

Una vez realizado el levantamiento topográfico, se ubican los hitos de referencia (mojones de hormigón) con la información pertinente, los mismos que servirán para replantear el eje de nuestra vía.

Esta información constituirá la base topográfica necesaria para la localización del eje definitivo de la vía en el terreno que va a ser medido con cinta y abscisado cada 20 m aproximadamente, según las inflexiones del terreno, siendo el error lineal (e): 1:2000, 1:3000, 1;5000.

El error angular será igual a ±20 segundos por cada estación y se chequeará con observaciones solares. Luego se realizará la nivelación, comprobando los BM a lo largo del eje definitivo a una distancia prudencial del eje con la finalidad de no perturbar la libre acción del movimiento del equipo caminero que intervendrá en las diferentes etapas del diseño de la vía como son: desbosque y limpieza, desbroce y limpieza, movimiento de tierras, etc.

Las secciones transversales van a ser medidas con nivelación geométrica simple o compuesta, con nivel o distanciómetro, con un error permisible de:

$$e<2\sqrt{K}$$

En caso de ser necesario, se realizará una topografía auxiliar con una longitud de radio de 100 m; se levantarán detalles existentes cerca del eje definitivo, como intersecciones con otra vía, puentes, sembríos, accidentes topográficos, e incluso información detallada donde se construirá una futura alcantarilla o un posible puente.

1.10.- CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

Se realiza la construcción basándose en los datos técnicos del diseño y se procede a realizar las siguientes actividades:

1. Replanteo de los ejes del terreno.
2. Desbosque y limpieza.
3. Replanteo de curvas horizontales.
4. Movimiento de tierra para formar el terraplén al nivel de la subrasante.
5. Ubicación de los laterales para indicar el ancho de la vía.
6. Se procede a colocar las capas del pavimento, habiendo replanteado antes las curvas verticales.
7. Señalización.
8. Mantenimiento de los espaldones y cunetas que no tengan maleza, material pétreo, o cualquier clase de basura que imposibilite el drenaje de las cunetas.

1.10.1.- Actividades del mantenimiento vial rutinario

Como su nombre lo indica, las actividades a realizarse son de rutina, toda labor para prevenir el deterioro de la vía y que se lo realice con herramientas manuales son propias del mantenimiento rutinario.

Entre las actividades más importantes, se pueden mencionar:

- ***Limpieza de Cunetas***.- Dependiendo de las condiciones climáticas, esta actividad se realiza de 1 a 3 veces al año, al inicio del invierno, todas las cunetas deben estar limpias.
- ***Limpieza de Alcantarillas***.- Al igual que las cunetas, también las alcantarillas deben estar completamente limpias al comienzo de una temporada invernal.
- ***Bacheo.-*** Se lo realiza en el momento en que empieza la formación del bache, ya que el deterioro de la vía en este sentido en proporción geométrica, si no se realiza al inicio, es muy difícil en forma manual controlar cuando la vía presenta una cantidad de baches ya formados.
- ***Limpieza de la plataforma.-*** Esta actividad constituye la limpieza de cualquier objeto que pueda significar un obstáculo, por encontrarse sobre la vía, como ramas, palos, piedras, además podrían presentarse pequeños derrumbes con volúmenes no superiores a los 50m3.
- ***Limpieza y desbroce.-*** En zonas de mayor pluviosidad, se requiere de mayor limpieza y desbroce de la vegetación que crece junto a la

vía, pues esto obstaculiza la visibilidad de los conductores, convirtiéndose en un peligro para la moral circulación vehicular.

- ***Zanjas de coronación.-*** En determinados sitios como por ejemplo taludes pronunciados, será necesaria la construcción y el mantenimiento de zanjas de coronación para evitar que el agua provoque derrumbes sobre la vía.
- ***Mantenimiento de obras de arte.-*** Entendiéndose como obras de artes los puentes, pasamanos, muros de contención, señalizaciones, etc. En ciertas zonas es posible construir pequeños muros secos (únicamente piedra) en forma de muros de contención.
- ***Vigilancia.-*** Es necesario que diariamente o al menos dos veces por semana, se realice un recorrido a lo largo de toda la vía, recogiendo información del estado de todos sus componentes, para que en función de esta información se planifique las actividades de la Microempresa de mantenimiento rutinario.
- ***Reforestación.-*** En ciertas zonas es recomendable la reforestación para evitar la erosión o los derrumbes provocados por falta de vegetación.

Éstas son entre otras las principales actividades que se tienen que cumplir en el mantenimiento rutinario, adicionalmente, será obligación de la Microempresa, reportar cualquier requerimiento de mantenimiento emergente a la entidad encargada. Así mismo, la Microempresa podrá

colaborar con actividades comunales, incentivando la organización y el desarrollo de los pueblos aledaños a la vía.

Se puede considerar como actividad de los socios de una Microempresa de mantenimiento vial, todo lo relacionado con su organización, entendiéndose por esto: las asambleas, la planificación de los trabajos, la gestión de los directivos, etc.

1.10.2.- Herramientas necesarias para el mantenimiento rutinario

En vista de que las actividades a desarrollarse son de tipo manual, las herramientas, también son manuales. Entre las más comunes están: Picos, palas, carretillas, barretas, combos, rastrillos, machetes, escaleras, brochas, cinta, baldes.

1.10.2.1.- Implementos de seguridad

Es importante que la Microempresa disponga de un local para oficina, adecuado con todo el mobiliario necesario para el efecto. Así mismo se recomienda que los trabajadores lleven uniformes que los distingan para efecto de seguridad y fiscalización, inclusive el uso de guantes, botas de caucho, gorro o casco, son prioritarios para la seguridad del trabajador.

1.10.3.- Costo del mantenimiento vial rutinario

El costo del mantenimiento vial rutinario varía de acuerdo a la vía; está en función de aspectos como:

- Volumen de tráfico
- Clima
- Calidad del material de mejoramiento utilizado para la capa de rodadura
- Tipo de suelo existente en la zona.
- Disponibilidad de minas de material de mejoramiento.

En nuestro medio no existen datos de rendimientos relacionados con estas actividades y sobre todo en esta modalidad de trabajo.

El costo promedio de mantenimiento rutinario oscila alrededor de los USS 1.000,oo por km y por año, incluido costos indirectos e impuestos. No obstante, con el seguimiento que se de a los primeros proyectos denominados "*pilotos"*, se podrá extraer datos propios para nuestra zona y en el futuro afinar el presupuesto.

Será necesario también considerar el costo que requiere formar una Microempresa, costos que demandan los salarios del equipo promotor y todo lo requerido para el efecto. Este costo está alrededor de los US S 200,oo por Km y por año.

Sumando estos dos valores se tiene un costo total para esta actividad de:

USS 1.200,oo por Kilómetro y por año.

De las experiencias en nuestro medio, cuando se realiza el mantenimiento periódico, luego del primer invierno (aproximadamente a los 6 meses), la vía requiere una reconformación de la capa de rodadura, y cada seis meses será necesario realizar este trabajo si se quiere mantener la vía en buenas condiciones de transitabilidad.

No obstante, a los dos años es necesario nuevamente realizar el mantenimiento periódico debido al desgaste de la capa de rodadura.

CAPITULO 2

TRÁFICO

2.1.- GENERALIDADES

En el diseño de una carretera o un tramo de ella, entre otras informaciones, el tráfico tiene un cierto grado de importancia, con el objeto de compararlo con la capacidad o sea con el volumen máximo de vehículos que una carretera pueda absorber. En consecuencia, el tráfico afecta directamente a las características de diseño geométrico.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), sobre la base de contajes y del tráfico futuro utilizando pronósticos.

El estudio del tráfico, resulta relativamente fácil cuando se trata de mejoramiento de carreteras existentes (rectificación de trazado, ensanchamiento, pavimentación, etc.) o de construcción de carreteras alternas entre puntos ya conectados por vías de comunicación; no así, cuando se trata de zonas poco desarrolladas o actualmente inexplotadas, resultando esta estimación de tráfico difícil e incierta.

Este último caso se presenta con frecuencia en nuestro país, que cuenta con extensas regiones de su territorio total o parcialmente inexplotadas, sin llegar a constituir proyectos aislados, sino que más bien están vinculados con otros proyectos principalmente de infraestructura, tendientes al aprovechamiento de recursos explotados en la zona, tales como proyectos de colonización, agropecuarios, de regadío, energía hidroeléctrica o termoeléctrica, comercialización, etc. Es evidente, en consecuencia, que la demanda futura de tráfico sería resultante de la acción combinada de todos estos proyectos y como tales deberán analizarse.

Para este análisis es conveniente también indicar cifras de estimaciones máximas y mínimas, con el objeto de apreciar la influencia que podrían tener sobre el proyecto las situaciones extremas previsibles.

2.2.- TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

La unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen de tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA.

El TPDA es el número de vehículos que pasan por uno y otro sentido, en un punto determinado del camino, durante las 24 horas del día.

Numéricamente el TPDA es el volumen total anual dividido para el número de días del año.

2.3.- FACTORES QUE DEFINEN EL TPDA

- Número de vehículos en función del tiempo.
- Sectorización.
- Proyecto a la vida útil del camino; no más de 20 años.
- Vehículo de diseño (Transformar una sola carga promedio)

  Ejemplo:

  4 livianos = 1 vehículo de diseño

  1 pesado = 1 vehículo de diseño

  1 doble trailer = 2,5 vehículos de diseño
- Variaciones de volumen de las 24 horas x 365 días.
- Dos sentidos de tráfico.
- Si se trata de una nueva carretera, el tráfico actual será el que suponemos que usaría la misma (según encuestas realizadas) si estuviera en servicio en el presente, y éste sería solo tráfico atraído.
- Si se trata del mejoramiento de la carretera, se supondrá como tráfico actual, el tráfico existente más el tráfico atraído, una vez hechas las mejoras.

2.4.- TIPO DE VEHÍCULOS

Los diferentes tamaños y pesos de los vehículos en cuanto afectan a la operación del tráfico, se pueden agrupar en dos tipos generales:

1. ***Vehículos livianos:*** son aquellos que tienen características de operación semejantes a un automóvil mediano. Incluidos como tales se encuentran los jeeps y station-wagons, las camionetas de dos ejes y aquellos con transmisión en las cuatro ruedas, las camionetas de cajón y camiones livianos de reparto. La capacidad máxima para pasajeros se considera de 9 personas y la carga útil, 910 kilogramos.

2. ***Vehículos pesados:*** forman parte de este tipo de vehículos, todos aquellos que tengan uno o más ejes de doble llanta. La clasificación general de vehículos pesados incluye buses, camiones y auto tractores. En los casos en que haya un porcentaje significativo de remolques o semiremolques, será necesario anotar aparte el número de estos tipos de vehículos.

2.5.- AFORO DE TRÁFICO

Se denomina aforo de tráfico al método de conteo de vehículos con el cual se determina los volúmenes de tráfico reales del flujo vehicular analizado.

El volumen de tráfico puede establecerse por medio de contadores *automáticos* o contadores *manuales*.

Entre los contadores automáticos se encuentran: *los fijos*, que sirven para realizar conteos permanentes y *los portátiles,* para conteos largos. Los contadores automáticos fijos son instalados como estructuras empotradas y pueden ser accionados por células fotoeléctricas, ondas ultrasónicas, entre otras, en las casetas de peaje; produciendo de esta manera conteos a largo plazo y permanentes.

Para el conteo *manual* se requiere de personas que registren la cantidad de vehículos que circulan por el punto de conteo. Esto se realiza en los días y horas de mayor afluencia vehicular, sondeando el número de vehículos cada 15 min.

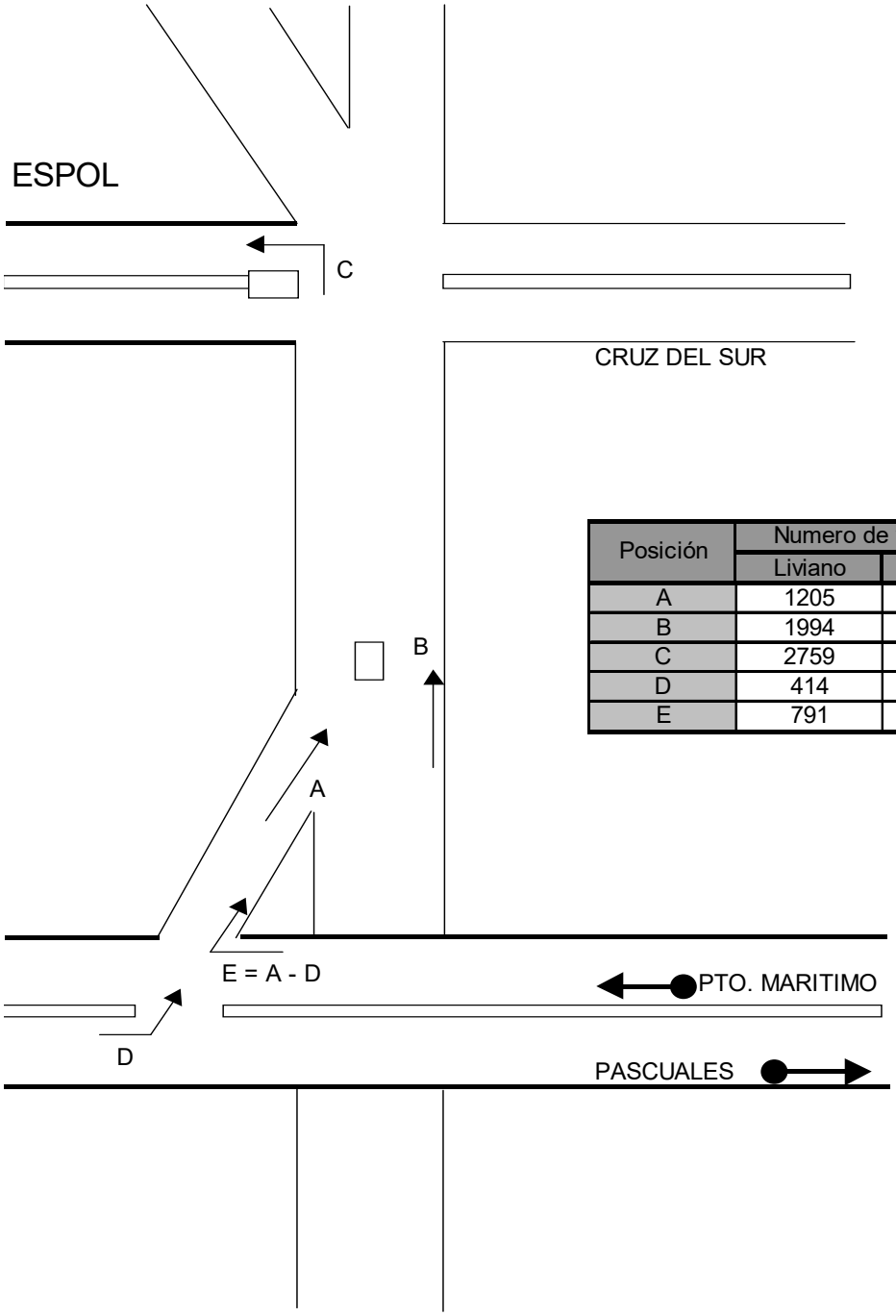
Previo al aforo de tráfico es importante hacer un análisis profundo de la zona de estudio, a fin de determinar los diferentes puntos de afluencia de tráfico y establecer los puestos estratégicos de conteo.

Para la determinación del tráfico de nuestro proyecto se realizó el aforo basado en conteos manuales en los puntos de entrada y salida del flujo vehicular; diferenciando el tipo de vehículo a contabilizar.

Este conteo se lo efectuó en los días y horas más representativas, con el propósito de poder obtener una mejor proyección del tráfico que se beneficiaría con nuestro proyecto.

A continuación se presenta el esquema de los puntos de aforo de tráfico y una tabla con los resultados obtenidos del mismo.

ESQUEMA DE LOS PUNTOS DE AFORO



Posición	Numero de vehiculos	
	Liviano	Pesado
A	1205	58
B	1994	61
C	2759	108
D	414	20
E	791	38

Figura 2.1

TABLA 2.1 Resultados del aforo de tráfico

RESULTADOS DEL AFORO DE TRAFICO

Ubicación Garita ingreso al Campus Politecnico

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	2946	2710	2620	2758,67	689,67
Pesados	105	103	115	107,67	107,67
				TOTAL	797,33

Ubicación en la "Y" . Carros que se dirigen a Garita proveniente de la perimetral

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	1257	1311	1047	1205,00	301,25
Pesados	45	63	67	58,33	58,33
				TOTAL	359,58

Ubicación bajo el puente. Carros que se dirigen a Garita proveniente de Ceibos

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	1985	2046	1953	1994,67	498,67
Pesados	66	60	58	61,33	61,33
				TOTAL	560,00

Ubicación en la "Y" . Carros proveniente de la Perimetral-Sur

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	437	416	389	414,00	103,50
Pesados	18	27	14	19,67	19,67
				TOTAL	123,17

Ubicación en la "Y" . Carros proveniente de la Perimetral-Norte

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	2685	2577	2440	2567,33	641,83
Pesados	96	103	117	105,33	105,33
				TOTAL	747,17

Ubicación Garita salida del Campus Politecnico

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	2362	2177	2199	2246,00	561,50
Pesados	90	91	98	93,00	93,00
				TOTAL	654,50

Ubicación Garita salida del Campus Politecnico

Tipo de Vehiculo	DIAS			Suma Prom.	Vehículo de diseño
	LUNES	MIERCOLES	VIERNES		
Livianos	584	533	421	512,67	128,17
Pesados	15	12	17	14,67	14,67
				TOTAL	142,83

2.6.- ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO

La encuesta de origen y destino se la realiza con el fin de optimizar y obtener el porcentaje real del flujo de vehículos (aforo de tráfico) que utilizarían el proyecto vial.

Existen varios procedimientos para llevar a cabo la encuesta de origen y destino:

- Entrevista a los conductores
- Tarjeta de entrada y salida
- Tarjeta por correo
- Encuesta a domicilio

De estos procedimientos se escogió la entrevista a los conductores, la misma que se realizó en la garita de ingreso al Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco, a fin de conocer por parte de los conductores su lugar de procedencia y el recorrido que realizan para ingresar al Campus. Además, se consultó a los conductores en caso de ejecutarse el nuevo proyecto, si la aceptación sería o no favorable.

2.6.1.- Cuestionario de la encuesta

ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO

FECHA:

HORA:

DESDE: HASTA:

TIPO DE VEHÍCULO:

LIVIANO:_____ FURGONETA:_____ BUS:_____

CUESTIONARIO:

1. ¿De qué sector de la ciudad normalmente viene usted a la ESPOL?

   Norte:_____ Sur:_____

2. ¿Qué vía utiliza para llegar a la ESPOL?

   Perimetral:_____ Av. del Bombero / Ceibos:_____

3. ¿Con qué frecuencia ingresa a la ESPOL?

   En el día:_____veces En la semana:_____veces

   Motivos:

   Estudios:____ Trabajo:_____ Cátedra:_____ Otros:____

4. Si usted viene por la vía Perimetral (sector norte) ¿utiliza el vía ducto?

   Sí:_____ No:_____

5. De construirse este proyecto ¿usted lo utilizaría?

Para ingreso:____de 7 a 12 horas:____de 12 a 17:____de 17 a 22:_____

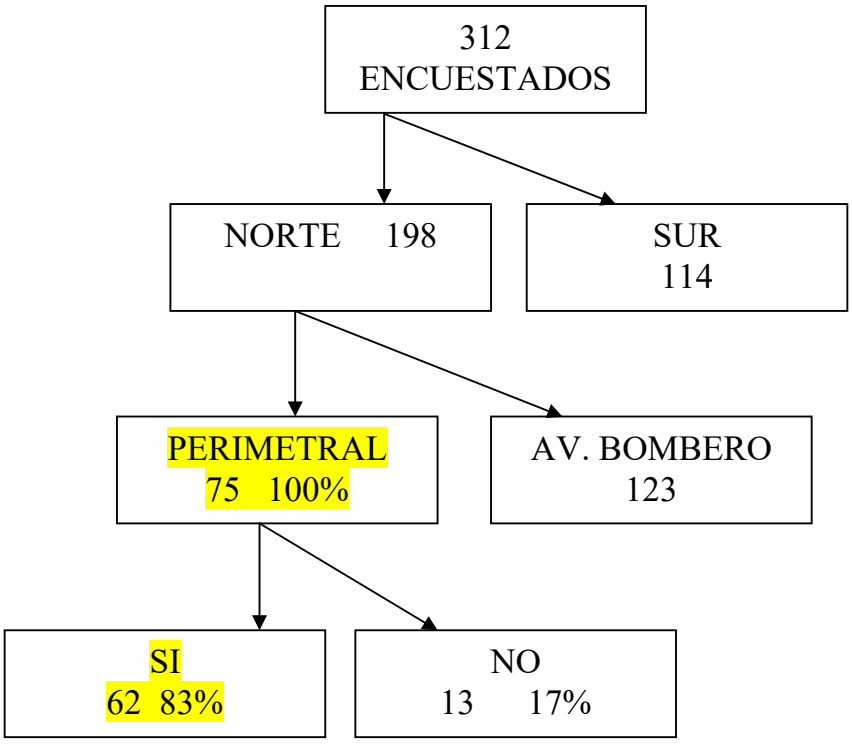
Para salida:_____de 7 a 12 horas:_____de 12 a 17:____de 17 a 22:____

Para ambas:____ de 7 a 12 horas:_____de 12 a 17::____de 17 a 22:____

2.6.2.- Resultados obtenidos de la encuesta

El 83% de los encuestados que ingresaron al Campus Politécnico desde la vía Perimetral dijeron que SI utilizarían el proyecto; lo que representa el 20% de los vehículos que se contabilizaron en el Aforo.

El número de vehículos encuestados fueron 312



Ingresan por perimetral Sector Norte 714.2

Ingresan por perimetral sector norte y usaran el proyecto 592.78

Porcentaje del proyecto dado por la encuesta	20%
Porcentaje del proyecto dado por el aforo	24.9%
Porcentaje del proyecto dado por el aforo y afinado por la encuesta	20.7%
Porcentaje afinado del proyecto	20.3%

2.7.- COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

2.7.1.- Tráfico futuro

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 ó 20 años y el crecimiento previsto incluye el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto.

En nuestro país el crecimiento promedio de vehículos automotores actualmente supera el 5% anual.

2.7.2.- Crecimiento normal del tráfico actual

El tráfico actual es el número de vehículos que circulan sobre una carretera antes de ser mejorada o es aquel volumen que circularía, al presente, en una carretera nueva si ésta estuviera al servicio de los usuarios.

Para el mejoramiento de carreteras, el tráfico actual está compuesto por:

- **Tráfico existente**: o sea aquel que usa la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los contajes, y
- **Tráfico Desviado**: que sería aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros en tiempo, distancia o costo.

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera.

2.7.3.- Tráfico proyectado

Una vez establecida la tasa de crecimiento para el período de estudio, se aplica al tráfico actual, que está expresado en TPDA, la siguiente fórmula:

$$T_p = T_A(1+i)^n$$

en donde:

T_P = Tráfico proyectado

T_A = Tráfico actual (transformado a vehículo de diseño)

i = Tasa de crecimiento vehicular (%)

n = Período de Proyección, expresado en años.

De acuerdo a la información obtenida del aforo de tráfico y de la encuesta de Origen y Destino efectuados en el ingreso al Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco, se calculó un 20.34 % como porcentaje del volumen total del flujo vehicular que utilizarían el proyecto.

2.7.4.- Tráfico generado

Es el que se origina por las novedades que ofrece una nueva carretera a las mejoras en una existente. Es decir, el uso de la carretera por novedad antes que por necesidad; además se estima que éste tráfico se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera.

2.7.5.- Tráfico por desarrollo

Este tráfico se produce por la incorporación de nuevas áreas a la explotación o por el incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera.

Este componente del tráfico futuro, puede continuar incrementándose durante parte o todo el período de estudio. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios.

2.7.6.- Cálculo del tráfico

A	Livianos	1205.00	1036.30		1036.30	259.08	51.82
	Pesados	58.33		52.50	52.50	52.50	10.50
B	Livianos	1994.67	1715.41		1715.41	428.85	85.77
	Pesados	61.33		55.20	55.20	55.20	11.04
C	Livianos	2758.67			2758.67	689.67	137.93
	Pesados	107.67			107.67	107.67	21.53
					Total de vehiculos		318.59

2751.71
107.70

TRAFICO ACTUAL (Ta) 319

Rata de Crecimento (i) 5.0%

Vida útil en años 20

CALCULO DEL TRAFICO PROYECTADO.

$Tp = Ta(1+i)^n$

Tp= 845

CALCULO DEL TRAFICO DESVIADO.

Td=0,20XTp

Td= 169

CALCULO DEL TRAFICO GENERADO.

Tg=0,25XTp

Tg= 211

CALCULO DEL T.P.D.A

Tp+Td+Tg= 1226

2.8.- CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁFICO

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la siguiente clasificación en función del pronóstico de tráfico para un período de 15 ó 20 años:

TABLA 2.2 Clasificación de carreteras según el tráfico

CUADRO DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO (MOP)	
CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO "T.P.D.A."
R-I O R-II	Más de 8000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

- El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 ó 20 años.

Con los datos obtenidos del tráfico, ingresamos a la tabla anterior y determinamos que nuestra vía es de **CLASE II**; con lo cual podemos empezar a realizar nuestro diseño siguiendo las normas de diseño geométrico que se detallan en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 3

DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1.- ANTECEDENTES

Las normas de diseño geométrico actualmente en vigencia, fueron elaboradas por el consorcio TAMS-ASTEC en el año de 1973, inspiradas básicamente en las recomendaciones AASHO (hoy AASHTO), en las cuales se considera en debida forma las condiciones que tiene que ver con la topografía y volúmenes de tráfico prevalecientes en el país.

El propósito de las normas, era el de proporcionar un conjunto de criterios básicos, para ser utilizados en el diseño, facultando la introducción de modificaciones en casos especiales o condiciones particulares, previniendo también que por incremento de los volúmenes de tráfico, cambio en las especificaciones técnicas de los vehículos y mejoramiento de las condiciones económicas del país, sea necesario modificar y corregir estas normas, en la medida que el caso requiera.

Posteriormente en el año de 1986, el consorcio BERGER – PROCTECVIA realizó una revisión de estas normas, a fin de correlacionar con las normas incluidas en el manual de Diseño de Caminos Vecinales, preparados por el

mismo consorcio y mantener una uniformidad de criterios en el diseño de carreteras, y son utilizadas corrientemente en el diseño por el MOP a pesar de no estar legalmente en vigencia. Con ocasión de la elaboración del Plan Maestro de Reconstrucción de la Red Vial afectada por el fenómeno de El Niño, la Consultora Andina COA en 1999, revisó para Corpecuador las normas de Diseño tanto de TAMS-ASTEC como de BERGER-PROTECVIA y elaboró las Normas Interinas de diseño de caminos y puentes, documento que cuenta con capítulos que actualizan los criterios técnicos para el Diseño Geométrico, de drenaje vial de geotecnia en general, de puentes, pavimentos, drenaje vial y estabilidad de taludes, que luego de una revisión detenida por funcionarios del MOP, han sido puestas en vigencia mediante acuerdo Ministerial No 041, publicado en el registro oficial No 71 de fecha 5 de mayo del 2000, aprobándolas y disponiendo se incorporen como parte de las normas y especificaciones vigentes.

3.2.- VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad que correlaciona las características físicas de la carretera, siendo la máxima velocidad constante a la que un vehículo puede circular con seguridad y comodidad a lo largo de una sección de carretera..

La velocidad de diseño se la debe asumir de acuerdo con la clase de terreno y el tipo de carretera a diseñarse. Debe seleccionarse para el tramo de carretera más desfavorable, considerando el radio mínimo de las curvas.

Para un alto grado de seguridad, movilidad y eficiencia, en lo posible, deben adoptarse velocidades de diseño altas.

Para nuestro proyecto la velocidad de diseño es de 80 Km/h, por considerarse terreno montañoso y carretera de clase II.

3.3.- VELOCIDAD DE CIRCULACION

Es la velocidad real de un vehículo en determinada sección de la vía, y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo.

A medida que aumenta el volumen de tráfico la velocidad de circulación disminuye esto es debido a la interferencia creada entre los vehículos. Basados en éste criterio se determina la velocidad promedio de circulación, en los períodos de volúmenes máximos y mínimos, la que compete al diseño y difiere de la velocidad promedio diaria.

La velocidad de circulación asumida en nuestro proyecto es de 71 Km/h, valor con el cual se calculan las distancias de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad para rebasamiento, considerando un volumen de tráfico bajo e intermedio respectivamente.

Para volúmenes de circulación bajos, la velocidad de circulación es igual a:

$Vc = 0.8 * Vd + 6.5$ (TPDA < 1000)

Para volúmenes de circulación intermedios, la velocidad de circulación es igual a:

$Vc = 1.32 * Vd \text{^} 0.89$ (1000 < TPDA < 3000)

donde:

Vc es la velocidad de circulación, expresada en Kilómetros por hora.

Vd es la velocidad de diseño en Kilómetros por hora.

3.4.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD

La capacidad de visibilidad es de mucha importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera.

En la distancia de visibilidad se consideran dos aspectos:

1. La distancia requerida para la parada de un vehículo, sea por restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.

2. La distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

3.5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Es la distancia mínima necesaria para que un vehículo se detenga en una forma segura, cuando ocurre un suceso que amerita la inmediata aplicación de los frenos por parte del conductor. El diseñador debe considerar la distancia de visibilidad en el diseño de curvas horizontales y verticales optando por un valor mayor al mínimo requerido, en tanto en cuanto como sea posible, dando un mayor rango de seguridad.

Esta distancia de visibilidad (d) es igual a: la distancia recorrida (d1) por el vehículo desde el instante en que el conductor divisa un objeto en la carretera, hasta la distancia (d2) de frenaje del vehículo, es decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos.

$$d = d1 + d2$$

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción - reacción será:

$$d1 = 0.7 * Vc$$

empleando Vc = 71 Km/h; se obtiene:

$d1 = 49.7m$

$$d2 = Vc2 / (254 * f)$$

f : coeficiente de fricción entre la llanta y el pavimento, adimensional de donde:

$$f = 10158 / Vc^{0.3}$$

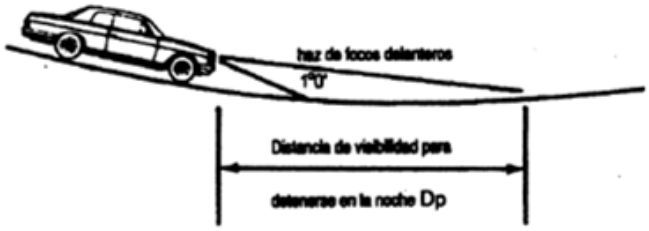
f = 0.32

reemplazando f en la ecuación para d2 se tiene:

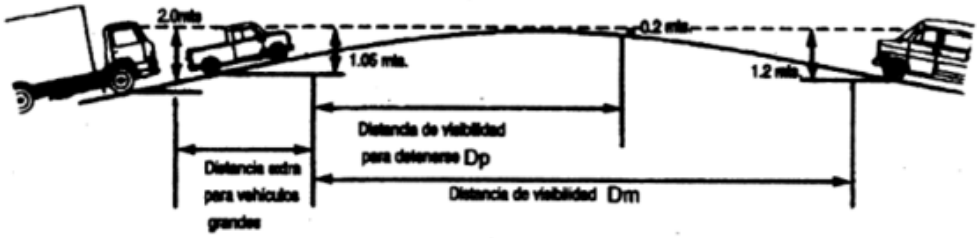
d2 = 62.02 m

d = d1 + d2

d = 111.72 m



Distancia de visibilidad para detenerse en una curva cóncava en la noche.



Distancia de visibilidad para detenerse en una curva convexa

Figura 3.1 ***Distancias de visibilidad***

3.6.- EFECTO DE LA GRADIENTE

Una parte influyente en la distancia de visibilidad de parada de un vehículo, *refiriéndonos a la distancia de frenaje*, son las gradientes. En este caso, podemos expresar la mencionada distancia con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{Vc2}{254(f \pm G)}$$

en donde: G es el tanto por ciento de la gradiente dividido para 100 con el signo correspondiente.

3.7.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE

Es la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que circula en su mismo carril a menor velocidad, sin peligro de colisión con otro que pueda circular en sentido contrario. Dicha distancia está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:

- d1 = distancia recorrida por un vehículo rebasante en el tiempo de percepción reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.
- d2 = distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo que ocupa el carril izquierdo.
- d3 = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras use el carril izquierdo; es decir 2/3 de d2. Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

- d4 = distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra.

Es decir, la distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo es igual a:

$$dr = d1 + d2 + d3 + d4$$

3.8.- PROYECTO HORIZONTAL

3.8.1.- Generalidades

Para tener un diseño balanceado, es necesario que todos los elementos geométricos, en cuanto sea económicamente factible, provean de seguridad dentro de las condiciones generales de la carretera basándose en la velocidad de diseño.

En el diseño de curvas horizontales se hace necesario establecer la relación entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como la relación íntima con el peralte de las curvas.

Existen ciertas normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura; entre ellas se puede enumerar las siguientes:

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto, la cual deberá tener preferencia.
2. Es fundamental proyectar un alineamiento horizontal coordinado con el perfil vertical, dando así facilidad en la operación de los vehículos, además proveer un alineamiento estéticamente agradable que vaya de acuerdo con la configuración del terreno.
3. Debe considerarse la distancia de visibilidad en todos los casos.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapte al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
5. Para una velocidad de diseño dada, debe en lo posible evitarse el uso del radio mínimo permisible, dejando el radio mínimo para las condiciones más críticas.
6. Debe procurarse un alineamiento uniforme sin quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o el paso repentino de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.

7. En terraplenes altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura.

8. En terreno abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas; en terreno difícil puede ser necesario usarlas pero siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5.

9. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, aunque en terreno difícil es preferible proyectar curvas inversas seguidas de radios suficientemente amplios para permitir una transición adecuada en vez de introducir una tangente intermedia entre curvas cerradas.

10. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 metros.

3.8.2.- Curvas horizontales

Las tangentes del alineamiento horizontal son enlazadas por curvas horizontales, las mismas que pueden ser derechas o izquierdas, según el sentido dado al abscisaje del eje de la vía.

Estas curvas horizontales son segmentos de circunferencias, elipses o parábolas y pueden tener condiciones adicionales que determinen si son curvas simples, reversas, compuestas o espirales y curvas de transición.

3.8.3.- Elementos y fórmulas de las curvas circulares

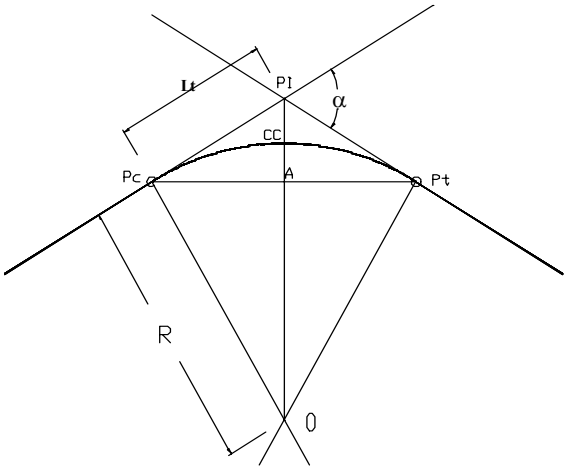


Figura 3.2 ***Elementos de las curvas circulares horizontales***

Los elementos de las curvas circulares horizontales son:

PI = punto de intersección entre las tangentes

α = ángulo de deflexión de la curva

R = radio de la curva

P_C = punto común entre la tangente y la curva, llamado "principio de curva"

P_T = punto de terminación de la curva

E = external de la curva. Segmento PI – CC

$$E = R (\sec \alpha/2 - 1)$$

F = flecha de la curva. Segmento CC – A

$$F = R (1 - \cos \alpha/2)$$

T = tangente de la curva. Segmento P_C – PI y PI- P_T

$$T = R * \tan \alpha/2$$

Lc = longitud de la curva. Arco P_C - P_T

$$Lc = R * \pi \alpha / 180$$

C_L = cuerda larga. Segmento PC – PT

$$C_L = 2R * \text{sen } \alpha/2$$

Cc = punto medio del arco circular

TABLA 3.1 Elementos de las curvas horizontales

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS HORIZONTALES									
Curva	Ang. Grados	α	α/2	E	R	T	F	C_L	Lc
0	7,69	0,134	0,067	0,27	120,00	8,05	0,27	16,07	16,08
1	135,70	2,368	1,184	13,23	8,01	19,67	4,99	14,84	18,97
2	20,30	0,354	0,177	6,00	377,38	67,56	5,91	133,01	133,71
3	45,67	0,797	0,399	35,00	411,58	173,31	32,26	319,45	328,07
4	10,70	0,187	0,093	3,00	685,66	64,21	2,99	127,86	128,05
5	3,94	0,069	0,034	1,00	1690,94	58,16	1,00	116,26	116,28
6	8,26	0,144	0,072	3,00	1152,28	83,20	2,99	165,97	166,12
7	85,53	1,493	0,746	21,73	60,00	55,49	15,95	81,48	89,57
8	94,47	1,649	0,824	28,37	60,00	64,87	19,26	88,10	98,93

3.8.4.- Peralte

Es la inclinación transversal que se le da a la calzada para reducir los efectos de la fuerza centrífuga y asegurar que los usuarios circulen con comodidad y seguridad dentro de las curvas horizontales. Su valor se determina utilizando la ecuación:

$$e = \frac{0.0044V2}{R}$$

El valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos, ya que esto podría provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad.

Para vías de dos carriles, se recomienda un peralte máximo del 10% (0,10) para carreteras y caminos con capa de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h.

3.8.5.- Efecto de la gradiente

En las carreteras de gradiente prolongadas y empinadas los conductores tienden a circular más rápidamente en las bajadas que en las subidas. Al hacer un diseño refinado podrían introducirse ajustes al peralte, asumiendo una mayor velocidad para el caso de gradientes cuesta abajo y una menor velocidad para el caso de gradientes cuesta arriba; sin embargo, para carreteras de 2 carriles es lógico y práctico hacer un reajuste único al peralte para el tramo de carretera, basándose en la velocidad cuesta abajo.

3.8.6.- Transición del peralte

Luego de calculado el peralte, habrá que alcanzarlo gradualmente, es decir, pasar paulatinamente de una sección en recta con cierta inclinación transversal (bombeo) hasta otra sección en la curva cuya inclinación es el peralte.

Para conseguir este cambio, se necesita una longitud (L) de desarrollo del peralte; el mismo que puede realizarse mediante 3 métodos:

1. Haciendo girar la calzada alrededor del eje.
2. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior.
3. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

En curvas circulares, la longitud de transición del peralte se distribuye 1/3 en la curva y 2/3 en la tangente. En curvas con espirales el peralte se lo desarrolla a todo lo largo de la longitud de la espiral.

El valor de la longitud de transición del peralte (L), está en función de (i) por lo siguiente:

$$Lt = \frac{e * a}{2i}$$

donde:

L_T = longitud de la transición

e = valor del peralte

a = ancho de la calzada

i = gradiente longitudinal

Para encontrar el valor de x, podemos establecer la siguiente relación:

$$Lp = \frac{PL}{e} = \frac{Pa}{2i}$$

donde L_P es la longitud del bombeo

La longitud mínima para el desarrollo del peralte, es la que corresponde a la distancia recorrida por un vehículo en el tiempo de dos segundos, a la velocidad de diseño, es decir:

$$L_{mín} = 0.56\ Vd_{kph}$$

Siguiendo con lo estipulado por el MOP, en la tabla siguiente se presentan los valores considerados en nuestro proyecto para el cálculo del desarrollo del peralte:

TABLA 3.2 Elementos de diseño para la transición del peralte

Normas del MOP	**Valor**
e (peralte máximo)	10 %
a (ancho de la calzada)	7.30 m
b (bombeo de la calzada)	2 %
i (gradiente longitudinal, para Vd = 80 Km/h)	0.50 %
Lt (longitud de transición)	73 m
x ó Lp (longitud del peralte)	14.60 m

Con los datos obtenidos de los elementos de diseño, calculamos el desarrollo del peralte en las curvas que lo requieren. Para nuestro caso no fue necesario calcularlo en las curvas 0, 1 y 8, por tener longitudes de curva muy cortas.

A continuación se muestra el desarrollo del peralte de la curva 3; los otros resultados se encuentran en los Anexos.

TABLA 3.3 Transición del peralte

CURVA No. 2				
	Abscisa	**Cota Borde exterior**	**Eje**	**Borde Interior**
A	**0+249,13**	77,03	77,10	77,03
B	**0+263,73**	76,48	76,48	76,41
C	**0+278,33**	75,93	75,86	75,79
	0+280	75,87	75,79	75,71
	0+300	75,12	74,94	74,76
PC	**0+312,40**	74,66	74,42	74,18
	0+320	74,37	74,09	73,81
D	**0+336,73**	73,74	73,38	73,02
	0+340	73,60	73,24	72,88
	0+360	72,75	72,39	72,03
	0+380	71,87	71,51	71,15
	0+400	70,94	70,58	70,22
	0+420	69,97	69,61	69,25
D´	**0+421,77**	69,88	69,52	69,16
	0+440	68,85	68,58	68,31
PT	**0+446,10**	68,49	68,25	68,01
	0+460	67,67	67,50	67,33
	0+480	66,46	66,39	66,32
C´	**0+480,17**	66,45	66,38	66,31
B´	**0+494,77**	65,57	65,57	65,50
	0+500	65,25	65,28	65,21
A´	**0+509,37**	64,69	64,76	64,69

En el siguiente gráfico se puede visualizar el desarrollo del peralte, a lo largo de la curva horizontal; además del sobreancho.

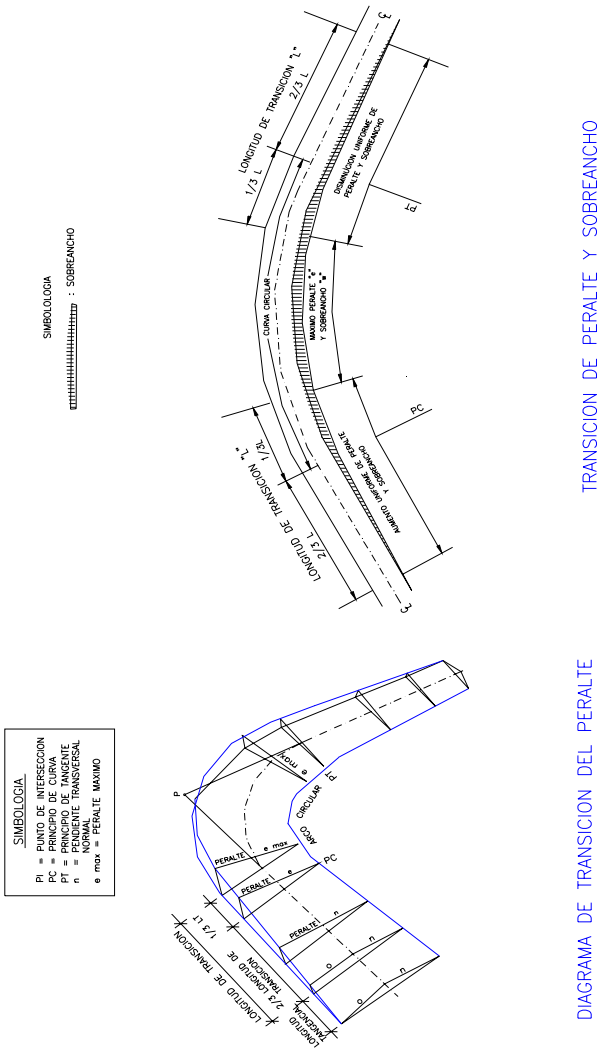


Figura 3.3 ***Esquema de transición del peralte***

3.8.7.- Curvas de transición

Con el objeto de diseñar una carretera en condiciones de seguridad, es necesario que el alineamiento sea tal que el conductor que circula a la velocidad de diseño, no solamente encuentre posible mantenerse dentro de su pista o carril, sino que también se sienta alentado a hacerlo al entrar o salir de una curva circular. Esta clase de alineación requiere de curvas de transición entre las tangentes y la mayoría de las curvas circulares y también entre curvas circulares de radios que difieren mucho entre sí.

Las principales ventajas que ofrecen las curvas de transición en el alineamiento horizontal son:

1. Las curvas de transición diseñadas adecuadamente ofrecen al conductor una trayectoria fácil de seguir, de manera que la fuerza centrífuga se incremente y decrezca gradualmente conforme el vehículo entra en la curva circular y sale de ella.
2. La longitud de la curva de transición permite un adecuado desarrollo del peralte cumpliéndose aproximadamente la relación velocidad – radio para el vehículo circulante.
3. Cuando la sección transversal necesita ser ensanchada a lo largo de una curva circular, la curva de transición también facilita la transición del ancho.

3.8.8.- Grado de curvatura (θ)

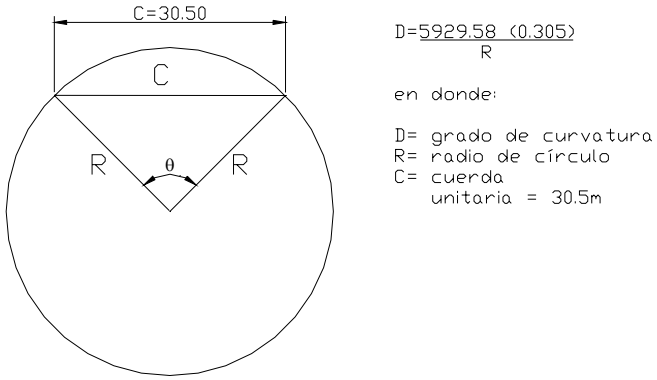


Figura 3.4 ***Grado de curvatura***

La pronunciación de la curva generalmente se expresa por el grado de curvatura, que es el ángulo central subtendido de una cuerda cuya longitud es igual a 30.50 m.

3.8.9.- Radio mínimo de curvatura

El radio mínimo de las curvas horizontales se lo determina en función de la velocidad de diseño, el mínimo peralte admisible, el coeficiente de fricción lateral y la visibilidad de parada. El empleo de curvas con radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos

de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significante en el diseño del alineamiento.

El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse directamente de la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V2}{127(e+f)}$$

Los radios mínimos de la siguiente tabla se han determinado utilizando valores máximos de **e** y **f**:

TABLA 3.4 Radios mínimos para valores máximos de e y f

RADIOS MÍNIMOS DE CURVAS PARA VALORES LÍMITES DE e y f					
Velocidad de diseño (Kph)	**Peralte máximo e**	**f máximo**	**Total e + f**	**Radio mínimo calculado (m)**	**Radio mínimo redondeado (m)**
40	0,10	0,1650	0,2650	47,50	50
50	0,10	0,1588	0,2588	76,00	80
60	0,10	0,1524	0,2524	112,00	115
70	0,10	0,1462	0,2462	156,00	160
80	0,10	0,1400	0,2400	210,00	210
90	0,10	0,1337	0,2337	273,00	275
100	0,10	0,1274	0,2274	346,00	350
110	0,10	0,1211	0,2211	431,00	435
120	0,10	0,1149	0,2149	527,00	530

Tomando en cuenta las condiciones prevalecientes en el país, se recomienda usar en el diseño como radios mínimos los indicados en el siguiente cuadro.

TABLA 3.5 Radios mínimos recomendables

VALORES DE DISEÑO DE LOS RADIOS MÍNIMOS PARA $e_{máx.}$ = 0,10 (metros)							
		Valor Recomendable			Valor Absoluto		
Clase de carretera		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II	Más de 8000 TPDA	530	435	275	435	275	210
I	3000 a 8000 TPDA	435	350	210	350	210	160
II	1000 a 3000 TPDA	435	350	**210**	350	210	115
III	300 a 1000 TPDA	350	210	115	275	160	80
IV	100 a 300 TPDA	275	160	115	210	115	60
V	Menos de 100 TPDA	160	115	80	80	50	50

L = terreno llano

O = terreno ondulado

M = terreno montañoso

A continuación se presentan los resultados de la curva horizontal simple No. 2. Las otras tablas se encuentran en los Anexos.

TABLA 3.6 Curva horizontal simple

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 2				
	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	0+312,40			
	0+320	7,6	7,6	0º34'36,84"
	0+340	20	27,6	2º05'42,36"
	0+360	20	47,6	3º36'47,88"
	0+380	20	67,6	5º07'53,76"
	0+400	20	87,6	6º38'59,28"
	0+420	20	107,6	8º10'04,80"
	0+440	20	127,6	9º19'14,52"
PT	0+446,10	6,1	133,7	10º08'57,12"

3.8.10.- Sobre ancho

Es el aumento de magnitud que se le hace al ancho de la calzada en el borde interno, debido a que las llantas traseras de los vehículos no siguen exactamente la misma trayectoria que las delanteras cuando circulan por una curva horizontal, ocupando así un ancho mayor que en la recta.

Se recomienda calcular el sobre ancho, en metros, con la fórmula:

$$S = \left(n \frac{50}{R} + \frac{V}{10\,R^{0,5}} \right)$$

n = Número de carriles

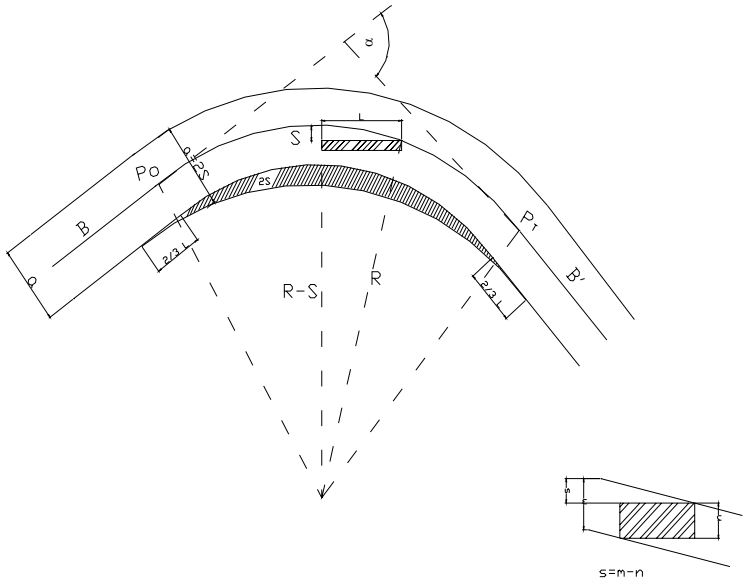


Figura 3.5 ***Sobre ancho***

Para radios mayores de 300m no será necesario colocar el sobre ancho debido a su pequeño valor.

3.8.11.- Recomendaciones

a) Es conveniente trazar tangentes largas y curvas amplias.

b) Evitar un trazado zigzagueante con curvas cortas, el mismo que está reservado solo para condiciones topográficas difíciles como grandes pendientes.

c) Es conveniente trazar curvas con radios mayores que los radios mínimos especificados para las velocidades de diseño, reservándolos para condiciones críticas.

d) Cuando tenemos ángulos de deflexión pequeños, es necesario trazar curvas amplias, con grandes radios para facilitar la visibilidad de rebase.

e) Debe evitarse trazar curvas de radios pequeños sobre rellenos de bastante longitud y altura.

f) En curvas circulares compuestas, la medida del radio mayor no debe exceder de una y media veces a la medida del radio menor.

g) Debe evitarse curvas reversas, o sea que el principio de una curva coincida con el final de la anterior, a menos que exista una tangente suficientemente larga entre las dos curvas reversas para la transición del peralte.

h) Debe evitarse tangentes cortas entre dos curvas de la misma dirección.

3.9.- PROYECTO VERTICAL

3.9.1.- Generalidades

En el diseño de caminos y carreteras, el alineamiento vertical está íntimamente ligado a la velocidad de diseño, distancia de visibilidad de parada y radio de curvatura; es tan importante como el diseño horizontal, por lo cual un buen diseño amerita la combinación de ambos alineamientos.

La rasante es la que va a definir el proyecto vertical, por tal motivo hay que tener muy en cuenta ciertas consideraciones:

1. Se debe evitar los perfiles con pendientes fuertes y continuas para obtener una adecuada velocidad de circulación.
2. En ascensos largos, es preferible que la gradiente más fuerte o empinada esté colocada al inicio del ascenso para luego suavizarla al llegar a la cima.
3. En terrenos llanos la rasante está gobernada por la hidrología del sector, por lo cual se recomienda que en terrenos inundables, ésta esté por lo menos 1 m por encima de la cota de inundación. En terrenos ondulados y montañosos, está estrictamente ordenada por la orografía del terreno.

4. En el diseño de las curvas verticales, es necesario tener en cuenta el aspecto estético de la curva y los requisitos para conformar la calzada en una forma adecuada.

3.9.2.- Gradiente longitudinal

Las gradientes a diseñarse dependen directamente de la topografía del terreno y sus valores tienen que ser bajos en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

De acuerdo a la velocidad de diseño, la cual depende del volumen del tráfico y de la naturaleza de la topografía, en el siguiente cuadro se indican de manera general las gradientes medias máximas que pueden adoptarse:

TABLA 3.3 Valores de Gradientes longitudinales máximas

VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES MAXIMAS							
		VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
CLASE DE CARRETERA		L	O	M	L	O	M
I	3000-8000 (TPDA)	3	4	6	3	5	7
II	1000-3000 (TPDA)	3	4	6	4	6	8
III	300-1000 (TPDA)	3	5	7	4	7	9
IV	100-300 (TPDA)	4	6	8	6	8	10
V	Menos de 100	4	6	8	6	8	12

L = terreno llano

O = terreno ondulado

M = terreno montañoso

En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1 por ciento, en terrenos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción.

3.9.3.- Gradientes mínimas

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0.5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas lluvias.

3.9.4.- Curvas verticales

Las curvas requeridas para la intersección de pendientes se las conoce como curvas verticales. Pueden ocurrir dos casos, que las pendientes se encuentren en una *cima (curvas convexas),* o que se encuentren en una *sima (curvas cóncavas).*

La curva vertical preferida en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple que se aproxime a una curva circular.

Los factores que generalmente afectan a la longitud de una curva vertical son: a) el efecto centrífugo, y b) la visibilidad.

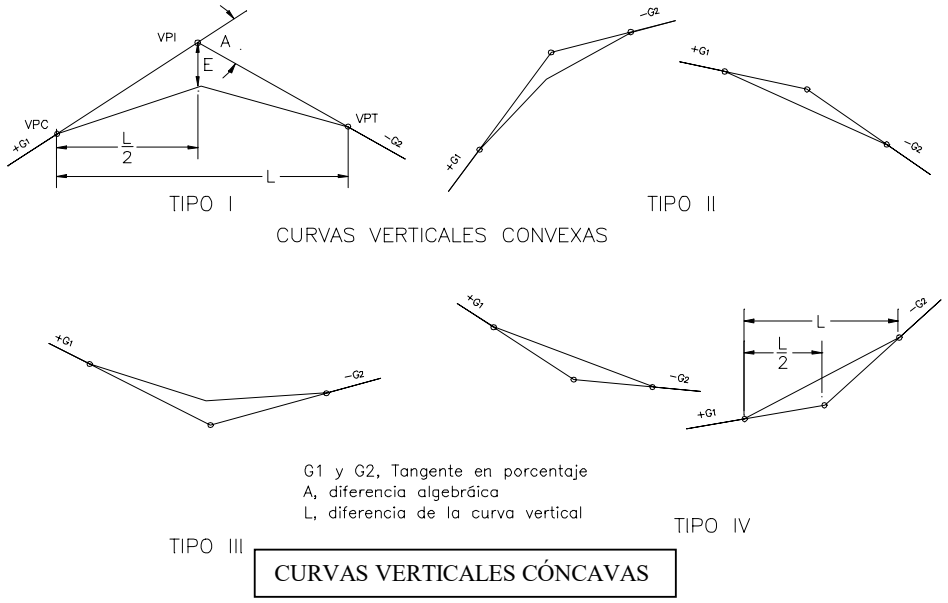


Figura 3.6 ***Tipos de curvas verticales***

Las ordenadas de la parábola a sus tangentes varían con el cuadrado de la distancia horizontal a partir del punto de tangencia y están expresadas por la siguiente fórmula:

$$y = \left[\frac{X}{L/2}\right]^2 \qquad\qquad h = \left[\frac{2X}{L}\right]^2$$

siendo *h* la ordenada máxima en el punto PIV y que se expresa por:

$$h = \frac{AL}{800}$$

en donde:

A: Diferencia algebraica de gradientes, expresada en porcentajes.

X: Distancia horizontal medida desde el punto de tangencia hasta la ordenada, expresada en metros.

L: Longitud de la curva vertical, expresada en metros.

La relación L/A expresa la longitud de la curva en metros, por cada tanto por ciento de la diferencia algebraica de gradientes; esta relación, denominada K, sirve para determinar la longitud de las curvas verticales para las diferentes velocidades de diseño.

3.9.4.1.- Curvas verticales convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se determina basándose en los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1.15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0.15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{AS^2}{426} \quad \text{cuando S<L}$$

en donde:

L: Longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.

A: Diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentaje.

S: Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

Cuando S>L, puede usarse la misma fórmula anterior, sin mayor error. La longitud de una curva vertical convexa en su expresión más simple es:

$$L = KA$$

En los cuadros a continuación se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño y para las diversas clases de carretera, respectivamente.

TABLA 3.4 Curvas verticales convexas mínimas

Velocidad de Diseño (kph)	**Distancia de Visibilidad para Parada- "S" (metros)**	$K = \frac{S^2}{426}$	
		Calculado	**Redondeado**
40	45	4,7	5
50	60	8,4	8
60	75	13,2	13
70	90	19,0	19
80	110	28,4	28
90	140	46,0	46
100	160	60,0	60
110	190	84,7	85
120	210	103,5	105

TABLA 3.5 Valores de diseño del coeficiente k para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas

Clase de Carretera		Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	**O**	**M**	**L**	**O**	**M**
R-I o R-II	Más que 8.000	105	85	46	85	46	28
I	3.000 a 8.000	85	60	28	60	28	19
II	1.000 a 3.000	85	60	28	60	28	13
II	300 a 1.000 TPDA	60	28	13	46	19	8
IV	100 a 300 TPDA	46	19	13	28	13	5
V	Menos de 100	19	13	8	8	5	5

L = terreno llano

O = terreno ondulado

M = terreno montañoso

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min.} = 0{,}60V$$

en donde, V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetro por hora.

3.9.4.2.- Curvas verticales cóncavas

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. De igual manera, para proporcionar comodidad y evitar los efectos de aplastamiento debido a la fuerza centrífuga, deben considerarse aceleraciones verticales de 0.05 g como máximo en vías arteriales y colectoras.

La siguiente fórmula indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad para parada.

$$L = \frac{AS}{122 + 3{,}5S} \quad \text{cuando } S < L$$

La fórmula anterior se basa en una altura de 60 centímetros para los faros del vehículo y en un grado de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto a l eje longitudinal del vehículo.

Cuando S > L, puede usarse la misma fórmula sin mayor error.

La longitud de una curva vertical cóncava en su expresión más simple es:

$$L = KA$$

En los cuadros siguientes se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera respectivamente.

TABLA 3.6 Curvas verticales cóncavas mínimas

Velocidad de Diseño (kph)	**Distancia de Visibilidad para Parada- "S" (metros)**	$K = \frac{S^2}{122 + 3{,}5S}$	
		Calculado	**Redondeado**
40	45	7,2	7
50	60	10,8	11
60	75	14,6	15
70	90	18,5	18
80	110	23,8	24
90	140	32,0	32
100	160	37,5	38
110	190	45,9	46
120	210	51,4	52

TABLA 3.7 Valores de diseño del coeficiente k para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas

Clase de Carretera		Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	**O**	**M**	**L**	**O**	**M**
R-I o R-II	Más de 8.000 TPDA	52	46	32	46	32	24
I	3.000 a 8.000 TPDA	46	38	24	38	24	18
II	1.000 a 3.000 TPDA	46	38	24	38	24	15
II	300 a 1.000 TPDA	38	24	15	32	18	11
IV	100 a 300 TPDA	32	18	15	24	15	7
V	Menos de 100 TPDA	18	15	11	11	7	7

L = terreno llano
O = terreno ondulado
M = terreno montañoso

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales cóncavas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min.} = 0{,}60V$$

en donde, V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los elementos de las curvas verticales y el cálculo de la curva vertical 1.

TABLA 3.8 Valores de los elementos de las curvas verticales

Factor de fricción	**0,32**	-
Velocidad de circulación	**71**	Km/h

Curva	Abscisa	Cota	Pendientes		A	G	G/100	do	LCV		Longitud
	PIV		m2	m1					Cóncava	Convexa	
1	0+180	80,03	-4,245	0,875	5,120	-4,245	-0,0425	104,46		131,13	132
2	0+410	70,27	-5,543	-4,245	1,298	-5,543	-0,0554	102,56		32,06	104
3	0+570	61,40	-0,507	-5,543	5,037	-5,543	-0,0554	102,56	110,15		112
4	0+835	60,06	0,507	-0,507	1,013	0,507	0,0051	112,72	24,92		60
5	0+995	60,87	-2,493	0,507	3,000	-2,493	-0,0249	107,24		80,98	110
6	1+365	51,64	2,035	-2,493	4,528	-2,493	-0,0249	107,24	104,70		106
7	1+785	60,18	-4,877	2,035	6,912	-4,877	-0,0488	103,52		173,87	174
8	1+990	50,18	-5,317	-4,877	0,440	-5,317	-0,0532	102,88		10,93	104
9	2+160	41,14	4,663	-5,317	9,980	-5,317	-0,0532	102,88	219,13		220
10	2+395	52,10	-0,507	4,663	5,170	4,663	0,0466	122,30		181,51	182
11	2+695	50,58	-6,249	-0,507	5,742	-6,249	-0,0625	101,59		139,11	140
12	2+835	41,83	-0,507	-6,249	5,742	-6,249	-0,0625	101,59	124,09		126

TABLA 3.9 Curva Vertical

CURVA VERTICAL No. 1										
Curva		**Abscisa**	**Pendiente**	**Dist**	**Cota / Tang**	**Dist. Acum**	**Y**	**Cota / curva**	**A**	**Lcv**
Pcv - 1	114	0+114	0,88		79,46	0,00	0	79,46	5,120	132
				6						
	120	0+120	0,88		79,51	6,00	0,00698182	79,50	5,120	132
				20						
	140	0+140	0,88		79,68	26,00	0,13110303	79,55	5,120	132
				20						
	160	0+160	0,88		79,86	46,00	0,41037576	79,45	5,120	132
				20						
Piv - 1	180	0+180			80,03	66,00	0,8448	79,19	5,120	132
				20						
	200	0+200	-4,25		79,18	46,00	0,41037576	78,77	5,120	132
				20						
	220	0+220	-4,25		78,33	26,00	0,13110303	78,20	5,120	132
				20						
	240	0+240	-4,25		77,48	6,00	0,00698182	77,47	5,120	132
				6						
Ptv - 1	246	0+246	-4,25		77,23	0	0	77,23	5,120	132

3.10.- Combinación de los alineamientos horizontal y vertical

Los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto puesto que se complementan el uno al otro. Si uno de los dos alineamientos presenta partes pobremente proyectadas, éstas también influyen negativamente en el otro alineamiento y por consiguiente en la seguridad de operación que ofrece el camino.

Es difícil discutir la combinación de los alineamientos horizontal y vertical sin referirse al amplio aspecto de la localización de caminos; ambos temas están relacionados entre sí y cuanto pueda decirse de uno, generalmente es aplicable al otro.

Si se supone que la localización general ha sido realizada y que el problema restante es lograr un proyecto armónico entre los alineamientos horizontal y vertical y que obtenido éste, el camino resulta una vía económica, agradable y segura, se tendrá que la velocidad de diseño adquiere mayor importancia, puesto que en el cálculo es el parámetro que logra el equilibrio buscado.

Las combinaciones apropiadas de los alineamientos horizontal y vertical se logran por medio de estudios de ingeniería y de las siguientes normas generales:

1. La curvatura de las pendientes deben estar balanceadas. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes o largas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponden a diseños pobres.

2. La curvatura vertical sobrepuesta a la curva horizontal o viceversa, generalmente da como resultado una vía más agradable a la vista, pero debe ser analizada tomando en cuenta el tránsito.

3. No deben proyectarse curvas horizontales agudas en, o cerca de la cima de una curva vertical convexa y pronunciada. Esta condición es peligrosa porque el conductor no puede percibir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, porque las luces de los autos alumbran adelante, hacia el espacio y en línea recta.

4. De la misma manera no deben proyectarse curvas horizontales formadas en, o cerca del punto bajo de una curva vertical cóncava. Muchas veces las velocidades de los vehículos, especialmente las de los camiones, son altas al final de las pendientes y pueden provocar operaciones erráticas, especialmente en las noches.

5. En caminos de dos carriles, la densidad del tramo para rebasar con seguridad a intervalos frecuentes y en un porcentaje apreciable de la longitud del camino, influye en la combinación de ambos alineamientos. En estos casos es necesario proporcionar suficientes tangentes largas para asegurar la distancia de velocidad de rebase.

6. En las intersecciones donde la distancia de visibilidad de ambos caminos sea reducida y los vehículos tengan necesidad de parar o disminuir su velocidad, la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible.

7. En caminos divididos se puede emplear diferentes combinaciones de alineamiento horizontal y vertical para cada sentido de circulación si el ancho de la faja separadora lo permite

CAPITULO 4

DRENAJE VIAL

4.1.- GENERALIDADES

La recolección, encauzamiento y desalojo de las aguas pluviales, tanto superficiales como subterráneas, es esencial para garantizar la estabilidad e integridad de las vías de comunicación, siendo por lo tanto, ese el objetivo fundamental de cualquier sistema de drenaje vial, sin descuidar la razón complementaria, que es facilitar el tránsito vehicular.

De los diversos tipos de obras de drenaje, se seleccionan las que correspondan al tipo particular del proyecto.

Un aspecto básico a considerar en el diseño del drenaje, es el relacionado con el grado de protección; ya que pensar en brindar una protección total, es decir, no aceptar ningún riesgo, implica construir obras de magnitudes desproporcionadas tanto físicas como económicas, lo que obliga a seleccionar grados de protección menores en función de los siguientes aspectos:

a) La importancia de la vía a proteger, pues de ella depende que se causen mayores o menores daños.
b) La función que desempeña la obra; pues está claro, que la integridad de la vía debe garantizarse en grado mayor que el libre tránsito de vehículos.

Las alturas de agua aceptables a lo largo de una vía de comunicación son las que se definen como límites de inundación; sus magnitudes dependerán de la función que cumpla el sistema de drenaje vial.

4.2.- METODOLOGÍA

La tarea se inicia con inspecciones de reconocimiento en el campo, con el objeto de tener una idea lo más clara posible sobre la problemática del drenaje en la zona de influencia de la vía; y, de este modo definir puntos críticos o vulnerables, niveles máximos de inundación, infraestructura de drenaje existente, estaciones hidrometeoro lógicas existentes, etc.

La recopilación, procesamiento y análisis de la información básica, así como de estudios existentes, constituye un aspecto importante dentro del proceso que configura el estudio.

La información básica fundamental comprende la hidrometeorológica, topográfica y cartográfica, de tipos y usos de suelo, etc.

Es necesario definir los criterios y normas técnicas sobre los que se sustenta el estudio, tomando en consideración, la calidad y cantidad de la información básica, es decir, su idoneidad.

El análisis hidrológico e hidráulico definirá los parámetros de diseño y el dimensionamiento de las obras de drenaje, respectivamente; basado en la información disponible y en los criterios técnicos adoptados.

4.3.- SISTEMA DE DRENAJE VIAL

Es el conjunto de obras destinadas a salvaguardar o reducir los daños de la vía de comunicación causado por las aguas pluviales, superficiales o subterráneas, a más de reducir los inconvenientes que esas aguas puedan ocasionar a la circulación de vehículos.

Los objetivos de un sistema de drenaje vial son dos, hacia los cuales se encaminarán todos las actividades relacionadas con el sistema de drenaje

vial; sin interferir con el objetivo primario, que es el de evitar daños a las propiedades y a las personas:

- Objetivo básico: preservar la unidad e integridad estructural de la vía.
- Objetivo complementario: garantizar el tránsito de los vehículos.

Las obras de drenaje vial que conforman el sistema de recolección, conducción y disposición de las aguas superficiales y subterráneas se clasifican en tres tipos:

- Obras de drenaje transversal
- Obras de drenaje longitudinal
- Obras de subdrenaje

El ***drenaje transversal*** es el conjunto de obras que encauzan las aguas para atravesar la vía de comunicación y para descargarla en el curso de agua que ésta cruza, sin producir socavaciones ni erosiones a los terraplenes, y de impedir que las aguas sobrepasen los limites aceptables de inundación que impida el tránsito normal de vehículos. Constituyen fundamentalmente: *los puentes y las alcantarillas*.

El ***drenaje longitudinal*** comprende las obras que a lo largo de la vía captan el escurrimiento superficial proveniente de ella, de sus taludes y de los terrenos adyacentes. Ejemplo de estas obras son: *las cunetas, canales, zanjas interceptoras, torrenteras.*

El ***subdrenaje*** comprende las obras que descargan fuera de la vía las aguas subterráneas y las que se infiltran a través de los poros y grietas del pavimento y de las juntas de construcción.

4.4.- GRADO DE PROTECCIÓN

El grado de protección de una vía está relacionado con el riesgo de que ella sea destruida en un período de tiempo determinado, o de que el tránsito de vehículos sea seriamente perturbado.

Resulta ilógico pensar el hecho de que se pueda construir una vía a la cual se le pueda dar protección total, es decir, no aceptar ningún riesgo, ya que esto nos llevaría a construir drenajes de magnitudes desproporcionadas tanto físicas como económicas, razón por la cual se seleccionan grados de protección menores. Para esta selección se consideran fundamentalmente dos hechos:

1. La importancia de la vía que ha de protegerse (tipo de vía), pues de ella depende que se causen mayores o menores daños.
2. La función que desempeña la obra, pues está claro que la integridad de la vía debe garantizarse en grado mayor que el libre tránsito de vehículos.

4.5.- ESTUDIOS PRELIMINARES

Para la selección de la ruta debe disponerse de información completa sobre los muchos aspectos que intervienen principalmente bajo la forma de cartografía, informes geológicos, estudios económicos y de transporte, aerofotografías y cartas hidrográficas.

Tal como se ha señalado, no son muy frecuentes las oportunidades en las que los problemas de drenaje puedan llegar a ser tan importantes como para implicar factores decisivos en la selección de una ruta entre las varias alternativas planteadas para la solución vial. La asistencia técnica del especialista en drenaje es solicitada para definir las principales limitaciones físicas relativas a los sitios de pasos de vías y a la localización de vías ribereñas dentro de la planicie inundable.

La definición de problemas de drenaje, en el caso de que sean tan importantes para ser considerados en los estudios viales, deberá hacerse mediante reconocimiento directo del campo, reconocimiento aéreo y análisis de información.

Los principales problemas que pudieran resultar como decisivos y que por lo tanto tienen que ser analizados a este nivel, serán aquellos que tengan que ver con el factor agua-sedimento, así como:

- *Erosión extensiva* sobre las riberas y bancos de ríos trenzados y meandrosos, o a la orilla de mares y lagos.
- *Erosión regresiva localizada* en sitios notables de los recursos de agua importantes.
- *Cursos de agua divagantes* sobre una planicie inundable
- *Conos de deyección* con muestras de actividad
- *Ciénagas, pantanos y marismas* de notable extensión.

Un informe que llame la atención sobre este tipo de problemas, que como se sabe no son únicamente de drenaje, sino que deben ser resueltos con el concurso de otras disciplinas, especialmente las de geología y la mecánica de suelos, será de gran utilidad en la fase de selección de la ruta, la cual se

identifica como proceso de acopio de datos y de reconocimiento de los problemas que puedan interferir con la vida útil y con el servicio prestado por la vía bajo estudio.

Una vez escogida la ruta, se procede a plantear varios trazados tentativos con el objeto de definir uno de ellos a nivel de anteproyecto, en esta etapa es recomendable contar con la asesoría y la colaboración de especialistas en hidrología, no solo para determinar los grandes problemas relacionadas con las aguas, sino también para evaluar de una manera aproximada los costos involucrados en el drenaje de la vía.

De igual manera estos estudios deberán basarse en reconocimientos directos del terreno, reconocimientos aéreos y análisis de la información. Si se han realizado estudios previos, esta etapa puede ser de comprobación y localización de los principales problemas de las diversas tentativas de trazado. Sin embargo debe complementarse mediante un estudio hidrológico preliminar que permita estimar aproximadamente los caudales que hay que descargar para satisfacer la necesidad de proteger la vía.

Cuando el sistema vial interfiere con la hidrografía, se debe recordar que los cursos de aguas estables son la excepción antes que la regla, es de

esperar que ríos efímeros cambien sorpresivamente su curso, o que los sistemas de drenaje sobre conos de deyección activos sean destrozados por la construcción de la vía. La interferencia con el sistema hidrográfico en general y con el fluvial en particular, dependerá del grado de libertad que se tenga para escoger el trazado de las vías. Además si a los problemas comunes de un sistema vial se agrega la acción del hombre, es de esperar la erosión de riveras, socavación local en sitios específicos, apertura de nuevos cauces, aumento de producción de sedimentos u otros problemas durante la construcción.

El informe además deberá contener estimaciones aproximadas de caudales, que podrán servir para estimar los tamaños de las obras de arte más importantes. Es de hacer notar que hay muchos casos en los que los estudios preliminares pueden orientar a una mejor selección altimétrica y planimétrica del trazado de una vía antes de llegar al nivel del anteproyecto propiamente dicho.

4.6.- MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS

Con la finalidad de preservar la integridad de la vía y de garantizar una rápida circulación del tránsito, ha sido conveniente, desde el punto de vista técnico y práctico, considerar métodos que nos lleven a determinar los caudales requeridos para fijar el dimensionamiento de las obras hidráulicas

de drenaje vial. Para esto es fundamental conocer la frecuencia de los escurrimientos superficiales, recurriendo a la deducción indirecta de los caudales a partir de las lluvias, ya que no se cuenta con la información de los escurrimientos, en especial para cauces pequeños.

Para escoger la metodología más adecuada, deben considerarse varios hechos, de los cuales mencionamos los siguientes:

Etapa de los estudios.- En esta etapa sólo se requiere de la interpretación de información previamente disponible, para determinar los órdenes de magnitud de los caudales.

Disponibilidad de datos.- Debe tratarse en lo posible de resumir la información mínima necesaria para el desarrollo de los diferentes métodos, con el fin de aprovechar los datos que estén a nuestro alcance, en lugar de requerir información inexistente.

Limitaciones propias del método.- El campo de aplicación de los diferentes métodos está generalmente limitado, debido a las hipótesis que se han hecho para su desarrollo. Estas limitaciones se reflejan comúnmente

en los siguientes puntos: extensión del área tributaria, distribución cronológica y espacial de las lluvias, y tipo de cuenca contribuyente.

Magnitud e importancia de las obras.- A más de considerar este aspecto al fijar el factor de riesgo y grado de protección, debe también considerarse para la buena selección del método hidrológico, a fin de trabajar con métodos menos exigentes, partiendo del hecho que las dimensiones de una obra se verán afectadas en casos en que existan variaciones significativas de caudales.

Consistencia metodológica.- Deberá ponerse mucho énfasis en el análisis y determinación de los caudales, especialmente cuando se trate de vías de considerable longitud, ya que las condiciones climáticas e hidrológicas y la disponibilidad de datos, sufrirán variaciones de un sector a otro y quizá se requerirá de aplicaciones metodológicas diferentes, dependiendo de los tramos.

En la tabla presentada a continuación, se resume la información mínima necesaria para el desarrollo de los diferentes métodos, con sus limitaciones generales.

TABLA 4.1 Requisitos de los métodos de estimación de caudales

MÉTODO	INFORMACIÓN MÍNIMA NECESARIA				LIMITACIONES
	Cartográfica	**Fluviométrica**	**Pluviométrica**	**Otras**	
DIRECTO	Ninguna	Gastos máximos anuales	Ninguna	Ninguna	Ninguna
RACIONAL	Mapa hidrográfico para determinar áreas	Ninguna	Curvas de intensidad - frecuencia – duración	Apreciación del uso de la tierra y pendientes	Áreas menores de 500 Ha, duraciones de la lluvia inferiores a 30 minutos frecuencia de lluvias
CLARK	Mapa hidrográfico, con información altimétrica	Ninguna	Curvas de intensidad – frecuencia – duración	Apreciación del uso de la tierra y estimación de pérdidas	Ninguna, salvo frecuencia de lluvias
ÁREA EFECTIVA	Mapa hidrográfico con información altimétrica	Ninguna	Curvas de intensidad – frecuencia - duración	Apreciación del uso de la tierra	Ninguna, pero en la práctica sólo para cuencas
CURVAS REGIONALES	La información y limitaciones serán aquellas del método que sirva de base de elaboración de las curvas				
MODELOS DE SIMULACIÓN	La información y limitaciones dependen de cada modelo en particular, pero en general, requieren de información mucho más detallada que los métodos tradicionales, y las limitaciones más que de tipo conceptual – técnico, son de capacidad del programa en sí y de índole económica.				

Otro criterio que debe tomarse en consideración es el de la vida útil de la vía global, en la que intervienen la importancia de ésta y la vida útil de cada uno de sus componentes; por lo que la vida útil de las obras de drenaje vial está siempre condicionada a la de la vía propiamente dicha.

Entre los factores involucrados en la vida útil de una vía, están las características de sus componentes, los plazos de amortización, su obsolescencia y los costos de mantenimiento y operación.

4.6.1.- Método directo

Este método es aplicable para cursos de agua que posean registros fluviométricos, pero aún si no los hubiera se puede valer de registros de cuencas tributarias cercanas a la vía con características topográficas, geológicas y de cobertura vegetal bastante parecidas a la de la cuenca no aforada, valiéndose de técnicas de extrapolaciones regionales.

El procedimiento consiste en seleccionar el caudal máximo de cada año de los registros existentes, ordenándolos de mayor a menor. Una vez ordenados se le asigna al mayor el número 1 y al segundo el 2 y así sucesivamente. El periodo de retorno se calcula con la formula:

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

donde **m** es el número de orden y **n** el número de años de registro. Después se grafican los puntos en un papel de probabilidades, teniendo como ordenadas los caudales y como abscisas los valores de Tr, donde generalmente tienden a ser una recta, que permite extrapolar fácilmente. Una distribución teórica aplicable a eventos máximos, y de uso frecuente es la conocida como *Gumbel tipo I.*

4.6.2.- Método racional

Este método tiene su limitación en cuanto al tamaño del área aportante, siendo aplicable para cuencas menores de 500 has y duración máxima de precipitación de 30 min. y además si se cumplen los siguientes enunciados:

1. La intensidad de la lluvia sobre el área de la cuenca y a través del tiempo, es constante.
2. El escurrimiento superficial no varía con el tiempo.
3. El almacenamiento temporal en depresiones y otros sitios es despreciable.

Este método se fundamenta en la formula:

$$Q = 2.78 * CiA$$

donde Q es el gasto máximo en lt/seg., C el coeficiente de escurrimiento, i la intensidad de la precipitación en mm/ h para una duración igual al tiempo de concentración, y A el área tributaria en hectáreas.

4.6.3.- Método de hidrograma unitario (C.O. Clark)

El hidrograma total de una cuenca, es el resultado de la suma de los hidrogramas de las subcuencas que lo conforman debidamente desfasados y amortiguados por el efecto de almacenamiento. Si se supone que la distribución de la lluvia efectiva es uniforme en el espacio y el tiempo, entonces los factores que influirán en la conformación del hidrograma son la forma de la cuenca y la magnitud de la lluvia, en efecto los gastos instantáneos son proporcionales a las magnitudes indicadas.

El método se basa en desarrollar los siguientes pasos:

1. *Determinación del diagrama de área - tiempo.-* Subdividir las áreas parciales en base de las curvas isócronas, que son aquellas que tienen igual tiempo de viaje hasta el punto de salida de la cuenca; para esto, es necesario conocer la velocidad media de viaje de agua aplicando la

fórmula de Manning a secciones típicas para de los diferentes cauces que forman el drenaje de la cuenca.

2. *Selección del diagrama de lluvias.-* Para establecer una distribución de lluvia conveniente tanto en el tiempo como en el espacio se tendrá que disponer de las correspondientes curvas de área-duración-intensidad con sus correspondientes periodos de retorno.

3. *Determinación del diagrama de lluvia efectiva.-* Se tiene que estimar el patrón de pérdidas para obtener el diagrama de lluvia efectiva restando cronológicamente las precipitaciones.

4. *Determinación del hidrograma total.-* Una vez obtenido los diagramas de área – tiempo y de lluvia efectiva se obtiene el diagrama de escurrimiento total, el cual se lo divide por el intervalo de tiempo correspondiente para obtener el volumen por unidad de tiempo, a este se lo considera como el hidrograma de ingreso a un supuesto embalse situado en el extremo inferior de la cuenca, el hidrograma total final se obtiene del tránsito de crecida.

4.6.4.- Método de las relaciones universales

Debido a la escasez de información de registros continuos, es decir, de una estación equipada con pluviógrafos, se ha desarrollado un método en base de registros pluviométricos para obtener las intensidades de lluvia para diferentes intervalos de tiempo y frecuencia, este método por sí sólo no resuelve el problema de los caudales máximos, sino el problema de la Intensidad-Duración-Frecuencia de la lluvia; cuyos resultados se pueden usar en el Método Racional o del Hidrograma Unitario para obtener caudales máximos, como se indica cuando se habla acerca de las intensidades.

De las experiencias realizadas en el ámbito mundial se establece que:

Duración	***Relaciones***
5 min.	0.29
10 min.	0.45
15 min.	0.57
30 min.	0.79
120 min.	1.2

Para una duración de 6 horas:

Tr (años)	***Pn/24***
2	0.600
5	0.580
10	0.570

25	0.554
50	0.542
100	0.530

Para una duración de 12 horas:

Tr (años)	***Pn/24***
2	0.744
5	0.730
10	0.720
25	0.709
50	0.698
100	0.688

Los pasos para aplicar este método son:

1. Se determinan las curvas de Intensidad – Duración- Frecuencia para los máximos valores anuales de las estaciones que disponen de registros pluviográficos. (Ver Anexo 4-1)
2. Con el registro de lluvias máximas diarias anuales para un determinado periodo la cual se la transforma en lluvia máxima en 24 horas, se efectúa un análisis de frecuencia para obtener los valores de altura para diferentes periodo de retorno.
3. A los valores anteriores se aplica las relaciones que se muestran en la tabla anterior, para obtener las alturas de lluvias de diferentes duraciones para cada duración de retorno, donde a estas alturas se las transforman a intensidades.

4. Dichas relaciones se pueden aplicar solamente a estaciones con registros de lluvias diarias, eliminando las estaciones que tienen menos de 13 años de registro a fin de que la muestra sea representativa.
5. Para el análisis de frecuencia se utiliza la distribución teórica Gumbel tipo I de valores extremos.

4.6.5.- Curvas regionales de gastos

Para definir un estudio hidrológico de un drenaje vial, una alternativa son las curvas regionales de gastos máximos, picos de hidrograma unitario, gastos normales de valores máximos o hidrogramas adimensionales obtenidos por medio de aforos o por métodos sintéticos basados en parámetros físicos tales como la pendiente media, área, los coeficientes de escurrimiento, vegetación, tipo de suelo, infiltración y pérdidas totales generadas por tormentas ocurridas en la región de estudio.

4.6.6.- Modelos de simulación hidrológica.

Existen programas de computación capaces de manipular datos para representar un modelo hidrológico, los mismos que se pueden clasificar en dos tipos:

a) *Modelos de simulación continua*; el cual reproduce en forma continua todo el registro fluviométrico, el principal inconveniente es que necesita información para un largo periodo de tiempo de registros pluviométricos y evaporamétricos y un periodo aceptable para la información fluviométrica.

b) *Modelos de un solo evento*. Este modelo es reproducido por los escurrimientos generados por una tormenta.

La aplicación de una simulación hidrológica requiere de una información detallada, razón por la cual incide en el costo del proyecto y solamente es justificable en casos especiales dependiendo de la importancia de la obra, por ejemplo:

- Cuando la obra vial se ha diseñado conjuntamente con una obra hidráulica (carretera –dique)
- Cuando la obra vial atraviesa un sinnúmero de ríos de cierta envergadura.

4.7.- DRENAJE TRANSVERSAL

La selección de un adecuado dimensionamiento de la capacidad de las alcantarillas es de mucha importancia en lo que respecta al drenaje transversal, por lo que a continuación se dan a conocer algunos conceptos básicos y más adelante se indicarán los procedimientos seguidos para dicho cálculo.

1. *Tipos de flujo.-* Los tipos de flujo que se presentan en un conducto dependen de las variaciones producidas tanto en el tiempo como en el espacio. En efecto un flujo es permanente cuando no hay aceleración local de agua en una sección para un periodo de tiempo, si existe aceleración del agua el flujo es no permanente.

Se considera flujo uniforme cuando no existe aceleración convectiva en cada sección del canal, es decir cuando se produce un balance entre fuerzas de gravedad y de resistencia.

2. Para un flujo a superficie libre los parámetros que rigen son: continuidad, energía específica, cantidad de movimiento régimen critico y resistencias de superficie.

4.7.1.- Hidráulica de canales abiertos

Al tipo de flujo que se presenta en conductos abiertos o cerrados, bajo la condición de que exista presión atmosférica sobre la superficie se lo puede clasificar como permanente o no permanente. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio de profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio:

A. Flujo permanente

1. Flujo uniforme
2. Flujo variado

a) Flujo gradualmente variado
b) Flujo rápidamente variado

B. Flujo no permanente

1. Flujo uniforme no permanente
2. Flujo no permanente

a) Flujo gradualmente variado no permanente
b) Flujo rápidamente variado no permanente

4.7.2.- Hidráulica de alcantarillas

El estudio hidráulico de las alcantarillas depende de muchos factores tales como el gasto de proyecto, las condiciones hidráulicas aguas abajo y aguas arriba de la alcantarilla, y por último, las características de la alcantarilla como son la pendiente, la rugosidad, tipo de entrada de la alcantarilla. El proyectista procederá a seleccionar el tipo, la cantidad, las dimensiones, la geometría para la sección de entrada con la finalidad que sea capaz de conducir el gasto del proyecto de tal manera que no exceda la cota permisible de agua en la entrada ni de producir socavación en la descarga.

4.7.2.1.- Gastos de proyecto

Es el factor de mayor importancia para el estudio hidráulico de la alcantarilla.

De acuerdo a la importancia de la vía y a la función de la obra de drenaje se realizarán procedimientos hidrológicos adecuados para determinar los gastos de proyecto de tal manera que permitan establecer las dimensiones de la obra.

Para determinar el gasto de proyecto para una alcantarilla tubular de 3 m de diámetro es conveniente utilizar el método racional.

Para alcantarillas tubulares mayores o iguales a 3 m de diámetro cuya sección transversal no sea mayor a 25 m^2 se recomienda aplicar métodos como el de área efectiva.

4.7.2.2.- Funcionamiento hidráulico

Depende de una serie de parámetros

- El gasto Q.
- Las condiciones de altura de aguas en la descarga, específicamente en lo referente a la profundidad que alcanzan las aguas (Hs) para el gasto Q.
- La forma de la estructura a la entrada.
- Las características geométricas del conducto y los parámetros de resistencia hidráulica.
- Las características de la estructura de salida para determinar la debida protección de los terraplenes contra la erosión regresiva.
- La profundidad de agua a la entrada de la alcantarilla (He)

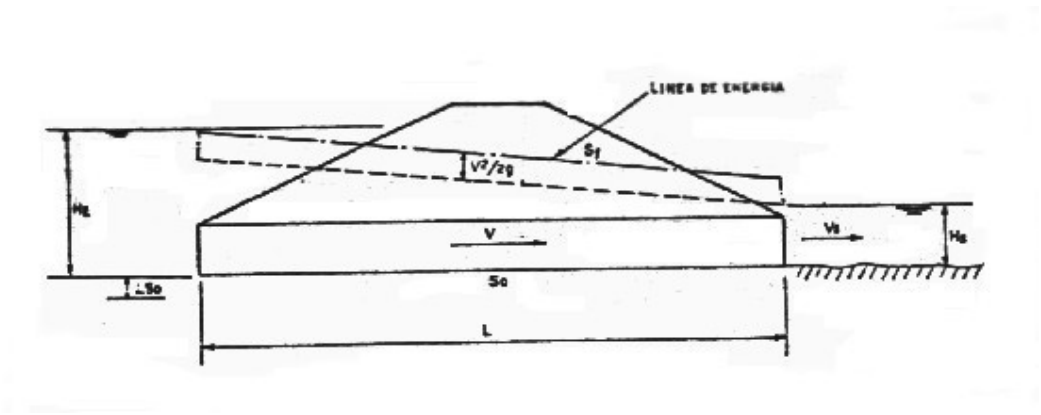


Figura 4.1 ***Hidráulica de alcantarillas***

Q = gasto del proyecto

A = área de la sección

He = altura de agua a la entrada

Hs = altura de agua a la salida

Vs = velocidad permisible a la salida

As = área de la sección transversal a la salida

Sf = pendiente de la línea de energía.

L = longitud de la alcantarilla

4.7.2.3.- Diseño de las alcantarillas

El diseño de alcantarillas deberá realizarse en función de las características de la cuenca hidráulica a ser drenada y de la carretera a la que prestará servicio. Como los sistemas de drenaje influyen en los costos de

conservación y mantenimiento de las carreteras, es imprescindible que las alcantarillas sean proyectadas considerando que su funcionamiento deberá estar acorde con las limitaciones impuestas por los sistemas de conservación y métodos de mantenimiento.

4.7.2.3.1.- Recomendaciones generales

Con el propósito de establecer un dimensionamiento apropiado de las alcantarillas se presentan aquí algunas recomendaciones fundamentales para el funcionamiento apropiado de los conductos.

- Localización.

La localización correcta es importante porque influirá en la dimensión de la sección, la conservación de la estructura y el posible colapso del cuerpo de la carretera. A pesar de que la instalación o construcción de cada alcantarilla constituye un problema distinto, los factores más importantes para la eficiencia y seguridad de las mismas son: la alineación y la pendiente.

Las alcantarillas deberán instalarse o construirse, en lo posible, siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, facilitando

de esta manera que el agua circule libremente sin interrupciones y reduciendo, al mínimo, los riesgos de erosión.

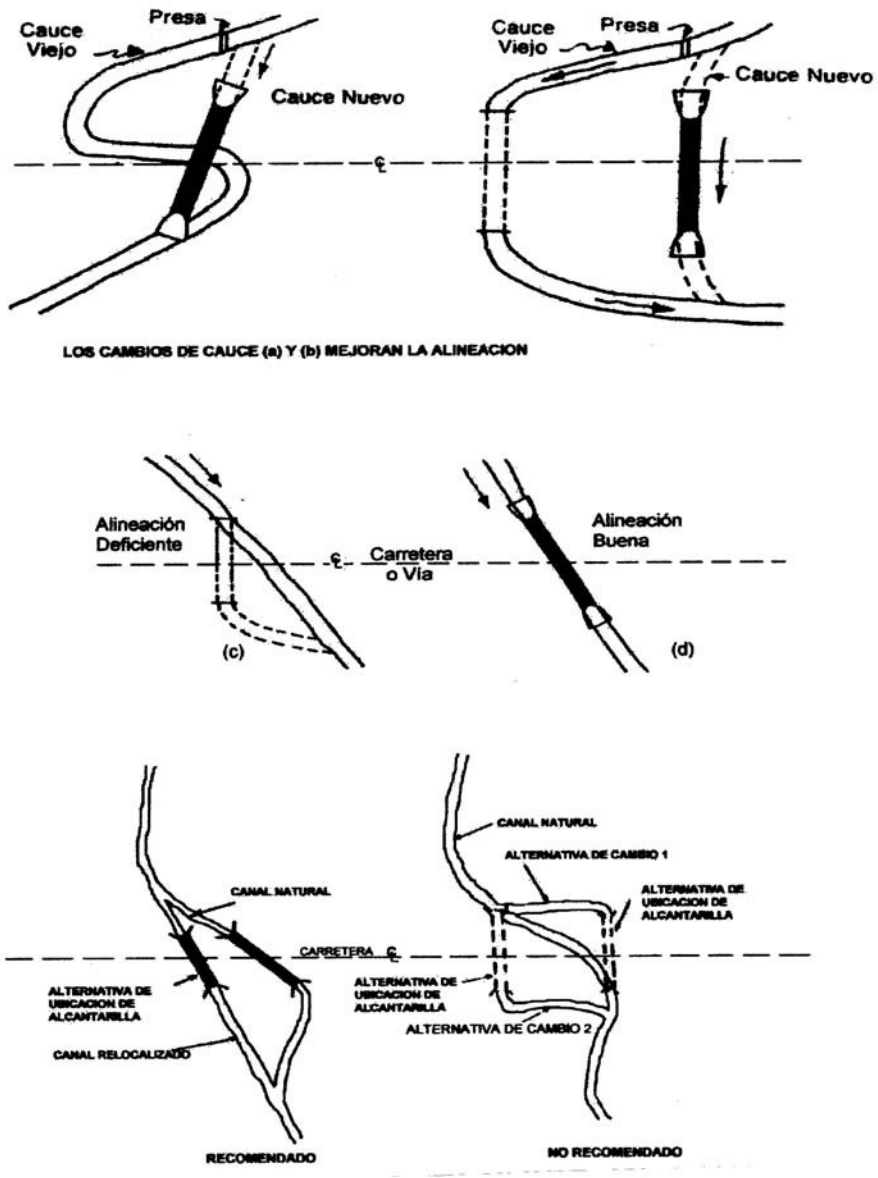


Figura 4.2 ***Varias formas de lograr una alineación correcta de alcantarillas***

- Alineación.

La localización óptima de una alcantarilla consistirá en proporcionar a la corriente una entrada y una salida directas. Cuando no se puedan lograr estas condiciones, se las puede obtener por medio de los procesos siguientes: un cambio en el trazado del cauce, una alineación esviajada o una combinación de ambas (Figura 4.2). Se deberá tener presente que es conveniente evitar que el cauce cambie bruscamente de dirección, en cualquier de los extremos de la alcantarilla, puesto que se retardaría el flujo de la corriente, provocando un embalse excesivo y, posiblemente, hasta el colapso del terraplén. La alineación esviajada requiere una alcantarilla más larga, que se justifica por el mejoramiento en las condiciones hidráulicas y por la seguridad de la carretera (Figura 4.2).

- Pendiente.

La pendiente ideal para una alcantarilla es aquella que no produzca sedimentación, ni velocidades excesivas y erosión, y que, a su vez, permita la menor longitud de la estructura (Figura 4.3).

De la misma manera, la capacidad de una alcantarilla, con pendiente muy reducida, pero con salida sumergida, varia según la carga hidráulica; en este caso, la rugosidad interna de la alcantarilla es un factor que debe

tenerse en cuenta. Para evitar la sedimentación, la pendiente mínima será 0,5 por ciento.

Además, es conveniente que el fondo de la alcantarilla coincida con el nivel promedio del cauce, aguas arriba y aguas abajo de la estructura; en caso contrario, será necesario proteger la entrada y salida de la alcantarilla

- Longitud de la alcantarilla.

La longitud necesaria de una alcantarilla dependerá del ancho de la corona de la carretera, de la altura del terraplén, de la pendiente del talud, de la alineación y pendiente de la alcantarilla y del tipo de protección que se utilice en la entrada y salida de la estructura (Figura 4.4). La alcantarilla deberá tener una longitud suficiente para que sus extremos (entrada y salida) no queden obstruidos con sedimentos ni sean cubiertos por el talud del terraplén.

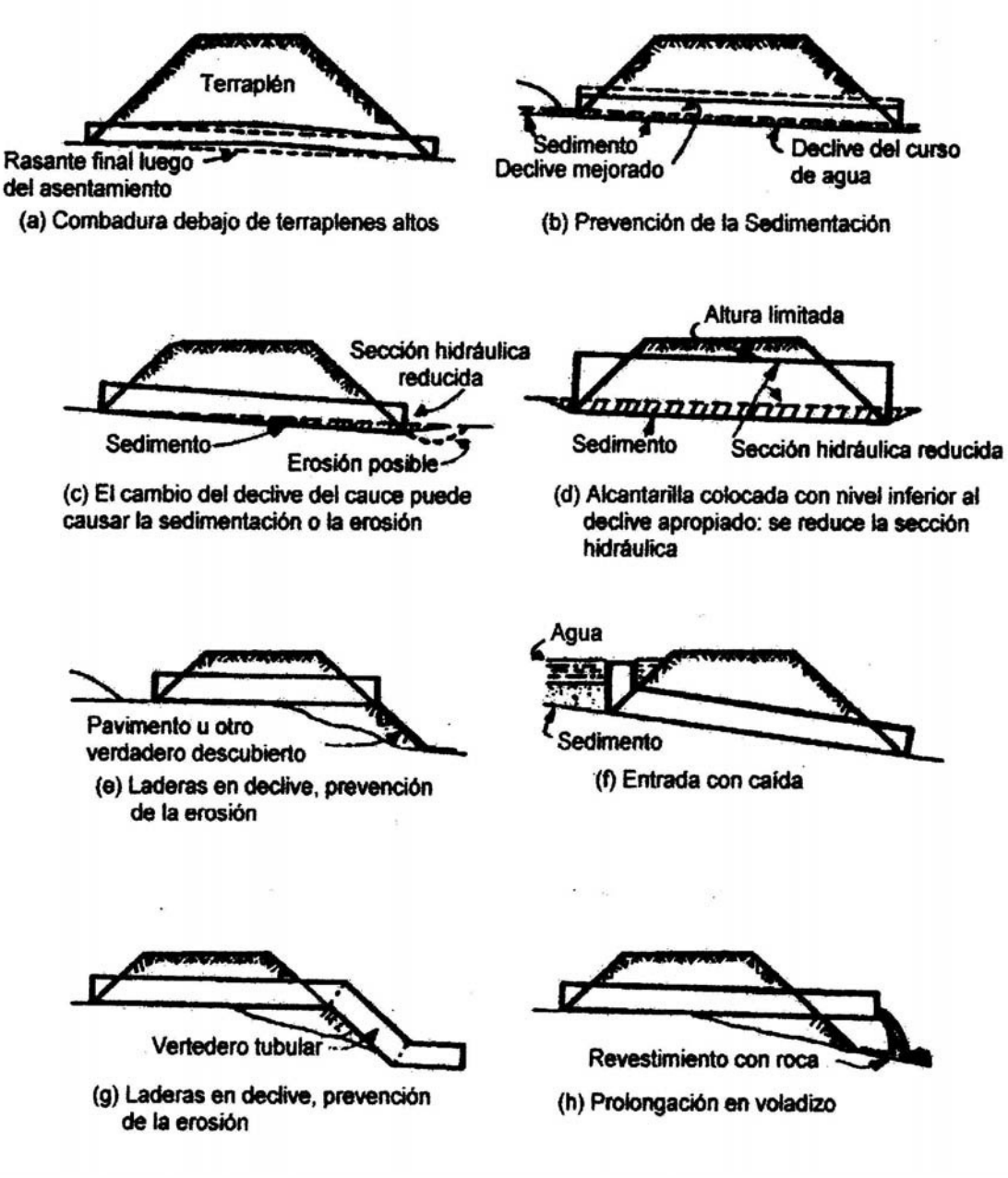


Figura 4.3 ***Pendientes apropiadas de las alcantarillas***

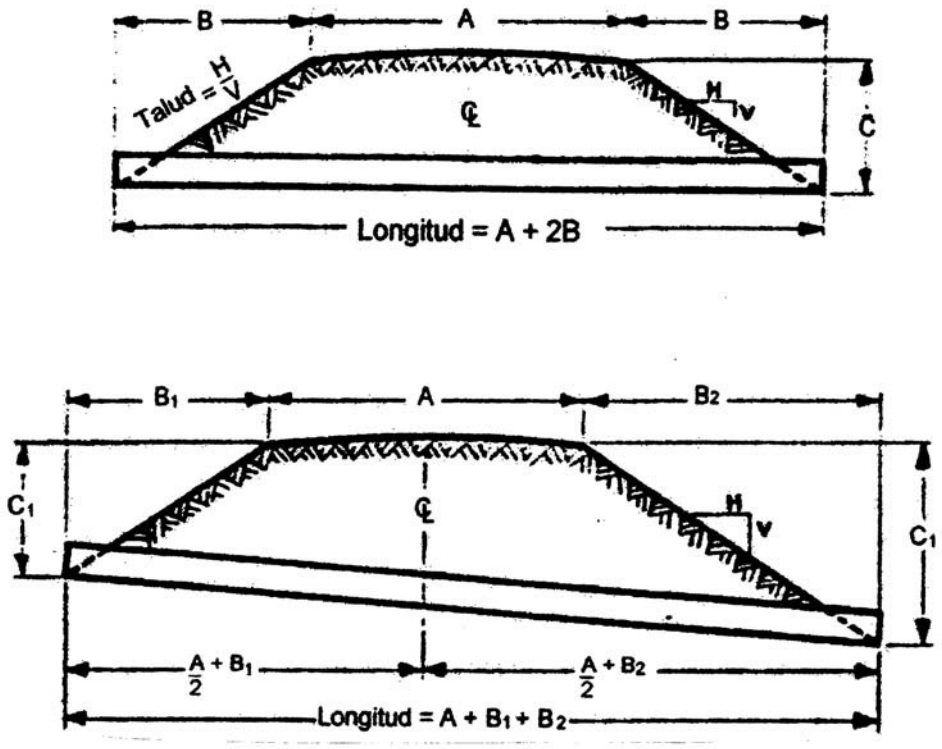


Figura 4.4 ***Longitud de la alcantarilla***

- Velocidad de la corriente.

Las alcantarillas por sus características, generalmente, aumentan la velocidad del agua con respecto a la de la corriente natural, aunque lo ideal sería que la velocidad en el cauce aguas abajo fuese la misma que tenia antes de construir la alcantarilla. Las altas velocidades en la salida son las más peligrosas y la erosión potencial en ese punto es un aspecto que deberá tenerse en cuenta.

Si es necesario una protección contra la erosión, la velocidad a la entrada y/o salida deben compararse con la media velocidad admisible del material del cauce, inmediatamente aguas arriba y/o aguas abajo de la estructura (Tabla 4.2). Cuando la velocidad de salida resulte muy alta ó el material del cauce es particularmente susceptible a la erosión, podrían requerirse dispositivos para disipar la energía del escurrimiento de salida.

TABLA 4.2 Velocidades medias admisibles de la corriente (no erosivas) para suelos no cohesivos, en m/s

	Diámetro medio de partículas MM	Profundidad media de la corriente en (M)					
		0,4	1,00	2,00	3,00	5,00	Más de 10
Polvo y limo	0,005-0,05	0,15-0,20	0,20-0,30	0,25-0,40	0,30-0,45	0,40-0,55	0,5-0,65
Arena fina	0,05-0,25	0,20-0,35	0,30-0,45	0,40-0,55	0,45-0,60	0,55-0,70	0,65-0,80
Arena media	0,25-1,0	0,35-0,50	0,45-0,60	0,55-0,70	0,60-0,75	0,70-0,85	0,80-0,95
Arena gruesa	1,0-2,5	0,50-0,65	0,60-0,75	0,70-0,80	0,75-0,90	0,85-1,00	0,95-1,20
Gravilla fina	2,5-5,0	0,65-0,80	0,75-0,85	0,80-1,00	0,90-1,10	1,00-1,20	1,20-1,50
Gravilla media	5,0-10	0,80-0,90	0,85-1,05	1,00-1,15	1,10-1,30	1,20-1,45	1,50-1,75
Gravilla gruesa	10,-15	0,90-1,10	1,05-1,20	1,15-1,35	1,30-1,50	1,45-1,65	1,75-2,00
Grava fina	15-25	1,10-1,25	1,20-1,45	1,35-1,65	1,50-1,85	1,65-2,00	2,00-2,30
Grava media	25-40	1,25-1,50	1,45-1,85	1,65-2,10	1,85-2,30	2,00-2,45	2,30-2,70
Grava gruesa	40-75	1,50-2,00	1,85-2,40	2,10-2,75	2,30-2,10	2,45-3,30	2,70-3,80
Guijarro fino	75-100	2,00-2,45	2,40-2,80	2,75-3,20	3,10-3,50	3,30-3,80	3,80-4,20
Guijarro medio	100-150	2,45-3,00	2,80-3,35	3,20-3,75	3,50-4,10	3,80-4,40	4,20-4,50
Guijarro grueso	150-200	3,00-3,50	3,35-3,80	3,75-4,30	4,10-4,65	4,40-5,00	4,50-5,40
Canto rodado fino	200-300	3,50-3,85	3,80-4,35	4,30-4,70	4,65-4,90	5,00-5,50	5,40-5,90
Canto rodado medio	300-400		4,35-4,75	4,70-4,95	4,90-5,30	5,50-5,60	5,90-6,00
Canto rodado grueso	400-500 o más			4,95-5,35	5,30-5,50	5,60-6,00	6,00-6,20

- Carga admisible a la entrada.

Con el propósito de evitar que el agua sobrepase la corona de la carretera, la altura permisible del remanso (H_{EP}) en la entrada de la alcantarilla se establecerá como el valor menor que resulte de considerar los siguientes criterios: Disponer de un bordo libre mínimo de 1,00 m, medido desde el nivel de la rasante, que no será mayor a 1,2 veces la altura del ducto.

- Selección del tipo.

En la selección del tipo de alcantarilla intervienen la funcionalidad hidráulica y estructural, así como el aspecto económico, y esta relacionada con los siguientes factores: altura del terraplén, forma de la sección del cruce, características del subsuelo, materiales disponibles en la zona y tipificación de las estructuras y sus dimensiones.

Para definir el proyecto longitudinal de la subrasante se deberá tener presente que, tanto tubos como bóvedas, requerirán de un relleno mínimo de protección entre 0,60 m y 1,00 m, por encima de los mismos; en cambio, la losa superior de los cajones puede quedar, en ocasiones, al nivel de la subrasante del camino.

En cuanto, a lo que se refiere, a la forma de la sección en el cruce, en una planicie de inundación, si es amplia y no bien definida, pueden utilizarse cajones con luces mayores que la altura, ó también, uno o varios tubos; en terrenos de lomas suaves, en los cuales, por lo general, las rasantes son bajas pero los escurrimientos son definidos, se pueden utilizar tubos o cajones; a medida que las secciones se hacen estrechas y profundas, las obras indicadas serán las bóvedas además de los cajones y tubos, dependiendo de la altura del terraplén que quedará sobre estas estructuras.

En las carreteras de corta longitud, se puede presentar el caso de que las cuencas sean semejantes en superficie, pendiente, precipitación, vegetación y características del suelo, que requerirán obras de drenaje del mismo tipo y de casi iguales dimensiones. En estos casos, es conveniente la tipificación y, aunque del estudio resulten una o varias obras con tipo y dimensiones diferentes, en la selección definitiva convienen, en lo posible, unificar estas características.

4.7.2.3.2.- Consideraciones para el diseño.

El diseño del sistema de drenaje transversal menor de una carretera se realizará tomando en cuenta, dos conceptos básicos:

1. El análisis hidrológico de la zona por drenar
2. El diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico permite la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento, según el caso, para períodos de retorno especificados de acuerdo a la finalidad e importancia del sistema.

La determinación de los parámetros hidrológicos de diseño, para la aplicación de los métodos sugeridos, puede hacerse siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Área de drenaje.

El área de drenaje se puede determinar en las cartas topográficas del IGM (escala 1:25.000), ó en fotografías aéreas, y se considerará como la superficie en proyección horizontal limitada por el parte-aguas. Esta área se calculará por cualquier método y se expresará en hectáreas o en kilómetros cuadrados.

- Intensidades

Se determinarán las intensidades de precipitación y se relacionarán con su frecuencia y duración. Aunque la información hidrológica disponible no es suficiente, el INAMHI publica, periódicamente, análisis estadísticos de intensidades que permite calcular, por medio de las ecuaciones pluviométricas, la relación intensidad-frecuencia-duración, para cada una de las denominadas "zonas de intensidades" en que está dividido el país. (Ver Anexo 4-2)

- Período de retorno.

El período de retorno es el intervalo de tiempo promedio entre las ocurrencias reales de un evento hidrometeorológico de una magnitud dada o mayor. La medición práctica del grado de protección o riesgo aceptable consiste, además de fijar un límite de inundación, en la selección del gasto de diseño de cada componente del sistema, gasto que a su vez se vincula con el concepto de probabilidad de ocurrencia o periodo de retorno, que es el inverso de dicha probabilidad; es decir:

$$\frac{1}{Tr} = p$$

donde p es la probabilidad de ocurrencia de un evento, es decir, el gasto del diseño en un año cualquiera y Tr es el periodo de retorno expresado en años.

De acuerdo al tipo de carretera, se asignan los siguientes períodos de retorno: (1) Para *carreteras arteriales*, será no menor a 200 años; (2) para *carreteras colectoras*, será no menor a 150 años; (3) Para *carreteras vecinales*, será no menor de 100 años.

La frecuencia de una creciente se define estadísticamente como el periodo promedio entre la ocurrencia de una creciente de cierta magnitud y la ocurrencia de otra igual o mayor y se expresa en años.

Para efectos de diseño, se recomienda que la frecuencia sea establecida en función de las características e importancia de la vía y del tipo de obra de drenaje de acuerdo con la siguiente tabla.

TABLA 4.3 Frecuencia de diseño

TIPO DE OBRA DE DRENAJE	FRECUENCIA DE DISEÑO (años)			
	AUTOPISTAS		CARRETERAS	
	URBANA AVENIDAS	RURALES	TIPO A Y B	TIPO C Y D
PONTONES	50	50	50	50
ALCANTARILLAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL MAYOR DE 4 m2	50	25	25	10
ALCANTARILLA DE SECCIÓN TRANSVERSAL MENOR DE 4 m2	25	25	15	10

- Tiempo de concentración.

Debido a la limitada información existente se recomienda tomar el tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración, considerando que en ese lapso se produce la mayor aportación de la cuenca al cauce. Para el cálculo del tiempo de concentración existen varias expresiones empíricas, siendo la más utilizada la fórmula de Kirpich:

$$t_C = 0{,}0195 \left(L^3 / H \right)^{0.385}$$

donde:

t_C = tiempo de concentración, en min.

L = longitud del cauce principal, en m.

H = desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de descarga, en m.

- Precipitación máxima en 24 horas.

La precipitación máxima en 24 horas se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas más cercanas a la zona del proyecto, cuando no se disponen de tales datos se podría recurrir al mapa de isolíneas del INAHMI, en correlación con la zonificación con la que han sido determinadas las ecuaciones. (Ver Anexo 4-3)

- Coeficiente de escorrentía.

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendiente longitudinales y cobertura vegetal, los cálculos se muestran en las tablas 4.5 y 4.6.

TABLA 4.4 Coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL		PENDIENTE DEL TERRENO				
	TIPO SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPECIABLE
			50% 20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Notas:

Para zonas que se espera puedan ser quemada se deben aumentar los coeficientes así: Cultivos: multiplicar por 1,10; Hierba, Pastos y vegetación ligera. Bosques y densa vegetación: multiplicar por 1,30.

- Caudal de diseño.

El cálculo del caudal de diseño, para un periodo de retorno establecido, dependerá de la información hidrológica disponible, de la importancia de la estructura que se diseña y del servicio de drenaje que prestará.

Un método adecuado y ampliamente utilizado para estimar el caudal máximo en cuencas pequeñas, que no excedan a 400 Ha, es el denominado "Método Racional" que permite determinar el caudal en función de los

datos de precipitación pluvial en el lugar, del área de la cuenca, de la topografía y del tipo de suelo.

El método se expresa por la ecuación:

$$Q = 2.78\ cIA$$

donde:

Q = caudal máximo probable, en litros/seg.

c = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de la precipitación, en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración.

A = área de la cuenca, en Ha.

La intensidad de la lluvia esta referida al valor medio y al tiempo de duración de la misma. Cuando se cuenta con registros completos tomados en una estación, es posible disponer de mediciones de intensidades de lluvia y de su duración; pero, en ocasiones, no es posible disponer de esta información, siendo necesario efectuar extrapolaciones de los datos obtenidos, desde una estación a otra, inmediatamente cercana, donde no existen.

En este caso, podrían considerarse bastante representativos los datos determinados de esta manera, sin que esto represente una regla general.

El diseño hidráulico permite establecer las dimensiones requeridas de la estructura para desalojar los caudales aportados por las lluvias, de conformidad con la eficiencia que se requiera para la evacuación de las aguas.

Las alternativas y posibilidades que se presenten en el diseño deben ser comparadas estimando los costos totales, es decir incluyendo los costos de las alcantarillas, de los cabezales y aletas, de los canales, de las obras de disipación de energía necesarias, del movimiento de tierra, de la conservación y mantenimiento de sistema y finalmente el costo de los daños que pueda presentarse al alterar las condiciones naturales del sitio.

Para la selección del tamaño y tipo de alcantarilla hay que tener en cuenta las recomendaciones generales antes mencionadas, los cálculos se muestran en la tabla 4.7.

4.7.2.3.3.- El cálculo hidráulico de la alcantarilla

Una vez seleccionado un tamaño tentativo de alcantarilla, se procede a calcular la altura de agua a la entrada (HE) considerando las dos posibilidades, de control a la entrada o control a la salida, la altura calculada que resulte mayor, definirá el tipo de control que se ha de tener y deberá ser comparada con la altura permisible a la entrada (HEP). Si la altura calculada resulta menor o mayor que la permisible, se selecciona otra tamaño y se repite el cálculo.

4.7.2.3.3.1.- Cálculo de la altura de agua a la entrada, con control a la entrada

- ✓ Utilizando el Nomograma de control a la entrada apropiado al tipo de alcantarilla (Nomograma IV.4 al IV.7; ver anexos 4), y considerando el tamaño tentativo ya seleccionado, se determina en la escala correspondiente la relación HE/D.

- ✓ Se calcula HE = (HE/D)*D.

4.7.2.3.3.2.- Cálculo de la altura de agua a la entrada, con control a la salida

- ✓ Se calcula la altura de agua a la entrada, a partir de la ecuación:

$$HE = H + ho - LSo$$

- ✓ La carga utilizada (H), se determina empleando el Nomograma apropiado para el tipo de alcantarilla (Nomogramas IV.8 al IV.13; ver anexos 4) y considerando el tamaño tentativo ya seleccionado, cuya longitud y rugosidad se conocen.

4.7.2.3.3.3.- Determinación del valor de "ho"

- ✓ Se determina el valor de Hs.
- ✓ Se determina el valor de $\frac{dc + D}{2}$

"ho" será igual a HS cuando la salida es sumergida, o cuando HS es mayor que $\frac{dc + D}{2}$ y la salida no está sumergida

ho será igual a $\frac{dc + D}{2}$ cuando la salida no está sumergida y HS es menor que $\frac{dc + D}{2}$

Para el cálculo de la profundidad crítica se deberán utilizar los gráficos IV.1, IV.2 y IV.3, indicados en los anexos 4.

4.7.2.3.3.4.- Cálculo de la velocidad a la salida

La velocidad a la salida se calcula a partir de:

$$V = Q/As .$$

donde As es el área de la sección transversal ocupada por el agua a la salida, y variará según la clase de control que tenga.

Si se ha determinado que el control será a la salida, el área de la sección transversal a la salida (As) puede calcularse a partir del valor de dc utilizado en el procedimiento par la determinación de "ho", con la ayuda del gráfico IV.10, mostrado en los anexos 4.

Si se ha determinado que el control será a la entrada, el área de la sección transversal a la salida (As), se supone igual al área de la sección con profundidad normal.

La profundidad normal para secciones no rectangulares, puede determinarse calculando la capacidad a sección plena, a partir de los gráficos IV.5 al IV.9, que se presentan en los anexos 4. Conocida la relación entre gasto de proyecto y capacidad a sección plena, se procede a determinar con la ayuda del gráfico IV.10 (ver anexos 4) la relación entre profundidades y en consecuencia la profundidad normal para el gasto de proyecto. Para secciones rectangulares se ha preparado el gráfico IV.4. (Ver anexos 4)

4.7.2.3.4.- Control de erosión a la salida

Las alcantarillas generalmente producen velocidades mayores que las del cauce natural, las cuales alcanzan su valor máximo y por lo tanto su máximo potencial de erosión, a la salida. Por lo tanto, es imprescindible calcular la velocidad de salida, utilizando los gráficos apropiados, con el fin de compararla con las velocidades medias recomendadas en canales no revestidos (ver tabla 4.2) y decidir si es necesario utilizar obras de protección o de disipación de energía.

Cuando exista el peligro de erosiones que causen daños de consideración, se recomienda proyectar las obras a la salida de las alcantarillas, para una frecuencia de 50 años.

4.8.- HIDRÁULICA DEL DRENAJE LONGITUDINAL

La principal finalidad de un sistema de drenaje longitudinal es la de recoger las aguas pluviales que caen sobre la vía y de interceptar las aguas superficiales para luego evacuarlas para que no puedan ocasionar molestias en el tránsito vehicular.

En un proyecto de drenaje longitudinal se tendrá que determinar el gasto del proyecto y los procedimientos para el cálculo de capacidades de los canales, donde dichos procedimientos suponen condiciones de régimen uniforme, lo que no corresponde a la realidad pero que cumplen con la finalidad de encauzar el agua y de no perturbar el tránsito.

Para los estudios hidráulicos de un drenaje longitudinal se tendrá que determinar las capacidades de los canales de drenaje aplicando la formula de Manning; tanto su alineamiento como su pendiente deben ajustarse a la del proyecto vial, además por razones de seguridad de tránsito sus secciones transversales deben satisfacer requisitos muy particulares, existiendo secciones típicas muy usuales para los canales adyacentes a las vías, como son las cunetas triangulares tal como se muestra en la siguiente figura, la cual sirve para determinar su capacidad a sección plena.

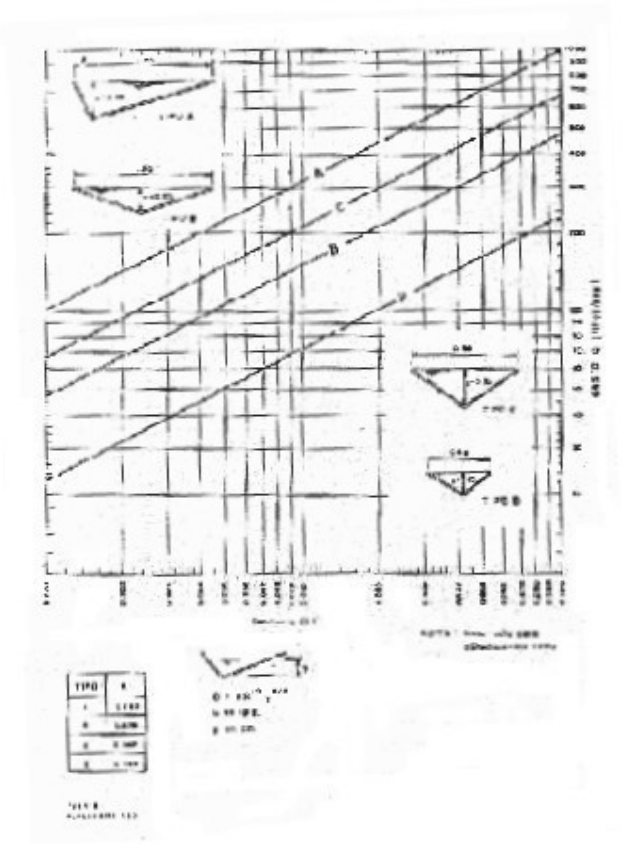


Figura 4.5 ***Canales triangulares plenos n = 0.016***

Una parte del estudio hidrológico que se realiza para establecer las dimensiones apropiadas de este tipo de obra, corresponde calcular el gasto para un cierto periodo de retorno, para determinar los gastos de proyecto de las obras de drenaje longitudinal, se considera apropiado el método racional debido a la pequeña extensión de las cuencas y por los cortos tiempos de concentración.

Para aplicar el método racional se recomienda recurrir a las curvas de intensidad-duración-frecuencia de diferentes regiones del país o con las curvas propias de la zona bajo estudio, lo cual es lo más recomendable. Se escogerá la curva de frecuencia apropiada para el periodo de retorno asignado a la obra en consideración obteniéndose la intensidad media de la lluvia cuya duración sea igual al tiempo de concentración.

El tiempo de concentración se puede estimar de acuerdo con los gráficos correspondientes para determinar los tiempos correspondientes al escurrimiento superficial y calculándose los tiempos de viaje basándose en las velocidades medias de cada tramo de conducto.

El coeficiente de escurrimiento puede seleccionarse entre los valores de la tabla. Cuando la cuenca de drenaje está compuesta de zonas de diferentes coberturas se debe utilizar un promedio ponderado.

El último de los factores de la fórmula racional es el área de la cuenca contribuyente al punto donde se desea determinar el aporte, por lo general, se mide en los mismos planos del proyecto de la vía, anotando a la vez las características de las superficies que van a incidir en la determinación del coeficiente de escurrimiento y del tiempo de concentración.

CAPITULO 5

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y GEOTECNIA

5.1.- INTRODUCCIÓN

El comportamiento mecánico de taludes naturales o artificiales constituidos por suelos o rocas, es uno de los problemas que preocupan simultáneamente a la ingeniería civil y la geotecnia, el tratar de dominar tal comportamiento es de vital importancia ya que involucra problemas de orden económico y social, bastando con mencionar que un talud inestable puede amenazar a un asentamiento humano, a trabajadores en la explotación de canteras o depósitos minerales, construcciones de presas, túneles y vías de comunicación, etc.

El objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas es el de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo, sin embargo la eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos y se requiere establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos.

5.2.- FACTORES CAUSANTES DE DESLIZAMIENTO DE TALUDES

El reconocimiento de los factores que transforman a un talud estable en potencialmente inestable es de gran importancia para una correcta interpretación del fenómeno y adopción de medidas correctivas.

Evidentemente las causas de un deslizamiento son distintas pero se agrupan en las siguientes.

5.2.1.- Condiciones del terreno

Características generales de la masa y particulares de los materiales que pueden ser determinadas en la superficie del talud o ladera y sus alrededores, y exploradas superficialmente por medio de perforaciones, trincheras y calicatas.

Las características mecánicas pueden ser determinadas por medio de ensayo de campo y laboratorio, y son las siguientes:

- Suelos plásticos blandos
- Suelos sensibles

- Suelos limosos colapsibles
- Rocas meteorizadas
- Material cizallado o brechado de fallas
- Roca diaclasada o fisurada
- Discontinuidades del macizo orientadas tales como estratificación, esquistosidad, clivaje, diaclasas, fracturas y fallas geológicas, discordancias y contactos sedimentarios
- Variación en permeabilidad y sus efectos sobre el agua subterránea.
- Variación en la rigidez sobre la roca, suelo plástico o vicecersa

5.2.2.- Procesos Geomorfológicos

Son cambios en la geomorfología del terreno que pueden ser documentados por comparación con mapas preexistente, fotografías aéreas, levantamiento de zonas inestables o por observación cuidadosa a lo largo del tiempo por la población local o por expertos y pueden ser:

- Áreas fallas o fracturadas
- Socavación al pie del talud
- Erosión en los bordes del talud
- Acción de las aguas subterráneas a presión (solución, sifonamiento)
- Sobrecarga en la corona del talud
- Eliminación de vegetación (causa principal de la erosión)

5.2.3- Procesos Físicos

Las lluvias pueden ser cuantificadas en cada sitio por medio de instrumentación, tal como pluviómetros y pluviógrafos.

Las presiones internas pueden ser medidas mediante piezómetros y la observación cuidadosa de los niveles de agua en pozos permiten su valoración.

Los efectos sísmicos se evalúan mediante los sismógrafos y en particular mediante el registro de las aceleraciones sísmicas que son las que más se utilizan en los análisis.

Los suelos y las rocas, en particular los primeros pueden ser afectados por los siguientes factores:

- Lluvia intensa de corta duración
- Lluvia fuerte prolongada
- Escurrimiento rápido después de crecientes o inundaciones o rotura de presa naturales.
- Sismos
- Expansión y contracción en la meteorización de suelos activos.

5.2.4.- Acciones Antrópicas

Mediante observaciones prácticas se ha establecido la siguiente lista de factores causantes de inestabilidad de los taludes y laderas:

- Excavación de taludes, excavación en el pie de talud
- Sobrecarga del talud, carga en la corona
- Desembalse rápido
- Irrigación
- Mantenimiento defectuoso del sistema de drenaje
- Escape de agua de redes de servicio (acueducto, alcantarillado, aguas lluvias)
- Remoción de vegetación (deforestación)
- Minas y canteras (a tajo abierto o en galerías subterráneas)
- Formación de acumulaciones de desperdicios o sobrantes muy sueltos
- Vibraciones (incluye el tránsito de vehículos, hincado de pilotes, operación de maquinaria pesada)

5.3.- MÉTODOS PARA DISMINUIR O ELIMINAR EL RIESGO DE FALLAS EN TALUDES

Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizando los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención, control o estabilización.

Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos, políticos, con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo.

La disminución o mitigación del riesgo de falla con los taludes debe partir de los análisis de estabilidad que incluya los parámetros geométricos y geomecánicos más representativos. Aparte de esto la decisión de estabilizar un talud depende también de otros aspectos aparte de los técnicos que inclusive tienen que ver con la capacidad económica y con el manejo social y político, vinculado a estos últimos aspectos está la toma oportuna de decisiones técnicas.

A continuación se presentan algunas de la metodologías que se han utilizado para disminuir o eliminar el riesgo de los deslizamientos de tierra:

5.3.1.- Prevención

La prevención que incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas, la prevención debe ser un programa de estado en todos sus niveles, mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita desminuir los riesgos de deslizamiento en un área determinada.

En la tabla 5.1 se mencionan algunos métodos de prevención de la amenaza o el riesgo y se señalan las ventajas y desventajas de su utilización.

TABLA 5.1 Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Disminución con medidas correctivas	Son muy efectivas cuando la comunidad esta consciente del riesgo y colabora con el estado	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil
Planeación del uso de la tierra	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo

Códigos técnicos	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas	Se requiere de una entidad que los haga cumplir
Aviso y alarma	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente	Generalmente, se aplica después de ocurrido el desastre

5.3.2.- Elusión de la amenaza

Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento.

TABLA 5.2 Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos

MÉTODO	APLICACIONES	LIMITACIONES
Variantes o relocalización del proyecto	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud. Puede ser el mejor de los métodos si es económico hacerlo	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos
Remoción total de deslizamientos	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos

Remoción parcial de materiales inestables	Se acostumbra el remover los suelos subsuperficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial se dificulta el proceso de excavación
Modificación del nivel de proyecto o subrasante de una vía	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto
Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil en terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales del material inestable

5.3.3.- Control

Son métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obra se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.

TABLA 5.3 Estructuras de control de masas en movimiento

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bermas	Generalmente son económicas, rápidas de construir	Se requiere un de espacio grande a mitad del talud
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias	Los cantos fácilmente pasan por encima
Estructuras de retención	Retienen las masas en movimiento	Se pueden requerir estructuras algo costosas
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras	Son muy costosas

5.3.4.- Estabilización

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

1. Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización mas apropiados teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
2. Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
3. Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Debe tenerse en cuenta que en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe proveerse en las cláusulas contractuales de construcción

5.4.- SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

5.4.1.- Modificación topográfica del talud

Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas de suelo, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento, se puede reducir el efecto de las fuerzas movilizantes removiendo la parte superior de un deslizamiento rotacional, o aumentar las fuerzas resistentes colocando una masa de suelo hacia el pie del talud afectado para que cumpla una función de contrapeso.

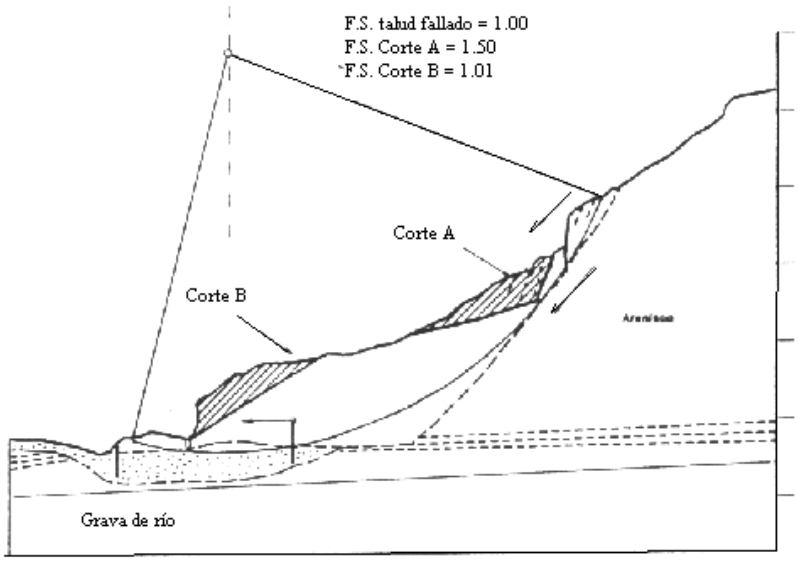
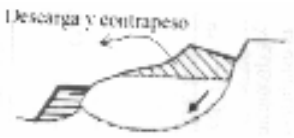
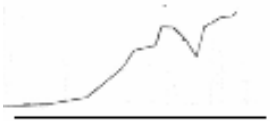
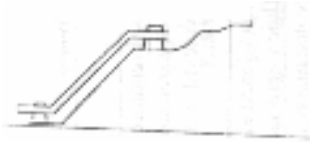


Figura 5.1 ***Corte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad***

Pertenecen a esta categoría el terraceo, las bermas u otros métodos mostrados en la tabla, dado que modifican el perfil del talud en algún grado. Por extensión entran aquí la remoción y reemplazo que se refieren al retiro total o parcial de la masa de material inestable para reemplazarlo por materiales más resistentes durables o livianos.

TABLA 5.4 Métodos de Estabilización de Taludes que modifican la topografía

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Descarga y contrapeso 	Disminuye fuerzas inestabilizantes. Aumenta fuerzas resistentes	Dificultades de acceso a la parte superior y de maniobras de equipos por terreno blando y agrietado. Puede requerir intervención del terreno situado arriba o detrás del escarpe principal
Abatimiento de la pendiente	Efectivo especialmente en suelos friccionantes	No es viable económicamente en taludes de gran altura
Aterrazamiento 	Además, de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión	Cada terraza debe ser estable independientemente
Berma en la corona del talud 	Evita escurrimiento sobre el talud, conduce el agua al sistema de drenaje, puede ser construida antes de ejecutar la excavación	Acceso a la corona del talud. Difícil construirla en laderas empinadas o rocosas. La concentración de aguas puede requerir canales revestidos y disipadores de energía. Puede promover la infiltración
Dique y canal interceptor 	Capta y conduce el agua a sitios seleccionados reduciendo la erosión potencial. Puede ser incorporado al sistema de drenaje permanente	Dificultades de acceso. Requiere mantenimiento frecuente sino esta revestido. El material alterado o la berma pueden ser fáciles de erosionar
Drenaje en la cara del talud (revestimientos, tuberías, etc.) 	Previene la erosión. Puede ser temporal o permanente. Puede ser construido o prolongado a medida que avanza el corte	Requiere obras complementarias para colectar el agua. La construcción permanente no siempre es compatible con otras obras del proyecto. Exige disipadores de energía.

5.4.2.- Recubrimiento de la superficie del talud

Estos métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial.

El recubrimiento puede resultar como un factor adicional para contribuir con la estabilidad de un talud desde que se haya obtenido una cierta estabilización del mismo por medio de un drenaje superficial o subterráneo o por otros métodos descritos más adelante. La vegetación en taludes de suelo y que poseen una superficie de deslizamiento real o potencial poco profunda tienen el propósito de proteger la superficie del mismo al ataque de la erosión, las raíces contribuyen para un mayor sostenimiento del suelo y disminuyen la humedad del suelo a profundidades considerables. Para contribuir tales propósitos es conveniente el empleo de vegetales con alta densidad de raíces y que tenga alto grado de consumo de agua y de evaporación.

El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuerzan la estructura superficial del suelo como los revestimientos del talud con enrocados y elementos prefabricados.

TABLA 5.5 Métodos de recubrimiento de la superficie del talud

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Recubrimiento de la superficie del talud	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento
Conformación de la superficie	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente limitado
Sellado de grietas superficiales	Disminuye la infiltración de agua	Las grietas puede abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo
Sellado de juntas y discontinuidades	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requieren sellar
Cobertura vegetal, árboles arbustos y pastos	Representan una alternativa ambientalmente excelente	Puede requerir mantenimiento para su establecimiento.

En taludes de arena, grava o limos limpios que presentan gran riesgo de erosión a velocidades bajas de la corriente, se acostumbra proteger la superficie con arcilla compactada. El espesor de este recubrimiento es generalmente de 30 cm., sobre la arcilla se siembra vegetación preferiblemente pastos o arbustos.

5.4.3.- Control de agua superficial y subterránea

Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento aumentando las fuerzas resistentes.

En muchos casos, el agua es la causa principal de la falla de taludes, el agua reduce la cohesión (por ablandamiento) tanto del suelo como del relleno de diaclasas de las rocas. El ablandamiento se presenta cuando el talud esta expuesto al agua durante periodos prolongados si el agua asciende o se infiltra dentro de un talud, se reduce la resistencia del suelo y la roca. Por el contrario, si el agua es removida o su nivel es abatido, se aumenta la resistencia. El drenaje superficial y de la infiltración es una acción esencial en el manejo de taludes que presentan falla y se aplica con frecuencia en combinación con muchos otros métodos de corrección. De hecho el drenaje eficiente no solo colabora en la corrección de los deslizamientos sino que además garantiza el buen funcionamiento de las obras correctivas.

TABLA 5.6 Métodos de control de agua y presión de poros

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Canales superficiales para control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos pocos profundos en suelos saturados subsuperficialmente	Pocos efectivos para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser muy alto
Galerías o túneles de penetración	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas	Muy costosos.
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas, efectivos para excavaciones no permanentes	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente

5.4.4.- Estructuras de contención

Son métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.

Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite el deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero. Cada tipo de estructura tiene un sistema diferente de trabajo y se deben diseñar de acuerdo a su comportamiento particular.

TABLA 5.7. Métodos de estructuras de contención

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento	Efectivos en deslizamiento no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno
Muros de contención (de concreto reforzado y ciclópeo tierra armada o usando geosintéticos o llantas de desecho)	Útiles parar estabilizar masas relativamente pequeñas	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura
Pilotes	Son efectivos en movimiento pocos profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en deslizamientos rotacionales
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es	Se requieren equipos especiales y son usualmente

	estratificada	costosos
Pantallas ancladas	Útiles como estructura de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas

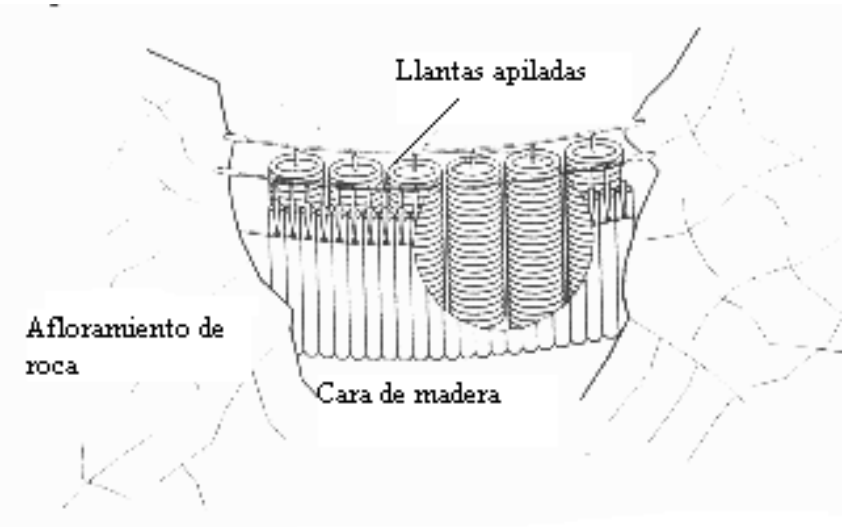


Figura 5.2 ***Atenuador de caídas de bloques de roca con llantas usadas***

5.4.5.- Mejoramiento del suelo

Método que aumentan la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.

TABLA 5.8 Métodos para mejorar la resistencia del suelo.

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Inyecciones o uso de químicos	Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo
Magmaficación	Convierte el suelo en roca utilizando rayos especiales desarrollados por la industria espacial	Su utilización en la actualidad es solamente para uso experimental
Congelación	Endurece el suelo al congelarlo	Efectos no permanentes
Electro-Osmosis	Reducen el contenido de agua	Utilización para estabilización no permanente
Explosivos	Fragmenta la superficie de falla	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos

5.5.- COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS

En términos de costos, las obras de estabilización de taludes pueden ser muy variables dependiendo de la magnitud de la intervención. Pero la relación Beneficio-Costo de un proyecto de estabilización es siempre muy positiva, ya que un talud que colapsa es un elemento de alto riesgo para la vida humana, implica una inversión adicional en obras de estabilización de alto costo y crea un disturbio en la operación de las infraestructuras

adyacentes con los consiguientes lucros cesantes, perdida de credibilidad en el servicio, etc.

El peor inconveniente es el problema imprevisto, el proyectista tiene que atender los distintos escenarios de afectación de los terrenos por la implantación de las obras, realizar los estudios de campo y de oficina, incluyendo los ensayos in situ y de laboratorio para la obtención de parámetros de diagnóstico y dimensionamiento, modelar los distintos escenarios posibles y desarrollar las soluciones correspondientes.

Esto significa invertir mas recursos y tiempo en estudios. Esta opción correctamente organizada, orientada y coordinada es altamente ventajosa y sus costos no superan, en general el 1 o 2 % del costo de la obra, incluyendo los trabajos de prospección.

5.6.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

5.6.1.- Descarga y contrapeso

La remoción de materiales de una suficiente cantidad de materiales en la parte superior del talud puede resultar en un equilibrio de fuerzas que mejore la estabilidad del talud. En la práctica este método es muy útil en

fallas activas. La cantidad de material que se requiere depende del tamaño del movimiento y de la geotecnia del sitio.

Antes de iniciar el proceso de corte debe calcularse la cantidad de material que se requiere remover con base a un análisis de estabilidad para un factor de seguridad propuesto.

El calculo se realiza generalmente, por un sistema de ensayo y error, finalmente la efectividad técnica del sistema y el factor económico van a determinar su viabilidad. En ocasiones estos materiales pueden ser utilizados como préstamo para terraplenes en el mismo proyecto.

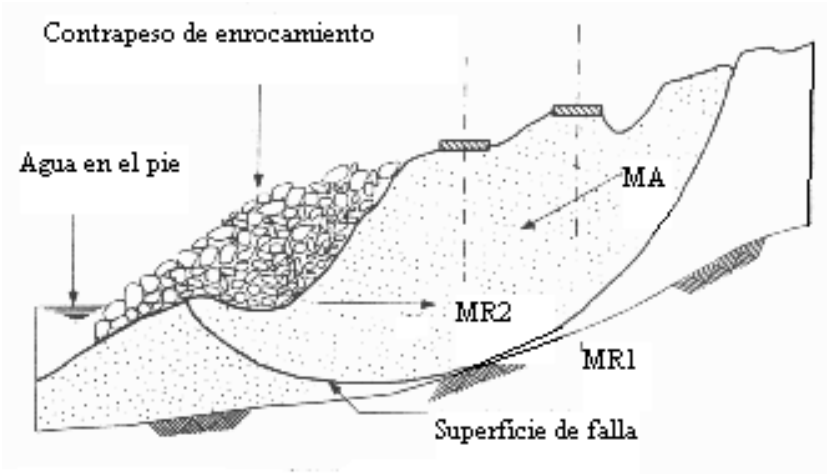


Figura 5.3 ***Contrapeso para estabilización de un deslizamiento activo***

Al construir las terrazas el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, los cuales a su vez deben ser estables. El terraceo se le puede realizar con el propósito de controlar la erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación. La altura de las gradas generalmente, es de 5 a 7 metros y cada grada debe tener una cuneta revestida para el control de agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía.

5.6.2.- Terrazas o bermas intermedias

La construcción de terrazas en la parte alta de un deslizamiento de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. Si el proceso se hace en la parte inferior se puede lograr el proceso inverso de disminuir el factor de seguridad. En deslizamiento de traslación y en ciertos deslizamientos de residuos generalmente no es efectivo emplear métodos de remoción de materiales.

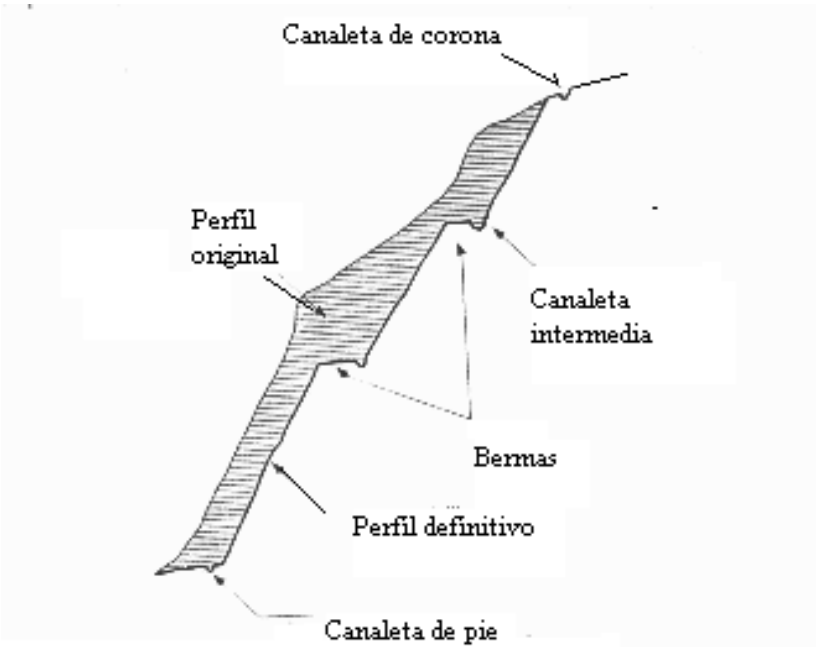


Figura 5.4 ***Estabilización por conformación del talud y bermas***

Al construir las terrazas el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, los cuales a su vez deben ser estables. El terraceo se lo puede realizar con el fin de controlar la erosión y facilitar el crecimiento de la vegetación. La altura de las gradas es generalmente de 3 a 5 metros y cada grada debe tener una cuneta revestida para el control de agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía.

5.6.2.1.- Diseño de la geometría de las bermas

Uno de los objetivos principales del área de la estabilidad de taludes, es el diseño de taludes topográficamente estables. Este tipo de problema siempre esta latente en le trazado de vías, explanaciones, exploraciones mineras, urbanizaciones, etc. El diseño comprende las decisiones de tipo topográfico y estabilización que se requiere presupuestar, previamente a la construcción de la obra civil.

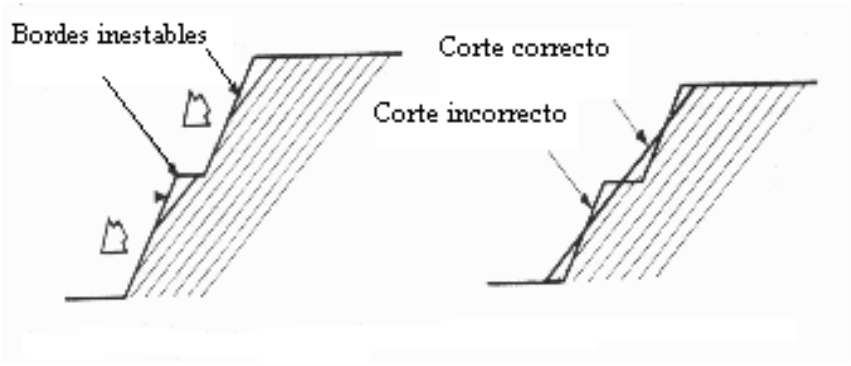


Figura 5.5 ***Cortes en taludes con juntas semiparalelas a la topografía del terreno***

El diseño de un talud consiste en definir su altura, pendiente y elementos topográficos con base en parámetros geotécnicos. Para el diseño de un talud se pueden emplear varios sistemas:

1. Uso de códigos como los existentes en Hong Kong y la cuidad de los Ángeles.
2. Empleo de gráficos de diseño, teniendo en cuenta algunas de las características del cuelo o macizo rocoso.
3. Cálculo de factor de seguridad del talud y diseño por el sistema de prueba y error, hasta encontrar el diseño que mejor se ajuste a los requisitos de estabilidad establecidos.
4. Definición de pendientes y alturas de acuerdo al comportamiento de taludes similares en la misma formación geológica.

Se recomienda que los diseños obedezcan a un conocimiento muy claro de los factores básicos y mecánicos de falla. Un sistema que funcionó exitosamente en otro sitio, no indica que puede ser aplicable en otro. En el diseño de cortes se debe tener en cuenta la geología del talud y en especial las estructuras o discontinuidades y el perfil de meteorización.

Para el diseño de bermas y pendientes se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Formación geológica

A mayor competencia de la roca se permiten mayores pendientes y mayores alturas. Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales.

2. Meteorización

Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes inferiores a 1H: 1V, en la mayoría de las formaciones geológicas no permiten alturas entre bermas superiores a 7 metros y requieren anchos de berma mínimo 3 metros.

Para cortes en materiales meteorizados la pendiente en la parte más profunda del corte permite ángulos superiores a la cabeza del talud. Se recomienda para cortes de gran altura establecer ángulos diferentes de pendiente para el pie y la cabeza del corte adaptándolos a la intensidad del proceso de meteorización.

3. Micro estructura y estructura geológica

A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud. Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.

4. Minerales de arcilla

Los suelos que contengan cantidades importantes de arcillas activas, tipo montmorillonita, requieren de pendientes de talud inferiores a 2H: 1V. Los suelos entre bermas en suelos arcillosos no deben ser superiores a 5 metros y las gradas deben tener un ancho mínimo de 4 metros.

5. Niveles freáticos y comportamiento hidrológico.

Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H:1V a menos que tengan una cohesión alta.

6. Sismicidad.

En zonas de amenaza sísmica alta no deben construirse taludes semiverticales o de pendientes superiores a ½ H:1V a menos que se trate de rocas muy sanas.

7. Factores Antrópicos

Dependiendo de las características geológicas particulares de cada terreno en zonas urbanas se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H:1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5 metros.

8. Elementos en riesgo

Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos.

Los taludes recomendables en función de la geología del terreno se presentan a continuación:

TABLA 5.9 Pendientes típicas para taludes de corte

PENDIENTES TÍPICAS PARA TALUDES EN CORTE (JAPAN ROAD ASSOCIATION)		
SUELO	**ALTURA DEL TALUD**	**PENDIENTE**
Roca dura		1:0.3 a 1: 0.8
Roca blanda		1:0.5 a 1:1.2
Arena mal graduada		1:1.5
Suelo arenoso denso	Menos de 5 metros	1:0.8 a 1:1.0
Suelo arenoso denso	5 a 10 metros	1:1.0 a 1:1.2
Suelo arenoso poco denso	Menos de 5 metros	1:1.0 a 1:1.2
Suelo arenoso poco denso	5 a 10 metros	1:1.2 a 1:1.5
Arena con grava y cantos densa	Menos de 10 metros	1:0.8 a 1:1.0
Arena con grava y cantos densa	10 a 15 metros	1:1.0 a 1:1.2
Arena con grava y cantos no densa	Menos de 10 metros	1:1.0 a 1:1.2
Arena con grava y cantos no densa	10 a 15 metros	1:1.2 a 1:1.5
Suelo cohesivo	0 a 10 metros	1:0.8 a 1:1.2
Suelo cohesivo con cantos	Menos de 5 metros	1:1.0 a 1:1.2
Suelo cohesivo con cantos	5 a 10 metros	1:1.2 a 1:1.5

En taludes de terraplenes el suelo cerca al borde del talud presenta generalmente deficiencias de compactación, para prevenir la erosión del

talud en relleno se recomienda recompactarlo con equipos especiales, para taludes de 1:1.8 o más suaves se puede emplear un equipo compactador vibratorio corriente pero para taludes más fuertes se requiere el uso de equipos especiales.

En los anexos se presentan diferentes pendientes de taludes de acuerdo al tipo de roca o suelo.

5.6.2.2.- Protección con enrocado

Consiste en bloques de roca colocados sobre el talud a lo largo de la orilla y se utiliza cuando hay disponibilidad en un sitio cercano. El tamaño de los cantos depende de la velocidad máxima de diseño de la corriente. El espesor del diseño debe ser lo suficiente para acomodar los cantos más grandes en mínimo de dos capas. Debajo del enrocado debe colocarse un filtro de geotextil o grava, no deben emplearse rocas laminadas, fracturadas o meteorizadas. Igualmente deben evitarse las rocas solubles en agua como las calizas.

Se emplea comúnmente concreto armado, debido a su rigidez su fundación debe ser buena y estable. Debe proveerse lloraderos y se recomienda colocar una capa de material filtrante debajo de la placa de concreto.

5.6.2.3.- Cobertura vegetal

Una de las decisiones más importantes en el diseño de obras para el control de erosión es escoger acertadamente el tipo de pasto más apropiado para cada caso en particular. En la siguiente tabla se indican los pastos utilizados para el control de erosión y a continuación se presenta una descripción de las características de algunos de ellos.

TABLA 5.10 Características de los pastos utilizados en el control de erosión

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS PASTOS UTILIZADOS EN EL CONTROL DE EROSION									
NOMBRE	**CLIMA M.s.n.M**	**TEMPERATURA**	**LLUVIAS Mm/año**	**REPRODUCCION**	**INVASOR**	**RESISTE QUEMAS**	**RESITE PISOTEO**	**RESISTE SEQUIAS**	**TERRENO**
BRAQUIARIA	0 a 2200	20 a 30		Capas, estolones y semillas	Sí	Sí	Sí	Sí	Bien drenado ácido
GORDURA	300 a 3300	18 a 27	800 a 4000	Semillas	No	No	No	No	Bien drenado a húmedo
KIKUYO	2000 a 3000	10 a 20	800 a 3000	Estolones y semillas	Sí	Sí	Sí	Sí	Bien drenado a húmedo
PUNTERO	0 a 2000	20 a 30	800 a 2000	Capas y semillas	No	No	Sí	Sí	Bien drenado
ANGLETON	800 a 1800	23 a 30	800 a 1000	Estolones y semillas	Sí	No	Sí	No	Bien drenado a neutro

FESTUCA	2000 a 3200	15 a 20	1000 a 4000	Semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
GUINEA	0 a 2200	20 a 30	900 a 1700	Capas y semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
PARA	0 a 1700	22 a 30	1000 a 4000	Estolones	Sí	Sí	Sí	No	Húmedo
PANGOLA	0 a 2200	18 a 30	1000 a 2000	Estolones	Sí	Sí	Sí	Sí	Húmedo a bien drenado
RAIGRAS PERENNE	2200 a 3000	10 a 20	1500 a 4000	Semillas	No	No	Sí	No	Húmedo
CENTRO	0 a 1600	25 a 30	800 a 1000	Capas (rastrero)	Sí	No	Sí	Sí	Secos
KUZDU	0 a 2000	22 a 30	1000 a 2000	Capas (rastrero)	Sí	No	No	No	Húmedo a bien drenado
PEGA-PEGA	0 a 3000	18 a 30	1000 a 2000	Capas (rastrero)	Sí	No	No	Sí	Bien drenado
SAN AGUSTÍN	300 a 2000	18 a 25	1000 a 2000	Capas	Sí	No	No	Sí	Bien drenado
ELEFANTE	300 a 2300	18 a 27	1000 a 3000	Capas, estolones y semillas	Sí	No	Sí	No	Húmedo neutro
LIMONARIA	300 a 2000	18 a 25	1000 a 3000	Estolones	No	No	Sí	Sí	Bien drenado

Para seleccionar el tipo de vegetación debe tenerse en cuenta factores tales como: adaptación, hábitos de crecimiento, tolerancia a pisoteo, quemas, sequías y otros factores adversos y sistemas de mantenimiento.

Comúnmente se recomienda emplear plantas comunes en la región que ya estén adaptadas al ambiente. Debe diseñarse un sistema de siembra, abono, protección durante la germinación y crecimiento y un programa de mantenimiento.

El método a emplearse depende de las características topográficas, ambientales y el tipo de suelo, se recomienda construir taludes modelo para cada región y de acuerdo a su comportamiento hacer las modificaciones que garanticen la protección total del talud.

5.6.3.- Subdrenes de zanja

Los subdrenes interceptores son zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua.

Los hay de diversas formas:

- Con material de filtro y tubo colector
- Con material grueso permeable sin tubo(filtro francés)
- Con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector
- Con geotextil, material grueso y sin tubo
- Tubo con capa gruesa de geotextil a su alrededor

El tipo de dren interceptor a emplear dependerá de la disponibilidad de materiales en la región y costos y de las necesidades de captación y caudal del tren.

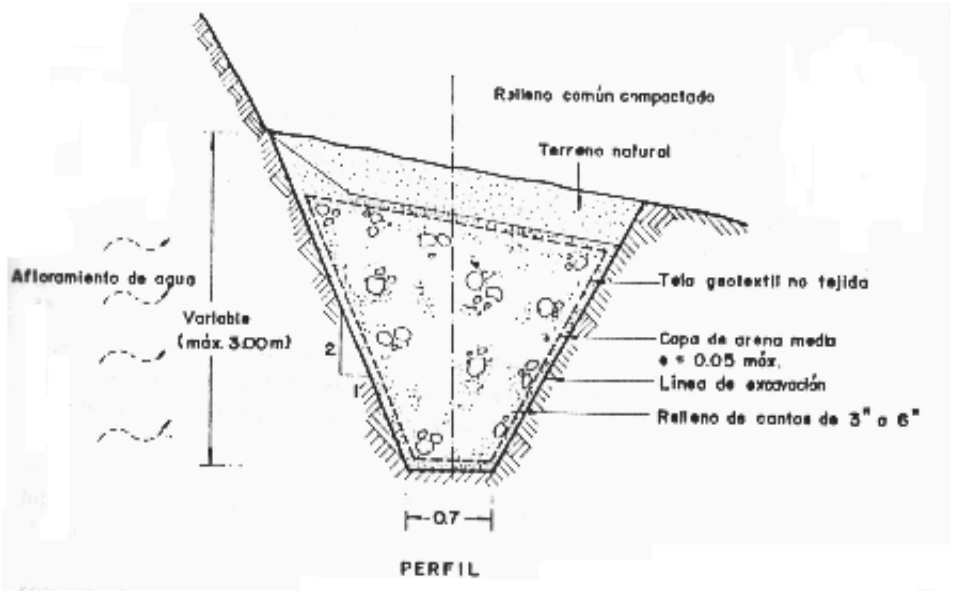


Figura 5.6 ***Esquema típico de un subdren de zanja con geotextil***

Es conveniente tener en cuenta que los drenes o filtros se tapan por transporte y depositación de las películas más finas del suelo. Para evitar este fenómeno se debe escoger muy cuidadosamente el material de filtro, el tipo y la calidad de geotextil a emplear. Un elemento peligroso es la presencia de ciertos organismos y plantas que invaden los drenes tapando los orificios de drenaje. En caso de aparición de estos fenómenos tendrán que rehacerse los subdrenes aumentando su diámetro y evitar la invasión de

raíces embebiendo en concreto los primeros metros de subdren y colocando tuberías de entrega a cajas con estricto control vegetal.

5.6.3.1.- Requisitos para material de filtro

E1 criterio de filtración en suelos granulares y limosos se establecen las siguientes relaciones, en las cuales el subíndice F representa el filtro, y la S representa el suelo natural o suelo alrededor del filtro.

Para material de filtro se debe cumplir ciertos requisitos de granulometría:

$$D15F < 5 * D85\ S \text{ (relación de tubificación)}$$

$$D15F < 20 * D15S$$

$$D50F < 25 * D50S$$

Cuando se trata se suelos uniformes (coeficiente de uniformidad, Cu igual o menor que 1.5) la relación D15F/ D85S debe ser menor que seis (en vez de cinco).

En cambio si se trata de suelos bien graduados (Cu mayor o igual a cuatro)

$\frac{D15F}{D15S}$ debe ser menor de 40 (en vez de 20)

Cuando el suelo que se desea drenar presenta tamaños de partículas escasos o inexistentes, los cuales se manifiestan en un quiebre pronunciado de su curva granulométrica, algunos recomiendan que el material filtro debe ser diseñado sobre la base de las partículas del suelo más finas, esta recomendación también se aplica a suelos estratificados por tamaños variables.

Es también recomendable que el material de filtro no posea más de un cinco por ciento de material que pasa la malla doscientos según el ASTM.

5.6.3.2.- Criterios de permeabilidad

El criterio recomendado es el del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, por su facilidad de aplicación es el siguiente:

$$D15F > 5 * D15S$$

El cumplimiento del primer criterio si previene el lavado del material, y aún bajo la acción de cargas, la intrusión del suelo que se va a drenar hacia

el filtro es escasa. El material de filtro generalmente está constituido por dos materiales: una gravilla que se coloca alrededor del tubo y una arena alrededor de la gravilla.

En cuanto al tamaño de los orificios del tubo se ha establecido:

- Máximo diámetro de los huecos = D85 F, cuando el tubo es ranurado
- Máximo ancho de ranura = 0.83*D85F

Algunas veces se prefiere no pegar los tubos (drenes a junta perdida) y en tal caso se debe cumplir que:

$$\frac{D85F}{Maximaaberturadeltubo} < 2(U.SBureau\ of\ reclamation)$$

Los orificios deben estar en la mitad inferior del tubo para lograr una mayor intercepción del agua y reducir el lavado del material, igualmente reduce la cantidad de agua atrapada en la base de la zanja. No se recomienda la colocación de una base de concreto pobre, ya que se reduce la permeabilidad del sistema.

5.6.4.- Drenes horizontales de penetración

El sistema de drenes horizontales o subdrenes de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación subhorizontal o ligeramente inclinada, con el cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud.

Los tubos utilizados son metálicos, polietileno o PVC, generalmente en diámetros de dos o tres pulgadas aunque en ocasiones se emplean otros diámetros. La tubería se puede perforar con agujeros circulares o ranurar en sentido transversal. Los orificios de la tubería se hacen generalmente en diámetros de 5 a 1,5 mm con una densidad de 15 a 30 agujeros por metro de tubería. Las perforaciones se hacen a inclinaciones del 10 al 20 de pendiente de inicio, pero a medida que avanza la perforación el peso de la tubería hace que este se deflecte y poco a poco va disminuyendo esta pendiente.

Un dren de 40 m de longitud puede quedar hasta 3m por debajo del nivel del dren propuesto teórico de acuerdo a la experiencia en trabajos anteriores de algunos profesionales en el área.

Después de nivelar el equipo se le da la inclinación y dirección al dren de acuerdo a todos los datos del estudio geotécnico previo y se inicia la perforación. Comúnmente se hacen perforaciones de diámetro de tres pulgadas para tuberías de dos pulgadas.

Como generalmente este tipo de subdrenaje se realiza en suelos blandos, se requiere emplear una tubería de revestimientos para su perforación y aún así ocurren con frecuencia las fallas de las paredes del filtro y en ocasiones se dificulta la colocación de la tubería de filtro. En los 3 a 6 metros más cercanos al borde del talud se debe emplear tubería no perforada y si es necesario se ancla en concreto 1 a 2 metros de tubería y se envuelve en tela geotextil.

La longitud de los drenes horizontales puede ser hasta de 100 metros y las longitudes mas empleadas oscilan entre los 40 y 50 metros. Debe estudiarse minuciosamente el efecto de tener unos pocos drenes profundos a la alternativa menos costosa y en ocasiones más efectivas, desde le punto de estabilidad del talud, de colocar una cantidad grande de drenes pocos profundos. En formaciones poco permeables en las cuales la distancia de influencia lateral del dren es pequeña resulta generalmente más beneficioso para el talud, de acuerdo a la magnitud de las fallas esperadas, la colocación de una densidad de drenes pocos profundos.

5.6.5.- Relleno o bermas al pie del deslizamiento

Al colocarse carga adicional a la base de un deslizamiento de rotación se genera un momento en dirección contraria al movimiento, el cual produce un aumento en el factor de seguridad.

Se debe hacer una análisis del peso requerido para lograr un factor de seguridad determinado. La adecuada cimentación de estos contrapesos debe ser requisito para que el sistema sea exitoso. El efecto del sistema de contrapeso es el de hacer que el círculo crítico en la parte inferior del talud se haga más largo.

5.6.6.- Bermas en el pie del talud

El sistema de contrapeso es muy útil para la estabilización de taludes de terraplenes sobre zonas de suelos blandos, en los cuales las fallas ocurren generalmente por falta de resistencia en el manto de cimentación del terraplén. En este caso se construye una berma que es un terraplén de menor altura junto al principal, el cual sirve de contrapeso aumentando la longitud de la superficie de falla.

Las bermas o contrabermas son usadas para colocar una carga al pie del terraplén sobre suelo blando y en esta forma aumentar la resistencia abajo

del pie. La berma se coloca en el área que de acuerdo al análisis de estabilidad se puede levantar.

La contraberma debe diseñarse en tal forma que sea efectiva para garantizar la estabilidad del terraplén principal y al mismo tiempo sea estable por si misma. El efecto de la contraberma es crear un contrapeso que aumenta la longitud y profundidad del circulo critico de falla.

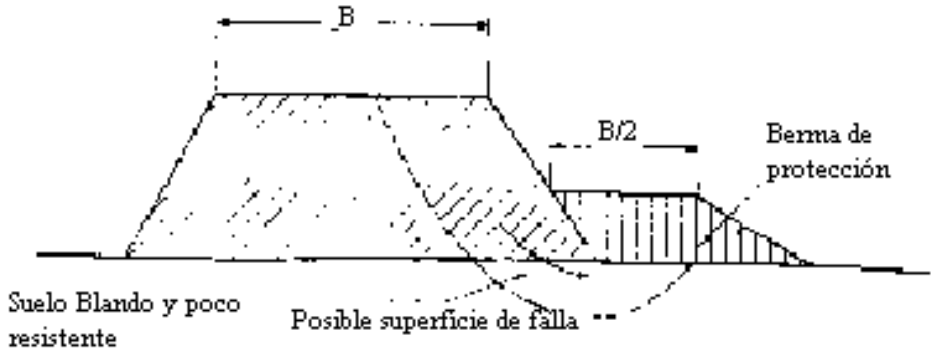


Figura 5.7 ***Detalle de bermas bajas en el pié del talud***

5.6.7.- Muros de contención

El empleo de estructuras de contención en concreto ciclópeo o armado, gaviones o llanta armada, ha sido muy popular desde hace muchos años pero debe aceptarse que su éxito ha sido limitado para control de erosión y

deslizamiento de tierra. Ocurre con frecuencia que un deslizamiento de rotación en donde la fuerza actuante en el pie tiene una componente vertical importante hacia arriba levante el muro, y son muchos los casos conocidos de fracasos en el empleo de muros para controlar deslizamientos rotacionales.

En el caso de deslizamientos de traslación el muro puede presentar un buen sistema de estabilización siempre que este cimentado por debajo de posibles o reales superficies de fallas y se diseñe para que sea capaz de resistir cargas de equilibrio adicionadas por un factor de seguridad que se recomienda no sea menor a 2.

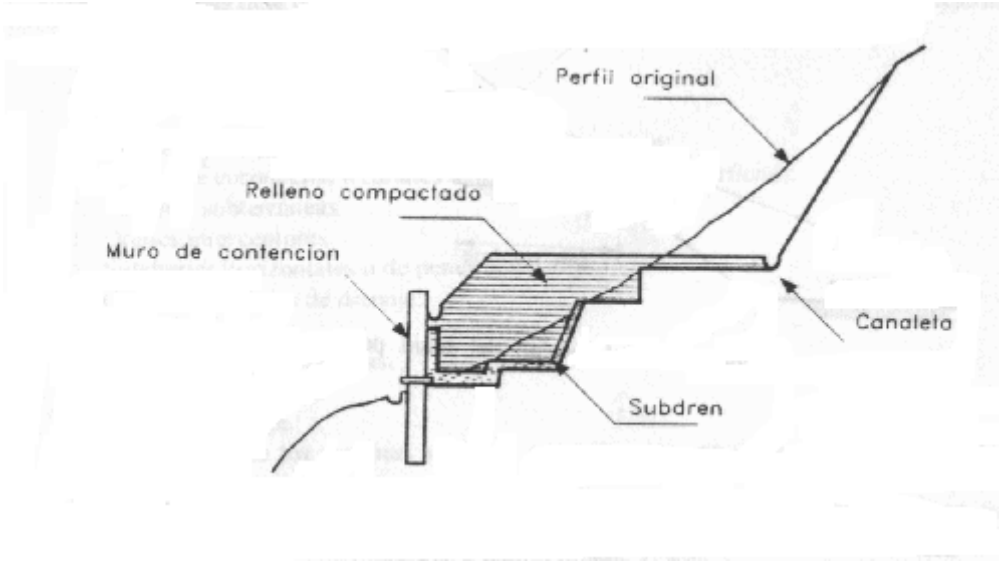


Figura 5.8 ***Muro de contención***

En lo referente al tipo de muro y proceso constructivo se debe buscar el que más se acomode a los materiales y experiencia en la zona y el factor económico.

Los muros de concreto simple o ciclópeo actúan como estructura de peso o gravedad y se recomienda no se empleen en alturas superiores a cuatro metros debido no sola al aumento de costos sino a la presencia de esfuerzos de flexión que no pueden ser resistidos por el concreto simple y se pueden presentar roturas a flexión en la parte inferior del muro o dentro del cimiento. El concreto ciclópeo no puede soportar elementos de flexión, los muros de concreto armado pueden ser empleado en alturas mayores previo su diseño estructural y de estabilidad.

Los muros de concreto deben cimentarse por debajo de la posible superficie de falla con el objeto de obtener fuerzas de reacción por fuera del movimiento que aporten estabilidad no solo el muro sino al deslizamiento.

Debe hacerse análisis por separado de estabilidad del muro en si por fuerzas activas, y el análisis de estabilidad de todo el conjunto muro-deslizamiento.

5.6.8.- Anclajes o pernos

El proceso de perforación se inicia con un tubo de revestimiento de aproximadamente de 10 a 20 cm de diámetro y una longitud para profundizar de tres metros, como en este tubo quedan los residuos de perforación se introduce un barreno, el cual se encarga de extraerlo y poder continuar roscando a otro tramo de tubo y luego el barreno, para seguir con este proceso hasta que alcance la profundidad deseada. La perforación debe emplearse con un correcto alineamiento y ángulo de inclinación según el diseño. Se extrae la barra de perforación y se limpia el hueco, utilizando agua a presión. Se controla la longitud del sondeo mediante la varilla de perforación. Se coloca el tirante en el hueco y se inyecta el mortero a presión hasta la zona de sellado, si se produce una perdida considerable de inyección, es necesario reducir la presión de inyección.

La parte inicial del tirante ha sido previamente aislado con el objeto de evitar su cementación en el suelo. El mortero inicia el periodo de fraguado especificado. Se ensaya el tirante pre-esforzándolo hasta alcanzar un valor de 1.4 la carga de diseño, se registra la magnitud o elongación del tirante.

Se fija el tirante con una carga de diseño, este valor es generalmente un 10 % mayor que la fuerza final en el anclaje, con el objeto de compensar

pérdidas por relajación del tirante. Se reinyecta la perforación si se desea protegerlo mejor contra la corrosión.

Adicionalmente y como parte del sistema o complejo se emplea el concreto o mortero lanzado, que es concreto o mortero que es colocado por medio de un sistema de bombeo a presión.

Otro sistema de anclaje es el empleo de mallas de acero galvanizado, similar al que se usa en los gaviones. Los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.

5.6.9.- Pantallas ancladas

Para la protección de taludes de alturas superiores a los 10 metros de pendientes superiores a 1:1 se recomienda el empleo de pantallas ancladas de concreto lanzado, especialmente en los casos donde los taludes son inestables y pueden ocurrir fallas por volteo debido a la presencia de fisuras verticales. Los anclajes son generalmente varillas de media pulgada a una y media pulgada de diámetro de acero roscadas en un extremo para la

fuerza de tensionamiento y con ganchos soldados en el otro para la adherencia al bulbo de anclaje dentro del suelo.

Se realiza una perforación, rotación o rotopercusión con broca de tres pulgadas de diámetro, se coloca el ancla de 6 a 15 metros de longitud. Se inyecta lechada de cemento en el bulbo de una longitud de cinco metros a partir del extremo de la perforación. Se construye una zapata de presión en hormigón armado en la superficie del talud y una pantalla en concreto lanzado, armado con una malla electrosoldada. Sobre la zapata se coloca una platina y se asegura la tuerca con la ayuda de un gato hidráulico que coloca tensiones en la varilla de 5 a 20 toneladas según el caso.

5.6.10.- Inyecciones

Se ha intentado varios esquemas para el control de deslizamientos con diversos productos químicos. Las inyecciones de diversos productos químicos es utilizado para mejorar la resistencia y reducir la permeabilidad de macizos rocosos y en ocasiones de suelos permeables, las inyecciones pueden consistir de materiales cementantes, tales como el cemento y la de cal o de productos químicos tales como silicatos, ligninos, resinas, acrylamidas y uretanos.

Generalmente, las inyecciones de cemento o de cal se utilizan en suelos gruesos o en fisuras abiertas y los productos químicos en materiales menos permeables.

La penetrabilidad de las inyecciones químicas depende de su viscosidad, presión de inyección y periodo de inyección, así como la permeabilidad del suelo inyectado.

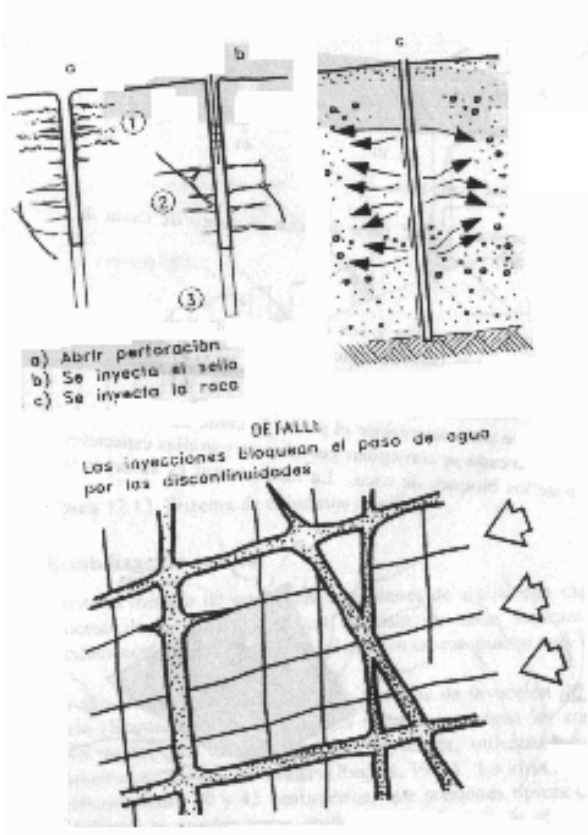


Figura 5.9 ***Esquema de inyecciones en roca para estabilización de taludes***

Antes de decidir sobre la utilización de una inyección, debe investigarse que el material realmente pueda penetrar dentro de los vacíos o fisuras, esto puede determinarse en términos de la relación de inyectabilidad definido como:

$$N = D15 \text{ (suelo)} / D85 \text{ (inyección)}$$

Esta relación debe ser mayor de 25 para garantizar que la inyección penetre la formación en forma exitosa. Si la inyección de inyectabilidad es menor de 11 no es posible realizar trabajo de inyección.

Los suelos con materiales de mas de 20 % de finos generalmente, no son inyectables incluso por productos químicos.

Los materiales más usados para este tratamiento son el cemento y la cal, ya sea en forma de inyección o colocándolo en perforaciones sobre la superficie de la falla. El efecto de la inyección es el de desplazar el agua de los poros y fisuras y en esta forma producir una disminución de la humedad, así como cementar los poros de fisuras. El mortero de inyección se endurece y crea un esqueleto alrededor de las áreas de suelo o roca.

La presión de inyección debe ser mayor que el producido por el sobrepeso de suelo y agua para permitir la penetración dentro de las fisuras y a lo largo de una superficie de falla activa.

Una hilera de perforaciones se coloca hasta más abajo de la superficie de la falla, y estas se utilizan como ductos de inyección. El espaciamiento entre huecos de inyección varia de 3 a 5 metros. La operación de inyección debe iniciarse con la hilera más inferior, con el objeto de mejorar el apoyo en el pie de la falla y en esta forma evitar la falla durante el proceso de inyección. Debe tenerse en cuenta que la presión de poros puede aumentar por efecto del proceso de inyección, lo cual puede agravar los problemas de movimientos en los taludes. La presión de poros aumenta cuando se bloquean caminos corrientes de agua y debe tenerse especial cuidado en diseñar el sistema de inyección.

5.6.11.- Estabilización con cemento

El caso del cemento es un proceso de cementación y relleno de los vacíos del suelo o roca y las discontinuidades de mayor abertura, aumentando la resistencia del conjunto y controlando los flujos internos de agua.

Los procesos de inyecciones se conducen en varias etapas, iniciando por una inyección de la zanja y terminando con el relleno de sitios específicos. En suelos residuales la inyección de cemento en zonas permeables en el limite inferior del perfil de meteorización ha tenido buen éxito.

Se han utilizado relaciones agua cemento desde 0.5:1 dependiendo del tamaño de los vacíos. Sin embargo, el rango usual varia de 0.8:1 a 5:1 el tiempo de fraguado de la inyección de cemento aumenta con la relación agua-cemento, generalmente, los tiempos varían entre 4 y 15 horas y para relaciones de cemento mayores de 10, en ocasiones nunca se produce el fraguado.

Con frecuencia se le agregan otros productos al cemento para mejorar el resultado de la inyección tales como aceleradores, retardadores, coloides para minimizar la segregación, materiales expansores, tomas reducidoras de agua etc. En ocasiones el cemento se mezcla con arena, arcilla o puzolana, ceniza como llenantes con el objetivo primario de disminuir el costo de la inyección.

5.6.12.- Estabilización con cal

Este método consiste en estabilizar terraplenes de arcilla con capas de cal viva (Ca0), el proceso de la mezcla con cal consiste en hacer reaccionar la cal con la arcilla, produciendo Silicato de Calcio, el cual es un compuesto muy duro y resistente.

En años recientes se ha utilizado técnicas de inyección de lechada de cal dentro del suelo. La lechada sigue las zonas fracturadas o juntas, y otra superficie de debilidad es inyectada, utilizando tubos de 4 cm de diámetro con puntas perforadas. La inyección es colocada al rechazo, a intervalos entre 30 y 45 cm con presiones típicas entre 350 y 1300 Kpa. En esta forma se pueden tratar profundidades de mas de 40 metros. En ocasiones se ha utilizado inyección de cal mezclada con cenizas.

La estabilización con cal no es efectiva en suelos granulares, una desventaja de este método es que al menos 80 días deben dejarse pasar antes que se consideren estabilizadas las columnas de cal.

Otro sistema es el colocar columnas de cal previa construcción de una perforación vertical. El efecto de las columnas de cal es un aumento en la cohesión promedio, a lo largo de una superficie de falla activa o potencial.

5.6.13.- Magmaficación

El proceso consiste en fundir el suelo a temperaturas de cristalización de mas de 5000º C, en tal forma que se produce un magma artificial, el cual se enfría y cristaliza posteriormente para convertirse en roca. Este procedimiento ha sido desarrollado por la NASA y actualmente esta en experimentación por universidades de los Estados Unidos.

El proceso tiene 2 etapas:

1. Perforar huecos verticales de varias pulgadas de diámetro en el suelo.
2. Introducir y luego retirar de la perforación, un cilindro o pistola magmaficadora accionada por corriente eléctrica, la cual convierte en magma el suelo aproximadamente en un radio de un metro de distancia del hueco.

La pistola magmaficadora utiliza tres rayos similares a los rayos láser, los cuales al entrelazarse producen las temperaturas suficientes para convertir el suelo en magma.

5.6.14.- Congelación del suelo

La congelación del suelo consiste en disminuir la temperatura del terreno en tal forma que el agua se convierte en hielo lo cual equivale a que se aumenta la resistencia del material. Generalmente, la congelación se emplea en excavaciones en suelos blandos saturados. El suelo congelado conforma una especie de pared provisional que permite la excavación. La excavación depende de las características geológicas e hidrológicas del sitio, y los tipos de suelos presentes, sus propiedades térmicas y contenido de agua.

5.7.- ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DEL PROYECTO VIAL

En nuestro proyecto vial se ha considerado el estudio de la estabilidad de los taludes, ya que es una parte muy importante tanto en el diseño y en especial en el proceso de la construcción de la carretera.

La información relacionada con los rumbos y buzamientos fueron obtenidos del plano de *Contactos Geológicos* del Proyecto de Aprovechamiento Integral de los terrenos del Campus “Gustavo Galindo Velasco”, realizado por profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra en Septiembre de 1999, y de trabajos de

campo realizados por estudiantes de Geología que establecen familias de diaclasas dominantes dentro de los terrenos de la ESPOL.

Todas las rocas están diaclasadas de diferentes maneras, pero existen patrones que se dan de acuerdo al origen del diaclasamiento y al tipo de roca que se estudia, los aglomerados son los menos afectados, le siguen las areniscas volcánicas, mientras que las lutitas son las mayormente afectadas.

Las diaclasas ocurren en todas las direcciones, son de origen tectónico, las mayorías están expuestas a la intemperie, pero existen otras que están ocultas, y son evidentes al romper la roca, pueden estar rellenadas por arcilla y eventualmente por sílice y calcita.

La separación del diaclasamiento varía de muy cerrado (menor a 5 cm.), a amplio (entre 0.90 y 3.00 m.), según lo observado en los cortes de la vía perimetral para el proyecto se considera frecuencias también variables desde 20 a 25 cm. a menos de 1 m.

El rumbo de los planos de estratificación que se ha empleado es N 79° W y su buzamiento real varía entre 15° W y 16° W, las dos familias de diaclasas

que se han considerado en el proyecto tienen los siguientes patrones de fractura N 37° E / 84° E y N 9° W / 87° E, tomados de los estudios antes mencionados.

Luego de establecidos los rumbos y buzamientos reales, tanto de la estratificación y las dos familias de diaclasas, se determinan los rumbos aparentes en cada abscisa haciendo énfasis en las que se producen cambios de dirección del eje de la vía, ya que es ahí donde se evidenciará mayores cambios.

Los rumbos aparentes se han determinado por dos métodos:

A. El primer método analítico por medio de fórmulas.
B. El segundo método gráfico por medio de la falsilla de Wulff (red estereográfica)

5.7.1.- Cálculo de buzamientos aparentes por método analítico

Uno de los problemas más comunes dentro de la Geología y sus aplicaciones para Ingeniería es el cálculo de los buzamientos aparentes de las distintas formaciones geológicas estratiformes, es decir, que posee un rumbo y buzamiento real. La aplicación más usual se da cuando se realiza cortes a la roca en determinadas direcciones, como nuestro caso en la construcción de una vía.

Una manera sencilla y práctica para resolver el problema es por medio del cálculo analítico en el que se usará la siguiente expresión:

$$\mathbf{Ap = \tan^{-1} (\cos \theta * \tan R_e)}$$

Siendo $\mathbf{R_e}$ el buzamiento real del estrato para determinar el buzamiento aparente **Ap.**

Se necesita determinar primeramente el ángulo θ. comprendido entre la dirección del buzamiento real con la dirección de la abscisa, se debe tomar siempre el ángulo menor a 90°. El buzamiento aparente se inclinará en el sentido de este ángulo descrito.

Para un mejor entendimiento se presenta el siguiente gráfico:

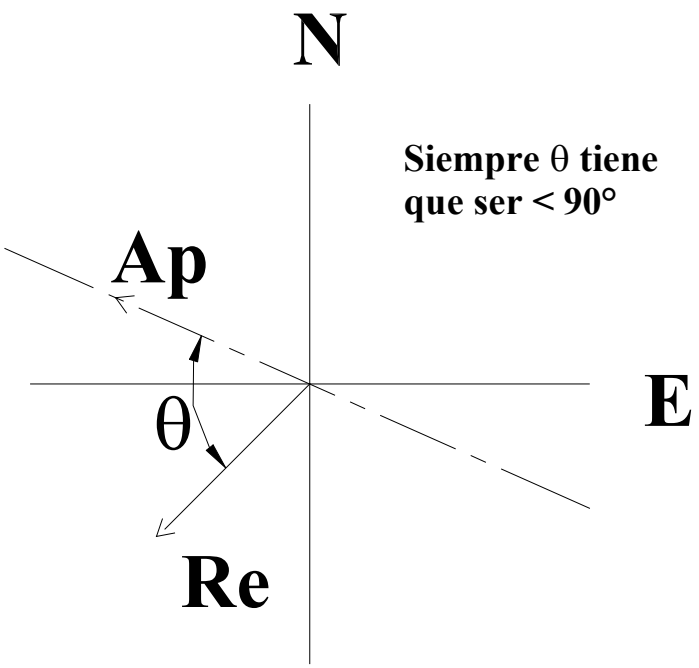


Figura 5.10 ***Buzamiento aparente***

Una vez realizados los cálculos a través de una hoja electrónica se tienen los siguientes resultados, que son los más críticos y a los cuales se les considerará en el análisis de estabilización:

A. En la abscisa 0+800 los estratos forman un ángulo de 11° con la horizontal
B. En la abscisa 1+940 los estratos forman un ángulo de 15° con la horizontal

C. En la abscisa 2+440 los estratos forman un ángulo de 14° con la horizontal

Los gráficos de los cortes en las abscisas descritas anteriormente junto con los resultados del análisis de las otras abscisas se adjuntan en los anexos.

5.7.2.- Cálculo de taludes por método gráfico

El método gráfico se realiza por medio de la utilización de la falsilla de Wulff, utilizando la red estereográfica, por medio de este método se grafican los rumbos y buzamientos reales de los estratos, diaclasas y el corte en cada abscisa.

La interpretación se da al estimar dos magnitudes: la primera magnitud desde el centro de la circunferencia hasta la intersección de los buzamientos de las diaclasas y la segunda es el buzamiento del talud de corte en la abscisa, para que el talud esté estable la segunda magnitud debe ser mayor que la primera.

En los anexos se presentan los resultados de las abscisas más críticas antes mencionadas.

5.7.3.- Conclusiones

De los resultados obtenidos anteriormente tanto analítica como gráficamente se puede concluir que considerando las dos familias de diaclasas descritas anteriormente, y la inclinación asumida con buen criterio para los taludes a lo largo del eje de la carretera, los mismos se encuentran estables con un factor de seguridad de 1.75, para lo cual se debe tener las debidas medidas de seguridad al momento de la construcción.

De acuerdo a los perfiles obtenidos en cada abscisa se puede llegar a establecer el método y la forma de realizar el corte de la roca, siempre evitando dejar bloques de rocas inestables, lo cual se logra con la observación de los macizos rocosos en el campo.

La intersección de dos o más familias de diaclasas con planos de estratificación o planos de fallas pueden llegar a formar macizos rocosos inestables que tienen que considerarse en un estudio minucioso y puntual, aplicando nuevos métodos de estabilización con pernos de anclajes pasivos o activos según sea el caso.

Se debe considerar como material de protección de los taludes en proceso de erosión a la arcilla altamente orgánica encontrada en terrenos del

proyecto CENAE, como se indica en el siguiente subcapítulo que habla sobre el tratamiento de las arcillas expansivas, y esto se puede dar mediante el recubrimiento vegetal de las laderas y bermas, ya que dicho material permite el crecimiento de las raíces de plantas que se desarrollan en la zona.

5.8.- METODOLOGÍA PROPUESTA PARA UNA INVESTIGACIÓN EN SUELOS EXPANSIVOS

5.8.1.- Introducción

Una de las tantas causas que ha provocado la falla de innumerables obras de Ingeniería en el Ecuador y el mundo entero, provocando pérdidas económicas incalculables, son los suelos inestables, estos son diversos, siendo uno de ellos el suelo arcilloso expansivo.

Los suelos expansivos ocupan grandes áreas de territorio en nuestro país, encontrándolos en las Provincias de Manabí, Guayas, Esmeraldas, etc., y en nuestro caso en los terrenos de la ESPOL, se los encuentra en mayor cantidad en el área destinada para el proyecto Agrícola CENAE, esto es, en el lindero norte colindante con las invasiones; además se los puede encontrar en sectores bajos a orillas de los cauces naturales como depósitos aluviales (arcillas negras).

El objetivo de este subcapítulo es poner en consideración una metodología de trabajo para poder identificar con mayor exactitud la presencia de suelos expansivos, así como también determinar parámetros de expansión más cercanos a la realidad física, además de prevenir al constructor de la futura vía que existen determinados factores que hacen que el suelo del sector destinado a la explotación agrícola (Proyecto CENAE), de no existir un estudio especializado, podría hacer fallar a la carretera en un tramo considerable.

5.8.1.1.- Origen, Formación y principales minerales constituyentes de las arcillas

Las arcillas son generalmente producto de la desintegración mecánica de la roca, o bien de su descomposición química o debido al la influencia de ambas. La combinación de los procesos mecánicos y químicos es llamado interperismo.

Dentro de las arcillas encontramos, las llamadas arcillas residuales y a las que han sido formadas por sedimentos transportados. Las arcillas residuales suelen ser de color café oscuro o rojo, aunque las que provienen de las rocas son frecuentemente de color café o negro, y poseen un alto porcentaje de materia coloidal.

El color de las arcillas formadas por sedimentos transportados, varía de café oscuro a gris, dependiendo de la roca madre, desde el punto de vista de la consistencia, ellas son altamente plásticas.

Existe un tercer grupo de arcillas, las cuales fueron formadas por una combinación de los suelos residuales y los transportados, ellas son medianamente plásticas y poseen moderado contenido de yeso.

Entre los minerales constituyentes de las arcillas, las montmorilonitas son los más comunes de todos ellos y de acuerdo a su proporción determina las propiedades expansivas. La montmorilonita reacciona con el agua y presenta fuerte tendencia a la inestabilidad.

Se ha llegado a establecer que la expansión es sinónimo de alcalinidad, pues esto ayuda a la formación de la montmorilonita. Se ha mencionado particularmente a la montmorilonita dentro del grupo de los minerales de arcilla, por ser la que más problema presenta en los trabajos de campo, pero cabe anotar que existen también las ilitas y las caolinitas, las cuales se comportan mecánicamente de forma menos desfavorable para el ingeniero.

5.8.2.- Mecanismo de Expansión

El mecanismo del fenómeno de expansión viene definido por tres aspectos:

1. Migración de agua
2. Potencial expansivo
3. Presión de expansión

5.8.2.1.- Migración de agua

Este aspecto depende de las formaciones geológicas, clima, características de los suelos, nivel freático, características topográficas, etc.

Dentro de la migración de agua vale destacar:

1. Transferencia de humedad: La causa más común de dicha transferencia es la gravedad; en suelos finos las fuerzas capilares ayudan a la transferencia de humedad.
2. Humedad de equilibrio: La fuerza causante del cambio de humedad o del flujo es denominada succión del suelo, el cual es un parámetro básico para el equilibrio agua-suelo, el valor de la succión del suelo nos proporciona estimativamente el contenido de humedad sin necesidad de obtenerla en laboratorio mediante el ensayo tradicional, pero debemos medir la presión de poros.

3. Contracción: Es el espejo de la expansión, se cree que la fluctuación del contenido de humedad estacional puede ocurrir con levantamientos o asentamientos. Teóricamente se puede decir que la contracción puede ocurrir como asentamiento.

5.8.2.2.- Potencial Expansivo

Los cambios de volumen que pueden ocurrir en suelos expansivos, ya sea que se encuentren en estado natural o remoldeados, dependen principalmente de los siguientes factores:

1. Densidad inicial seca
2. Contenido inicial de humedad
3. Presión de sobrecarga
4. Tiempo permitido para la expansión
5. Tamaño y espesor de la muestra

De los factores anotados anteriormente, la densidad y la humedad son los más importantes, particularmente la humedad, pues esta última guarda relación directa con el proceso de expansión, así, una arcilla que se encuentra relativamente seca estará ávida de agua, la misma que provocará una mayor reacción que se evidencia como un gran hinchamiento.

Todos los suelos arcillosos se contraen durante el secado y se expanden cuando son humedecidos. La variación de la humedad tiene un efecto determinante en las propiedades de las arcillas, particularmente en su estabilidad volumétrica y las propiedades de resistencia cortante del suelo.

5.8.2.2.1.- Levantamiento total

Las variantes que pueden influenciar sobre el levantamiento total son:

1. Clima: lo cual afecta parcialmente la desecación.
2. Perfil del suelo: el espesor del suelo expansivo influye en la magnitud del levantamiento total; si el espesor de un suelo altamente expansivo es de pocos metros, el valor del potencial expansivo será pequeño, por otro lado si el estrato es profundo aunque no sea muy expansivo el levantamiento total será mayor, podemos decir estimativamente que si el espesor es de menos de 1 metro hará poco daño a la estructura.
3. Nivel freático: el suelo expansivo bajo el nivel freático no causará daño en la estructura, pues éste se encuentra saturado.
4. Drenaje: Un buen drenaje en la zona de la estructura reducirá la expansión.

La cantidad total de levantamiento depende de las condiciones ambientales tales como: intensidad de la humedad y el modelo de la migración de la misma, variables que no pueden ser predichas con seguridad y consecuentemente cualquier predicción del levantamiento puede ser completamente errónea.

5.8.2.3.- Presión de expansión

Está definida como la presión requerida para regresar una muestra que ha sido expandida a su estado natural.

Es aconsejable usar este parámetro para el diseño de cualquier estructura, en nuestro caso particular, la del terraplén y el pavimento.

5.8.3.- Factores que determinan la expansión

5.8.3.1.- Factores Físicos-Químicos

Muchos y muy importantes son los factores que inciden en el proceso de la expansión de estos suelos, pudiendo anotarse los siguientes:

5.8.3.1.1.- Cantidad y tipo de minerales arcillosos

La expansividad de un suelo está directamente ligada con sus componentes mineralógicos; los suelos arcillosos, principalmente aquellos con alto porcentaje de montmorilonita y en especial con montmorilonita sódica, son los que en este aspecto ofrecen mayor expansión, dichas arcillas pueden formar parte de una roca o bien proceder de la acción del intemperismo o de la descomposición química como en el caso de la bentonita, originada de la descomposición química de las cenizas volcánicas con características de expansividad muy particulares.

5.8.3.1.2.- Peso volumétrico inicial

Este parámetro tiene gran influencia en los cambios volumétricos de estos suelos. En un suelo denso, las partículas de arcilla forman una masa más compacta, con los poros internos de menor diámetro que en un suelo suelto, por consiguiente, cuando se humedecen o se secan, ocurrirán mayores movimientos en el suelo compacto que en el suelo suelto.

5.8.3.1.3.- Cambios de humedad

La variación de humedad es uno de los factores más importantes que intervienen en los cambios volumétricos de un suelo expansivo.

En una arcilla no habrá cambios volumétricos mientras no existan incrementos de humedad. Los suelos con porcentajes de humedad bajos tendrán mayor expansión.

El efecto combinado del peso volumétrico y la humedad afectan al valor de las fuerzas de levantamiento o empuje que puedan desarrollar los suelos expansivos.

5.8.3.1.4.- Condiciones de carga

La aplicación de carga en materiales arcillosos expansivos, controla los cambios de volumen que tendrán lugar bajo condiciones particulares de humedad y densidad, así cuando las cargas externas son suficientemente grandes para contrarrestar el problema expansivo, el problema no es grave.

Estructuras con cargas superiores a la de la presión de expansión del suelo contrarrestan el levantamiento, lo que nos indica que la presión de confinamiento hace disminuir la expansión.

5.8.3.1.5.- Influencia de la compactación en la estructura del suelo

El reordenamiento de las partículas por causas sean estas naturales o artificiales como es el caso de la compactación, en suelos remoldeados, señala que para iguales condiciones de relación humedad-densidad, el valor de la expansión es mayor que para una muestra inalterada.

Algunos ensayos de laboratorio han demostrado que las arcillas altamente expansivas exhiben pocos cambios de volumen cuando son compactadas a bajas densidades y a altos contenidos de humedad, pero se expanden mayormente cuando se compactan a altas densidades y bajos contenidos de humedad.

5.8.3.1.6.- Tiempo necesario para lograr la expansión total del suelo

En materiales finos el movimiento del agua y el equilibrio de fuerzas es muy lento, por lo que el tiempo es muy importante en los cambios volumétricos de estos suelos, dependiendo además de la permeabilidad del suelo, la distancia a la fuente de humedecimiento y la magnitud de las expansión.

Las arcillas con alto porcentaje de montmorilonita son las más impermeables, por lo que frecuentemente es necesario que transcurran varios días e incluso semanas para que la probeta de ensayo absorba la humedad necesaria para completar el proceso en el laboratorio, lo que indica que en la naturaleza deberá transcurrir mucho tiempo, quizás años para que se saturen grandes formaciones de estos materiales.

5.8.3.2.- Factores ambientales

Estos son producidos principalmente por:

1. Anegación localizada: Esto es producto del flujo de aguas provenientes de roturas de tuberías y por saturación por falta de un buen control de drenaje.
2. Vegetación: La presencia de vegetación en las proximidades de las estructuras producen zonas de desecación o humedecimiento, provocando por consiguiente variación en el contenido de humedad y aumento en el contenido de arcillas.
3. Precipitación: Períodos concentrados de precipitaciones excesivas combinadas con insuficiente drenaje alrededor de la estructura ayudarán al fenómeno expansivo.
4. Cambio en el equilibrio de humedad de la arcilla: Está causada por la construcción de una estructura sobre ella, produciéndose el

consecuente desequilibrio de humedades entre la zona cubierta por la estructura y las zonas subyacentes.

5.8.4.- Metodología de ensayos

Son muchos y muy importantes los factores que inciden en la obtención de resultados de ensayos. En cualquier estudio de suelos la toma de muestras toma un papel significativo en la obtención de los resultados de ensayos, pues mientras la muestra sea más representativa los resultados serán más cercanos a la realidad.

El estado de la muestra es una variable muy importante así tenemos que para:

a) Muestras inalteradas: se deberán incluir la condición de la misma, método de muestreo e historia de esfuerzo.

b) Muestras preparadas o remoldeadas: se deberán incluir el método de compactación, el tiempo de curado de la misma y la densidad de compactación.

La metodología de ensayo en el laboratorio comprende las siguientes pruebas:

Pruebas Mineralógicas:

- Análisis térmico diferencial
- Adsorción de colorante
- Difracción (desviación) de rayos X
- Análisis químico
- Observación por microscopio electrónico

Pruebas índices o simples:

- Contenido natural de humedad
- Límites de Atterberg
- Límite de contracción radial
- Granulometría completa con prueba del hidrómetro
- Proctor standard (ASSHO T –99)

5.8.4.1.- Prueba de expansión

Como anteriormente se anotó que la humedad juega un papel importante en el proceso del fenómeno de expansión, por lo que la humedad es un

parámetro que se debe tomar muy en cuenta, así consideraremos lo siguiente:

a) Tiempo de permanencia en el anillo antes y después del humedecimiento, es decir, antes de empezar la prueba en el consolidómetro.
b) La evaporación permitida mientras la muestra está en el anillo.
c) La temperatura y humedad en el laboratorio.

Por experiencias realizadas sabemos que la densidad es un factor importante, de allí que el valor de este parámetro deberá ser el más representativo posible. Este valor deberá ser obtenido mediante procesos de deshidratación del suelo al medio ambiente, pues altas temperaturas afectan la estructura del suelo dando resultados dudosos.

Se recomienda realizar la prueba del hidrómetro pues esta nos dará un porcentaje de las partículas coloidales, las cuales afectan en el fenómeno de la expansión.

Una vez realizadas las pruebas índices, procedemos a la determinación de los parámetros de la expansión mediante ensayos en muestras inalteradas y en remoldeadas.

Para el ensayo de las muestras remoldeadas procedemos de la manera siguiente pero considerando:

1. Altura de la muestra: Se recomienda variar la altura de la muestra entre 1,27 y 1,91 cm., esto es para tratar de alguna manera de representar la variación del espesor del estrato.

2. Tamaño de las partículas: Se realizarán las pruebas con material que pase por los tamices No. 40 y No. 200, por la influencia que tiene la cantidad de partículas coloidales en la expansión.

3. Sobrecarga: la sobrecarga adoptada es de 5 lb. por cada 3 pulgadas (7.5 cm.) de material situado en el campo sobre el ensayado, que representa a las estructuras viales más comunes que están afectadas por el fenómeno de la expansión.

4. Densidad y humedad óptima: Dado su importancia es necesario elaborar probetas variando uno y otro los parámetros.

Una vez preparada la muestra con las consideraciones antes expuestas se procede al ensayo de expansión, que consiste en colocar la muestra en el consolidómetro aplicamos la sobrecarga ya adoptada (5 lb. por cada 3" de espesor de pavimento), inmediatamente se procede a la lectura inicial, sea esta de compresión en caso de producirse o de expansión, luego de lo cual continuaremos con la observación de este proceso, hasta su estabilización, se recomienda dejar las muestras por 48 horas antes de tomar la lectura de estabilización; en ese momento se puede determinar el potencial expansivo.

Inmediatamente de estabilizarse la muestra aplicaremos las cargas necesarias para llegar a la lectura final, que no será cero, producida luego de 48 horas de iniciado el ensayo, con esto podemos determinar la presión de expansión.

Para hacer los ensayos de expansión se tomaron algunas muestras en el sector en estudio, a lo largo del eje de la carretera aproximadamente desde la abscisa 0+920 hasta la abscisa 1+500, se sugirió que tales muestras fueran tomadas inalteradas y ensayadas en su estado de humedad natural, ya que se tenían datos de ensayos realizados en dicha zona, con presiones de expansión mayores a 30 ton/m^2, ya que las muestras se habían secado al horno antes de ensayarlas, en esos ensayos no se determinaba la capa de suelo correspondiente a tales presiones.

Al realizar los nuevos ensayos en las muestras en su estado natural y no secadas al horno se establecerá la máxima presión verdadera de expansión a la que va a estar sometido el terraplén de la vía, ya que en el mes de Octubre (fecha de realización de los ensayos) se alcanzaban las temperaturas más altas y por ende el estado seco más representativo del año, lo que proporciona resultados aceptables como se indica en el cuadro 5.1. presentado a continuación.

El ensayo realizado es el de la expansión controlada, ya que se necesitaba conocer la máxima presión de expansión de acuerdo a las capas de suelo, para poder determinar la cota de excavación y el espesor de la capa a la que se debe hacer el tratamiento para tratar de reducir su expansión.

Las especimenes fueron tomados en el campo con los tubos Shelby, para conseguir una muestra inalterada, se determinó la toma de muestras en tres lugares diferentes para establecer la capa de arcilla expansiva, los tubos con las muestras fueron selladas en sus extremos con fundas plásticas para evitar que se pierda humedad.

TABLA 5.11 Ensayo de expansión controlada

ENSAYO DE EXPANSIÓN CONTROLADA EN LAS ARCILLAS EXPANSIVAS DEL SECTOR CENAE-ESPOL			
Calicata No.	2	2	2
Muestra No.	1	2	3
Profundidad (m.)	0.40 a 0.70 m.	0.70 a 1.00 m.	1.20 a 1.50 m.
Fecha y hora inicio	30/Oct./01 12:35	30/Oct./01 13.50	30/Oct./01 14:15
Fecha y hora terminación	1/Nov./01 12:00	1/Nov./01 12:15	1/Nov./01 12:30
Peso anillo + suelo húmedo (antes del ensayo) [gr.]	801.1	800.8	655.8
Peso anillo + suelo húmedo (después del ensayo) [gr.]	806.0	805.6	660.2
Peso suelo seco [gr.]	776.4	774.2	629.5
Humedad inicial [%]	23.74	32.25	28.50
Carga Total [Kg.]	14.0	5.0	8.0
Presión de expansión	**26.5 Ton/m^2**	**9.4 Ton/m^2**	**15.1 Ton/m^2**

De la tabla anterior podemos llegar a algunas conclusiones que nos llevarán a la solución preliminar del suelo altamente expansivo en el sector antes mencionado, y son las siguientes:

Existe una capa de cobertura vegetal que llega hasta los primeros 0.40 m. con grandes porcentajes de material orgánico, lo que hace que ese material sea bastante utilizado en la producción agrícola, la formación de esta capa

de suelo se debe a que la zona del CENAE de cota muy baja (45 m.) recoge los sedimentos que son arrastrados de las laderas de los cerros cercanos en época de precipitación, las aguas confluyen hasta el sector y depositan las arcillas mezcladas con toda clase de material vegetal, en esta capa no se tomo muestras para la realización de los ensayos ya que el material va a ser removido.

A partir de los 0.40 m. hasta los 0.70 m., se toma la primera muestra a ensayar, debido a que se encuentra en la parte más superficial el porcentaje de humedad es bajo, las altas temperaturas afectan a esta capa de suelo, dejando el material ávido de líquidos, lo que hace que absorba mayor cantidad de agua, o que hace que el material reaccione más, haciendo que las presiones de expansión alcancen las 26.5 Ton/m^2.

La segunda muestra se toma en una capa que va desde los 0.70 hasta 1.00 m., con un porcentaje mayor de humedad la reacción es menor, y la presión de expansión baja hasta 9.4Ton/m^2, por lo que se considera realizar el tratamiento a esta capa para bajar aún más la presión de expansión.

A partir del 1.00 m. hasta el 1.50m. por debajo del nivel del terreno, se toma la tercera muestra, en esta capa existe un aumento en la presión de

expansión debido a la heterogeneidad de las arcillas en su composición mineralógica (mayor contenido de montmorilonita), que hace que la reacción sea mayor hasta alcanzar una presión de 15.1 Ton/m^2.

El nivel freático, factor muy importante para la obtención de los resultados, se encuentra por debajo de los 2.50 m., debido a la falta de lluvias por la estación del año en que se realizaron los ensayos.

5.8.5.- Tratamiento especial de las arcillas expansivas

Una vez que se han establecido las capas de material expansivo en su mayor extensión entre las abscisas 0+920 y 1+500 y analizando su comportamiento se determinan: la cota de excavación del material que va a ser desalojado y el espesor de capa de material que va a ser tratado, también existen otros tramos de longitudes muchos menores que tienen que ser tratados de la misma manera, el tramo de la abscisa 0+000 hasta la 0+080 y el tramo de la abscisa 0+560 hasta la 0+760.

Ya que en la zona estudiada existen diferentes tipos de arcilla, la presión de expansión es diferente, debido a las diferentes concentraciones de minerales que favorecen a la reacción expansiva (montmorilonita), en unas

capas más que en otras, para lo cual se debe hacer un tratamiento de manera prioritaria y que consistiría en:

Sacar primeramente la capa de suelo vegetal arcilloso, en un espesor de 0.50 m. de profundidad, este material deberá ser guardado en un sitio especial, ya que es el que servirá para estabilizar laderas o sitios en proceso de erosión, mediante siembra vegetal.

La capa que quedaría por debajo de esta primera excavación de material orgánico sería la capa a tratar, para reducir las presiones de expansión ya establecidas, el espesor de la capa podría considerarse alrededor de 1.00 m. pero podría eventualmente variar de acuerdo a establecido en el campo por el constructor y de los resultados que se obtengan del laboratorio.

La propuesta consiste en tratar este material arcilloso con arenisca meteorizada, obviamente de los lugares más cercanos, y fundamentalmente aquella que se obtenga en el proceso de corte o excavación, la arenisca meteorizada posee microbrechas que pueden reaccionar muy positivamente mezclándolo con la arcilla.

Los porcentajes que se sugieren y que tienen que ser revisados por el constructor en el laboratorio antes de iniciar la obra, serían mezclar en un 25%, 30% o en un 40% como máximo la arenisca meteorizada y el resto con el material arcilloso expansivo.

El resultado de esta mezcla va a ser un material muy compacto y resistente a la compresión que es lo que se requiere, e incluso resistente al esfuerzo cortante, ya que la arenisca tiene tales propiedades, con esta mezcla se espera reducir la presión de expansión en alrededor del 80%, porcentaje que se va a obtener mientras mayor sea el contenido de arenisca, para llegar a niveles aceptables que pueden ser contrarrestados con el peso del material de reposición a la altura del terraplén que está aproximadamente entre 1.50 m. y 3.00 m.

Una opción que se plantea es la construcción de un terraplén de prueba, para poder verificar de manera real las consecuencias en el pavimento de las presiones de expansión obtenidas en el laboratorio.

La arenisca meteorizada se la puede encontrar en canteras a menos de 500 metros del lugar del tratamiento, y están luego de la capa vegetal de 0.30 m. en lomas y las laderas de los cerros.

Las mezclas y la reducción de la presión de expansión deberán ser verificadas en el laboratorio para con la finalidad de establecer la eficiencia del método, ya que se puede dar el caso que existan depósitos de arcillas diferentes con otros contenidos de minerales, mayores o menores espesores de las capas, distintos porcentajes de humedad, etc., o que en la misma vía no se pueda muestrar de manera correcta, y debido a que la zona es de alto riesgo para la cimentación de una vía.

Se debe tener muy en cuenta el control de drenaje superficial, ya que el sitio es una zona de inundación, y en una descarga de aguas como por ejemplo en el fenómeno del Niño sería muy crítico que el agua se embalse y trate se sobrepasar los niveles del pavimento, para lo cual se ha previsto la construcción de una zanja que conduzca el agua hasta la alcantarilla más cercana, como se explica en el capítulo relacionado con el drenaje vial.

5.8.6.- Daños ocasionados por los suelos expansivos en pavimentos

Se ha hecho una evaluación cuantitativa de los problemas que los suelos inestables, en este caso expansivos, ocasionan en los pavimentos.

Es probable que la variación de los contenidos de humedad, de la arcilla constituyente de la sub-base, varíe y dependa del tipo y condición del

pavimento, para que se produzcan diferentes reacciones con otros resultados.

Se pueden distinguir tres formas más comunes de daños en pavimentos fundados en arcillas expansivas, y son:

1. Aparición de desnivel a lo largo de un tramo considerable en la superficie del camino, sin ninguna rajadura o daño visible.
2. Rajadura longitudinal, paralela al eje del camino.
3. Localización de la falla del camino, seguida de la desintegración de la carpeta de rodadura.

El primer tipo de daño es el más notorio, y es el factor que más afecta al tránsito y disminuye la capacidad de la vía.

Entre las causas que originan la mayor parte de los problemas indicados, cabe anotar las siguientes:

a) Expansión de la arcilla debido al incremento de la humedad.
b) Contracción del suelo debido al desecado.

c) Desarrollo de presiones de expansión en arcillas confinadas y que no pueden expandirse.
d) Determinación de la resistencia y capacidad portante del suelo de la subrsante como resultado del proceso expansivo.

La investigación en lo que se refiere a pavimentos en arcillas expansivas debe completarse con ensayos de CBR, Resistencia al corte y estudios de estabilización.

Debe presentarse interés muy especial a los estudios de estabilización de taludes, pues se desea un mejoramiento de ala arcilla expansiva, para así poderlas usar como material de relleno o como material de la subrasante.

Muchas veces los problemas que se producen en los caminos o carreteras, no se deben exclusivamente a problemas del suelo, sino más bien, dependen de la falta de mantenimiento y drenaje de las vías, se ha dicho que un buen drenaje de la estructura reduce la expansión de las arcillas activas.

CAPITULO 6

PAVIMENTO

6.1.- INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los pavimentos se asocia directamente con la evolución y necesidades de cada país, es así como las vías de comunicación condicionan el progreso de una nación en la medida en que facilitan la comercialización de su producción agrícola e industrial y permiten el desarrollo de sistemas de transporte eficaces, es decir rápidos y seguros.

Una red de carreteras es un costoso patrimonio nacional del que depende en gran parte el bienestar de la población; razón por lo que los países dedican gran parte de su presupuesto e inversiones cuantiosas para la construcción y conservación de su red vial, requisito indispensable para su desarrollo.

En nuestro país instituciones como CORPECUADOR, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Colegio de Ingenieros Civiles del Ecuador (CICE), y empresas privadas nacionales e internacionales relacionadas con el tema han dado cabida a la realización de eventos que permitan la aplicación de

nuevas técnicas para el mantenimiento y construcción de pavimentos en el Ecuador.

A continuación un breve recuento cronológico en relación con el tema:

- 1.500 a. C.: a esta época corresponden los primeros vestigios de caminos encontrados en la isla de Creta.
- Siglo III a. C.: Egipto con la construcción de sus pirámides con grandes bloques de piedra (hasta 800 toneladas de peso) se ve en la necesidad de utilizar un elemento aglutinante (asfalto) para ligar las partes componentes del camino y mejorar su resistencia.
- 1700: en Estados Unidos de América y en varios países del continente Europeo se inicia el estudio racional de los pavimentos.
- 1893: Se construye el primer pavimento de concreto en el estado de Ohio (USA).
- 1929: La división de carreteras de California normaliza el ensayo CBR, parámetro de partida para el dimensionamiento de pavimentos flexibles en varios métodos de diseño.
- 1960: Experimento vial AASHTO (American Association of State highway and Transportation Officials) en el estado de Illinois, U.S.A.
- 1970: el Instituto Norteamericano del Asfalto publica un método para diseños de pavimentos flexibles.

6.2.- DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Un pavimento es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados con características diferentes, cuyo propósito es el de soportar las cargas impuestas por el tránsito vehicular, transmitir al suelo de apoyo tales esfuerzos para alcanzar deformaciones tolerables de una manera segura, conveniente y económica durante un período de tiempo determinado y resistir la acción del medio en que se encuentra.

6.3.- FUNCIONES DEL PAVIMENTO

Desde el punto de vista estructural, un pavimento transmite en forma adecuada las cargas hacia el terreno de fundación, es decir, sin rotura ni pérdidas de las características físicas y mecánicas de los materiales o deformaciones exageradas para la estructura.

Proporciona una superficie de rodadura uniforme y de buen aspecto que permite la circulación libre de los vehículos de manera segura y cómoda para los usuarios.

Controla la infiltración de las aguas superficiales que pueden alterar las propiedades de los materiales constitutivos del sub-suelo.

6.4.- CARACTERÍSTICAS

6.4.1.- Desde el punto de vista estructural

Resistencia mecánica: El pavimento debe soportar las cargas impuestas por el tránsito dentro de un nivel razonable de deterioro; su resistencia es proporcionada por los materiales que lo conforman; el espesor que el pavimento representa hace que los esfuerzos que llegan al terreno de soporte sean tolerables por éste.

Deformabilidad adecuada: En los pavimentos las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla, además es evidente que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, por lo que en el diseño se prevé la deformación máxima permisible con base en un valor prefijado, y que sólo se alcance ese valor al final de la vida útil prevista.

Durabilidad: Está ligada a una serie de factores económicos y sociales de la vía, no es práctico ni económico que se recurran a interrupciones

frecuentes del tránsito para realizar reparaciones; el correcto diseño del pavimento es fundamental en cuanto a la duración y el buen comportamiento del mismo.

***Condiciones adecuadas de drenaje*:** Uno de los aspectos más importantes para la vida útil de un pavimento lo constituyen las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía, por lo que los elementos de drenaje deben considerarse en el diseño.

6.4.2.- Desde el punto de vista social

Seguridad: Un pavimento cumple esta característica a través de una rugosidad que debe poseer la carpeta de rodadura que permita una circulación libre de los vehículos y a su vez garantice una oportuna detención en el proceso de frenado. Así mismo, la visibilidad y señalización de la vía, son factores inherentes en el diseño, que le dan confianza al usuario y disminuyen el número de accidentes.

***Comodidad*:** La presencia de deformaciones, discontinuidades, ondulaciones y baches en un pavimento es percibida por el usuario, causándole molestias al transitar por la vía y afectando su comodidad,

independientemente de que representen alguna deficiencia estructural o riesgo de falla.

Economía: El pavimento debe ofrecer una superficie uniforme, en perfecto estado, que minimice los daños en el vehículo del usuario y en consecuencia sus costos de operación.

6.5.- TIPOS DE PAVIMENTOS

Los pavimentos se clasifican de acuerdo con la forma de como los esfuerzos generados por los vehículos se transmiten al suelo de soporte.

Pavimentos flexibles: Son los que están formados por una carpeta asfáltica apoyada sobre una o varias capas de gran flexibilidad, las que admiten grandes deformaciones sin llegar a la rotura bajo la aplicación de la carga, los esfuerzos se transmiten al suelo de soporte repartiéndolos en un área muy amplia.

El pavimento flexible presenta muy poca resistencia a la flexión, en este caso generalmente la sub-base es la capa que se construye directamente

sobre la subrasante y está formado por un material con mejores características que el de aquella.

Nuestro proyecto se basa en el diseño de un pavimento flexible, por ser el más conveniente por sus características de deformabilidad adecuada, economía, y seguridad.

Pavimentos rígidos: Están constituidos por una capa de rodadura de concreto hidráulico de gran rigidez (por lo que admite pequeñas deformaciones bajo la aplicación de la carga) que generalmente se construye sobre una base granular que descansa sobre la subrasante compactada, los esfuerzos se transmiten al terreno de soporte en un área muy amplia.

Pavimentos semi-flexibles: Son aquellos que tienen sus bases estabilizadas con materiales cementantes tales como el cemento Pórtland o la cal, los cuales aumentan su rigidez y dan un mayor soporte global a las cargas que los pavimentos flexibles ordinarios.

Pavimento articulado: Formado por elementos prefabricados de pequeñas dimensiones que individualmente son muy rígidos, pero conforman un conjunto cuyo comportamiento se asemeja al de un pavimento flexible, es decir, transmite los esfuerzos al suelo de soporte mediante un mecanismo de disipación de tensiones.

Los pavimentos adoquinados tienen un amplio campo de aplicación, debido a sus características de fácil reparación, no requieren personal ni equipo especializado y son de fácil transportación.

6.6.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos flexibles derivan básicamente su capacidad de carga de las características de distribución de esfuerzos en un sistema de capas, y son: la sub-base, la base, y la carpeta de rodadura, la imprimación asfáltica es el ligante entre la base y la carpeta de rodadura.

En estos pavimentos la calidad de los materiales de las capas mejora de abajo hacia arriba, y sus espesores dependen de la resistencia de la

subrasante y de la calidad distributiva de esfuerzos de cada capa medida por el parámetro conocido como módulo de la resistencia.

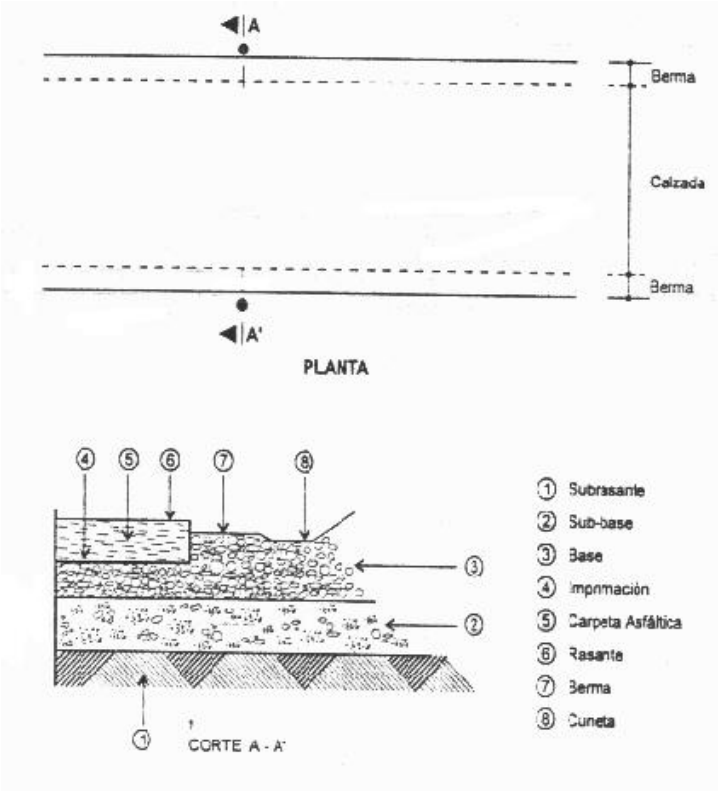


Figura 6.1 ***Elementos del pavimento flexible***

6.6.1.- La Subrasante

La subrasante es el terreno que constituye y conforma la parte superior de la explanación de una vía, y como tal, quien soportará finalmente las cargas

producidas por el tránsito y estará sometida a la acción del medio ambiente (humedad, temperatura, acción del agua) que puede modificar significativamente sus propiedades.

La subrasante es el material más superficial de los cortes o colocado en los terraplenes durantes las operaciones de explanación de la vía.

Su función es servir de fundación al pavimento aportando una adecuada capacidad de soporte para recibir las cargas debidas al peso propio del pavimento y al tránsito vehicular, presentando un comportamiento adecuado ante la acción del medio que puede modificar significativamente sus propiedades.

La subrasante dependiendo de la geometría de la sección de la vía, puede ser en corte, terraplén o mixta, desde el punto de vista del material que la constituye puede ser en roca o en suelo.

6.6.1.1.- Ensayos sobre el suelo de subrasante

Las pruebas que se deben realizar en el laboratorio de las muestras obtenidas en el campo servirán para determinar el contenido de humedad natural, clasificación mediante ensayos de granulometría y límites de Atterberg, también se efectúan pruebas de compactación para definir la densidad máxima y la humedad óptima del suelo al ser sometido a determinada energía de compactación. La tabla 6.1 indica los ensayos sobre el suelo de subrasante y su propósito.

La información obtenida en la exploración de campo y los resultados y los resultados de los ensayos de laboratorio se analizan sistemáticamente y con base en ello se elabora el perfil figurado del terreno. El análisis visual del perfil del suelo permite definir los suelos típicos del área explorada y seleccionar a nivel de la subrasante los sitios donde se extraerán muestras para ensayos de compactación (Proctor modificado) y de capacidad de soporte (CBR).

TABLA 6.1 Ensayos sobre el suelo de subrasante

Nombre del ensayo	Uso	Propósito del ensayo
1. Humedad natural	Varios	Contenido de agua del suelo en estado natural
2. Límite Líquido (LL)	Clasificación	Humedad a la cual el suelo pasa de plástico a semi-líquido
3. Límite Plástico (LP)	Clasificación	Humedad a la cual el suelo pasa de semi-sólido a plástico
4. Índice Plástico (IP)	Clasificación	Rango plástico del suelo y grado de expansión
5. Granulometría	Clasificación	Distribución de los granos del suelo
6. Densidad de campo	Base para el diseño	Grado de compactación de la subrasante
7. Compactación	Curva de densidad seca vs. humedad	Determinar la densidad seca máxima que puede alcanzar el suelo y su humedad
8. CBR	Base para el diseño	Capacidad de soporte de diseño de la subrasante

6.6.2.- La Sub-base

Es la capa estructural del pavimento flexible que se encuentra colocada entre la subrasante natural y subyace a la capa de base. Generalmente se constituye de un material granular bien graduado y compactado, mejor que el material de la subrasante, y en algunos casos de suelo estabilizado para conseguir una mejor distribución de las cargas.

La sub-base está constituida por materiales seleccionados cuya principal función es transmitir a la subrasante los esfuerzos que el tránsito le impone a través de la base, proporcionando resistencia adecuada a tales solicitaciones.

Por las características granulométricas de sus materiales puede servir como elemento de drenaje y por su propio peso contrarresta cambios volumétricos en la subrasante asociados con la presencia en ella de materiales de naturaleza expansiva.

Las especificaciones para el material de sub-base son menos exigentes que para la base en cuanto a granulometría, resistencia y plasticidad; en algunos casos, por razones económicas y/o cuando las características de la subrasante así lo permiten, esta capa a veces no se la coloca.

La sub-base cumple con otras funciones y son las siguientes:

1. Proveer una plataforma de trabajo para el equipo de construcción, en el caso en el de que la subrasante no sea capaz de proporcionar un soporte suficiente.

2. Reducir el costo del pavimento, haciendo que el espesor de la capa de base (más costosa) sea menor, cumpliendo con el diseño y las especificaciones técnicas.

3. Proteger la base aislándola de la subrasante, ya que cuando está formada por material fino y plástico, que por lo general ocurre, y/o cuando el material de base es de granulometría abierta, de no existir tal aislamiento, el material de menor calidad de la subrasante o residuos orgánicos (ramas, troncos, basura) se introducirían en la base pudiendo ocasionar cambios volumétricos perjudiciales, a la vez que se disminuiría la resistencia de la base.

4. Prevenir la acumulación de agua producto de las lluvias en niveles perjudiciales para la estructura del pavimento, si la sub-base es designada como una capa drenante, para lo cual será necesario limitar la fracción pasante del tamiz #8 a un porcentaje muy pequeño.

Los agregados que se empleen como material de sub-base deberán tener un desgaste máximo del 50% en el ensayo de abrasión de los Ángeles.

La porción de material granular que pase por el tamiz No. 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25.

Además la capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor que 30% y la densidad mínima de compactación no debe ser menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en el laboratorio mediante los ensayos previos de humedad óptima y densidad máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D (Proctor Modificado).

TABLA 6.2 Granulometría para materiales de sub-base

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE LA MALLA CUADRADA		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3”	_	_	100
2”	_	100	_
1 ½”	100	70 – 100	_
No. 4	30 – 70	30 – 70	30 – 70
No. 40	10 – 35	15 – 40	_
No. 200	0 – 15	0 –20	0 - 20

6.6.3.- La Base

La base es una capa de materiales seleccionados colocados sobre la sub-base, en algunas ocasiones se construye directamente sobre la subrasante, tiene como función principal transmitir las cargas recibidas del tránsito con intensidades adecuadas a las capas subyacentes, para lo cual deberá tener un espesor adecuado.

Contribuye al drenaje de la estructura en virtud de sus características específicas de granulometría; otra función importante es la de servir de rodadura provisional para el paso de vehículos y equipos facilitando de esta forma el proceso constructivo de la vía o de otras obras.

La capa de base usualmente consiste en agregados como gravas trituradas y arena, o combinaciones de estos materiales, también se los puede utilizar mezclándolos con materiales estabilizantes como cemento Pórtland, asfalto, limo, cemento de ceniza volcánica.

Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcillas o materiales orgánicos, con el fin de que no se

presenten cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad.

En cuanto a las especificaciones técnicas que debe cumplir el material de base, se establece que el límite líquido de la fracción que pase el tamiz No. 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor que de 6, el porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor que el 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser mayor o igual que 80%.

La capa de base se clasifica en las clases 1, 2, 3 y 4 con sus respectivos requisitos y granulometrías.

Base Clase 1: Constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B en la siguiente tabla:

TABLA 6.3 Granulometría para base clase 1

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA	
	TIPO A	**TIPO B**
2”	100	_
1 ½“	70 – 100	100
1”	55 – 85	70 – 100
¾”	50 – 80	60 – 90
3/8”	35 – 60	45 – 75
No. 4	25 – 50	30 – 60
No. 10	20 – 40	20 - 50
No. 40	10 –25	10 –25
No. 200	2 - 12	2 – 12

***Base clase 2*:** Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso. Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la siguiente tabla:

TABLA 6.4 Granulometría para base clase 2

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
1”	100
3/4”	70 – 100
3/8”	50 – 80
No. 4	35 – 65
No. 10	25 – 50
No. 40	15 – 30
No. 200	3 – 15

***Base clase 3*:** Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, y que cumplirán los requisitos de granulometría de la siguiente tabla:

TABLA 6.5 Granulometría para base clase 3

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
3/4”	100
No. 4	45 - 80
No. 10	30 – 60
No. 40	20 – 35
No. 200	3 – 15

***Base clase 4*:** Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente, o gravas, y que cumplen con la granulometría especificada en la siguiente tabla:

TABLA 6.6 Granulometría para base clase 4

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
	TIPO A
2”	100
1”	60 – 90
No. 4	20 – 50
No. 200	0 – 15

6.6.4.- La Imprimación Asfáltica

Es el riego de un producto asfáltico (derivado del petróleo) que recubre la base y forma una película continua con el fin de adherirla a la capa de rodadura (carpeta asfáltica) además de impermeabilizar el contacto entre ellas.

6.6.5.- La Carpeta de Rodadura

La carpeta de rodadura o carpeta asfáltica es la capa o serie de capas de agregados minerales y bituminosos seleccionados, colocados sobre la capa de base ligados con asfalto, y que conforman la superficie de rodadura del pavimento.

Su función principal es la de ser un componente estructural, ya que a través de su espesor se disipan las cargas recibidas del tránsito, debe también resistir las fuerzas de abrasión del tráfico, reducir la cantidad de agua en la superficie que penetra el pavimento y proveer una carpeta lisa y uniforme para rodar.

Las características o cualidades funcionales de la carpeta de rodadura residen fundamentalmente en su superficie. De su acabado y de los materiales que se han empleado en su construcción dependen aspectos tan importantes y preocupantes para los usuarios como:

1. La adherencia de un neumático al pavimento, reduce el efecto del fenómeno del hidro-planeo.

2. El ruido en el exterior e interior del vehículo, se comporta como un disipador del ruido.
3. Las propiedades ópticas, reflexión y refracción de la luz.
4. El desgaste de los neumáticos, ya que proporciona una rodadura suave.
5. El envejecimiento de los vehículos.

Tales aspectos están relacionados con la textura y regularidad superficial del pavimento. Dentro de la textura se puede distinguir entre la micro textura, que son las irregularidades de la carpeta menores que 0.5 mm., la macro textura , que son irregularidades de 0.5 a 50 mm., y la mega textura, que son las irregularidades que van de 50 hasta 500 mm.

La primera sirve para definir la aspereza del pavimento, la segunda su rugosidad y la tercera está más asociada con los baches o peladuras que pueden haber en la carpeta de rodadura. Por otra parte la irregularidad superficial está asociada con ondulaciones de longitudes de ondas mayores de 0.5 m.

La micro textura, la aspereza del pavimento es necesaria para conseguir una buena adherencia, en cambio la macro textura, es necesaria para mantener esa adherencia a altas velocidades o con el pavimento mojado. La macro textura también mejora la visibilidad con pavimento mojado, elimina o reduce los fenómenos de reflexión de la luz, que tiene lugar en los pavimentos lisos mojados, y mejora la percepción de las marcas viales o señalización horizontal.

Por el contrario, los pavimentos rugosos, con fuerte macro textura, produce un mayor desgaste de los neumáticos y suelen resultar muy ruidosos.

La mega textura y la falta de regularidad superficial resultan indeseables desde cualquier punto de vista. Inciden negativamente sobre la comodidad y aumentan el ruido de rodadura, los gastos de mantenimiento de los vehículos y los gastos de conservación de la vía.

Es difícil optimizar a la vez todas las cualidades funcionales de los pavimento, como por ejemplo, el aumentar la macro textura del pavimento para mejorar la seguridad produce como contrapartida un aumento del ruido de rodadura y un mayor desgaste de los neumáticos.

El éxito que tenga una carpeta de rodadura depende en cierto grado en obtener una mezcla con una gradación de agregados óptima y tener un porcentaje adecuado de pasta bituminosa para que sea durable y resista fracturas sin que se convierta en inestable bajo la carga de tráfico esperada y las peores condiciones climáticas.

TABLA 6.7 Elementos estructurales del pavimento flexible

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE			
Elemento	**Funciones**	**Tipos más comunes**	**Materiales**
1. Subrasante	Servir de fundación al pavimento	Corte Terraplén Mixta	Roca Suelo
2. Sub-bases y bases	Facilitar la construcción Estructural Absorber deformaciones de la subrasante Facilitar el drenaje Servir de rodadura provisional	Bases granulares Bases estabilizadas Suelo - cemento Suelo - asfalto Bases asfálticas Macadam asfáltico Concreto asfáltico	Agregados Cemento Asfalto Suelo
3. Imprimación	Adherir la base y la carpeta Impermeabilizar la capa de base	Película asfáltica	Asfalto líquido Emulsiones Asfálticas
4. Carpeta asfáltica	Estructural Proporcionar una superficie de rodadura suave, segura y limpia. Impermeabilizar superficialmente el pavimento.	Tratamientos superficiales: simples, dobles, triples. Macadam asfáltico Concreto asfáltico	Asfalto Agregados
5. Rasante	Superficie de rodadura		
6. Bermas	Permiten la detención de los vehículos en emergencia. Aumentan la capacidad		

	de la vía. Mejoran su nivel de servicio. Estructuralmente pueden proporcionar confinamiento lateral al pavimento	Elementos inherentes al diseño de la vía.	
7. Cunetas	Recibir, encauzar y descargar adecuadamente el agua de la escorrentía superficial.	Concreto Piedra Tierra	

6.7.- TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS VERTICALES EN UN PAVIMENTO

6.7.1.- Esfuerzos en los pavimentos flexibles

Boussinesq, matemático francés, efectuó los primeros estudios para determinar la distribución de esfuerzos que una carga vertical concentrada actuando en una masa de suelo semi-infinita, elástica linealmente e isotrópica produce en cualquier punto dentro de dicho medio.

La teoría de Boussinesq considera cargas concentradas y en el caso del pavimento no lo son; por conveniencia se asimila a un círculo el área sobre la cual se reparte la carga.

En la figura 6.2 se presentan las leyes de variación con la profundidad de la presión vertical en el centro de áreas circulares de carga con reparto uniforme de presión en superficie; aunque calculadas de acuerdo con la teoría de Boussinesq constituyen una aproximación razonable a la distribución real de presiones.

La magnitud del esfuerzo vertical en un punto del pavimento, debido a la aplicación de una carga en su superficie depende tanto de la presión de contacto, como de la carga total y de la configuración de las ruedas.

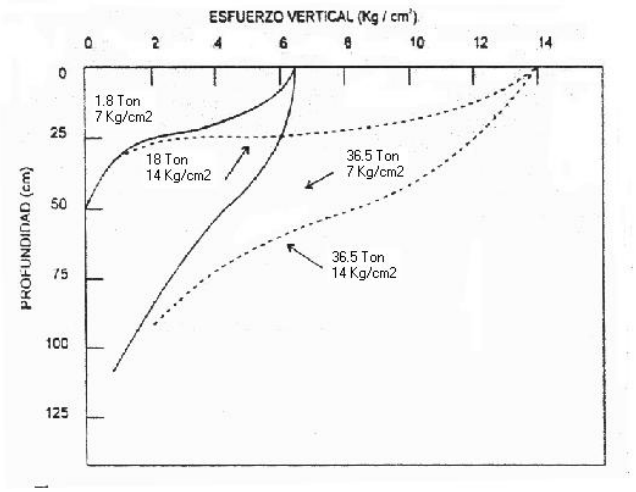


Figura 6.2 ***Variación de la presión con la profundidad***

Una mayor aproximación a la situación real de un pavimento, por ser un conjunto de capas de muy diversas características, se debe a Burmister,

quien estudió el problema de la distribución de esfuerzos en un sistema de "dos capas", cada una de ellas homogénea, isotrópica y linealmente elástica.

El esfuerzo obtenido según Burmister es función de la relación de módulos de elasticidad de las dos capas (E1/E2). En la figura 6.3 se presentan valores de esfuerzo vertical bajo el centro de un área circular uniformemente cargada para un sistema de "dos capas". Se observa que a medida que la capa de base es de mejor calidad, menor sería la magnitud del esfuerzo transmitido a la subrasante.

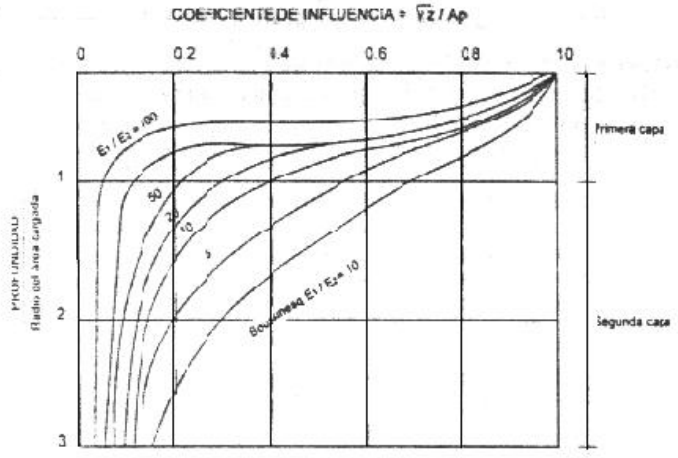


Figura 6.3 ***Distribución de esfuerzos de un sistema bicapa según Burmister***

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles más modernos aplican teorías elásticas sobre sistemas de “tres capas” para distribución de esfuerzos, como se indica en la figura 6.4.

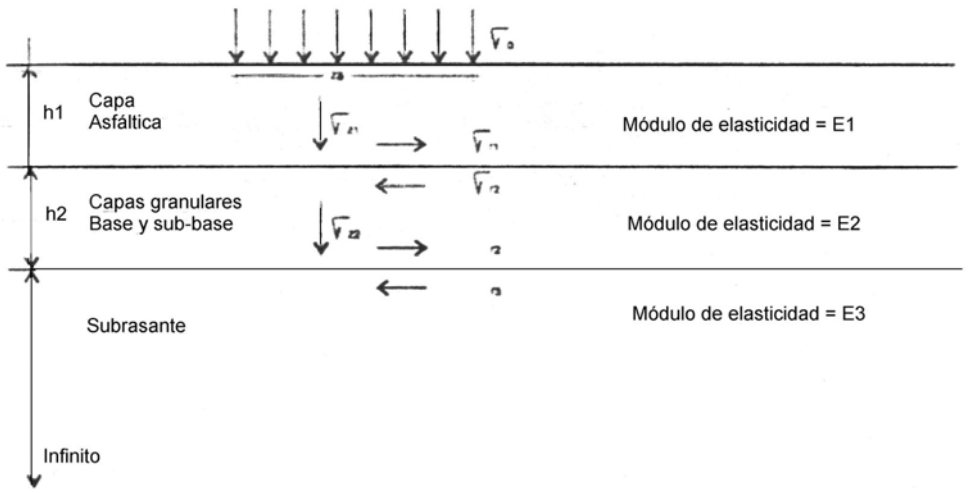


Figura 6.4 ***Estructura de un pavimento de 3 capas***

La falla del pavimento ocurre cuando se da una elevada deformación de la estructura considerando que el esfuerzo normal sobre el suelo de subrasante no debe superar los límites permitidos por ésta, o cuando se observan agrietamientos de la carpeta asfáltica producidos por tal esfuerzo, y por consiguiente la deformación máxima admisible por tracción en la fibra inferior de la carpeta es excedida a causa de la flexión repetida de estas capas bajo las solicitaciones de tránsito; se debe verificar como los valores

críticos la deformación de tracción (E1) en la fibra inferior de las capas asfálticas y el esfuerzo de compresión sobre la subrasante (σ_{z2}).

6.7.2.- Esfuerzos en los pavimentos rígidos

Los esfuerzos a que está sometido un pavimento rígido se originan en una gran variedad de causas tales como cambios de temperatura y humedad, magnitud de las cargas, cambios volumétricos de la subrasante, etc.

Para simplificar se parte de hipótesis respecto a la continuidad y elasticidad de los materiales; se asume que el soporte proporcionado por la subrasante o sub-base es continuo y que el concreto se comporta totalmente elástico.

Westergaard efectuó un análisis teórico de las tensiones a las que está sometido un pavimento de concreto, basado en las siguientes hipótesis:

- El concreto actúa como un sólido homogéneo, elástico e isotrópico.
- Las reacciones de la subrasante son verticales y proporcionales a la deflexión de la losa, siendo constante el módulo de reacción de la subrasante.

- Las placas de concreto son de espesor uniforme.
- La carga se distribuye en todas las direcciones dentro de la placa y sobre superficie circular.

6.8.- CARACTERÍSTICAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO

La deformabilidad parece ser el condicionante principal que determina el comportamiento de un suelo como soporte de la estructura de un pavimento.

La función principal de la subrasante es suministrar un apoyo razonable uniforme a la estructura del pavimento con unas deformaciones compatibles con éste.

El potencial expansivo de los materiales de subrasante es el segundo factor en importancia que se debe considerar en el diseño del pavimento, ya que cambios de volumen generan deformaciones importantes. La subrasante debe conservar durante todo el tiempo el mayor valor portante posible, pues mientras más alto sea, menor será el espesor de las capas superiores y por tanto el costo de la estructura.

6.8.1.- Capacidad de soporte

Para determinar la resistencia de los suelos de subrasante se han desarrollado dos pruebas específicas:

- CBR (California Bearing Ratio) Valor relativo de soporte. Desarrollado por la división de Carreteras de California, ampliamente utilizado en el diseño de pavimentos flexibles.

- Prueba de placa: Se determina el parámetro K, llamado módulo de reacción de la subrasante, coeficiente de balasto o módulo de Westergaard. Es una prueba "in situ" que cualifica la resistencia de las subrasante en el diseño de pavimentos rígidos.

6.8.2.- Valor relativo de soporte (CBR)

La prueba es un ensayo normalizado (AASHTO T 193-72), en el cual un vástago penetra en el suelo compactado previamente en el molde, con una presión y velocidad controlada; se establecen un conjunto de penetraciones

prefijadas y se determina la presión ejercida correspondiente a cada una de ellas; el vástago tiene un área de 19.40 cm^2 (3 pulg. ^{2}) y penetra a la muestra con una velocidad de 0.127 cm/min (0.05 pulg/min).

El valor relativo de soporte se expresa en porcentaje y se define como la relación entre la carga unitaria aplicada que produce cierta deformación en la muestra de suelo requerida para producir igual deformación en una muestra patrón (piedra triturada seleccionada por la División de Carreteras de California).

En la tabla 6.8 se presentan las cargas unitaria y penetraciones correspondientes obtenidas en el ensayo original (penetración sobre la muestra patrón).

TABLA 6.8 Presiones para distintas penetraciones del vástago en la muestra patrón. Prueba CBR

Penetración (pulg.)	Deformación (pulg.)	Presión en el vástago (lb/pulg^2)
0,1	1	1000
0,2	2	1500
0,3	3	1900
0,4	4	2300
0,5	5	2600

La condición crítica para cualquier suelo es cuando está saturado, por este motivo los especimenes se sumergen en agua durante cuatro días, con una sobrecarga aplicada que representa la estructura del pavimento.

El CBR se puede obtener por los siguientes métodos dependiendo del tipo de suelo:

a. Método de los tres puntos

Es utilizado cuando se trabaja con suelos grueso granulares o finos de baja plasticidad.

De la prueba de compactación tipo Próctor se obtiene la humedad óptima del suelo; se compactan tres muestra con esta humedad, usando tres energías de compactación diferentes; se llevan a un gráfico de *densidad seca Vs. CBR,* del cual se puede obtener el CBR del suelo de subrasante aplicable al diseño (Figura 6.5).

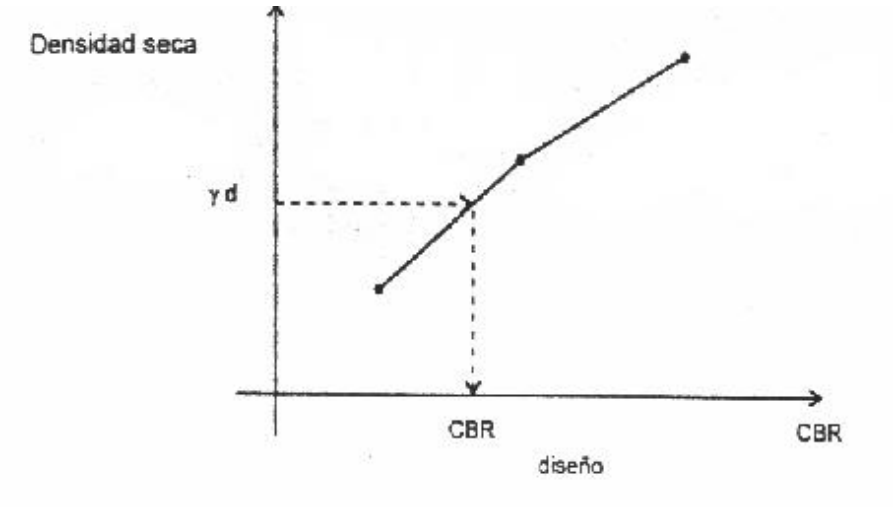


Figura 6.5 ***Determinación del CBR de diseño***

b. **Método de los nueve puntos**

Este método se emplea para suelos de grano fino con alta plasticidad. En este caso se compactan nueve especimenes; las curvas de compactación se elaboran para tres muestras, donde cada una va a tener condiciones diferentes contenidos de humedad óptima (Figura 6.6).

Las nueve muestras de suelos se someten a penetración obteniendo entonces otros tantos valores de CBR, densidad y humedad, las cuales permiten elaborar gráficas y a partir de ellas se determina el CBR de diseño, siempre teniendo en cuenta la densidad a la cual se compactará el suelo de campo.

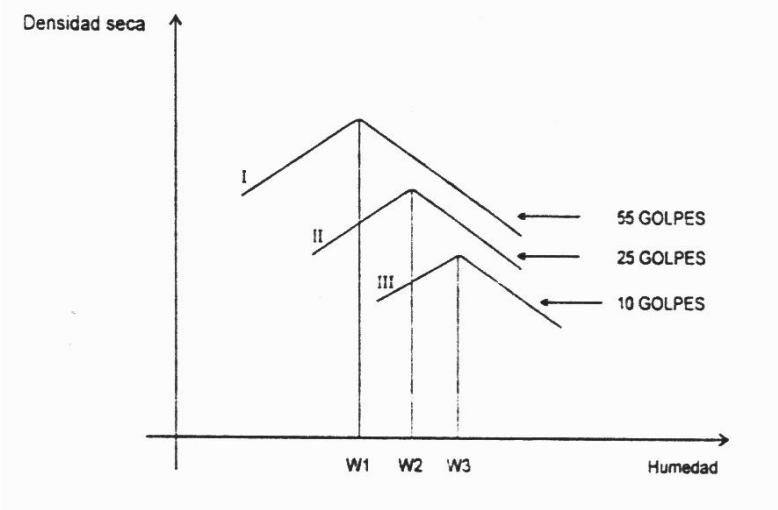


Figura 6.6. ***Curvas de compactación para el método de los 9 puntos***

6.8.3.- Compactación

La compactación es un proceso mediante el cual se busca que el suelo posea y mantenga un buen comportamiento mecánico a través de toda la vida útil de la obra. La resistencia, la compresibilidad y una adecuada

relación esfuerzo–deformación son propiedades cuyo mejoramiento se busca siempre, también es importante considerar características de permeabilidad y flexibilidad.

El proceso implica una reducción de los vacíos del suelo, como consecuencia ocurren cambios de volumen de importancia. Para determinar el grado de compactación alcanzado por el suelo se realiza una prueba de campo, la de uso más corriente es la del cono y la arena, en la figura 6.7 se muestra una curva de compactación típica.

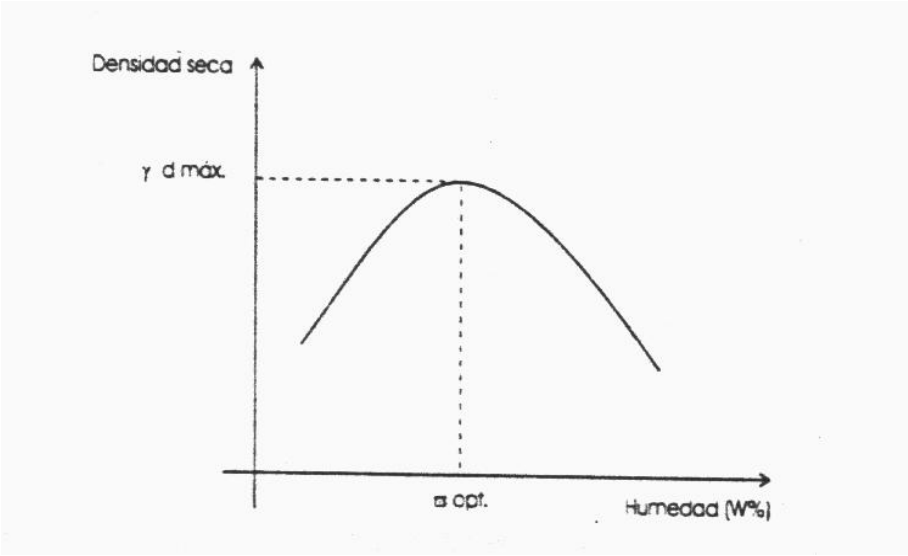


Figura 6.7 ***Curva de Compactación típica***

6.8.4.- Potencial Expansivo

Las arcillas expansivas constituyen a menudo una de las principales causas de deterioro de los pavimentos, los cambios de volumen asociados a cambios en su contenido de humedad se traducen en agrietamientos y distorsiones que conducen en muchas ocasiones a la falla de la estructura vial.

Los suelos más expansivos son los que pertenecen a los grupos A-6 o A-7 (Clasificación AASHTO) o CH, MH (Clasificación Unificada), son los suelos de alta plasticidad, es decir, suelos con índice plástico muy alto.

Para determinar el potencial expansivo del suelo se realizan ensayos conjuntamente con los de CBR, que miden la expansión causada por la inmersión en agua de una muestra compactada a densidad y humedad prefijadas con una sobrecarga equivalente al peso de las capas de pavimento que soportará; el porcentaje de hinchamiento, medido como la relación porcentual del incremento de la altura de la muestra a su altura inicial (Figura 6.8), puede correlacionarse con el potencial expansivo del suelo (Normas AASHTO T-193-63 y ASTM D 1883-67).

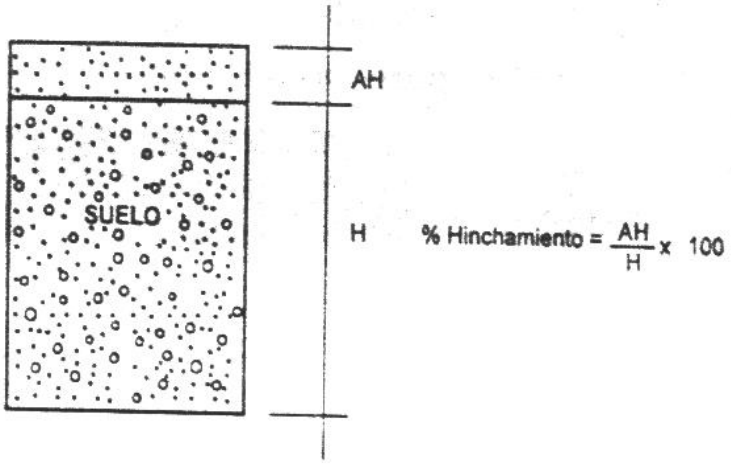


Figura 6.8 ***Porcentaje de hinchamiento***

Otro ensayo que se realiza es el de expansión libre; consiste en seleccionar una muestra de 10 cc de suelo secado al aire, con la fracción del material que para la malla No. 40 se introduce en una probeta graduada de 100 cc llena de agua, se mide el nuevo volumen de la muestra cuando llega al fondo de la probeta (Figura 6.9), el porcentaje de expansión libre se expresa como la relación entre el incremento de volumen y el volumen inicial.

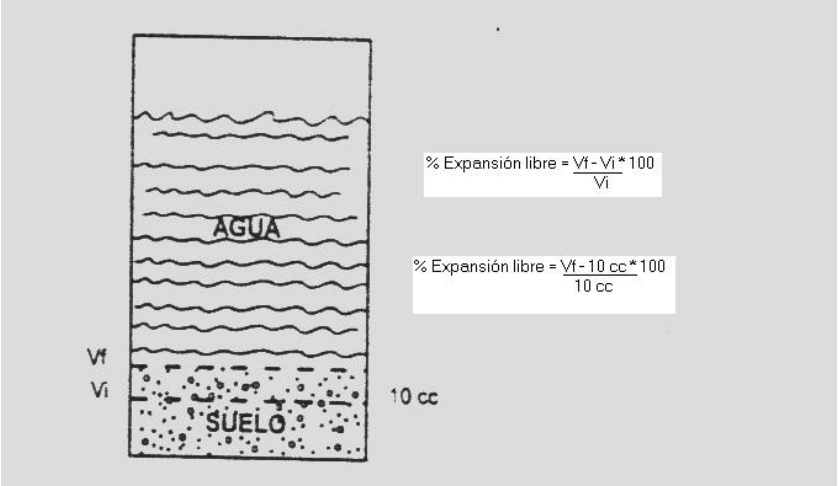


Figura 6.9 ***Porcentaje de expansión libre***

El porcentaje de hinchamiento, la plasticidad del suelo y el porcentaje de expansión libre presentan rangos de valores que clasifican las arcilla en no expansivas, moderadamente expansivas y altamente expansivas (Tabla 6.9).

TABLA 6.9 Potencial expansivo del suelo

Grado de expansión	Hinchamiento	Índice de plasticidad	Expansión libre
No expansiva	<2	<10	<50
Moderada	2-4	10-20	50-100
Altamente expansiva	>4	>20	>100

Un sistema de campo rápido para conocer el grado de expansión de una arcilla es el ensayo “equivalente de arena” (SE). Es un proceso de sedimentación que separa la arena de la arcilla, el espesor de las capas separadas se lee con una varilla calibrada y se define el equivalente de arena como la relación entre la lectura de arena y la lectura de arcilla en porcentaje.

$$SE = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Los suelos con un equivalente de arena entre 0 y 5 se consideran altamente expansivos.

6.8.5.- La fundación del pavimento

Los materiales que constituyen la capa subrasante de un vía, juegan un papel fundamental en el comportamiento y espesor requerido de un pavimento flexible e influyen poco en el espesor de la placa en un pavimento rígido, pero condiciona significativamente su comportamiento.

Las propiedades de la subrasante que influyen en el comportamiento del pavimento son la gradación, la plasticidad, el contenido de humedad, la

compactación, el potencial expansivo y la capacidad de soporte , todos ellos cuantificables mediante procedimientos de mecánica de suelos.

6.8.6.- El tránsito

El tránsito genera las cargas que el pavimento estará sujeto. Para el diseño interesa conocer la magnitud de esas cargas, su disposición y arreglo en el vehículo, su frecuencia y forma de aplicación.

6.8.7.- El clima

El principal factor climático que afecta a los pavimentos suele ser la precipitación pluvial, ya sea por su acción directa o por elevación de las aguas freáticas. En efecto, el régimen de lluvias determina las características de drenaje del pavimento.

La temperatura y sus variaciones abruptas afectan los diseños, sobre todo en el pavimento rígido, pues inducen esfuerzos muy importantes en tales estructuras.

6.8.8.- Costos

Esta variable incluye los costos iniciales de conservación. Elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso, atendiendo el factor económico tiene fundamental importancia dentro del diseño y exige el análisis de varias alternativas.

6.9.- DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Para realizar el presente diseño de pavimento flexible se utilizará el método que ha considerado los principios establecidos por la AASHO (American Association of State Highway Officials).

En los estudios de tráfico se ha considerado que de los 2758 vehículos livianos y 108 vehículos pesados aforados, luego de analizar las encuestas de origen y destino se establece que el 20.34% utilizaría el proyecto vial propuesto, la tasa de crecimiento anual para los próximos 20 años ha sido estimada en el 5% para los dos tipos de vehículos.

El requisito del método de diseño es el convertir el tráfico en el número de ejes equivalentes a 8180 Kg que debe soportar el pavimento durante el período de diseño.

El diseño del pavimento se presentará para 10 años en una primera etapa y para 20 años en una segunda etapa.

6.9.1.- Procedimiento

1.- Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Vehículos livianos TPDA = 2758 x 20.34% = 561.11

Vehículos pesados (camiones y buses) TPDA = 108 x 20.34% = 21.90

En total son: 583.01 vehículos

TABLA 6.10 Aforo de tráfico

TIPO DE VEHÍCULO	DÍAS			SUMA Prom.	PROYECTO
	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES		
LIVIANO	2946	2710	2620	2758	561,11
PESADOS	105	103	115	107	21,9
				TOTAL	583,01

2.- Vehículos de diseño

Se ha considerado a los vehículos pesados como vehículo tipo y a los vehículos livianos como el 0.25 del vehículo tipo.

TABLA 6.11 Factor de transformación

	Factor de transformación
Vehículo liviano	0.25
Vehículo pesado	1

TABLA 6.12 Vehículos de diseño

TIPO DE VEHÍCULO	TRAFICO ACTUAL	FACTOR DE TRANSFORMACIÓN	VEHÍCULOS DE DISEÑO
LIVIANO	561,11	0,25	140,28
PESADOS	21,9	1	21,9
		TOTAL	162,18

3.- Tasa de crecimiento

Se considera como tasa de crecimiento promedio anual de los vehículos el 5% de acuerdo a datos obtenidos de la Comisión de Tránsito del Guayas.

TABLA 6.13 Proyección del tráfico

Te	21,9
Ta=1,25(Te)	27,375
$Tp = Ta(1+0,05)^{10}$	44,59099041
$Tp = Ta(1+0,05)^{20}$	72,63402468

4.- Cálculo de ejes equivalentes

Se presenta la tabla del cálculo de ejes equivalentes de acuerdo al tipo de vehículo y el número y carga por eje:

TABLA 6.14 Cálculo de ejes equivalentes

VEHÍCULO	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO	%	# DE EJE	CARGAXEJE (Kg)	FACTOR DE EJE EQUIVALENTE	EJES EQUIVALENTES
LIVIANOS	561	40	224	500	0,0004	0,09
			224	2000	0,0044	0,99
		40	337	1000	0,0008	0,27
			337	4000	0,07	23,59
PESADOS	22	20	4	2200	0,006	0,02
			4	8800	0,1272	0,51
		80	18	5000	0,1501	2,70
			18	20000	3,27	58,86
					TOTAL	87,03

5.- Total de ejes equivalentes

De acuerdo a los períodos de diseño se tiene un total de ejes equivalentes para 10 años y 20 años.

TABLA 6.15 Total de ejes equivalentes

TEE=	(Ta+Tp)/ 2x10 años x365x0,6xEE/ Te

periodo de 10 años	
TEE=	3,13E+05

periodo de 20 años	
TEE=	5,10E+05

TOTAL DE EJES EQUIVALENTES	
TEET =	8,23E+05

FACTOR REGIONAL	
FR =	1,5

ÍNDICE DE SERVICIO	
Pt =	2,5

CBR DE DISEÑO	
CBR	11

7.- Diseño de las capas del pavimento

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente y según el número estructural obtenido del nomograma se obtienen las capas que conforman el pavimento y se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 6.16

Tráfico de diseño para la 1ra. Etapa de 10 años:	3.13E+05
Trafico de diseño para la 2da. Etapa de 10 años:	8.23E+05
NUMERO ESTRUCTURAL Etapa1, 10 años de tráfico:	2.19
NUMERO ESTRUCTURAL Etapa 2, 20 años de tráfico:	2.97

TABLA 6.17 Diseño de las capas del pavimento

DISEÑO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

		PERIODO DE TRÁFICO DE 20 AÑOS			
		EN 1 ETAPA DE 20 AÑOS		EN 2 ETAPA DE 10 AÑOS	
CAPA	COEFICIENTE ESTRUCTURAL	ESPESOR cm	NE	ESPESOR cm	NE
CAPA DE RODADURA: hormigón bituminosa	0,173	5	0,865	8	1,384
BASE: Grava triturada graduada uniformemente	0,047	15	0,705	14	0,658
SUB-BASE: grava graduada	0,035	30	1,05	28	0,98
		ok	2,62	ok	3,022

6.10.- LOS GEOTEXTILES COMO ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO

6.10.1.- Concepto de geotextil

Los geotextiles son membranas permeables fabricadas de polímeros sintéticos como poliéster, polipropileno, polietileno y poliamida, así como también con materiales biodegradables como fibras vegetales (cáscara del coco) y que a su vez pueden ser: tejidos y no tejidos.

6.10.2.- Funciones del geotextil

Dependiendo de la utilización que vaya a tener el geotextil son deseables distintas propiedades:

- Permite una mejor distribución de esfuerzos en la subrasante absorbiendo en muchos casos deformaciones exageradas del suelo.

- Separación: actúa como separador entre dos capas de suelo con diferentes propiedades impidiendo su contaminación y evitando que se mezclen.

- Filtración y drenaje: evita que la capa drenante se mezcle con el suelo adyacente a la vez que permite el flujo rápido del agua.

6.10.3.- Características de los Geotextiles

Se pueden diferenciar las características de los geotextiles en tres grupos diferentes dependiendo de las propiedades generales, mecánicas e hidráulicas.

- *Propiedades Generales:* el peso específico, el peso por unidad de área, el espesor, la absorción de agua y la isotropía son aspectos de los geotextiles que se encuentran normalizados.

- *Propiedades Mecánicas:* son influenciadas por el tipo de fibra polimérica y por el método de fabricación y son: resistencia a la tensión, a la fluencia, al desgarre, a la punción, a la explosión, a la abrasión, a la fricción y al alargamiento en la rotura.

- *Propiedades Hidráulicas:* se relacionan con la capacidad en un geotextil para conducir el agua y la capacidad para actuar como filtro y son: características de abertura, porosidad, permeabilidad, capacidad de retención de suelos, colmatación y transmisibilidad.

6.10.4.- Aplicaciones de los geotextiles

Los geotextiles se pueden aplicar en los siguientes campos:

- ✓ Pavimentación en vías.
- ✓ Estabilización de vías no pavimentadas.
- ✓ Repavimentación.
- ✓ Revestimiento de embalses.
- ✓ Estabilización de ferrovías.
- ✓ Control de erosión de presas.
- ✓ Estabilización de taludes y terraplenes.
- ✓ Construcción de túneles.

En el campo específico de los pavimentos los geotextiles se utilizan con frecuencia como capa de separación y de refuerzo, normalmente sobre la subrasante facilitando de este modo las labores de compactación y mejorando las características de la superficie de apoyo del pavimento.

Los efectos mencionados aún no han sido posible cuantificarlos de manera clara, sin embargo se dispone de algunas investigaciones cuyos resultados indican tendencias más menos definidas que permiten concluir que los geotextiles incrementan la capacidad portante de la subrasante a la vez que en alguna medición controlan sus variaciones volumétricas.

6.10.5.- Ejemplos prácticos del uso de geotextil en el área de pavimentos

A continuación se van a nombrar e ilustrar algunos ejemplos prácticos del uso del geotextil en el área específica de pavimentos:

a) ***Rellenos de pequeña altura sobre suelo blando***

Solución: Refuerzo con geotextil tejido, que hace posible la ejecución de pequeñas estructuras (terraplenes, contenciones, etc.) sobre suelos de baja capacidad de soporte, evitando el siempre costoso y complicado cambio de suelo.

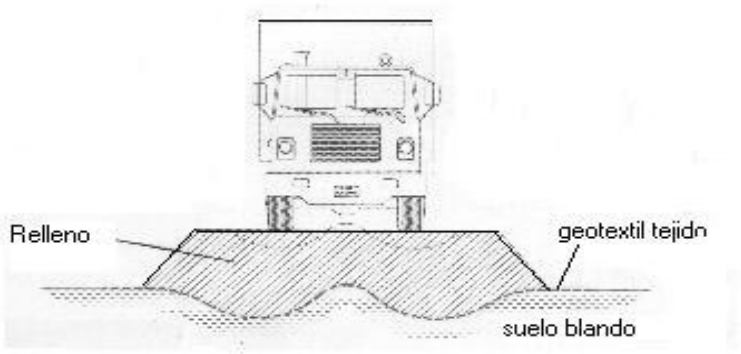


Figura 6.10 ***Solución con geotextil tejido a rellenos sobre suelos blandos***

b) ***Terraplenes de gran altura sobre suelos blandos***

Solución: Refuerzo con geogrillas soldadas de alta resistencia, se hace necesario la utilización de refuerzos de elevada resistencia para garantizar la estabilidad de terraplenes de grandes dimensiones sobre suelos blandos.

Esta solución proporciona mayor rapidez, economía, eficiencia y seguridad a las obras.



Figura 6.11 ***Solución con geotextil a terraplenes de gran altura sobre suelos blandos*.**

c) *Refuerzo de base de pavimento*

Solución: Refuerzo con un geocompuesto, formada por una geogrilla biorientada de bajísima deformación y alta resistencia, colocado entre dos geotextiles no tejidos sino termo soldados donde la geogrilla desempeña la función de refuerzo y los geotextiles las funciones de filtración y separación, evitando la contaminación de la capa granular por los finos del material de la base.

En este caso la tecnología ha sido utilizada para posibilitar la ejecución de rellenos o pavimentos sobre suelos de baja capacidad de soporte y a su vez presenta grandes ventajas técnicas y económicas.

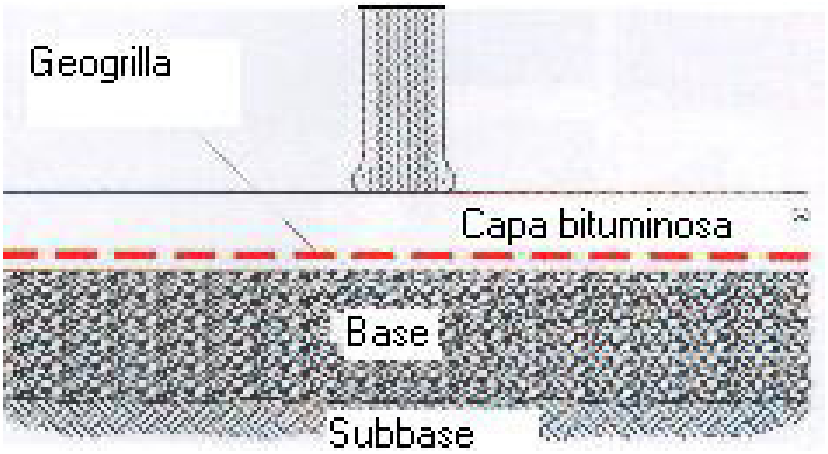


Figura 6.12 ***Solución con geogrilla como refuerzo de base de pavimentos***

d) ***Refuerzos de pavimentos asfálticos***

Solución: Utilización de elementos metálicos de refuerzo, cuya función principal es la de aumentar la vida útil, la resistencia a la estructura o en situaciones especiales permite la reducción del espesor del revestimiento asfáltico o de las camadas inferiores de la estructura del pavimento.



Figura 6.13 ***Solución con mallas metálicas para refuerzo de pavimentos asfálticos***

e) ***Impermeabilización entre camadas de pavimentos asfálticos***

Solución: Utilización de una camada impermeable de geotextil no tejido impregnado con asfalto, que en el recapado de pavimentos flexibles entre camadas viejas de y nuevas de concreto asfáltico ejercerá la función de una barrera impermeable, evitando que las aguas infiltradas por las futuras fisuras de la nueva capa fluyan hasta las camadas inferiores del pavimento comprometiendo las características físicas de los materiales que las componen, y su resistencia a las cargas generadas por el tráfico.

Esta camada también ayudará como un obstáculo retardando la propagación de las fisuras de la vieja hacia la nueva capa de concreto asfáltico.



Figura 6.14 ***Impermeabilización entre camadas de pavimentos asfálticos***

6.11.- MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DEL PAVIMENTO

6.11.1.- Generalidades

Cualquier tipo de pavimento requiere de mantenimiento durante su vida útil, y poco antes del final de ella se deben programar refuerzos que permitan su adecuación para un periodo de tiempo adicional.

El mantenimiento y reparación de un pavimento debe obedecer a una planeación y programación rigurosa, sometida a estudios técnicos previos; es frecuente encontrar soluciones basadas únicamente en el efecto, sin conocerse las causas reales de la falla, las cuales deben ser investigadas racionalmente para cada caso.

En la evaluación del comportamiento de los pavimentos debe distinguirse entre la falla estructural, que implica un colapso de la estructura de tal manera que no pueda soportar la carga aplicada en un determinado sitio, y la falla funcional, que se requiere a la incapacidad del pavimento para cumplir con sus funciones. La falla funcional puede estar acompañada o no de falla estructural.

6.11.2.- Problemas más frecuentes que se presentan en los pavimentos flexibles

El proceso de deterioro puede variar de acuerdo con el tipo de causas; si atentan contra la comodidad y seguridad en el normal desplazamiento del tránsito o afectan directamente la estructura.

Los síntomas de deterioro, se pueden clasificar en cuatro grupos:

1. Deformaciones
2. Fisuraciones o agrietamientos
3. Desprendimientos
4. Afloramientos

Las Deformaciones: son variaciones en el alineamiento vertical u horizontal, longitudinal o transversal del pavimento y se pueden presentar como asentamientos u ondulaciones (Figura 6.15)

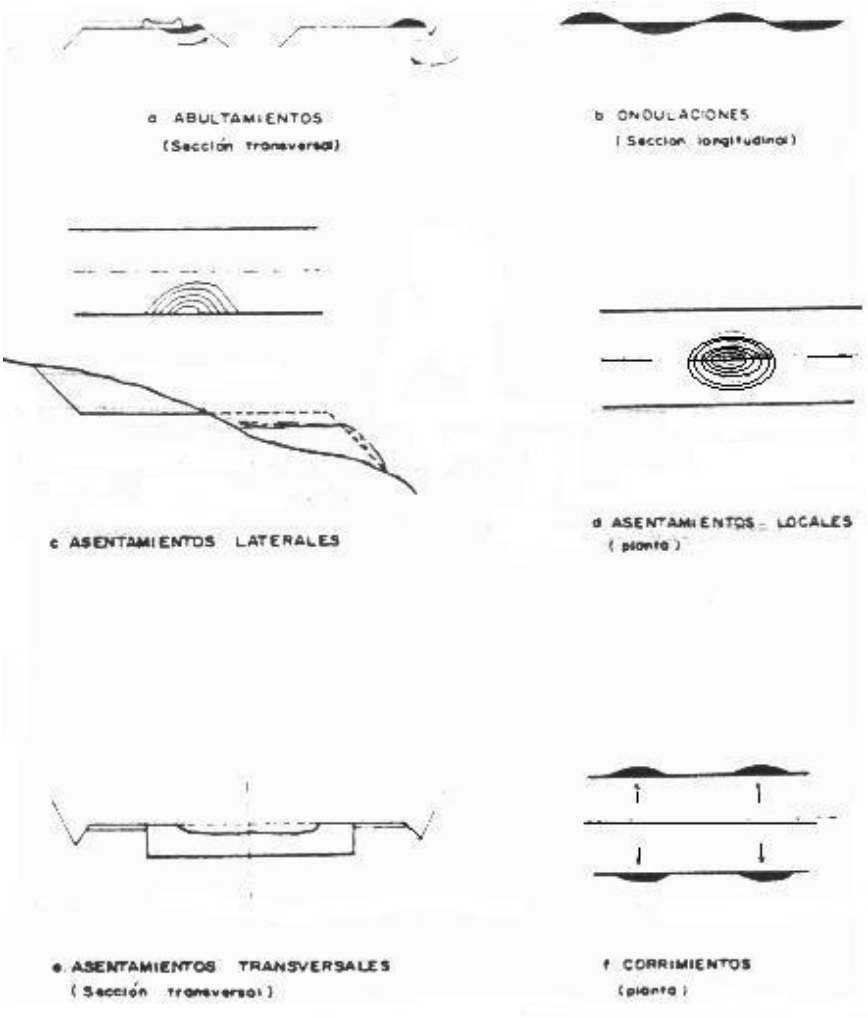


Figura 6.15 ***Agrietamientos frecuentes que ocurren en pavimentos flexibles***

Las Fisuraciones o agrietamientos: son discontinuidades en la superficie que no implican pérdida de los materiales que constituyen el pavimento (Figura 6.16), y se pueden presentar como:

- Grietas longitudinales rectilíneas o curvilíneas.
- Grietas transversales rectilíneas o curvilíneas.
- Grietas en piel de cocodrilo.

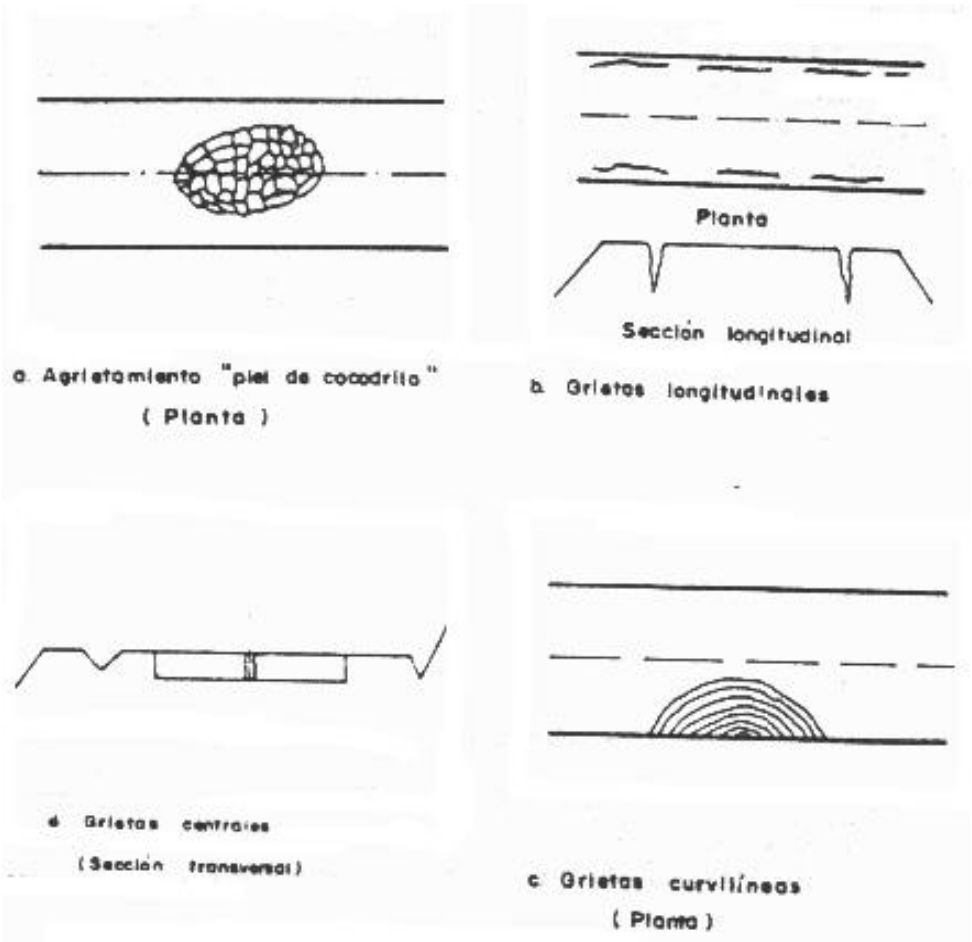


Figura 6.16 ***Fisuraciones o agrietamientos que ocurren en los pavimentos flexibles***

Los Desprendimientos: es la separación de los materiales que constituyen la superficie del pavimento, se pueden presentar los siguientes desprendimientos:

- Del agregado grueso.
- Del ligante asfáltico.
- Descascaramiento.
- De bloques.

Los Afloramientos: su aparición sobre la superficie de materiales que constituyen parte de la estructura del pavimento y que estaban originalmente dentro de ella, algunos tipos de afloramientos son:

- Afloramientos del ligante asfáltico.
- Afloramiento del suelo de la subrasante.

6.11.2.1.- Causas

Los factores que producen deterioro en el pavimento están en constante acción; de acuerdo con el daño que se presentes serán más probables unos que otros. Algunos de ellos pueden ser:

a) Causas internas:

Existen causas internas que obedecen a deficiencias en el diseño o construcción del pavimento, que son:

- Capacidad estructural deficiente, puede dar lugar a ondulaciones o asentamientos longitudinales, grietas en piel de cocodrilo, desprendimientos de bloques y afloramientos del suelo de la subrasante.

- Subdrenaje deficiente o infiltración de agua, puede producir daños como: asentamientos locales y de borde, grietas en piel de cocodrilo, desprendimientos de bloques, baches, afloramientos de agua y de suelo de subrasante.

- Plasticidad excesiva de los materiales de base y sub-base, asentamientos u ondulaciones longitudinales, grietas rectilíneas o en piel de cocodrilo.

- Compactación deficiente de alguno de los elementos de la estructura, pueden generar asentamientos y ondulaciones de todo tipo, grietas en piel de cocodrilo o rectilíneas longitudinales.

b) Causas externas:

Existen otras causas que aunque se deben tener en cuenta en el diseño del pavimento, no son inherentes a la estructura de éste, algunas de ellas son:

- Repetición de tránsito excesivamente altas pueden producir asentamientos y ondulaciones longitudinales, grietas en piel de cocodrilo, desprendimiento de bloques, baches.

- Temperaturas muy altas o muy bajas (que conduzcan a congelamiento de los materiales), es probable que den lugar a corrimientos de borde o grietas.

CAPÍTULO 7

MOVIMIENTO DE TIERRAS

7.1.- DEFINICIÓN

Los principios y equipos que se usan en movimiento de tierras van cambiando y modificándose, de acuerdo con las necesidades de realizar obras de mayor envergadura, ya que el aumento de las cantidades de obra exige disponibilidad de equipos más grandes y aptos, lo cual a su vez modifica las técnicas para realizar el trabajo en condiciones óptimas de rendimientos, velocidades y costos.

Pero existen, de cualquier manera, principios básicos y fundamentales que deben conocerse y que permanecerán inmutables, y en base a los cuales cualquier modificación de técnicas de trabajo y uso de equipos, será más fácilmente aplicable. El conocimiento de estos principios básicos permitirá al Ingeniero estar en una posición privilegiada para explotar con racionalidad una de las mayores y más dinámicas industrias del mundo.

En definitiva, el movimiento de tierras permite alterar la topografía de un lugar o zona, en provecho del hombre; es decir que se trata de la obra básica e imprescindible para dar lugar apropiado a la existencia de otras.

Para realizar el movimiento de tierras; es decir excavar, cargar, transportar y desalojar (para uso o deshecho) el suelo de un lugar, es necesario efectuar en primer lugar la "evaluación preliminar de la obra" que consistirá en la averiguación de los siguientes puntos:

- Cálculos volumétricos,
- Distancias de acarreo,
- Conocimiento de los materiales (su naturaleza y propiedades físicas),
- Uso de los materiales,
- Condiciones topográficas para el trabajo,

en base a cuyo conocimiento y estudio, se podrá pasar a tomar las decisiones correctas del equipo a utilizar y los sistemas de trabajo que se deberán emplear, a fin de estimar las producciones y los costos en forma real y efectiva.

7.2.- SECCIONES TRANSVERSALES

Con el fin de completar la concepción tridimensional de una vía, es necesario precisar ésta desde el punto de vista transversal y así fijar el ancho de la faja que ocupará la futura carretera y estimar los volúmenes de tierra a mover.

Geométricamente, la sección transversal de una carretera está compuesta por: la calzada, los espaldones, las cunetas, y los taludes laterales. De esta manera, se tiene que:

- ***La calzada*** o superficie de rodamiento es aquella parte de la sección transversal destinada a la circulación de los vehículos, constituida por uno o más carriles para uno o dos sentidos.

- Contiguo a la calzada se encuentran ***los espaldones*** (bermas), los cuales sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y eventualmente se pueden utilizar para estacionamiento provisional.

- ***Las cunetas*** son zanjas, generalmente de sección triangular, construida paralelamente a los espaldones, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera.

- ***Los taludes*** son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

En la figura 1, se detallan éstos y otros elementos, para el caso de una vía pavimentada de sección en corte y en recta o tangente:

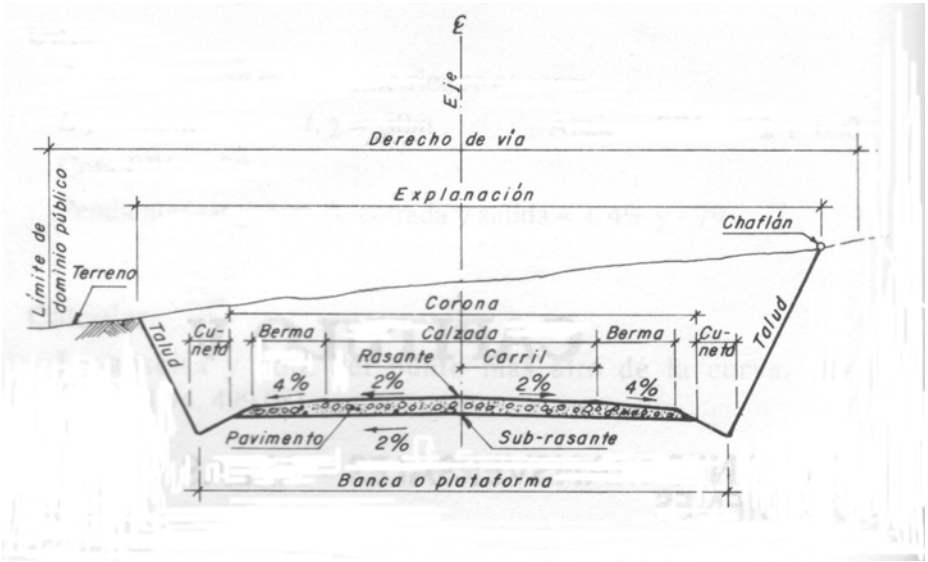


Figura 7.1 ***Sección transversal típica pavimentada en recta***

Adicionalmente a los elementos definidos anteriormente, según la figura, se definen también los siguientes:

La *rasante*, como eje es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la vía. La *sub-rasante* es aquella superficie del terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento. El *carril*, es la faja de la calzada o superficie de

rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. El ancho de *corona* es la distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre las cunetas de un corte o entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén. El ancho de *banca* o plataforma es la distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre los orígenes de los taludes. El *chaflán* o estaca extrema del talud, es el punto donde el talud de corte o terraplén encuentra el terreno natural. El ancho de *explanación* es la distancia total horizontal comprendida entre los chaflanes derecho e izquierdo. Y por ultimo, el *derecho de la vía*, es la porción del terreno reservada para la construcción de la carretera, tal que no se le podrá dar uso privado.

De acuerdo al tipo de vía a proyectar existen diferentes criterios que permiten definir las dimensiones e inclinaciones de cada uno de los elementos de una sección transversal.

7.2.1.- Secciones transversales típicas

Dependiendo del tipo de terreno o topografía, predominará una sección transversal determinada, la cual será típica para ese tramo. Entre los tipos más generales de secciones transversales se tienen:

- Sección homogénea simple en recta
- Sección mixta simple en recta
- Sección homogénea simple en curva
- Sección mixta compuesta en curva

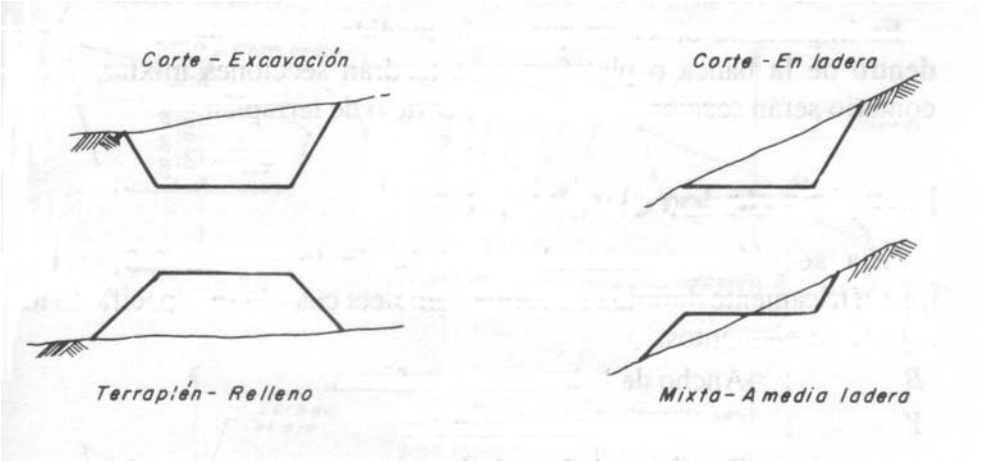


Figura 7.2 ***Secciones transversales típicas***

7.3.- ÁREAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Existen varios métodos para determinar el área de una sección transversal, a saber:

- ***Empleando el planímetro:*** En este caso la sección transversal debe estar dibujada a una escala dada, tal que se pueda recorrer su contorno con el planímetro.

- ***Por triangulación:*** La sección transversal se divide en figuras geométricas conocidas, generalmente en triángulos, para así calcular el área de cada uno de ellas separadamente, como se muestra en la siguiente figura:

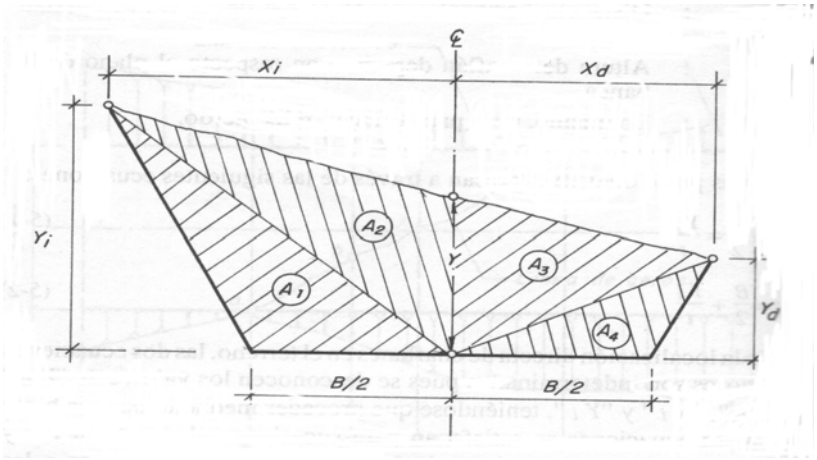


Figura 7.3 ***Área sección homogénea simple (corte) – por triangulación***

- ***Por la coordenada de los vértices:*** Se utiliza un sistema de coordenadas (x, y), de origen la cota roja en el eje de la vía, tal que, para este caso, el eje "x" coincide con el nivel de la banca y el eje "y" con el eje de la vía.

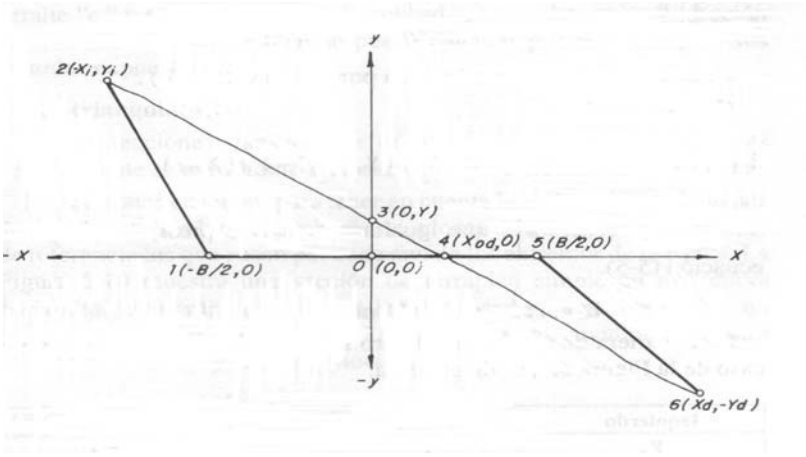


Figura 7.4 ***Área sección mixta – por coordenadas***

7.4.- CÁLCULO DE VOLÚMENES

En un diseño vial se necesita saber el costo del movimiento de tierra que se va a ejecutar a lo largo del eje de la vía, en donde se construirá el terraplén al nivel de la sub-rasante; para lo cual se ha realizado una nivelación en el eje cada 20 metros, sacando detalles a la izquierda y derecha, a distancias de 10, 20, o más metros cuando es necesario, en cuyas secciones se debe graficar la cota roja en el eje y establecer la sección típica de acuerdo al

tipo de vía, sin olvidar hacerlo al nivel de la sub-rasante. Luego de esto se calcularán los volúmenes de las secciones entre cada distancia determinada.

Los métodos que se usan para calcular el volumen de las secciones son:

- Prismoide
- La media de las secciones extremas y
- Las secciones mixtas

Siempre hay que recalcar que las secciones serán entre dos tramos:

- Corte y corte
- Relleno y relleno
- Corte y relleno
- Relleno y corte

7.5.- VARIACIONES VOLUMÉTRICAS DE TIERRA

Los materiales en las distintas operaciones constructivas experimentan cambios de volumen que deben ser tomados muy en cuenta para la programación y el presupuesto en la obra, y principalmente para la contratación del equipo a trabajar y el material a transportar; debido a esto es imprescindible conocer las características de los suelos para establecer

sus propiedades, es decir su naturaleza y comportamiento bajo determinadas circunstancias o acción de los elementos. De allí se desprenden las propiedades físicas que actúan en el movimiento de tierras, para lo cual debemos recordar:

- ***La densidad:*** la densidad del suelo está determinada por el peso por unidad de volumen, y variará de acuerdo con el mayor o menor acercamiento entre las partículas del suelo, o sea su mayor o menor compactación; por eso la medida de compactación es la densidad.

- ***La expansión***: que es el aumento del volumen del material, entre su permanencia "en el banco" y su estado suelto, indica la necesidad de efectuar mayor transporte por cada unidad de volumen del material extraído del sitio, y mayor manipuleo para desalojo en definitiva, que el volumen que está en el banco.

De aquí, se hace necesario considerar un "factor de expansión" que es el que nos indica el "porcentaje de aumento" del volumen del material. Este factor se lo puede obtener prácticamente mediante muestreo, y esto es lo más aconsejable, ya que la variación de factores entre los diferentes tipos

de suelo, es muy notoria. Este factor se lo encuentra relacionando el peso en banco al peso suelto, es decir:

$$F.\exp = \frac{peso\ en\ banco}{peso\ suelto}$$

En la tabla siguiente se muestran algunos de los factores de los suelos:

TABLA 7.1 Características de los suelos

Material	**Peso suelto (Kg / m3)**	**Peso en banco (Kg / m3)**	**F. expansión (F.e)**	**F. conversión 1 / (F.e)**
Arcilla	1260	1750	1.39	0.72
Tierra	1250	1550	1.24	0.81
Grava	1680	1880	1.12	0.89
Arena seca	1440	1600	1.11	0.90
Arena húmeda	1860	2070	1.11	0.90
Roca volada	1750	2620	1.50	0.67

Vemos que la propiedad de expandirse del material, varía con un factor de acuerdo con el tamaño de las partículas y también con su contenido de humedad y grado de compactación.

Para saber “exactamente” el factor de corrección se deberá analizar la muestra en el laboratorio. A la inversa, para encontrar el volumen del material en banco, a partir del volumen suelto, se tomará un factor de conversión, que es el valor inverso.

- ***La compresibilidad:*** es la reducción que un material tiene entre un estado “en sitio” y el estado de compactación que queda en un terraplén o relleno. Es decir que el material utilizado en un relleno, ha pasado ya por dos diferentes estados: el primero que es la expansión al excavarlo, y luego de transportado al compactarlo en el terraplén, tendrá una reducción de volumen. Esta reducción está también medida por un factor llamado de “reducción” o “factor de comprensión” cuyo valor es:

$$Freduccion = \frac{peso\ banco}{peso\ en\ relleno}$$

El factor de expansión servirá evidentemente para calcular los excesos de transporte y desalojo y el factor de reducción servirá para calcular el exceso de manipuleo para compactación y el material extra que debemos usar para cubrir un volumen determinado de relleno. Este ultimo factor es de mayor consideración para el cálculo de la CURVA DE MASA.

El conocimiento de los materiales en general, es entonces otro factor que incide en nuestra decisión de utilizar determinada clase de equipo y la clase de operación que debemos efectuar.

7.6.- DIAGRAMA DE MASAS

El diagrama de masas es la representación grafica de la suma algebraica de los volúmenes acumulados de corte o relleno en el eje de las ordenadas, considerando los volúmenes de corte como positivos y los de relleno como negativos; mientras que en el eje de las abscisas se expresarán las distancias (medidas en el eje del perfil longitudinal del proyecto), a una escala conveniente Los volúmenes de relleno deberán ser ajustados con el factor de reducción que se mencionó anteriormente.

7.6.1.- Propiedades del diagrama de masas

a) Un tramo de curva ascendente representa un tramo de corte.
b) Un tramo de curva descendente representa un tramo de relleno.
c) Un tramo longitudinal horizontal indica que en dicho tramo no hay corte ni relleno.
d) Un punto máximo entre corte y relleno es un cambio entre la acción de cortar y rellenar.

e) Un punto mínimo de la curva indica que hay un cambio de relleno a corte.
f) Dos puntos continuos en los que se intercepta o corta las curvas en el eje de las “x”, indica que hay igual volumen de corte y relleno.
g) La ordenada en un punto cualquiera en un tramo ascendente de la curva, representa un volumen de corte.
h) La ordenada en un punto cualquiera descendiente de la curva, representa un volumen de relleno en dicho punto.

Si trazamos una línea compensatoria paralela al eje de las “x” que indica parte de la curva que no está dentro de la compensación, esto indica que son dos canteras que se están compensando.

7.7.- DISTANCIAS DE ACARREO

Por distancia de acarreo se conoce la longitud a recorrer entre el centro de masa de la zona de excavación y el de la zona de utilización o desalojo del material.

Estas distancias de acarreo que necesitamos determinar, nos permitirán estimar la producción de los equipos y efectuar la correcta disposición de la obra para obtener el máximo rendimiento y el menor costo.

Se tratará en definitiva, de obtener para cada caso, la distancia de acarreo y escoger las condiciones y longitudes más ventajosas para la realización de la obra, es decir reducir en lo posible los costos, para lo cual analizaremos individualmente cada caso.

Para determinar la mejor disposición de la obra en cualquier caso, se analizará el concepto de "equilibrio de acarreos", que no es otra cosa que el resultado de multiplicar las unidades de volumen (m^3) por las unidades de distancias (m, Km).

Dentro del acarreo se presentan dos conceptos fundamentales, como son:

7.7.1.- Distancia de acarreo libre

Es la distancia máxima a la que es transportado un material, sin que esto genere un pago adicional. Esta distancia ha sido fijada por el MOP en 500 metros y se la determina entre los centros de gravedad de los volúmenes de corte y relleno.

7.7.2.- Distancia de Sobre acarreo

Todo material de corte o préstamo para un terraplén que se traslade a una distancia mayor que la distancia libre de acarreo, será considerado como transporte de sobre acarreo.

A la distancia que hay desde el centro de gravedad del corte al centro de gravedad del relleno que se forma con ese material, se le resta la distancia de acarreo libre (500 metros) para tener la distancia media de sobre acarreo.

7.8.- TRANSPORTE

Para calcular los transportes se establecen los siguientes criterios:

- Con relación a costos se determina en primer lugar las distancias de acarreo libre (500 m) colocando horizontales de 500 m de longitud cuyos extremos toquen la curva de masas. En la figura 7.5, son: AB, CD Y EF. Además, se colocan cualesquiera secciones menores a 500 m de longitud, dentro de las cuales la curva de masas intercepta la ordenada cero, así HI, y JK. Hay que tener cuidado en las compensaciones para evitar el “transporte cruzado” llevando material en un sentido para seguir con un movimiento posterior del material sobre la zona anterior pero en sentido opuesto.

- Se determinará luego la posición de la excavación sobrante, así en este caso significará que fuera de las líneas de compensación libre, la excavación BH se colocará en el terraplén GA, la DJ formará el terraplén IC y la excavación FL formará el terraplén EK, a fin de que no se originen los transportes cruzados.

- Se calcula entonces el transporte extra que es la distancia de transporte para cada caso menos la distancia de transporte libre. Así se puede encontrar la máxima distancia económicamente realizable con relación al costo del préstamo que deberá efectuarse cuando el transporte extra empiece a sobrepasar el precio unitario del préstamo.

- El exceso de excavación será entonces desalojado a pilas de existencia o sitios de desalojo cuya distancia conveniente se podrá buscar de la disposición de la obra para trabajos pequeños.

En esta forma y con diferentes distancias útiles se podrá determinar los diferentes volúmenes y distancias de transporte para los varios tipos de máquinas o combinaciones de ellas para realizar el trabajo con los menores costos.

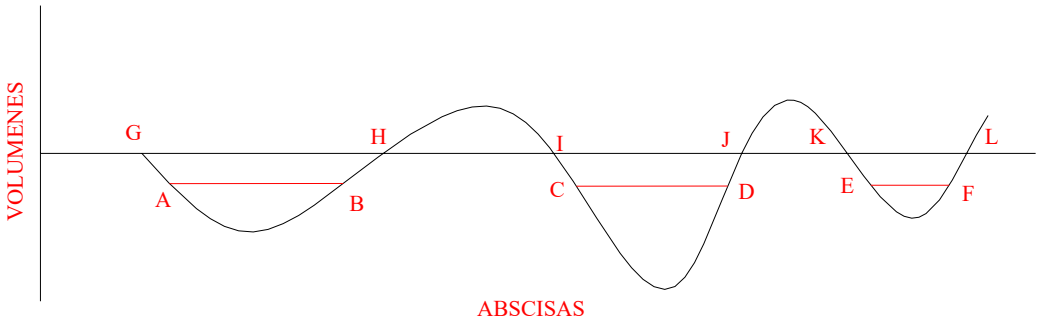


Figura 7.5 ***Esquema de compensación de canteras***

Los datos para el diagrama de masa fueron analizados por tramos, debido a la presencia de arcilla expansiva en algunos sectores por donde atravesará nuestra vía. Este suelo será mejorado por métodos propuestos en el capítulo 5.

A continuación se presentan los resultados de los volúmenes acumulados a lo largo de la vía, con los que se graficará el diagrama de masas, que servirá para el análisis de las compensaciones entre corte y relleno.

TABLA 7.2 Volúmenes acumulados (abscisa 0+060 – 0+560)

DIAGRAMA DE MASAS								
	ÁREA		VOLUMEN			DIF. ALGEBRAICA		
ABSCISA	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	RELL*FACT	CORTE (+)	RELLENO (-)	ORDENADA
0+060		30,303						0,000
			0,000	484,753	538,076		-538,076	
0+080	0,117	18,173						-538,076
			0,000	719,685	798,850		-798,850	
0+100		53,796						-1336,926
			0,000	837,737	929,888		-929,888	
0+120		29,978						-2266,814
			0,000	88,080	97,769		-97,769	
0+140	12,184	0,797						-2364,583
			826,237	0,412	0,457	825,780		
0+160	70,974							-1538,803
		14,724	1276,893	0,000	0,000	1276,893		
0+180	56,494							-261,910
			1232,551	0,000	0,000	1232,551		
0+200	66,761							970,641
			1731,589	0,000	0,000	1731,589		
0+220	106,398							2702,230
			2880,211	0,000	0,000	2880,211		
0+240	181,623							5582,441
			4430,165	0,000	0,000	4430,165		
0+260	261,394							10012,606
			4590,088	0,000	0,000	4590,088		
0+280	197,615							14602,694
			3787,025	0,000	0,000	3787,025		
0+300	181,087							18389,719
			2441,399	0,000	0,000	2441,399		
0+320	63,053							20831,118
			389,566	149,042	165,437	224,129		
0+340		39,000						21055,247
			0,000	1536,664	1705,697		-1705,697	
0+360		114,666						19349,550
			0,000	3097,524	3438,252		-3438,252	
0+380		195,086						15911,298
			0,000	4539,326	5038,652		-5038,652	
0+400		258,846						10872,646
			0,000	4956,507	5501,723		-5501,723	
0+420		236,804						5370,924
			0,000	3134,759	3479,582		-3479,582	
0+440		76,672						1891,341
			271,432	614,584	682,189		-410,756	
0+460	47,045	4,688						1480,585
			789,674	94,789	105,216	684,458		
0+480	31,923	4,791						2165,043
			422,259	162,078	179,906	242,352		
0+500	12,622	13,736						2407,396
			119,104	336,222	373,206	-254,102		
0+520	0,668	21,266						2153,293

			3,703	462,162	513,000		-509,297	
0+540		25,248						1643,996
			0,000	374,941	416,185		-416,185	
0+560	0,065	12,246						1227,812

TABLA 7.3 Volúmenes acumulados (abscisa 0+720 – 0+920)

DIAGRAMA DE MASAS								
	ÁREA		VOLUMEN			DIF. ALGEBRAICA		
ABSCISA	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	RELL*FACT	CORTE (+)	RELLENO (-)	ORDENADA
0+720	14,375	4,327						0,000
			242,432	135,203	150,075	92,357		
0+740	9,869	9,194						92,357
			108,949	163,208	181,161		-72,212	
0+760	1,026	7,127						20,145
			12,941	140,543	156,003		-143,062	
0+780	0,268	6,927						-122,917
			667,970	7,847	8,710	659,260		
0+800	72,671							536,343
			1794,517	0,000	0,000	1794,517		
0+820	106,780							2330,860
			2095,831	0,000	0,000	2095,831		
0+840	102,803							4426,691
			1684,141	0,000	0,000	1684,141		
0+860	65,611							6110,832
			1535,787	0,000	0,000	1535,787		
0+880	87,967							7646,619
			1217,972	0,000	0,000	1217,972		
0+900	33,830							8864,591
			976,766	0,000	0,000	976,766		
0+920	63,847							9841,357

TABLA 7.4 Volúmenes acumulados (abscisa 1+520 – 2+989,20)

DIAGRAMA DE MASAS								
	ÁREA		VOLUMEN			DIF. ALGEBRAICA		
ABSCISA	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	RELL*FACT	CORTE (+)	RELLENO (-)	ORDENADA
1+520	59,911							0,000
			1455,645	0,000	0,000	1455,645		
1+540	85,654							1455,645
			1846,139	0,000	0,000	1846,139		
1+560	98,960							3301,784
			2070,842	0,000	0,000	2070,842		
1+580	108,124							5372,626
			2151,741	0,000	0,000	2151,741		
1+600	107,050							7524,367
			1740,238	0,000	0,000	1740,238		
1+620	66,974							9264,605
			504,603	54,041	59,986	444,617		
1+640		21,918						9709,222
			0,000	2131,914	2366,425		-2366,425	
1+660		191,274						7342,798
			0,000	4588,739	5093,500		-5093,500	
1+680		267,600						2249,298
			0,000	4478,175	4970,774		-4970,774	
1+700		180,217						-2721,477
			8,562	2682,964	2978,090		-2969,528	
1+720	5,445	92,668						-5691,005
			220,863	1205,971	1338,627		-1117,765	
1+740	18,686	29,974						-6808,769
			369,765	484,172	537,431	-167,666		
1+760	18,291	18,444						-6976,435
			503,752	237,645	263,786	239,966		
1+780	32,738	5,974						-6736,469
			1209,738	11,408	12,663	1197,075		
1+800	93,070							-5539,394
			2675,889	0,000	0,000	2675,889		
1+820	174,519							-2863,505
			3527,431	0,000	0,000	3527,431		
1+840	178,224							663,926
			2806,579	0,000	0,000	2806,579		
1+860	102,434							3470,505
			1330,439	0,000	0,000	1330,439		
1+880	30,610							4800,944
			161,555	507,317	563,122		-401,567	
1+900	0,676	65,862						4399,377
			147,899	1496,010	1660,571		-1512,672	
1+920	16,117	85,742						2886,705
			835,315	581,189	645,120	190,195		
1+940	95,038							3076,900
			1326,226	0,000	0,000	1326,226		
1+960	37,585							4403,126
			171,672	242,836	269,548	-97,876		
1+980		44,701						4305,250

			0,000	1614,486	1792,079		-1792,079	
2+000		116,747						2513,171
			0,000	2498,452	2773,282		-2773,282	
2+020		133,098						-260,111
			0,000	2139,831	2375,212		-2375,212	
2+040		80,885						-2635,323
			3,760	1242,521	1379,199		-1375,438	
2+060	0,957	43,948						-4010,762
			105,610	524,252	581,919		-476,310	
2+080	12,139	11,012						-4487,071
			286,925	140,626	156,095	130,830		
2+100	16,684	3,181						-4356,241
			74,911	479,013	531,704		-456,793	
2+120		53,913						-4813,035
			0,000	1666,682	1850,017		-1850,017	
2+140		112,755						-6663,052
			0,000	1598,847	1774,720		-1774,720	
2+160		47,130						-8437,772
			64,608	378,060	419,647	-355,039		
2+180	16,746	0,961						-8792,811
			579,591	1,684	1,869	577,722		
2+200	42,006							-8215,089
			686,815	27,818	30,878	655,937		
2+220	29,673	5,780						-7559,152
			123,876	598,399	664,223		-540,347	
2+240		71,346						-8099,499
			0,000	3804,332	4222,809		-4222,809	
2+260		309,087						-12322,307
			0,000	5275,512	5855,818		-5855,818	
2+280		218,464						-18178,125
			0,000	2752,855	3055,669		-3055,669	
2+300		56,822						-21233,795
			110,736	366,702	407,040		-296,303	
2+320	31,225							-21530,098
			848,190	0,000	0,000		848,190	
2+340	53,594							-20681,908
			269,424	263,641	292,642		-23,218	
2+360		53,016						-20705,125
			0,000	1057,589	1173,924		-1173,924	
2+380		52,743						-21879,049
			158,971	616,279	684,069		-525,099	
2+400	26,789	19,777						-22404,148
			2069,069	56,932	63,194	2005,875		
2+420	194,201							-20398,273
			4460,515	0,000	0,000	4460,515		
2+440	251,850							-15937,758
			3997,157	0,000	0,000	3997,157		
2+460	147,866							-11940,601
			3555,158	0,000	0,000	3555,158		
2+480	59,785							-8385,443
			627,665	61,227	67,962	559,703		
2+500	11,497	14,638						-7825,740
			119,628	398,721	442,580		-322,952	
2+520	2,002	26,771						-8148,693
			309,073	184,304	204,577		104,496	

2+540	39,178	1,933						-8044,197
			1040,037	2,933	3,255	1036,781		
2+560	66,465							-7007,416
			565,048	22,487	24,961	540,087		
2+580	0,517	12,726						-6467,328
			6,080	314,121	348,674		-342,594	
2+600	0,091	18,686						-6809,922
			336,849	69,390	77,023	259,826		
2+620	45,341							-6550,096
			1374,688	0,000	0,000	1374,688		
2+640	92,128							-5175,408
			2005,492	0,000	0,000	2005,492		
2+660	108,422							-3169,916
			2307,111	0,000	0,000	2307,111		
2+680	122,290							-862,805
			2407,974	0,000	0,000	2407,974		
2+700	118,508							1545,169
			1858,439	0,000	0,000	1858,439		
2+720	67,336							3403,608
			453,678	513,340	569,807	-116,129		
2+740	6,925	80,227						3287,478
			129,573	3389,156	3761,963		-3632,390	
2+760	6,502	259,158						-344,912
			58,013	5098,062	5658,849		-5600,836	
2+780		251,349						-5945,748
			24,002	4312,422	4786,788		-4762,786	
2+800	2,902	180,396						-10708,534
			8,304	3370,822	3741,613		-3733,308	
2+820		158,759						-14441,843
			0,000	3235,310	3591,194		-3591,194	
2+840		164,772						-18033,037
			0,000	4772,346	5297,304		-5297,304	
2+860		312,462						-23330,341
			0,000	6019,372	6681,503		-6681,503	
2+880		289,475						-30011,844
			0,000	4251,351	4719,000		-4719,000	
2+900		135,660						-34730,843
			0,000	1924,308	2135,982		-2135,982	
2+920		56,771						-36866,825
			81,547	477,187	529,678		-448,131	
2+940	18,321	1,114						-37314,956
			417,497	1,926	2,138	415,359		
2+960	24,351							-36899,597
			484,210			484,210		
2-+980	24,070							-36415,387
			182,160			182,160		
2+989,20	15,530							-36233,227

TABLA 7.5 Compensación del movimiento de tierra

ABSCISAJE		VOLUMEN (M3)		DISTANCIA DE	PRÉSTAMO	SOBRANTE
CORTE	RELLENO	Acarreo libre	Sobre acarreo	ACARREO (Km)	(M3)	(M3)
0+140 - 0+184,25	0+060 - 0+140	2364,58		0.124		
0+184,25 - 0+202,97						1227,82
0+202,97 - 0+205,89	0+547,85 - 0+560	252,77		0.358		
0+205,89 - 0+340	0+340 - 0+460	19574,66		0.255		
0+460 - 0+500	0+500 - 0+547,85	926,81		0.087		
0+720 - 0+740	0+740 - 0+762,82	92,36		0.0242		
0+780 - 0+783,73	0+762,82 - 0+780	122,92		0.018		
0+783,73 - 0+920						9841,36
1+520 - 1+640	1+640 - 1+689,05	9709,22		0.169		
1+760 - 1+836,24	1+689,05 - 1+760	6976,44		0.147		
1+836,24 - 1+855,84	1+995,83 - 2+018,12	2886,7		0.182		
1+855,84 - 1+880	1+880 - 1+920	1914,24		0.065		
1+920 - 1+960	1+960 - 1+995,83	1516,42		0.075		
	2+018,12 - 2+074,51				4356,24	
2+080 - 2+100	2+074,51 - 2+080	130,83		0.070		
	2+100 - 2+150,10				3202,91	
2+180 - 2+220	2+150,10 - 2+180	1233,66		0.079		
	2+220 - 2+229,87				204,09	
2+417,17 - 2+500	2+229,87 - 2+296,39	13122,76		0.271		
2+320 - 2+340	2+296,39 - 2+320	848,19		0.044		
2+400 - 2+417,17	2+340 - 2+400	1722,24		0.077		
2+520 - 2+544,21	2+500 - 2+520	322,95		0.044		
2+544,21 - 2+567,31	2+783,63 - 2+787,89	1015,82		0.243		
2+567,31 - 2+580	2+580 - 2+600	342,59		0.033		
2+600 - 2+720	2+720 - 2+783,63	10213,53		0.314		
	2+787,89 - 2+914,07				28408,11	
2+940 - 2+989,20	2+914,07 - 2+940	1081,73		0.026		

En la tabla 7.5 se pueden observar las canteras compensadas, así también los cortes en exceso y los rellenos faltantes de manera más clara, de lo cual podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. Entre las abscisas 0+560 y 0+720, existe un tramo que contiene arcillas expansivas, a la que se le va a realizar la solución propuesta en el capítulo V, por lo tanto después de los cálculos realizados considerando un volumen de tratamiento de una franja de 160 m de longitud, de 25,00 m de ancho y 1,50 m de profundidad, se ha llegado a determinar que el volumen requerido es de 3200 metros cúbicos, luego de utilizar el material sobrante en el proceso del corte desde la abscisa 0+200 que son de 1200 metros cúbicos, lo que se necesitan son 2000 metros cúbicos de material de préstamo local que se van a obtener de una cantera cercana a no más de 200 metros.

2. Entre las abscisas 0+920 y 1+520, lo que se considera el tramo del Proyecto CENAE, en el cual se realizó el estudio por ser un tramo crítico, de igual manera se consideran los mismos cálculos en una longitud de 600 m, y se ha llegado a determinar que el volumen total requerido es de 12000 metros cúbicos, luego de utilizar el material sobrante del proceso de corte desde la abscisa 0+900 que son 9800 metros cúbicos, lo que se necesitan son 2200 metros cúbicos de material de préstamo local que se van a obtener de una cantera cercana a no más 400 metros.

3. El material excavado en las zonas que contengan arcillas expansivas descritas anteriormente, que no va a ser utilizado en el tratamiento ya mencionado en el capítulo V, suman alrededor de 3200 metros cúbicos en el primer tramo y 12000 metros cúbicos en el segundo tramo, este material va a ser guardado (stock) para luego ser utilizado en el proceso de estabilización de taludes, para colocarlo sobre las laderas y bermas que estén en proceso de erosión y se produzca el recubrimiento vegetal ya mencionado.

4. Luego de establecer la compensación de las canteras a lo largo de la vía, se puede determinar que existe un requerimiento de aproximadamente 36200 metros cúbicos, que se obtendrán de los lados de la vía o de canteras cercanas de ser necesario, que no excedan de 300 m de distancia, de manera de no hacer uso del material de préstamo importado que incrementaría el costo del proyecto, y dado que en la zona existe un material pétreo de buena calidad, que podrían servir, luego de realizar los estudios correspondientes, inclusive como material de subbase.

CAPÍTULO 8

RENDIMIENTO DE EQUIPO Y PRESUPUESTO

8.1.- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los conceptos básicos para el análisis de los costos unitarios, haciéndose indispensable también el conocer la maquinaria involucrada en nuestro proyecto, así como las características de funcionalidad, el trabajo que realizan las mismas en los diferentes rubros y la manera de llegar a obtener los rendimientos más aconsejables en obra.

Los rendimientos de los rubros son la parte fundamental y clave en el análisis de los costos unitarios. En los rubros donde interviene el equipo caminero, el rendimiento de dichos rubros dependerá en forma directa del equipo en mención, por lo que surge la necesidad de conocer a profundidad acerca de los mejores sistemas de obtención de estos rendimientos. Para esto se tienen datos de rendimientos dados por el fabricante, que nos sirven de base, pero no podemos tomarlos como reales, ya que han sido obtenidos en condiciones óptimas y difieren de los rendimientos en obra, los mismos que dependen de la capacidad de funcionalidad de las máquinas, del desgaste que tengan las mismas, entre otros muchos factores.

8.2.- CONCEPTOS BÁSICOS

***Costo*.-** De acuerdo al diccionario de la lengua española, "Costo es lo que se paga por una cosa", en un sentido más amplio "Costo es el conjunto de bienes económicos, expresados en unidades monetarias, distribuidos para lograr un fin".

***Presupuesto*.-** Según el diccionario de la lengua española, "Presupuesto es lo que se supone previamente, computo anticipado de los gastos o ingresos".

Presupuesto es el conjunto ordenado de los costos de las partes integrantes de un proyecto, calculados previamente a la ejecución de este.

Un presupuesto está integrado por diversas clases de costos, tales como Costos Directos, Indirectos, Contingencias, Honorarios, etc. Esta clasificación de los costos obedece a su identificación con el Proyecto mismo.

Así mismo la presentación de un presupuesto se puede dividir en precios unitarios, unidades de obra, y los rubros de trabajo correspondientes.

***Precio Unitario*.-** Remuneración o pago en moneda que el Contratante deberá cubrir al Contratista por unidad de Obra y por concepto de trabajo que ejecute.

***Unidad de Obra*.-** Unidad de medición señalada en las especificaciones para cuantificar el concepto de trabajo para fines de medición y pago.

***Rubros de Trabajo*.-** Conjunto de operaciones, manuales y mecánicas, así como materiales, que el Contratista emplea en la realización de la obra de acuerdo a Planos y Especificaciones, dividido convencionalmente para fines de medición y pago.

8.3.- PRECIO UNITARIO

El precio unitario está compuesto por:

- Costo Directo.
- Costo Indirecto.
- Utilidad.
- Otros Costos.

8.3.1.- Costos directos

Los Costos Directos son los que se derivan de los gastos por mano de obra, materiales, equipos, herramientas e instalaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo.

Los análisis detallados de costos directos permiten determinar los porcentajes de participación de cada uno de los cargos que afectan directamente, el resultado final del costo directo.

8.3.1.1.- Mano de obra

Los cargos por Mano de Obra son los resultantes de prorratear el pago de salarios al personal individual ó por cuadrilla que interviene única y exclusivamente en forma directa en la ejecución del trabajo de que se trate, entre las unidades de producción (rendimiento que dicho personal realice en un tiempo determinado).

8.3.1.1.1.- Salarios y Sueldos

El salario se define como una retribución de servicios personales que se aplica a los operadores de maquinaria y obreros de la construcción. Son los

factores que afectan la capacidad de producción del personal individual ó por cuadrilla y que determinan los rendimientos.

La Comisión Sectorial de salarios Mínimos los fija en los meses de Enero y Julio de cada año.

***Salario Real*.-** El Código de Trabajo, la costumbre y el medio reducen el tiempo efectivo de trabajo, por lo cual, recomendamos valuar esta incidencia, para cada obra y para cada lapso de construcción según:

$$\text{Factor de Días Inhábiles} = \frac{\text{Período considerado Total}}{\text{Período trabajado Real}}$$

donde: Período trabajado Real es igual, al período considerado Total, menos los días no trabajados.

Los días no trabajados en nuestro país son:

a) Sábados (52 por año)
b) Domingos (52 por año)
c) Días Festivos

El Código de Trabajo señala como días de descanso obligatorio:

- ✓ 1 de Enero
- ✓ 1 de Mayo
- ✓ 24 de Mayo
- ✓ 10 de Agosto
- ✓ 9 de Octubre
- ✓ 25 de Diciembre

En total 6 días

d) Días de Costumbre

Varia	Viernes Santo	1
2 de Noviembre	Fieles Difuntos	1

En total 2 días

e) Vacaciones

11 días Calendario

f) Mal tiempo (Varía)

Es indudable que el mal tiempo afecta a la productividad y su importancia radica en el tipo de obra y en la etapa constructiva en la cual se presente el

fenómeno, en resumen, este concepto corresponde a la suma de los tiempos en los cuales el fenómeno meteorológico, paraliza la actividad.

Una lluvia torrencial que ocurra en la etapa final de la construcción de una edificación, le afectará en forma mínima, en cambio este mismo fenómeno en la etapa inicial la podrá afectar en forma muy importante. Se pueden considerar 4 días de lluvia torrencial en el año.

Entonces, si analizáramos una obra de 365 días de duración, tendríamos:

$$FDI = \frac{PCT}{PCT - DNT} = \frac{365}{365-127} = 1.553$$

8.3.1.2.- Materiales

Son los pagos que efectúa el Contratista para adquirir los materiales necesarios para la ejecución del concepto de obra. Son factores de influencia que determinan el incremento de costo sobre el costo de adquisición.

Estos pueden ser permanentes, es decir que forman parte integrante de la obra, y temporales o auxiliares, que son consumidos en la Obra después de uno o varios usos.

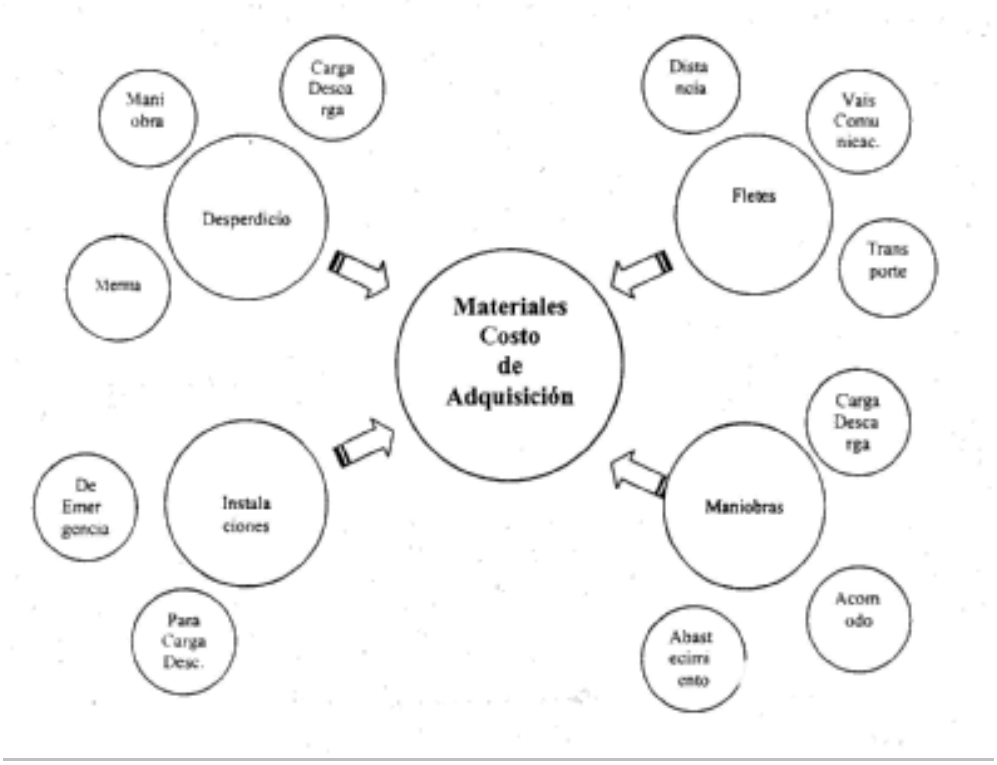


Figura 8.1 ***Factores de influencia que determinan el incremento de costo sobre el costo de adquisición***

8.3.1.3.- Equipos

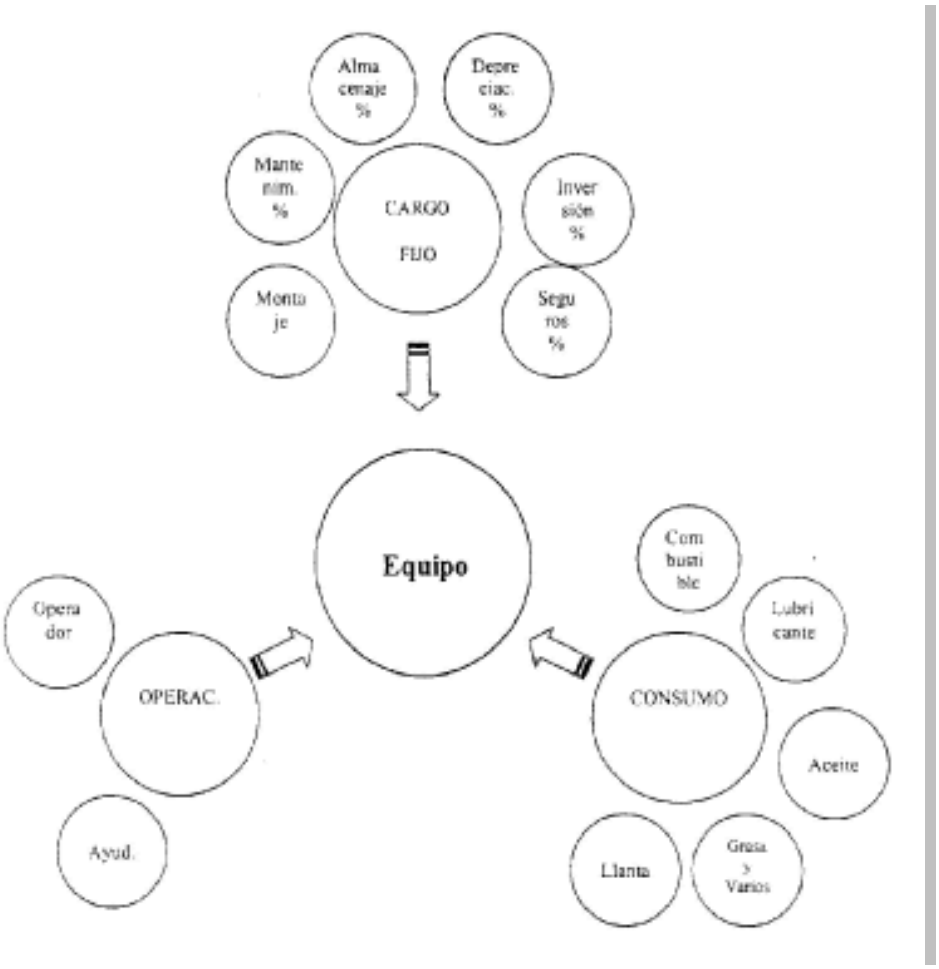


Figura 8. 2 ***Factores de influencia que determinan el incremento de costo por equipo***

Para determinar los rendimientos más adecuados de los equipos, es necesario llevar datos estadísticos de diversos tipos de obras. Más adelante

se hará un análisis de los factores que influyen en la determinación del rendimiento de los equipos y los costos que ellos generan.

8.3.1.4.- Herramientas e instalaciones

El cargo por herramienta de mano, corresponde al consumo o desgaste de la herramienta utilizada en la ejecución de los conceptos de obra y se determina en función de un porcentaje de la mano de obra.

El cargo por instalaciones corresponde a los gastos incurridos por el contratista para construir las instalaciones accesorias, necesarias para realizar conceptos de trabajos definidos y no deberá incluir ninguna instalación de servicio.

8.3.2.- Costos indirectos

La Asociación Americana de Ingeniería de Costos, define este concepto, como *todos los costos que no llegan a ser una parte final de la instalación, pero que son requeridos para ello y que pueden incluirse en forma no limitada a la administración de campo, supervisión directa, herramientas mayúsculas, costos de arranque, cuotas, seguros, impuestos, etc.* En este rubro se tienen costos inmediatos y diferidos contabilizados en partidas que

posteriormente se prorratean a las obras y frentes de acuerdo a criterios particulares de cada empresa.

Son los gastos generales requeridos por la organización de campo y de la oficina central y que no pueden ser imputables en forma directa a una unidad de obra.

Como en los presupuestos de obra se expresan los costos indirectos como porcentaje de los directos, se han cometido errores en el defecto de manejarlos casi como una fórmula o receta y no analizarlos de acuerdo a las necesidades de cada contrato.

Debe tenerse muy presente que los costos indirectos llegan a representar más del 20% de los costos directos.

En la industria de la Construcción, el gasto indirecto se divide en dos grupos, el gasto indirecto de operación y el gasto indirecto de cada una de las obras según las siguientes definiciones.

8.3.2.1.- Costo indirecto de operación

Es la suma de gastos que por su naturaleza son aplicables a todas las obras efectuadas en un lapso determinado. Estos gastos se dividen en los siguientes rubros enunciativos y de ninguna manera limitativos:

1. ***Gastos Técnicos Administrativos*.-** Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de asesores de la empresa y son: Honorarios, Sueldos, Prestaciones y Servicios.

2. ***Alquileres y Depreciaciones*.-** Son aquellos gastos por concepto de bienes, muebles e inmuebles y de servicios, necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de asesoría de la empresa y son: Depreciación, Mantenimiento y Rentas.

3. ***Obligaciones y Seguros*.-** Son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y son convenientes para la reducción de riesgos: Seguros, Fianzas y Financiamiento

4. ***Materiales de Consumo.-*** Son aquellos gastos necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de asesores de la empresa.

5. ***Capacitación y Promoción***.- El mejor camino que tiene la empresa constructora para su crecimiento real, es a través de la capacitación de sus integrantes.

TABLA 8. 1 Gastos Indirectos de Operación

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL
I.- GASTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS			
1 Gerente General			
2 Asesoría Legal			
3 Jefe Departamento Proyectos			
4 Jefe Departamento Costos			
5 Superintendencia Gral. Obras locales			
6 Superintendencia Gral., Obras Foráneas			
7 Contador			
8 Jefe Departamento Facturación			
9 Secretaría			
10 Mozo			
11 Choferes			
II.- ALQUILERES Y AMORTIZACIONES			
1 Alquiler Oficina			
2 Depreciación Equipo Oficina			
3 Luz, oficina y almacén			
4 Teléfono oficina y almacén			
III.- OBLIGACIONES Y SEGUROS			
1 Cámara de Construcción			
2 Seguros			
IV.- MATERIALES DE CONSUMO			
1 Impresos oficina			

2 Papelería oficina 3 Copias xerográficas 4 Copias heliográficas 5 Artículos de limpieza			
VI.- CAPACITACIÓN Y PROMOCIÓN 1 Gastos concursos 2 Proyectos no realizados 3 Celebraciones oficina 4 Atención clientes			

8.3.2.2.- Costo indirecto de obra

En los costos indirectos de obra se consideran los gastos efectuados para la administración de las obras, y se pueden dividir en los siguientes grupos:

1. ***Gastos Técnicos y Administrativos***.- Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de asesores de la obra, y son: Honorarios, Sueldos, Prestaciones y Servicios.

2. ***Traslado de Personal de Obra***.- Son aquellos gastos por concepto de traslado de personal técnico y administrativo y son: Fletes y Acarreos.

3. ***Comunicaciones y Fletes***.- Son aquellos gastos que tienen por objeto, establecer un vínculo constante entre la oficina central y la obra, así como la provisión de equipo idóneo para la misma,

incluyendo mantenimiento y depreciaciones de otros equipos que no se incluyan en los costos directos; estos son: Trabajos previos y auxiliares.

4. ***Construcciones Provisionales***.- Son aquellos gastos necesarios para proteger los intereses del cliente, así como para mejorar la productividad de la obra.

5. ***Consumos y varios***.- Son aquellos gastos destinados al consumo de energéticos, gastos de oficina y auxiliares.

A continuación se presenta un esquema de los Gastos Indirectos de Obra:

I. GASTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS

1 Jefe de Obra
2 Residente de Frente 1
3 Ayudante de Residente de Frente 1
4 Residente de Frente 2
5 Ayudante de Residente de Frente 2
6 Ingeniero Topógrafo
7 Cadenero
8 Ingeniero Laboratorio
9 Ayudante Laboratorio

II. TRASLADO PERSONAL OBRA

1 Jefe de Obra

2 Residentes

3 Ayudantes

4 Administrativos

III. COMUNICACIONES Y FLETES

1 Teléfono de Obra

2 Radio de Obra

3 Transporte Equipo mayor

4 Transporte Equipo menor

5 Camioneta obra, incluye mantenimiento y gasolina

IV. CONSTRUCCIONES PERSONALES

1 Cerca y puertas

2 Caseta y guardianes

3 Oficina

4 Bodega cubierta

5 Sanitarios

V. CONSUMOS Y VARIOS

1 Consumo eléctrico

2 Consumo agua

3 Transformador Deprec.

4 Equipo oficina Deprec.

5 Fotografía

6 Letreros

7 Papelería y Copias

8 Varios

8.3.2.3.- Imprevistos

A cada nivel o etapa de un planteamiento económico, corresponde un imprevisto. El imprevisto debe administrarse, pero nunca podrá anularse.

Es importante señalar la diferencia entre "Imprevisto" y "Causa de Fuerza Mayor", por lo cual sugerimos que las contingencias de fuerza mayor, deben quedar incluidas en los contratos, en otras palabras considerar únicamente en el rubro de imprevistos, aquellas acciones, que quedan bajo la responsabilidad del contratista según:

EN CONTRATO CONTINGENCIAS	**EN PRECIO DE VENTA IMPREVISTOS**
NATURALES	***NATURALES***
Terremotos Maremotos Inundaciones Rayos y Consecuencias	Efectos adicionales a los considerados en el FSR ocasionados por mal tiempo
ECONÓMICAS	***ECONÓMICOS***
Salarios de Emergencia Disminuyen jornadas de trabajo Mayores prestaciones Cargos impositivos Devaluaciones Inflamación Atraso de pagos	Variaciones menores al porcentaje aprobado en contrato de los precios de adquisición de materiales, mano de obra, equipo y subcontrato

HUMANAS	*HUMANOS*
Guerra	Errores en la investigación costo base
Revoluciones	Error en integración del presupuesto
Motines	Error en la estimación de tiempos
Golpes de Estado	Ineficiencia en oficina central y obra
Huelga	Renuncias del personal
Incendios	Errores mecanográficos y aritméticos
Explosiones	

8.3.3.- Utilidades

Este es el último de los componentes del precio unitario y representa la utilidad bruta de la empresa antes de impuestos y reparto a los trabajadores. Se deberá establecer como la rentabilidad que desea percibir la empresa por la construcción de la obra.

El cargo por utilidades será fijado por el contratista mediante un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y financieros.

La utilidad queda representada por un porcentaje sobre la suma de los costos directos más los costos indirectos del concepto de trabajo. Dentro de este valor queda incluido el impuesto sobre la renta que por ley debe pagar el contratista.

8.3.4.- Impuestos

Mediante la *Ley de Ejercicio Profesional de la Ingeniería*, publicada en el Reg. Of. No. 953 del 9-07-92, el H. Congreso Nacional, grava con el 1% (uno por ciento), a todos los contratos de construcción y/o estudios y contratos modificatorios para financiar el *Escalafón y Sueldos de Ingenieros Civiles* (Art. 15).

Además, dice en la Ley de Ejercicio Profesional, que se deberá retener el $1^{o}/_{oo}$ (uno por mil), para los Colegios de Ingenieros Civiles.

Como estas retenciones constituyen un impuesto, el contratista está autorizado a incluir dicho valor en sus Análisis de Precios Unitarios.

8.3.5.- Factor de sobrecosto

Partiendo de su definición, es el factor por el cual deberá multiplicarse el Costo Directo para obtener el precio de venta.

Presentamos los cargos que lo integran dividiéndolos en dos grupos:

1. Los que afectan únicamente al costo directo (S/CD), tales como el gasto indirecto de operación de la empresa y el gasto indirecto de operación de la obra.
2. Los que afectan al costo directo y una parte del costo indirecto (S/A), tales como imprevistos, financiamiento y utilidad.

8.3.6.- Costo base de materiales

Los costos base materiales se deben considerar puestos en obra, por lo tanto, incluirán en su costo: pérdidas, fletes y otros gastos necesarios.

8.4.- CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE LOS EQUIPOS

Para servir a las necesidades de la construcción vial, los técnicos de la construcción de los equipos han ido superándose para poner en prácticas ideas y métodos de mayor envergadura. Los equipos dotados de potencia (capacidad para realizar un trabajo en un tiempo determinado), tienen limitaciones en razón de sus sistemas constructivos, forma, topografía, factores climáticos, pluviométricos, etc., limitaciones que se analizarán para cada equipo, oportunamente.

El uso de maquinaria pesada tiene una gran importancia en la industria de la construcción, pues representa aproximadamente en carreteras un 30%, en aeropistas un 31%, en vías férreas un 23%, etc por lo cual más adelante daremos a conocer los cálculos respectivos de los costos – hora.

8.5.- ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS

8.5.1.- Tiempo de ciclo

Es el tiempo necesario que invierte una máquina en hacer el trabajo completo en un viaje de ida y vuelta.

En este tiempo de demora están incluidas todas las operaciones necesarias para realizar el trabajo correspondiente, por una vez; por ejemplo: en el caso de una mototraílla: excavación, carga, acarreo, descarga y retorno al lugar original. Entonces el ciclo es el tiempo invertido por la máquina en realizar todas estas operaciones completas por cada vez.

Durante la ejecución de una obra, es fácil averiguar este tiempo de ciclo mediante observaciones prácticas, de las cuales se obtendrá los promedios respectivos. Pero cuando aún no se inicia una obra es necesario determinar este ciclo basándose en la capacidad de la máquina, requerimientos de

potencia, limitaciones de la obra, etc., a fin de idear el plan más adecuado para la utilización del equipo.

El "tiempo de ciclo" se compone de dos partes: tiempo fijo y tiempo variable.

- ***Tiempo fijo.-*** Es el que invierte una máquina en todas las operaciones del ciclo, que no sean acarreo y retorno. Estos tiempos de carga, descarga y maniobras son casi iguales para un mismo material en cualquier operación, aún cuando la distancia de acarreo varíe.

- ***Tiempo variable.***- Es el que se necesita para el acarreo (viaje de ida y regreso) y es variable dependiente de la distancia hasta la zona de desalojo y la velocidad de la máquina.

Es así como podemos considerar constante el "tiempo fijo", asumiendo el mismo para todas las unidades iguales en trabajo; de esta manera sólo nos resta por calcular el "tiempo variable" para cada caso.

Además, se tiene como referencia para apreciación de rendimientos, los "tiempos fijos promedios dados por los fabricantes, obtenidos en condiciones óptimas de planeamiento y desarrollo. Sin embargo, el mejor sistema es el de calcular en obra los "tiempos fijos" que servirán para nuevos trabajos.

En definitiva, el tiempo total de un ciclo determinará el número de ciclos o viajes completos por hora, y éste número de operaciones completas por unidad de tiempo será el factor básico para el cálculo de la producción. Así:

$$N°ciclos/hora = \frac{60'}{tiempo.ciclo'}$$; y

$$Producción\ teórica = N°\ ciclos\ /\ h\ *\ cantidad\ de\ trabajo\ /\ ciclo$$

Para cualquier tipo de máquina entonces, habrá estos dos factores de la producción que pueden ser estimados por varios sistemas; y en ellos radica en definitiva el cálculo del rendimiento de los equipos. Debido a esto, es necesario que les prestemos mucha atención porque son valores variables de los cuales están dependiendo en forma directa los costos unitarios de producción de los varios rubros de trabajo.

De esta manera, podemos obtener los máximos rendimientos acortando los tiempos de ciclo, para lo cual habrá que preocuparse de los sistemas de trabajo en cada caso y de usar y mantener los mejores caminos de acarreo.

Es necesario puntualizar que la "producción teórica" obtenida en la forma anotada, deberá ser corregida en todos los casos por "factores de corrección" relacionados a las condiciones verdaderas del trabajo, factores que constituyen un elemento complicado porque dependen a su vez del elemento humano (experiencia, dedicación, habilidad, control, etc), de las condiciones del trabajo (tiempo atmosférico, clases de material), de la clase de organización (disponibilidad de repuestos, mantenimiento, etc) que afectarán y los harán variar considerablemente en cada caso. En consecuencia, tendremos que obtener cada vez la producción más cercana en lo posible a la realidad, y que equivaldrá a:

*Producción efectiva = Producción teórica * factores de corrección*

Entre esta serie de factores de corrección que tendrán que considerarse para cada caso específico de trabajo, hay uno que es siempre permanente en todos los casos y que se refiere al tiempo de trabajo, ya que en ningún caso se puede conseguir una eficiencia de trabajo de 60'/h, y en consecuencia se acostumbra tomar ciertos tiempos de trabajo producto de la experiencia, y que son: 45'/h para máquinas sobre neumáticos y equipos estacionarios, lo

que da un “factor de eficiencia de tiempo” de 0.75 y 50’/h para máquinas sobre carriles, lo que da un “factor de eficiencia de tiempo” de 0.83.

8.5.2.- Vida económicamente útil

La vida económica útil de una máquina puede definirse como el tiempo durante el cual dicha máquina trabaja con un rendimiento económicamente rentable.

Así mismo, es conocido que a medida que aumenta la vida y el uso de la máquina, la productividad de la misma tiende a disminuir y por ende sus costos de operación van en constante aumento, como consecuencia de los gastos cada vez mayores de mantenimiento y reparación.

Además, las averías en las máquinas son mucho más frecuentes, lo cual aumenta los tiempos muertos o improductivos, reduciendo su disponibilidad, llegando incluso a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran trabajando conjuntamente con ella; dando lugar a atrasos en el tiempo de ejecución de la obra.

En nuestro país no existen estadísticas nacionales de vida económica, por lo que usualmente, se utilizan las elaboradas en los Estados Unidos que algunas veces difieren de la realidad nacional; por esto se presentan factores de orden económico, social y cultural que influyen en la eficiencia, productividad y economía de los trabajos de construcción.

A continuación se presenta una tabla con la vida útil de la maquinaria de nuestro interés con el tiempo de vida útil en dos columnas: en años (N) y en horas (Ve).

TABLA 8.2 Vida útil de los equipos

VIDA ECONÓMICAMENTE ÚTIL DE LAS MAQUINARIAS		
DESCRIPCIÓN	**AÑOS (N)**	**HORAS (Ve)**
Tractor de orugas	5	10000
Mototraíllas	6	12000
Motoniveladoras	7,5	15000
Excavadoras	5	10000
Cargadoras de ruedas	6	12000
Palas mecánicas	7,5	15000
Rodillos	6	12000
Volquetas	5	10000

8.5.3.- Costos de adquisición, operación y mantenimiento de los equipos

Es necesario que antes de pasar a estudiar los diferentes rubros de trabajo en la construcción, y las máquinas que hacen posible la ejecución de ellos, analicemos un punto muy importante que formará parte de los factores que nos permitan tomar las decisiones más efectivas sobre los métodos de trabajo y la clase de maquinaria a emplearse. Este vital factor, que será el primordial en el 90% de nuestras decisiones, es el costo de producción, que guarda relación directa con el costo de los equipos como primer elemento constitutivo del costo de cualquier rubro en donde intervenga maquinaria.

Es así, que el costo horario de una máquina es la suma de los costos resultantes de ser propietario de ella, de operarla y de mantenerla; es decir la suma de los:

- Costos de propiedad
- Costos de operación
- Costos de mantenimiento

8.5.3.1.- Costos de propiedad

Los costos de propiedad están a su vez constituidos por los valores horarios correspondientes a la amortización del dinero invertido en la compra, a los intereses generados por él con sus impuestos y a los seguros de vida y accidentes de la máquina.

8.5.3.1.1- Precio de entrega

En el precio actual del mercado, deberá incluirse los costos de preparación de la máquina para el sitio de trabajo, el costo del transporte y cualquier impuesto aplicable. En las máquinas con neumáticos, estos son elementos de desgaste y están cubiertos como un gasto de operación; por consiguiente algunos usuarios deducen el costo de los neumáticos del precio de entrega.

8.5.3.1.2.- Valor residual al fin de su vida útil

Toda máquina de movimiento de tierra tendrá cierto valor cuando se canjee. Si bien muchos propietarios prefieren depreciar sus máquinas hasta un valor residual cero, otros reconocen el valor residual proveniente de la reventa o canje. Sin embargo debido a los altos costos de las maquinarias, obligan a que se considere el valor de reventa para determinar la inversión

neta depreciable. Esto reduce los costos totales horarios de posesión y mejora las posibilidades competitivas en el mercado.

En un mercado de maquinaria de segunda mano los factores más importantes en el valor de reventa son: las horas de servicio, tipos de trabajo y las condiciones en que se utilizó.

Generalmente el valor de reemplazo fluctúa alrededor del 35% del valor de adquisición de la maquinaria.

8.5.3.1.3.- Amortización e Inversión

Amortización o depreciación es el costo que resulta de la disminución en el valor original de la maquinaria como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Existen varios métodos para determinar el costo de amortización; entre los cuales podemos citar:

1. Método de la función lineal
2. Método del porcentaje sobre el saldo

3. Método de la suma de los dígitos de los años
4. Método del fondo de amortización

Los tres últimos métodos buscan una disminución gradual en la amortización a medida que transcurre el tiempo de horas – máquina, lo que complica su cálculo.

De estos métodos, el que más se utiliza en la práctica, es el método de la función lineal; que se basa en la suposición que la depreciación se produce a ritmo uniforme a lo largo del tiempo de vida útil del equipo. En otras palabras, es el costo de una maquinaria dividida por el número de horas que se espera trabaje.

Con este sistema se posterga la recuperación de la inversión efectuada al adquirir la máquina. Se cargan menos los costos sobre la producción del período inicial que sobre la del final.

La fórmula a emplearse para el cálculo de la amortización horaria es la siguiente:

$$A = \frac{(Va - Vr)}{Ve}$$

donde:

A = Amortización por hora de trabajo

Va = Valor de adquisición

Vr = Valor residual o reemplazo

Ve = Vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo

La inversión es el costo del dinero o financiero, ya que sea que posea o no un capital para tener en propiedad una máquina.

Debemos tener muy en cuenta el hecho de que la amortización e inversión deben tomarse como fuente de una provisión para el reemplazo del equipo y el momento óptimo, lo cual se denomina simplemente como costo de reposición y que el pago al capital, riesgo, técnica y premio deben cargarse en la utilidad.

8.5.3.1.4.- Costos de reemplazo

Es el costo que tendría el reemplazar la máquina usada que se posee, por una nueva, empleando el fondo de reposición capitalizado a la fecha, más el valor de rescate de la máquina usada, menos impuestos y comisiones.

8.5.3.1.5.- Costo de inversión media anual

Es el valor que se considera como invertido al principio de cada año de vida de la máquina. Depende generalmente, del precio de venta de las maquinarias y de su vida económicamente útil.

El valor de inversión media anual, se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$IMA = \frac{(N+1)*(Va-Vr)}{2N}$$

donde:

N = Vida económicamente útil en años

Va = Valor de adquisición, menos piezas de recambio

Vr = Valor residual o reemplazo (25 al 30%)

Este valor se toma como base para el cálculo de los intereses por inversión de Capital y Seguros, que tienen una incidencia relevante en el costo de alquiler de todas las máquinas dentro del rubro de los gastos fijos. (Costos de posesión).

8.5.3.1.6.- Reajuste de precios unitarios

Es un reconocimiento y reintegro de mayores costos, basado en la teoría de imprevisión y en la aplicación del principio de equilibrio financiero de los contratos, concepto recogido en nuestra Constitución Política, al establecer que el Estado no puede enriquecerse a costa de particulares. Es decir que, por medio del llamado reajuste de precios, la entidad contratante, DEVUELVE al Contratista lo que efectivamente gastó en la ejecución del contrato. Constituye una de las cláusulas esenciales del contrato.

8.5.3.1.7.- Coeficientes y componentes de los costos horarios

Para las construcciones en las que se requiere la utilización de la maquinaria pesada como en el caso de obras de vialidad, aeropuertos, presas, etc.; la fórmula de reajuste de precios está afectada por términos que tienen mucha incidencia y estos son:

B = Sueldos y salarios (en este componente se incluyen la mano de obra de reparaciones de los equipos).

C = Índice de precios de equipo y maquinaria de construcción vial. (Costo de propiedad)

D = Índice de precios de los repuestos para maquinaria de construcción

E = Precios de los combustibles

X = Índice de precios no principales (en los que se incluye entre otros los costos por lubricantes, grasas, filtros y llantas)

8.5.3.1.8.- Intereses, Impuestos y Seguros

El capital invertido en la adquisición de la máquina generará cierto valor de intereses durante el período total de inversión, calculando las recuperaciones anuales efectuadas por la amortización. Además, según los lugares, estos intereses están gravados con impuestos en una tasa determinada y pueden existir también impuestos al uso del equipo. Así mismo, los seguros que se deseen tomar, significarán también un valor anual de acuerdo al capital remanente asegurado.

En definitiva, habrá que considerar el total de la rata correspondiente a las tres consideraciones, y esta rata total nos permitirá calcular el costo horario de los intereses, impuestos y seguros, partiendo del cálculo de una inversión anual promedio ponderada, para todo el período de amortización.

Para el cálculo de estos valores se aplicará la siguiente fórmula:

$$Costo\ horario\ intereses,\ impuestos,\ seguros = \frac{IMA * \%rata * N}{Ve}$$

donde:

IMA = Inversión media anual

N = Vida económicamente útil en años

Ve = Vida económicamente útil en horas

8.5.3.2.- Costos de operación

Los costos de operación se refieren a los valores que deben gastarse constantemente para que las máquinas realicen su trabajo, como son: lubricantes, combustibles, grasas, filtros, y según algunos métodos, mano de obra y neumáticos. Con respecto a los neumáticos creemos más acertado tomarlos en cuenta en el capítulo que corresponda a mantenimiento y aunque la mano de obra puede considerarse aquí para cada máquina, es preferible hacerlo posteriormente como elemento constitutivo del rubro en análisis a fin de observarla más objetivamente; pero cuando la máquina trabaja sola o en arriendo, la mano de obra formará parte de los costos de operación.

8.5.3.2.1.- Lubricantes

El consumo de aceite de motor, aceite para controles hidráulicos y de transmisión, está en relación con la capacidad de la máquina y el mantenimiento que el propietario le aplique periódicamente.

8.5.3.2.2.- Combustibles

La cantidad de los combustibles consumidos varía con: la potencia, ubicación, clase de trabajo y tipo de maquinaria a utilizarse. Si el equipo se usa en condiciones excelentes de trabajo, el consumo de los combustibles y los lubricantes se podrán reducir hasta una tercera parte, pero si el equipo es usado en condiciones pobres de trabajo, los consumos aumentarán prácticamente en la misma proporción.

8.5.3.2.3.- Grasas y Filtros

Para el consumo de grasa se puede basar en las recomendaciones del fabricante que en definitiva da la cantidad de grasa que se debe gastar para un buen mantenimiento. Con esto y el precio en el lugar de trabajo, se obtiene directamente el costo horario.

Con relación a los filtros en cambio, si bien existen datos de consumo de los fabricantes, que son ya una base, es mejor obtener este dato en la obra porque los cambios de filtros varían enormemente en sus períodos, con relación a las condiciones imperantes en el sitio de trabajo.

8.5.3.2.4.- Mano de obra para operación

El cálculo de la mano de obra se puede efectuar en diversos sistemas, pero en general el concepto para efectuarlo es siempre el mismo. Habrá necesidad de determinar el verdadero valor pagado al personal y la verdadera cantidad de trabajo (período de tiempo) efectuado por el mismo. Los montos estarán entonces, variando en relación a las leyes de cada país y a los usos establecidos.

8.5.3.3.- Costos de Mantenimiento

En cuanto a los costos de mantenimiento, pueden incluirse en ellos las reparaciones grandes y pequeñas durante la vida de la máquina, así como los neumáticos y artículos especiales, aunque estos dos últimos materiales pueden ser también considerados aparte; pero de cualquier manera el sistema es el mismo.

8.5.3.3.1.- Reparación y Repuestos

Para la estimación de los costos de reparaciones y repuestos del equipo se emplean varios métodos. Algunos contratistas lo expresan como un porcentaje del precio de compra de la maquinaria dividido por el número de horas trabajadas en el año.

Basándose en la experiencia de costos reales se ha comprobado que asumiendo el 90% del costo de depreciación por hora, para las reparaciones y repuestos de los equipos pesados, se tiene un gran margen aún para las condiciones más severas de trabajo.

Se considera como gastos de repuestos, los originados para realizar la conservación de la maquinaria en buenas condiciones, a fin de que trabaje con un rendimiento normal durante su vida económica; el costo de reparación es aquel que incluye el valor de la mano de obra de los mecánicos para mantener el equipo en operación.

8.5.3.3.2.- Neumáticos

Este costo se define como el correspondiente al consumo por desgaste de las llantas. Al calcular la depreciación de la maquinaria deberá deducirse del valor inicial de la misma, el valor de las llantas.

La expresión del costo es:

$$LL = VLL / HLL$$

en la cual:

VLL representa el precio de adquisición en el mercado nacional de las llantas nuevas, de las características indicadas por el fabricante de la máquina.

HLL representa las horas de vida económica de las llantas tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se tomará en cuenta factores tomados de la experiencia como: velocidad máxima de trabajo, condiciones del camino, pendientes, curvaturas, posición en la máquina, carga que soporta y clima.

8.5.3.3.3.- Costo de mantenimiento y reparación del tren de rodaje

Constituye una parte importante para las máquinas de cadena. Estos costos pueden variar independientemente del costo de la máquina, porque al emplear el tren de rodaje en un medio abrasivo de alto desgaste puede ser para el resto de las máquinas unas condiciones benignas. Por esta razón se debe considerar el costo por hora del tren de rodaje separado de los costos de reparación.

8.5.3.3.4.- Artículos especiales

Estos artículos son los de cambio frecuente en ciertas aplicaciones de la máquina y que no han podido ser considerados en el capítulo de reparaciones, por tener un período de vida muy variable.

Concretamente, esta parte se refiere a las cuchillas de motoniveladora y a las puntas y vástagos de los desgarradores de tractor. El costo horario de este artículo está basado en su precio de compra, dividido para la duración estimada por el fabricante del artículo, para cada condición de trabajo.

8.6.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CAMINERO A UTILIZARSE

Para el cálculo de los costos unitarios, hemos considerado que el equipo a utilizarse estará conformado por: tractores, cargadores, volquetas, excavadoras, motoniveladoras, mototraíllas, compactadores y el equipo de pavimentación. En adelante se describirán brevemente estos equipos y se darán cuadros con las especificaciones de la compañía Caterpillar.

8.6.1.- Tractores

Son máquinas destinadas principalmente a empujar o halar cargas, aunque en algunos casos se los emplea para otros fines. (grúas, tiende tubos, etc.) Son de dos tipos básicos: oruga o cadenas y de llantas, con variaciones dentro de cada tipo.

Hay varias consideraciones que se deben efectuar como paso previo a decidir cuál de los tipos y clases (subtipos) es el más aconsejado (técnica y económicamente hablando) para un determinado trabajo. Estas consideraciones son las siguientes:

1. El tipo de material sobre el que se desplazará la máquina a fin de conocer el coeficiente de tracción.

2. Clase de trabajo a efectuar: tipo de excavación, distancia de acarreo, maniobrabilidad, etc.
3. Condiciones del sitio de trabajo: pendientes, rugosidad, estabilidad, resistencia a la carga, etc.

Basándose en estos análisis habrá que pesar las ventajas y desventajas de cada tipo, para finalmente tomar la decisión más conveniente, sin olvidar los costos. Para nuestro caso hemos considerado como mejor opción, la utilización del tractor de oruga.

Tractores de oruga.- Estas máquinas, llamadas también de cadenas, tienen una gran versatilidad en cuanto al tipo de trabajo se refiere, ya que pueden excavar y empujar materiales, halar traíllas, servir como grúas, usar cucharones de carga, etc.

Aparte del tamaño y la potencia del tractor de cadenas, con que generalmente se los clasifica, su sistema constructivo les obliga a desarrollar bajas velocidades, pero tienen mayor tracción y mejor flotabilidad que los tractores de llantas. Así mismo, peden trabajar en terrenos más escabrosos y con pendientes más pronunciadas, pero las

distancias de acarreo tolerables son menores que para los tractores de neumáticos.



Figura 8.3 ***Tractores de cadenas***

El tractor es una de las máquinas más importantes en el desarrollo del trabajo para una vía, ya que se encuentra desde el inicio del mismo, hasta llegar prácticamente a su culminación; pasando por los rubros como: Desbroce, Desbosque y Limpieza, Movimiento de tierras, Subbase y Base.

Las máquinas de la Serie C - D3C, D4C y D5C - tienen un tren de rodaje Caterpillar ovalado diseñado para tener una gran resistencia al desgaste y bajos costos de mantenimiento. Estos tractores grandes y medianos se distinguen fácilmente por el diseño exclusivo de rueda motriz elevada, la misma que aumenta la productividad, simplifica el mantenimiento, reduce

el tiempo muerto gracias a los componentes modulares y eleva los mandos finales y los componentes asociados del tren de fuerza sacándolos del medio de trabajo y contribuyendo a prolongar la duración del tren de impulsión.

En la actualidad, nueve Tractores de Cadenas Caterpillar tienen el diseño de rueda motriz elevada: los modelos D5M, D6M, D6R, D7R, D8R, D9R, D10R, D11R y D11R Carrydozer.

TABLA 8.3 Modelos Pequeños de Tractores de cadenas

Modelo	Modelo	Potencia bruta	Potencia neta
D3C Series III Hystat	Cat 3046	58.2 kW / 78 hp	52 kW / 70 hp
D4C Series III Hystat	Cat 3046	65.6 kW / 88 hp	60 kW / 80 hp
D5C Series III Hystat	Cat 3046	74.6 kW / 100 hp	67 kW / 90 hp
D5C XL Series III Hystat	Cat 3046	74.6 kW / 100 hp	67 kW / 90 hp

TABLA 8.4 Modelos Medianos de Tractores de cadenas

Modelo	Modelo de motor	Gross Power	Potencia en el volante
D5M XL	3116T	90 kW / 121 hp	82 kW / 110 hp
D6G	3306T		116 kW / 155 hp
D6M XL	3116T	114 kW / 153 hp	104 kW / 140 hp
D6R	3306T		123 kW / 165 hp
D6R XL	3306T	148 kW / 189 hp	130 kW / 175 hp
D6R XW	3306T		138 kW / 185 hp
D7R	3306T	184 kW / 247 hp	171 kW / 230 hp
D7R Series II		192 kW / 258 hp	179 kW / 240 hp

TABLA 8.5 Modelos Grandes de Tractores de cadenas

Modelo	Modelo de motor	Peso en orden de trabajo	Peso de envío
D8R	Cat 3406CTA	37576 kg / 82850 lb	27416 kg / 60454 lb
D9R	3408C	48784 kg / 107548 lb	36154 kg / 79705 lb
D10R	Cat 3412TA	65403 kg / 144191 lb	47174 kg / 104000 lb
D11R	Cat 3508BTA	104590 kg / 230100 lb	74182 kg / 163200 lb

8.6.2.- Cargadores de ruedas

Son máquinas destinadas a cargar cualquier tipo de material, generalmente trabajan para abastecer a las volquetas; poseen gran movilidad.

Esta máquina es utilizada principalmente en los rubros de: Desbosque y limpieza, Desbroce y limpieza y Movimiento de tierra.



Figura 8.4 ***Cargadores de ruedas***

Caterpillar fabrica una línea completa de cargadores de ruedas, incluyendo el cargador de ruedas más grande del mundo, el Cat 994D. Aquí se presenta una tabla con los modelos pequeños de cargadores Caterpillar, con sus especificaciones, los mismos que satisfacen nuestro requerimiento.

TABLA 8.6 Modelos Pequeños de Cargadoras

Modelo	Potencia neta	Peso en orden de trabajo	Capacidad del cucharón (con cuchilla empernable)
IT14G	67 kW / 90 hp	7906 kg / 17393 lb	1.4 m^3 / 1.8 yd^3
914G	67 kW / 90 hp	7243 kg / 15935 lb	1.3 m^3 / 1.7 yd^3
924Gz	85 kW / 114 hp	9907 kg / 21795 lb	1.8 m^3 / 2.3 yd^3
928G	93 kW / 125 hp	11600 kg / 25554 lb	2.6 m^3 / 2 yd^3

8.6.3.- Volquetas

Caterpillar fabrica camiones de obras específicamente para trabajos en minas, construcción y canteras. Todos los camiones de obras tienen un tren de fuerza mecánico. Los camiones de mando mecánico sobrecargan el motor cuando están bajo carga en vez de hacerlo funcionar continuamente a la potencia máxima. Esto hace que el tren de fuerza mecánico sea más eficiente y productivo en una amplia gama de condiciones.



Figura 8.5 ***Camiones de obra***

Los camiones de obras Caterpillar están adaptados en número de pasadas a los cargadores de ruedas de la misma marca, para conseguir tiempos de ciclo más rápidos y aumentar al máximo la productividad.

TABLA 8.7 Camión de Obras

Modelo	Modelo de motor	Gross Power	Potencia en el volante
773D	Cat 3412E	485 kW / 650 hp	485 kW / 650 hp
777D	Cat 3508B (EUI)	699 kW / 938 hp	699 kW / 938 hp
785C	Cat 3512 (EUI)	1082 kW / 1450 hp	1005 kW / 1348 hp
789C	Cat 3516B (EUI)	1417 kW / 1900 hp	1335 kW / 1791 hp
793C	Cat 3516B	1715 kW / 2300 hp	1615 kW / 2166 hp
797	Cat 3524B	2535 kW / 3400 hp	2395 kW / 3211 hp

TABLA 8.8 Camiones para Canteras

Modelo	Modelo de motor	Gross Power	Potencia en el volante
771D		386 kW / 518 hp	363 kW / 487 hp
775D	Cat 3412E		517 kW / 693 hp

8.6.4.- Excavadoras hidráulicas

Esta máquina, como su nombre lo indica tiene la función de excavar y será la de mayor importancia en el rubro de Alcantarillas.

La Familia 300 de Excavadoras Caterpillar es fácil de reconocer gracias a su aspecto moderno y estilizado y tiene sistemas hidráulicos innovadores que entregan más potencia donde y cuando más la necesite.



Figura 8.6 ***Excavadoras hidráulicas***

Abajo se detallan los modelos y especificaciones de nuestro interés:

TABLA 8.9 Modelos Pequeños de Excavadoras

Modelo	Modelo de motor	Potencia bruta	Potencia al volante
307C	4M40E1	41 kW / 55 hp	41 kW / 54 hp
311C Utility		61 kW / 82 hp	59 kW / 79 hp
312C L	Cat 3064T	70 kW / 94 hp	67 kW / 90 hp
315C L	Cat 3046T	86 kW / 115 hp	82 kW / 110 hp
318B L		89 kW / 119 hp	86 kW / 115 hp

TABLA 8.10 Modelos Medianos e Excavadoras

Modelo	Peso en orden de trabajo - LC	Modelo de motor	Potencia en el volante
320C L	21000 kg / 46300 lb	Motor diesel 3066 T Cat	103 kW / 138 hp
322C L	24200 kg / 53400 lb		123 kW / 165 hp
325B L	27530 kg / 60600 lb	Cat 3116TA	125 kW / 168 hp
330B L	34660 kg / 76300 lb	Cat 3306TA	165 kW / 222 hp

8.6.5.- Motoniveladoras

Desde nivelación de acabado o nivelación en pasadas largas, hasta limpieza de zanjas o trabajo en pendientes laterales, son entre otras las funciones de la Motoniveladora, muy útil en los rubros de Subbase y Base.



Figura 8.7 ***Motoniveladora***

Caterpillar presentó las motoniveladoras de la Serie H en 1994. Estas motoniveladoras reemplazaron las legendarias motoniveladoras de la Serie G introducidas en el mercado 22 años antes. En la nueva Serie H de motoniveladoras se conservan todas las características que contribuyeron al éxito de la Serie G: durabilidad, rendimiento, alto valor de reventa y confiabilidad; incluyendo más potencia sobre el suelo, mejor visibilidad, una cabina más cómoda y silenciosa, un nivel más bajo de emisiones y mejor control. Con sistemas hidráulicos y electrónicos avanzados combinados con opciones de potencia variable, mayor distancia entre ejes y

un nuevo diseño de la hoja, esta serie de motoniveladoras permite conseguir en una pasada lo que normalmente se hacía en dos o más pasadas con una máquina de la Serie G.

TABLA 8.11 Modelos de Motoniveladoras

Modelo	Potencia en el volante - Neta	Potencia en el volante – Variable	Peso en orden de trabajo
16H	205 kW / 275 hp	205 kW / 275 hp	24748 kg / 54560 lb
24H	373 kW / 500 hp		61955 kg / 136611 lb

8.6.6.- Mototraíllas

Se puede decir que éstas máquinas son mixtas, ya que son capaces de excavar, cargar, y transportar materiales por sus propios medios, a las zonas de utilización de ellos en donde pueden depositarlos en capas uniformes que ahorran el trabajo terraplenado para la compactación regular.

Este tipo de máquina es de mucha utilidad cuando se trabaja en Movimiento de tierra, en canteras pequeñas, por el acortamiento de las distancias.



Figura 8.8 ***Mototraílla***

Las mototraíllas de ruedas Caterpillar tienen la potencia, tracción y velocidad para producción alta y continua con una amplia gama de materiales, condiciones y aplicaciones. Las mototraíllas Caterpillar se cargan rápidamente, tienen altas velocidades de desplazamiento y compactan a medida que descargan y riegan en operación. Se necesita menos respaldo para el equipo, lo cual disminuye, en general, los gastos relacionados con la compra y operación de la máquina, debido a la habilidad que tiene la Mototraílla de trabajar independientemente.

TABLA 8.12 Modelos de Motoraíllas Autocargadores

Modelo	Modelo de motor	Cambios 1-2 de potencia neta	Net Power - Gears 3-8
613C Series II	3116	131 kW / 175 hp	131 kW / 175 hp
615C Series II	3306	197 kW / 265 hp	197 kW / 265 hp
623G		246 kW / 330 hp	272 kW / 365 hp

8.6.7.- Compactadores

Conseguir una compactación de acuerdo con las especificaciones es un punto crítico en aplicaciones de pavimentación, rellenos sanitarios y compactación de suelos. Los compactadores resultan de gran utilidad en los rubros de: Subbase, Base, Carpeta asfáltica y Alcantarillas.



Figura 8.9 ***Compactadores***

TABLA 8.13 Modelos de Compactadores de Suelos

Modelo	Potencia bruta	Potencia en el volante	Modelo de motor
815F	175 kW / 235 hp	164 kW / 220 hp	CAT 3306 TA
825G	254 kW / 340 hp	235 kW / 315 hp	CAT 3406 TA

TABLA 8.14 Compactadores Vibratorios de Suelos

Modelo	Potencia en el volante	Peso en orden de trabajo	Ancho de compactación
CS-323C	52 kW / 70 hp	4540 kg / 9985 lb	1270 mm / 50 pulg
CS-431C	78 kW / 105 hp	6509 kg / 14349 lb	1676 mm / 66 pulg
CS-433C	78 kW / 105 hp	6773 kg / 14931 lb	1676 mm / 66 pulg
CP-563D	114 kW / 153 hp	11275 kg / 24856 lb	2133.6 mm / 84 pulg
CS-583D	114 kW / 153 hp	15200 kg / 33510 lb	2133.6 mm / 84 pulg

TABLA 8.15 Compactadores Vibratorios de Asfalto

Modelo	Potencia en el volante	Peso en orden de trabajo	Ancho de compactación
CB-214D	23 kW / 31 hp	2430 kg / 5355 lb	1000 mm / 39 pulg
CB-224D	23 kW / 31 hp	2610 kg / 5750 lb	1200 mm / 47 pulg
CB-225D	23 kW / 31 hp	2390 kg / 5265 lb	1200 mm / 47.2 pulg
CB-335D	32 kW / 43 hp	3620 kg / 7980 lb	1300 mm / 51.2 pulg
CB-434C	52 kW / 70 hp	6485 kg / 14300 lb	1422 mm / 56 pulg
CB-534C	78 kW / 105 hp	9195 kg / 20270 lb	1700 mm / 67 pulg

TABLA 8.16 Compactadores Neumáticos

Modelo	Potencia en el volante	Peso en orden de trabajo	Ancho de compactación
PS-150B	52 kW / 70 hp	12940 kg / 28535 lb	1727 mm / 68 pulg
PS-200B	78 kW / 105 hp	18145 kg / 40000 lb	1727 mm / 68 pulg
PF-300B	78 kW / 105 hp	23100 kg / 50820 lb	1900 mm / 75 pulg
PS-300B	78 kW / 105 hp	23100 kg / 50820 lb	1900 mm / 75 pulg
PS-360B	77.5 kW / 104 hp	25000 kg / 55115 lb	2275 mm / 90 pulg

8.6.8.- Pavimentadoras de asfalto



Figura 8.10 ***Pavimentadora de asfalto***

Caterpillar ofrece una amplia gama de equipos de pavimentación de asfalto que compite en los mercados de pavimentadoras de neumáticos de caucho, de cadenas de acero y de bandas de caucho. Las pavimentadoras, los elevadores de camellones y los ensanchadores de camino Caterpillar proporcionan soluciones versátiles y fiables para las más exigentes aplicaciones.

Las pavimentadoras con neumáticos de caucho proporcionan movilidad rápida y desplazamiento suave. Las pavimentadoras de cadenas de acero ofrecen la ventaja de esfuerzo de tracción y flotación. El exclusivo Sistema Mobil-Trac (MTS) provee lo mejor de ambos mundos al combinar alto esfuerzo de tracción con movilidad rápida.

TABLA 8.17 Modelos de Pavimentadoras de asfalto

Modelo	Potencia en el volante	Peso en orden de trabajo	Ancho de pavimentación
AP-200B	26 kW / 35 hp	4080 kg / 9000 lb	3658 mm / 12 pies
BG-225C	90 kW / 121 hp	14885 kg / 32765 lb	2438 mm / 8 pies
BG-230	78 kW / 105 hp	14740 kg / 33500 lb	2438 mm / 8 pies
BG-240B	110 kW / 82 hp	15160 kg / 33460 lb	3048 mm / 10 pies
BG-245C	174 kW / 130 hp	19250 kg / 42500 lb	3048 mm / 10 pies
AP-800C	80 kW / 107 hp	12202 kg / 26900 lb	6147 mm / 20.1 pies
AP-900B	130 kW / 174 hp	16190 kg / 35700 lb	9147 mm / 30 pies
AP-1055B	180 kW / 174 hp	35500 kg / 16103 lb	9144 mm / 30 pies

8.7.- DESCRIPCIÓN DE LOS RUBROS

8.7.1.- Desbroce, Desbosque y Limpieza

Este trabajo consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada de acuerdo con las presentes Especificaciones y los demás documentos contractuales. En las zonas indicadas en los planos o por el Fiscalizador, se eliminarán todos los árboles, arbustos, cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación; además de tocones y hojarascas. También se incluye en este rubro la remoción de la capa vegetal, hasta la profundidad indicada en los planos o por el Fiscalizador; así como la disposición en forma satisfactoria al Fiscalizador, de todo el material proveniente de la operación de desbroce, desbosque y limpieza.

Estos trabajos incluirán todas las zonas de préstamo, canteras y minas dentro de la zona del camino y las afueras de la misma, que están señaladas en los planos o por el Fiscalizador, como fuentes designadas u opcionales de materiales de fiscalización. Además contemplará la conservación, evitando todo daño o deformación de la vegetación, plantaciones y objetos destinados a conservarse.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

302-1 Desbroce, Desbosque y Limpieza.....Hectárea

8.7.2.- Excavación y Relleno

Estos trabajos consistirán en excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material necesario a remover en zonas de corte y a colocar en zonas de relleno para lograr la construcción de la obra básica, estructuras de drenaje y todo trabajo de movimiento de tierras que no haya sido incluido en el rubro anterior y que sea requerido en la construcción del camino, de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

Todo el material aprovechable de las excavaciones será utilizado en la construcción de terraplenes, diques y otros rellenos, conforme se estipule en los documentos contractuales o indique el Fiscalizador. Cualquier material excedente y material inadecuado que hubiese, será utilizado o desechado de acuerdo a lo estipulado en los numerales 303-2.02.4 y 303-2.02.5 de las Especificaciones Generales para construcción de Caminos y Puentes del MOP.

8.7.2.1.- Excavación para la plataforma del camino

Este trabajo consistirá en la excavación y disposición, en forma aceptable al Fiscalizador, de todo el material cuya remoción sea necesaria para formar la obra básica del camino y cuya medición y pago no estén previstos por otros rubros del contrato. Se incluye la construcción de cunetas laterales, taludes, terraplenes, escalones para terraplenado a media ladera, zonas de empalmes y accesos, la remoción y reemplazo de material inadecuado para la construcción del camino, la excavación y acarreo de material designado para uso, como suelo seleccionado, la remoción de desprendimientos y deslizamientos y el desecho de todo material excedente. Todo lo cual se deberá ejecutar de acuerdo a las presentes Especificaciones, las disposiciones especiales y con los alineamientos, pendientes y secciones transversales señalados en los planos o fijados por el Fiscalizador. La excavación podrá ser sin clasificación o clasificada.

8.7.2.2.- Excavación de material inadecuado

Cuando el terreno natural en zonas de terraplenado o al nivel de subrasante en zonas de excavación no sea apto para su función prevista, el Contratista removerá y desechará el material inadecuado, de acuerdo a las instrucciones del Fiscalizador, y lo remplazará hasta el nivel de subrasante

o de la superficie del terreno natural, según el caso, con material aprobado por el Fiscalizador.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

303-2 (1) Excavación sin clasificación.....Metro cúbico

303-2 (2) Excavación en suelo.....Metro cúbico

303-2 (3) Excavación en roca.....Metro cúbico

303-2 (4) Excavación en marginal.....Metro cúbico

8.7.2.3.- Excavación de Préstamo

La excavación de préstamo consistirá en la excavación, transporte e incorporación en la obra de material apto para la construcción de terraplenes y rellenos, cuando no se pueda obtener la cantidad suficiente de material de excavación dentro de los límites fijados para la plataforma, canales, zanjas y estructuras.

Será terminantemente prohibida la excavación de material de préstamo en lechos de ríos, dentro de una distancia de 1500 metros aguas arriba y aguas abajo del sitio de un puente.

Será obligación del Contratista dejar las zonas de préstamo, una vez explotadas, debidamente conformadas y emparejadas para que tengan un buen aspecto.

8.7.2.4.- Material de préstamo local

Este material se obtendrá de zonas de préstamo localizadas junto a la plataforma del camino y dentro de la zona del camino.

Las zonas de préstamo local serán señaladas en los planos y disposiciones especiales o indicadas por el Fiscalizador. En lo posible, el material se conseguirá efectuando una ampliación lateral de los cortes a fin de formar una plataforma adicional de protección del camino y para mejorar la distancia de visibilidad en las curvas. En esta última instancia, la ampliación se realizará en el lado interior de las curvas, donde sea practicable.

La excavación del material de préstamo local se efectuará de acuerdo a las líneas y cotas establecidas en los planos o por el Fiscalizador e incluirá el transporte de 500 metros de acarreo libre.

8.7.2.5.- Material de préstamo importado

Este material se obtendrá de aquellas zonas de préstamo localizadas fuera del derecho de vía, cuya ubicación deberá constar en los planos o disposiciones especiales como fuentes designadas para préstamo. Cuando las fuentes no sean designadas por el Ministerio, el Contratista deberá hacer todos los arreglos necesarios para obtener el material de préstamo y pagar todos los costos involucrados, inclusive el costo de construir y mantener cualquier camino de acceso que sea requerido.

El Contratista deberá notificar al Fiscalizador con anticipación la apertura de fuentes de materiales de préstamo importado asignadas por el MOP, para que el seccionamiento inicial de la zona pueda llevarse a cabo oportunamente y el material a utilizarse pueda ser ensayado.

No. del Rubro de Pago y Designación		**Unidad de Medición**
304-1(1)	Material de préstamo local	Metro cúbico
304-1(2)	Material de préstamo importado	Metro cúbico

8.7.3.- Transporte

Este trabajo consistirá en el transporte autorizado de los materiales necesarios para la construcción de la plataforma del camino, préstamo importado, mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado, material pétreo, capa de rodadura, construcción de subbase de agregados, base de agregados, y agregados para doble tratamiento bituminoso, para los cuales está previsto el pago de transporte en los formularios de propuestas.

El material excavado de la plataforma del camino será transportado sin derecho a pago alguno en una distancia de 500 m; pasados los cuales se reconocerá el transporte correspondiente.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

309-2(2) Transporte de material de excavación

(transporte libre 500 m).....Metro cúbico / Kilómetro

309-4(2) Transporte de material de préstamo

importado..... Metro cúbico / Kilómetro

309-6(2) Transporte de suelo seleccionado para

mejoramiento de la subrasante..... Metro cúbico / Kilómetro

309-6(4) Transporte de material para

Capa de rodadura..... Metro cúbico / Kilómetro

309-6(5) Transporte de Subbase y Base..... Metro cúbico / Kilómetro

8.7.4.- Mejoramiento de la subrasante

Cuando así se establezca en el proyecto, o lo determine el Fiscalizador, la capa superior del camino, es decir, hasta nivel de subrasante, ya sea en corte o terraplén, se formará con suelo seleccionado, estabilización con cal; estabilización con material pétreo, membranas sintéticas, empalizada, o mezcla de materiales previamente seleccionados y aprobados por el Fiscalizador, en las medidas indicadas en los planos, o en las que ordene el Fiscalizador.

8.7.4.1.- Mejoramiento con suelo seleccionado

El suelo seleccionado se obtendrá de la excavación para la plataforma del camino, de excavación de préstamo, o de cualquier otra excavación debidamente autorizada y aprobada por el Fiscalizador.

El Contratista deberá desmenuzar, cribar, mezclar o quitar el material, conforme sea necesario, para producir un suelo seleccionado que cumpla con las especificaciones correspondientes.

De no requerir ningún procesamiento para cumplir las especificaciones pertinentes, el suelo seleccionado será transportado desde el sitio de excavación e incorporado directamente a la obra.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

402-2(1) Mejoramiento de la subrasante

con suelo seleccionado.....Metro cúbico

8.7.5.- Subbase de Agregados

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de subbase compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la sección 816 de las Especificaciones Generales para construcción de caminos y puentes del MOP. La capa de subbase se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

403-1 Subbase, Clase.....Metro cúbico

8.7.6.- Base de Agregados

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una subbase terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

404-1 Base, Clase.....Metro cúbico

8.7.7.- Riego de imprimación

Este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso sobre la superficie de una base o subbase, que deberá hallarse

con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso.

Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

405-1 (1) Asfalto RC para imprimación.....Litro

405-1 (1) Asfalto MC para imprimación.....Litro

405-1 (1) Asfalto SC para imprimación.....Litro

405-1 (2) Arena para protección y secado.....Metro cúbico

8.7.8.- Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada,

relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

405-4 Capa de rodadura de hormigón

asfáltico mezclado en planta de...cm de espesor.....Metro cuadrado

8.7.9.- Hormigón estructural

Este trabajo consistirá en el suministro, puesta en obra, terminado y curado del hormigón en puentes, alcantarillas de cajón, muros de ala y de cabezal, muros de contención, sumideros, tomas y otras estructuras de hormigón en concordancia con estas especificaciones, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. Este trabajo incluye la fabricación, transporte, almacenamiento y colocación de vigas losas y otros elementos estructurales prefabricados.

No. del Rubro de Pago y Designación **Unidad de Medición**

503 (1) Hormigón estructural de cemento

Portland, Clase A.....Metro cúbico

Basándonos en las descripciones hechas anteriormente sobre los rubros, procedemos a hacer el cálculo del presupuesto para nuestro proyecto.

8.8.- RESPALDO DE CÓMPUTOS MÉTRICOS Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Ver en ANEXO 8.1.

8.9.- CUADRO DE RESÚMENES, CANTIDADES Y COSTOS

Ver en ANEXO 8.2.

8.10.- CRONOGRAMA VALORADO DE ACTIVIDADES

Ver en ANEXO 8.3.

CAPÍTULO 9

IMPACTO AMBIENTAL

9.1.- INTRODUCCIÓN

Los estudios de Impacto Ambiental son de absoluta importancia hoy en día en la elaboración de proyectos de ingeniería. En muchos casos los daños ambientales pueden ser irreparables, incidir peligrosamente en la salud y bienestar del ser humano y ser además costosos, por lo que se vuelve necesario analizar con cuidado el efecto ambiental de cualquier obra de ingeniería antes de decidir su ejecución, o de ser necesario modificar el proyecto.

El estudio de Impacto Ambiental (EIA) tiene como objetivos básicos identificar los aspectos ambientales inherentes al proyecto de acceso vial a la ESPOL por el sector Noreste y por lo tanto, basándose en el diseño de construcción que haya sido seleccionado, se identificarán los potenciales impactos ambientales durante las fases de construcción y operación, así como se recomendarán medidas de prevención y mitigación.

Las observaciones en el lugar, los datos obtenidos en el sitio, la revisión de bibliografía sobre las condiciones ambientales en el área de estudio, en su

conjunto han permitido la identificación de los diferentes aspectos sensibles desde el punto de vista ambiental con relación al diseño de construcción seleccionado.

9.2.- ANTECEDENTES

El presente capítulo tiene como principal objetivo el desarrollar un estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el proyecto de acceso a la ESPOL por la vía perimetral para aprovechamiento del sector Noreste del Campus Politécnico y poder mitigar o disminuir las posibles causas que perjudicarán el entorno de la vía y a la vía misma, tanto en el proceso de construcción como en el de operación y mantenimiento.

Debe considerarse en el estudio de impacto ambiental que en la zona del proyecto se puede observar ya la intervención del hombre marcada como la afectación al ambiente generada principalmente por la deforestación, a causa de la tala de árboles; la caza indiscriminada de animales, la construcción del Poliducto con su derecho de vía, la red eléctrica del servicio nacional interconectado, además del impacto generado por la construcción del Campus y su operación.

El Campus Politécnico “Gustavo Galindo Velasco” tiene 720.37 Has. De este total, 97.93 Has (el 13.59%) son utilizadas por las diversas unidades académicas de la ESPOL, mientras que las 622.44 Has restantes (86.441%) están siendo estudiadas a fin de ejecutar obras de desarrollo a futuro, tales como un nuevo embalse, un Parque Tecnológico, y; por supuesto, el Bosque Protector.

9.3.- MARCO LEGAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL ECUADOR

El marco general está dado por la Constitución General del Estado Ecuatoriano, la que garantiza el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación.

Entre las numerosas leyes expedidas sobre este tema, se puede mencionar la Ley de Gestión Ambiental (R.O. No. 245, julio 30 / 1999). Entre los artículos más importantes se pueden mencionar los siguientes:

Artículo 1: La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Artículo 2: La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respeto a las culturas y prácticas tradicionales.

Artículo 3: El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Artículo 19: Las obras públicas, privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Artículo 21: Los Sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de

los mismos, el Ministerio encargado podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Artículo 23: La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura en función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;

b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,

c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Existen otras leyes que apoyan la gestión ambiental, tales como: Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso agua (R.O. No. 204), Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo referente al recurso suelo (R.O. No. 989), Desechos Sólidos (R.O. No. 991), Ley de Régimen Municipal, Ley de Régimen Provincial, Ley de Hidrocarburos, Ley de Minería, Ley del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, Ley

de Tierras Baldías y Colonización, Código de la Salud, Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.

9.4.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El proyecto de acceso vial a la ESPOL por el sector Noreste del Campus Gustavo Galindo Velasco está ubicado en la Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil. Se inicia aproximadamente en el interior del Campus a la altura de los Laboratorios de los Institutos hasta su salida en el Kilómetro 26 perpendicular a la vía Perimetral, en una longitud aproximada de 3 kilómetros.

El proyecto está atravesado por varios esteros de índole intermitente, es decir que solo existe agua en época de invierno. El diseño cruza sin ser esto limitativo zonas cultivadas, además de que existe un levantamiento peri urbano que se encuentra ubicada a lo largo de la futura vía.

9.5.- TRABAJO A REALIZAR

Se realizará el diseño de la vía mediante la utilización de material pétreo seleccionado y compactado de acuerdo a las mejores normas de ingeniería, así también se realizarán las obras de arte adecuadas que permitan el buen drenaje del mismo. Se efectuará la señalización pertinente para este tipo de

caminos, de tal manera que se prevengan accidentes, de acuerdo a las normas del MOP: “Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes (Quito 1993)”, en especial los numerales 102 – 3.10 Protección del Público, 1.03 – 1.07. Mantenimiento de Tránsito, Sección 209 Mantenimiento del Tránsito, 211 – 1.05. Medidas por adoptar (en su parte pertinente), Sección 708. Señales al lado de la carretera, Sección 830. Señalización.

Por lo expuesto se puede indicar que no existirán los siguientes Impactos Negativos:

- Potencial daño o pérdida de los sitios de valor especial.
- Pérdidas y daños temporales a la capa vegetal y los árboles. (Pérdidas permanentes)
- Inestabilidad de taludes y riesgos de erosión.
- Pérdida o daño de áreas de “ Hábitat” natural.
- Remoción y disposición de materiales residuales durante la construcción.
- Transporte, manejo y almacenamiento de materiales tóxicos y nocivos.
- Efectos sobre los canales y cauces del drenaje natural.

9.6.- METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Las matrices causa-efecto son, sobre todo, métodos de identificación y valoración que pueden ser ajustados a las distintas fases del proyecto, arrojando resultados cuali-cuantitativos, realizando un análisis de las relaciones de causalidad entre una acción dada y sus posibles efectos en el medio.

Estos sistemas son de gran utilidad para valorar cuali-cuantitativamente varias alternativas de un mismo proyecto: por ejemplo determinar la incidencia ambiental de un mismo proyecto en diferentes localizaciones o con diversas medidas de corrección (análisis de alternativas).

En nuestro proyecto vial se ha considerado utilizar un método evaluativo de alto nivel, como lo es la Matriz de Leopold, por ser un sistema completo donde se valora una gran lista de factores ambientales que pueden ser afectados por cualquier tipo de proyecto o acción humana, y otras acciones, elementos de proyectos y actuaciones en general que pueden producir impacto, a estas últimas se las denomina acciones de proyecto.

9.6.1.- Matriz de Leopold

Esta matriz fue desarrollada por el Dr. Luna Leopold y sus colaboradores, para el Servicio Geológico de los EE.UU., fue la primera en este campo y ha sido ampliamente aplicada en proyectos de construcción. Por esta razón es especialmente útil, por enfoque y contenido, para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales.

La matriz sirve para identificar impactos y su origen, permitiendo además estimar su importancia y magnitud con la ayuda de un grupo de expertos y de otros profesionales involucrados en el proyecto.

La Matriz de Leopold consiste en un listado de 100 acciones que pueden causar impactos ambientales y 88 características ambientales. Esta combinación produce una matriz de 8.800 casilleros. En cada casillero se distingue entre la magnitud e importancia del efecto, en una escala que va de uno a diez.

La matriz tiene un total potencial de 17.600 números a ser interpretados, debido a la evidente dificultad de manejar tal cantidad de información, a menudo esta metodología se utiliza en forma parcial o segmentada, restringiendo el análisis a los efectos considerados de mayor importancia,

para nuestro proyecto por ser un estudio preliminar y para no tener un gran número de variables se ha considerado valorar la magnitud, importancia y el carácter de los impactos negativos de la siguiente manera:

La magnitud del impacto hace referencia a su cantidad física: si es grande o pequeño dependerá del patrón de comparación, y puede tener el carácter de positiva o negativa, si es que el tipo de modificación es deseado o no, respectivamente.

La importancia que sólo puede recibir valores positivos, queda dada por la ponderación que se le asigne y puede ser muy diferente de la magnitud.

El carácter del impacto sirve para medir el periodo de tiempo de afectación de cada uno de los items a considerar en el EIA.

TABLA 9.1 Valoración de los impactos ambientales

Valoración	Magnitud	Importancia	Carácter
1	Baja (B)	Baja (B)	Ocasional (O)
2	Moderada (M)	Moderada (M)	Estacional (E)
3	Alta (A)	Alta (A)	Local (L)

Nota: La valoración de carácter Estacional y Local es 2.

Para cada interacción entre acciones del proyecto y componentes ambientales, se identificará la naturaleza del impacto y su valoración resultará de multiplicar las magnitudes que correspondan a cada elemento tipificador.

La matriz de Leopold tiene aspectos positivos dentro de los cuales cabe destacar que son pocos los medios necesarios para aplicarla y su utilidad en la identificación de efectos es muy acertada, pues contempla en forma bastante satisfactoria los factores físicos, biológicos y socioeconómicos involucrados, sobre todo si el equipo interdisciplinario que interviene en el estudio completa y adapta particularmente la relación de efectos ambientales.

La principal desventaja del método es que no existen criterios únicos de valoración y los resultados que se obtengan dependerán, en buena parte del buen juicio del grupo interdisciplinario evaluador.

9.6.2.- Discusión y valoración de los impactos ambientales negativos

En cada una de las situaciones analizadas, se discuten y analizan los impactos ambientales negativos y se adjunta la matriz de calificación

ambiental, en las que se destacan las celdas en que se producen interacciones proyecto-ambiente.

9.6.3.- Lista de chequeo utilizada en la evaluación

A continuación se expresa la lista de chequeo utilizada en la evaluación ambiental del proyecto una vía de acceso al Campus Prosperina "Gustavo Galindo Velasco" desde la vía Perimetral hacia los Institutos para el aprovechamiento integral del sector Noreste de la ESPOL.

Acciones del Proyecto:

1. Movimientos de tierra (Corte y Relleno)
2. Transporte de material.
3. Tendido del material pétreo con motoniveladora.
4. Hidratación de la sub-rasante y material pétreo con tanquero para agua.
5. Compactación mecánica del material pétreo con un compactador liso vibratorio.
6. Controles de densidad de campo, con densímetros nucleares.

9.7.- IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Los factores que se consideran para la identificación de los impactos ambientales para el presente estudio de acuerdo con el medio en que se presentan son los siguientes:

1. Medio Ambiente Físico:
   - ✓ Calidad del aire.
   - ✓ Calidad del suelo.
   - ✓ Calidad del agua superficial y subterránea.
2. Medio Ambiente Biológico:
   - ✓ Flora (Vegetación)
   - ✓ Fauna (Animales)
3. Medio Ambiente Social:
   - ✓ Salud Pública.
   - ✓ Uso del territorio.
   - ✓ Aceptación social.
   - ✓ Economía municipal.

Para la alternativa seleccionada adicionalmente en la calificación ambiental en cuanto a impactos negativos se refiere se tendrá en cuenta la siguiente calificación:

- La duración: Temporal (T) o Permanente (P)
- Reversibilidad: Reversible (R) o Irreversible (I)
- Existencia de acción mitigadora: Mitigable (M), no mitigable (N)

9.7.1.- Medio ambiente físico

a) Calidad del aire

El transporte de material, tendido (descabezado) del material pétreo con motoniveladora, hidratación del material con tanquero, compactación mecánica del material con un compactador liso vibratorio, son actividades que van a generar principalmente ruido, emisiones atmosféricas y polvo debido a que se usarán maquinarias y vehículos para esta actividad, lo cual producirán impactos negativos de magnitud moderada, importancia moderada y carácter ocasional; temporal, reversible y mitigable.

Los controles de densidad de campo que se realizarán generarán principalmente polvo debido a que se usará un densímetro nuclear para esta

actividad, lo cual producirá impactos negativos de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional; temporal, reversible y no mitigable.

b) Calidad del suelo

El transporte de material, tendido del material con motoniveladora, hidratación del material con tanquero, compactación del material con un compactador liso vibratorio, son actividades que contribuirán a disturbar el suelo, los cuales producirán un impacto negativo de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional; temporal, reversible y no mitigable.

Los controles de densidad de campo que se realizarán no generarán ningún impacto en la calidad del suelo.

c) Calidad del agua subterránea

El transporte de material, tendido del material con motoniveladora, hidratación del material con tanquero, compactación del material con un compactador liso vibratorio, son actividades que se las considera que no influyen en la calidad del agua subterránea.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades que se consideran no influyen en la calidad del agua subterránea.

9.7.2.- Medio ambiente biológico

a) Flora

Las acciones que se consideraron anteriormente en el proceso de construcción de la vía, son actividades que se supone alterarán la vegetación de una manera mínima, ya que actualmente la misma se encuentra alterada principalmente por la actividad del hombre. Por lo que se considera que se producirá un impacto negativo de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional; temporal, reversible y no mitigable.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades que se consideran no alterarán la vegetación.

b) Fauna

La fauna en esta área se encuentra muy escasa, debido a la actividad del hombre, pero su protección se debe tomar muy en cuenta por que existen variedades de animales que se encuentran protegidos por la ley, como los venados, que debido a la caza indiscriminada que inclusive se da en este

sector del Campus Prosperina, se encuentran en peligro de extinción, ya que cada vez se alejan más de su hábitat natural.

Por lo que se considera que se producirá un impacto negativo de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional; temporal, irreversible y no mitigable.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades que se les considera que no alterarán la fauna.

9.7.3.- Medio ambiente social

a) Salud pública

El transporte de material, tendido del material con motoniveladora, hidratación del material con tanquero, compactación del material con un compactador liso vibratorio, son actividades que pueden afectar la salud pública debido a que el polvo producido por tales procesos en la construcción, por medio del viento puede transportar microorganismos, que pueden ser patógenos, hasta donde se encuentran los habitantes de la zona y producir enfermedades. Por lo que se considera que producirán un impacto negativo de magnitud moderada, importancia moderada y carácter ocasional; temporal, reversible y mitigable.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades que se consideran que no alterarán la salud pública.

b) Uso del territorio

Las actividades antes mencionadas en el proceso de construcción contribuirán de manera efectiva a mejorar el flujo de vehículos hacia y desde el Campus Politécnico lo que promoverá un mejor uso de los terrenos que se encuentran en el área, como lo es la comercialización de los productos agrícolas y agropecuarios que se dan en los terrenos del Proyecto CENAE manejado por la FIMCP. Por lo que se considera esto como un impacto positivo de magnitud moderada, importancia moderada y carácter local.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades que se considera no alterarán el uso del territorio.

c) Aceptación social

Las actividades antes mencionadas en el proceso de construcción contribuirán de manera efectiva al desarrollo de la Institución lo cual tendrá con toda seguridad el beneplácito y la aceptación social de los integrantes de la misma, pues es evidente que esta obra mejorará la

economía de la ESPOL. Por lo que se considera esto como un impacto positivo de magnitud moderada, importancia alta y carácter local.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades sin trascendencia en cuanto tienen que ver con la aceptación social.

d) Economía municipal

La ejecución del proyecto contribuirá de manera efectiva a mejorar la economía del lugar al mejorar las condiciones viales y a su vez el intercambio de productos agrícolas que se dan en este sector de la ESPOL, lo cual con toda seguridad incrementará el comercio de la zona, lo que tenderá a beneficiar la economía municipal. Por lo que se considera esto como un impacto positivo de magnitud moderada, importancia alta y carácter local.

Los controles de densidad de campo que se realizarán son actividades sin trascendencia en cuanto tienen que ver con la economía municipal.

9.8.- MATRIZ DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

Tomando en consideración el análisis de los impactos ambientales positivos y negativos descritos anteriormente, se presenta la Tabla 10.2, donde se muestra la Matriz de Calificación Ambiental.

De acuerdo a la matriz obtenida según la forma de calificación ya establecida anteriormente se obtienen los siguientes resultados:

- Impactos Negativos = -12 (27 %)
- **Impactos Positivos = +32 (73 %)**

  Total de Impactos = 44

De lo que se puede determinar claramente que la construcción del proyecto vial, como es lógico esperar tendrá un mayor impacto positivo frente a los problemas que podrían producirse.

Dado que la matriz creada para fines didácticos es muy subjetiva, correspondería realizar un estudio de impacto ambiental más especializado.

TABLA 9.2 Matriz de calificación ambiental

ACCIONES DEL PROYECTO	FACTORES AMBIENTALES								
	FISICO			BIOLÓGICO		AMBIENTE SOCIAL			
	CALIDAD DEL AIRE	CALIDAD DEL SUELO	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	FLORA	FAUNA	SALUD PUBLICA	USO DEL TERRITORIO	ACEPTACIÓN SOCIAL	ECONOMÍA MUNICIPAL
TRANSPORTE DE MATERIAL, TENDIDO DEL MATERIAL CON MOTONIVELADORA, HIDRATACIÓN DEL MATERIAL CON TANQUERO, COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON UN COMPACTADOR LISO VIBRATORIO	-4	-1	0	-1	-1	-4	+8	+12	+12
CONTROLES DE DENSIDAD DE CAMPO	-1	0	0	0	0	0	0	0	0

9.9.- INFORME FINAL DE CALIFICACIÓN

El informe final de calificación está orientado a evaluar las característica ambientales de un estudio para apoyar la toma de decisión de la autoridad ambiental sobre su aprobación o rechazo. Así, el equipo de observadores, además de calificar la calidad del estudio, debe proporcionar a las autoridades ambientales los argumentos que sustentaron la calificación final, y en lo posible, un resumen de los principales impactos que se producirían y de sus respectivas medidas de corrección o mitigación, incluyendo en todos los caso, un informe sobre la inclusión o no de los costos de corrección ambiental en los respectivos presupuestos de proyecto.

La calificación final del estudio deberá determinar lo siguiente:

- ***Aceptación***, cuando la evaluación ambiental efectuada en los estudios es aceptable y se considera que se han cumplido con los procedimientos formales-administrativos y técnicos preestablecidos.

- ***Rechazo***, cuando la evaluación ambiental efectuada en los estudios no es aceptable, o se considera que se han incumplido con los procedimientos formales-administrativos o técnicos prefijados.

- ***Estudio observado***, cuando presenta situaciones que ameritarían su aprobación, pero al mismo tiempo, contiene análisis que no son completamente claros y que podrían o deberán ser mejorados.

9.10.- MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Del análisis de la Tabla 9.2, Matriz de Calificación Ambiental, se desprende que existen impactos positivos y negativos.

El tiempo programado para realizar estos trabajos es de tres (3) meses. Por lo expresado, estos trabajos serán temporales y de muy corta duración. Los impactos negativos una vez que los trabajos estén terminados finalizarán su acción, por lo que todos ellos son de carácter temporal.

Los impactos negativos no mitigables son de magnitud baja e importancia baja, además su efecto cesará una vez que se hayan culminado los trabajos de construcción del proyecto. Estos tienen que ver con:

- Medio ambiente físico: Calidad del aire, calidad del suelo.
- Medio ambiente biológico: Flora y fauna.

Los impactos negativos que se pueden mitigar durante la realización del trabajo son la generación de polvo y emisiones atmosféricas, así como la producción de ruido.

El polvo será mitigado mediante el humedecimiento del terreno utilizando el cuerpo de agua más cercano durante la realización de los trabajos. El agua puede ser llevada al sitio de trabajo mediante la utilización de tanqueros, los cuales tienen dispositivos para regarla, tales como rociadores a presión.

Durante el traslado del material pétreo mediante volquetas al sitio de trabajo, éstas deberán usar una lona para cubrir el material con el objeto de disminuir sustancialmente la emisión de polvo y la caída del material a la vía en construcción.

Se puede mitigar el ruido producido por la maquinaria pesada mediante el uso de equipos en buen estado y las emisiones deberán cumplir con las normas pertinentes, tales como Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2 204: 98): Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a gasolina, Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2 207: 98): Gestión

Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a diesel.

A medida que se vayan terminando los trabajos se realizará la limpieza del área de trabajo de acuerdo a lo establecido en las "Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes" del MOP, numeral 103 – 2.07. Limpieza General (Quito 1993). Los trabajos aquí especificados se considerarán pagados mediante los varios rubros del contrato, y no se harán pagos directos en concepto de su ejecución.

Se construirá un tanque séptico de Cámara Única de hormigón armado y un pozo de Absorción, con capacidad para 25 personas. Estas estructuras servirán únicamente durante la obra a realizar, luego de lo cual deberán ser selladas con material pétreo. Las dimensiones del Pozo de absorción son las siguientes, diámetro = 1.80 metros; altura Útil = 1.80 metros.

Se recomienda ubicarlos en la vecindad del punto medio del Proyecto y a unos cien metros del cauce natural más cercano. Se prevé que los desechos sólidos serán de poco volumen los cuales serán dispuestos en el lugar que indique la autoridad pertinente.

Los costos del desarrollo de las medidas de mitigación del impacto ambiental serán incluidos en los rubros de trabajo correspondientes.

9.11.- AUDITORIA AMBIENTAL

9.11.1.- Objetivos

El principal objetivo de la Auditoría Ambiental, es incorporar al sistema administrativo de la empresa constructora, un plan para mejorar el aprovechamiento de los recursos, basados en la normas ISO 14000 por medio del Cuestionario de Diagnóstico de la ISO 14001.

Otro de los objetivos del siguiente trabajo es el de concienciar a la administración empresarial que la aplicación de las normas ISO 14000 es beneficiosa, debido a que se pueden reducir los costos si se encuentran medios para reducir la contaminación.

En vista de esto, y contando con todos los elementos pertinentes, bases y el personal calificado, se quiere ofrecer un servicio de asesoría en Gestión y Administración Ambiental con el fin de incorporar en un sistema administrativo las normas ISO 14000, las que se están implantando en las instituciones con el fin de alcanzar los objetivos antes mencionados.

9.12.- SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Los Sistemas de Gestión Ambiental, siguiendo las actuales tendencias a la protección del medio ambiente, quiere dar a conocer que la gestión ambiental es un método sistemático del cuidado del medio ambiente en todos los aspectos de un negocio y que la organización internacional de normas ISO es la que se encarga de generar normas para el establecimiento de políticas Medio Ambientales en las organizaciones en el ámbito privado y público.

Las normas ISO están relacionadas con extensas áreas del Sistema de Gestión Medio Ambiental (SGM) como auditorias Medio Ambientales, proporcionando evaluación de logros, análisis del ciclo vital y aspectos medio ambientales de las normas y productos.

En nuestro país ya se están aplicando reglamentaciones Medio Ambientales basados en las normas ISO 14000 para todo nivel industrial y cuyo objetivo es el de proteger y salvaguardar la seguridad de nosotros mismos y nuestro entorno debido a los problemas de contaminación causados por la falta de conocimiento en áreas Medio Ambientales con respecto a la administración de recursos.

9.13.- RESEÑA DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL Y LA ISO 14000

La gestión ambiental es un método sistemático de cuidado del medio ambiente en todos los aspectos de un negocio. La implementación de este método normalmente es un proceso voluntario. In embargo, las empresas están evaluando los beneficios de adoptar la gestión ambiental, no solo desde el punto de vista financiero sino también de los riesgos de no considerar adecuadamente los aspectos ambientales (accidentes, incapacidad para obtener crédito bancario y otros fondos de inversión).

La salud y el bienestar de la comunidad y el medio ambiente dependen de lo que hagamos hoy, a menos que hagamos cambios drásticos en nuestra manera de vivir, el ambiente del cual dependemos para sobrevivir continuará deteriorándose. Desde hace mucho tiempo la industria ha sido considerada como el objetivo primario de la campaña para aminorar la degradación ambiental, y la industria de la construcción no puede quedar excluida de esta tendencia, es por esto y por otras razones, que se formuló la ISO 14000 a fin de aclarar los adelantos logrados en este campo en el mundo entero.

La ISO 14000 ha atraído el interés de la industria, organizaciones internacionales y gobiernos de todo el mundo. Tanto las autoridades

encargadas de formular políticas como la comunidad empresarial consideran que las normas son un componente clave de un nuevo paradigma para la cooperación de organismos reguladores y la industria.

El gobierno de Ecuador también está en posición de usar la serie ISO 14000 para reformar la labor actual de fortalecer los programas ecológicos del país.

Algunos de los formuladores de la serie ISO 14000 alegaron que esta podría ofrecer algunas alternativas a las regulaciones de "mando y control". Por ejemplo, al permitir que las firmas se registren ellas mismas (o que las registre un tercero) en virtud de la serie ISO 14000, y auto monitoreen sus prácticas, el gobierno podría concentrar sus limitados recursos para hacer cumplir las leyes en industrias menos interesadas en la protección del medio ambiente y, por ende, ampliar las posibilidades de cumplimiento en la comunidad regulada. La "discreción en el cumplimiento" es una estrategia básica empleada por organismos reguladores del mundo entero.

9.14.- CONCLUSIONES

La manera más idónea para empezar un buen plan de control ambiental, es la capacitación e información que se entregue por parte de la

Administración de la empresa en nuestro caso constructora, a través de las personas que están en contacto con el personal de campo, la mayor parte del tiempo se realiza un contacto directo.

Por medio de incentivos económicos, se puede llegar con mayor facilidad al personal de campo, creando un plan con el cual se pueda controlar el aprovechamiento de los recursos periódicamente, y con informes de los ayudantes de campo dirigidos a los encargados de obra, indicando las personas que cumplen con el objetivo planteado en un periodo de tiempo.

El aprovechamiento de los recursos, indiscutiblemente, es la manera con la cual se puede alcanzar con mayor facilidad una meta ambiental y a su vez una meta económica en periodos muy cortos, lo que optimiza aún más cada proyecto a ejecutarse.

CONCLUSIONES GENERALES

El efectuar el presente trabajo desde su planificación nos ha dado una idea clara y precisa del tiempo y sacrificios que conllevan el realizar un proyecto vial, desde la programación del aforo de tráfico hasta la realización del presupuesto final, tomando en consideración trabajos especiales como la estabilización de taludes y geotecnia y el diseño del drenaje vial.

Desde el reconocimiento preliminar se fueron determinando las posibles rutas por donde pasaría la vía, tomando en cuenta las estructuras construidas con anterioridad, por ejemplo alcantarillas antiguas, determinando luego si esas estructuras cumplen con los requisitos del nuevo diseño.

El recorrido frecuente de las posibles rutas de la vía, en las distinta épocas del año (invierno y verano), hizo que en el momento de diseñar la carretera se tengan ideas claras de los posibles problemas que se tienen que enfrentar, con la finalidad de darle la mejor y real solución.

Se dejan como aporte a la Institución 8 hitos (BM) cuyas coordenadas fueron arrastradas desde el IGM P-PN-15 ubicado en la pila del viaducto de la Prosperina, como se indica en la Figura 1.3, lo cual será útil en el momento que se requieran darle coordenadas reales a trabajos que se realicen dentro del Campus.

En el diseño hidráulico se tuvo que hacer uso de un plano planimétrico que aunque estaba a mayor escala (con curvas de nivel cada 5 metros) tenía una mayor extensión, lo cual permitió trazar mejor las Subcuencas de drenaje, y así determinar realmente los caudales para el diseño de alcantarillas y cunetas.

El diseño Geotécnico fue el más determinante, tanto en lo económico como en lo técnico, ya que se atravesaban por varios tramos que estaban formados por arcillas altamente activas, lo que precisó un estudio especial, hasta llegar a una solución factible, no se podía desalojar todo el material expansivo porque ser antitécnico y era un rubro demasiado caro, la solución adoptada debe ser revisada en el laboratorio en el momento de la construcción para establecer los porcentajes óptimos de las mezclas.

La estabilización de taludes fue revisada por dos métodos, el uno analítico y el otro gráfico, esto ayudó a intuir, con el asesoramiento de especialistas en la rama, el mejor talud de corte de acuerdo al tipo de material por donde cruzaría la vía, recomendándose el recubrimiento de los taludes vulnerables a la erosión con parte del material desalojado en los tramos de las arcillas expansivas para incentivar al desarrollo de vegetación propia de la zona.

Se tuvo que analizar el movimiento de tierras por tramos, ya que no se consideraría el material de corte (excavado) en los tramos de arcillas expansivas, fijando las posibles canteras que servirán de material de préstamo, ayudó mucho el contar con el plano de caracterización de los suelos del Campus Politécnico “Contactos Geológicos” y determinar que esas canteras estén dentro de las distancias de libre acarreo.

El presupuesto fue efectuado de la manera más práctica posible, determinando en el campo (visitas a obras viales) los rendimientos de las distintas maquinarias que trabajan en un rubro.

El cronograma de actividades fue realizado en 4 meses considerando un flujo de caja conveniente para la Institución que financie la obra, no sobrepasando los $ 540.000 mensuales.

El valor presupuestado para la vía es de $ 1’827.064.73 en sus 3.19 Km, es decir $ 572.747.56 por Km, considerando el tratamiento a los tramos de arcillas expansivas en dos sectores.

BIBLIOGRAFÍA

L. Franceschi A., Drenaje Vial (Caracas, Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela, 1984), pp.95-180

J. Suárez D., Manual de Ingeniería para el control de erosión (Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 1992), pp.75-185

J. Cárdenas G., Diseño Geométrico de Vías (2da. Edición, Bogotá, Ecoe ediciones, 2000), pp.277-320

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Normas de diseño geométrico de carreteras (Quito, Asesoría Técnica Cía. Ltda., 1973)

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Especificaciones Generales para construcción de caminos y puentes (Quito, Dpto. Publicaciones MOP, 1993)

E. Ripalda B., Maquinaria de Construcción (Parte I, Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 1981), pp.27-72

I Simposio Panamericano de Deslizamientos de Tierra, Guayaquil, Agosto 1-5, 1994 ("La Geología y los Movimientos de masas, por R. Maruri D.", 1994),pp.144-163

I Simposio Internacional de Movimientos de Masas, Cuenca, Abril, 2001 ("Conceptos básicos sobre la prevención y corrección de movimientos de fallas de taludes, por M. García L.", 2001), pp.6-12

Seminario de Estabilidad de Taludes en Suelos y Rocas, Guayaquil, Agosto 2-8, 2000 ("Estabilidad de Taludes Naturales y Artificiales en Suelos y Rocas, por A. Sayao y A. Ortigao", 2000)

Seminario de Cálculos de Costos Horarios de Equipos de Construcción y Costos de Obras Viales, Guayaquil, Noviembre 12-16, 2001 (Análisis del Costo de Operación y Posesión para Equipos de Construcción, por F. von Buchwald", 2001),pp. 3-34

M. Calle y V. Guzmán, Estudio de las diaclasas y su resultado en la Estabilidad de Taludes (Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Junio 1989).

F. Alvarado, A. Calderón, M. Mendieta y A. Vargas, Diaclasas y síntesis de falla en la vía Perimetral (Guayaquil, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Agosto 1989).

J. Coronel, D. Cortez y P. Moreno, "Rediseño de la vía existente Ancón-Santa Elena" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000).

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	Distribución de las áreas del Campus Politécnico	10
Tabla 1.2	Otros parámetros meteorológicos	14
Tabla 1.3	Resumen de datos de precipitación (mm) – Estación 056 Guayaquil DAC	18
Tabla 2.1	Resultados del aforo de tráfico	51
Tabla 2.2	Clasificación de carreteras según el tráfico	60
Tabla 3.1	Elementos de las curvas horizontales	51
Tabla 3.2	Elementos de diseño para la transición del peralte	77
Tabla 3.3	Transición del peralte	78
Tabla 3.4	Radios mínimos para valores máximos de e y f	82
Tabla 3.5	Radios mínimos recomendables	83
Tabla 3.6	Curva horizontal simple	84
Tabla 3.7	Valores de diseño del coeficiente k para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas	97
Tabla 3.8	Valores de los elementos de las curvas verticales	98
Tabla 3.9	Curva vertical	99
Tabla 4.1	Requisitos de los métodos de estimación de caudales	114
Tabla 4.2	Velocidades medias admisibles de la corriente (no erosivas) para suelos no cohesivos, en m/s	134
Tabla 4.3	Frecuencia de ciseño	140
Tabla 4.4	Coeficiente de escorrentía	142
Tabla 5.1	Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo	161

Tabla 5.2	Métodos de elusión de amenazas de deslizamiento	162
Tabla 5.3	Estructuras de control de masas en movimiento	164
Tabla 5.4	Métodos de estabilización de taludes que modifican La topografía	167
Tabla 5.5	Métodos de recubrimiento de la superficie del talud	169
Tabla 5.6	Métodos de control de agua y presión de poros	171
Tabla 5.7	Métodos de estructuras de contención	172
Tabla 5.8	Métodos para mejorar la resistencia del suelo	174
Tabla 5.9	Pendientes típicas para taludes de corte	184
Tabla 5.10	Características de los pastos utilizados en el control de erosión	186
Tabla 5.11	Ensayo de expansión controlada	232
Tabla 6.1	Ensayos sobre el suelo de subrasante	251
Tabla 6.2	Granulometría para materiales de sub-base	254
Tabla 6.3	Granulometría para base clase 1	257
Tabla 6.4	Granulometría para base clase 2	258
Tabla 6.5	Granulometría para base clase 3	258
Tabla 6.6	Granulometría para base clase 4	259
Tabla 6.7	Elementos estructurales del pavimento flexible	263
Tabla 6.8	Presiones para distintas penetraciones del vástago en la muestra patrón. Prueba CBR	272
Tabla 6.9	Potencial expansivo del suelo	278
Tabla 6.10	Aforo de tráfico	282
Tabla 6.11	Factor de transformación	283
Tabla 6.12	Vehículos de diseño	283
Tabla 6.13	Proyección del tráfico	284
Tabla 6.14	Cálculo de ejes equivalentes	284
Tabla 6.15	Total de ejes equivalentes	285

Tabla 6.16	Número estructural	286
Tabla 6.17	Diseño de las capas del pavimento	286
Tabla 7.1	Características de los suelos	313
Tabla 7.2	Volúmenes acumulados (abscisa 0+060 – 0+560)	321
Tabla 7.3	Volúmenes acumulados (abscisa 0+720 – 0+920)	322
Tabla 7.4	Volúmenes acumulados (abscisa 1+520 – 2+989.20)	323
Tabla 7.5	Compensación del movimiento de tierra	326
Tabla 7.2	Volúmenes acumulados (abscisa 0+060 – 0+560)	321
Tabla 8.1	Gastos Indirectos de Operación	341
Tabla 8.2	Vida útil de los equipos	354
Tabla 8.3	Modelos Pequeños de Tractores de cadenas	372
Tabla 8.4	Modelos Medianos de Tractores de cadenas	373
Tabla 8.5	Modelos Grandes de Tractores de cadenas	373
Tabla 8.6	Modelos Pequeños de Cargadoras	375
Tabla 8.7	Camión de Obras	376
Tabla 8.8	Camiones para Canteras	377
Tabla 8.9	Modelos Pequeños de Excavadoras	378
Tabla 8.10	Modelos Medianos e Excavadoras	378
Tabla 8.11	Modelos de Motoniveladoras	380
Tabla 8.12	Modelos de Motoraíllas Autocargadores	382
Tabla 8.13	Modelos de Compactadores de Suelos	383
Tabla 8.14	Compactadores Vibratorios de Suelos	383
Tabla 8.15	Compactadores Vibratorios de Asfalto	383
Tabla 8.16	Compactadores Neumáticos	384
Tabla 8.17	Modelos de Pavimentadoras de asfalto	385
Tabla 9.1	Valoración de los impactos ambientales	408
Tabla 9.2	Matriz de calificación ambiental	419

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Observación de estructuras existentes	7
Figura 1.2	Colocación de estacas para la poligonal de reconocimiento (lindero norte, sector del CENAE)	35
Figura 1.3	IGM P-PN-15 ubicado en la pila del viaducto de la Prosperina	36
Figura 2.1	Esquema de los puntos de aforo	50
Figura 3.1	Distancias de visibilidad	67
Figura 3.2	Elementos de las curvas circulares horizontales	72
Figura 3.3	Esquema de transición del peralte	79
Figura 3.4	Grado de curvatura	81
Figura 3.5	Sobreancho	85
Figura 3.6	Tipos de curvas verticales	90
Figura 4.1	Hidráulica de alcantarillas	127
Figura 4.2	Varias formas de lograr una alineación correcta de alcantarillas	129
Figura 4.3	Pendientes apropiadas de las alcantarillas	132
Figura 4.4	Longitud de la alcantarilla	133
Figura 4.5	Canales triangulares plenos n = 0.016	153
Figura 5.1	Corte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad	166
Figura 5.2	Atenuador de caídas de bloques de rocas con llantas usadas	173

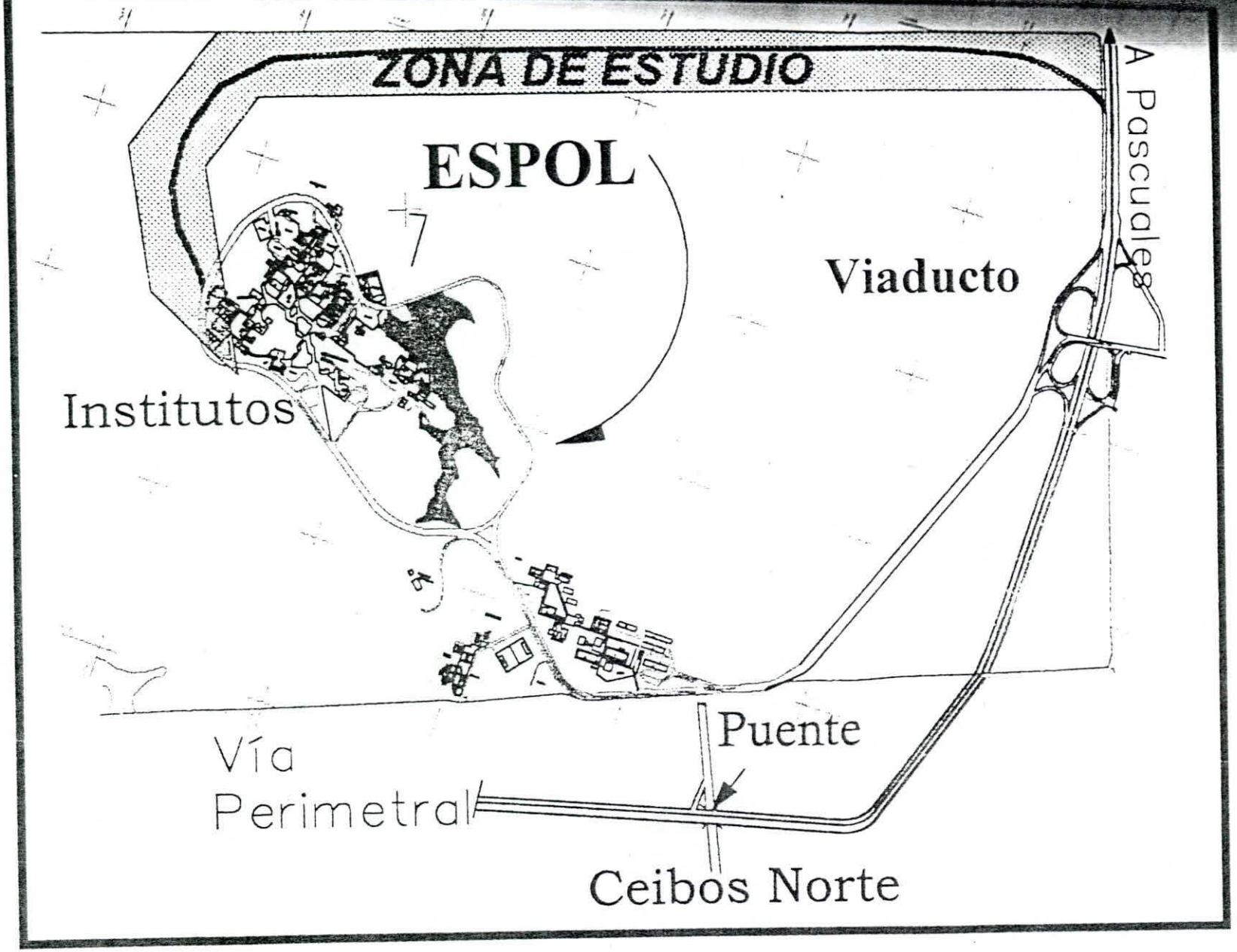
Figura 5.3 Contrapeso para estabilización de un deslizamiento activo 176
Figura 5.4 Estabilización por conformación del talud y bermas 178
Figura 5.5 Cortes en taludes con juntas semiparalelas a la topografía del terreno 179
Figura 5.6 Esquema típico de un subdren de zanja con geotextil 189
Figura 5.7 Detalle de bermas bajas en el pie del talud 196
Figura 5.8 Muro de contención 197
Figura 5.9 Esquema de inyecciones en roca para estabilización de taludes 202
Figura 5.10 Buzamiento aparente 212
Figura 6.1 Elementos del pavimento flexible 248
Figura 6.2 Variación de la presión con la profundidad 265
Figura 6.3 Distribución de esfuerzos de un sistema bicapa según Burmister 266
Figura 6.4 Estructura de un pavimento de 3 capas 267
Figura 6.5 Determinación del CBR de diseño 273
Figura 6.6 Curvas de compactación para el método de los 9 puntos 274
Figura 6.7 Curva de compactación típica 275
Figura 6.8 Porcentaje de hinchamiento 277
Figura 6.9 Porcentaje de expansión libre 278
Figura 6.10 Solución con geotextil tejido a rellenos sobre suelos blandos 291
Figura 6.11 Solución con geotextil a terraplenes de gran altura sobre suelos blandos 292
Figura 6.12 Solución con geogrilla como refuerzo de base de pavimentos 293
Figura 6.13 Solución con mallas metálicas para refuerzo de

pavimentos asfálticos 294
Figura 6.14 Impermeabilización entre camadas de pavimentos Asfálticos 295
Figura 6.15 Agrietamientos frecuentes que ocurren en pavimentos Flexibles 298
Figura 6.16 Fisuraciones o agrietamientos que ocurren en los pavimentos flexibles 299
Figura 7.1 Sección transversal típica pavimentada en recta 306
Figura 7.2 Secciones transversales típicas 308
Figura 7.3 Área sección homogénea simple (corte) – por triangulación 309
Figura 7.4 Área sección mixta – por coordenadas 310
Figura 7.5 Esquema de compensación de canteras 320
Figura 8.1 Factores de influencia que determinan el incremento de costo sobre el costo de adquisición 336
Figura 8.2 Factores de influencia que determinan el incremento de costo por equipo 337
Figura 8.3 Tractores de cadena 371
Figura 8.4 Cargadores de ruedas 374
Figura 8.5 Camiones de obra 376
Figura 8.6 Excavadoras hidráulicas 377
Figura 8.7 Motoniveladora 379
Figura 8.8 Mototraílla 381
Figura 8.9 Compactadores 382
Figura 8.10 Pavimentadora de asfalto 384

ANEXOS

ANEXO 1

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO


ZONA DE ESTUDIO
ESPOL
Viaducto
A Pascuales
Institutos
Puente
Vía
Perimetral
Ceibos Norte

ANEXO 1.2



CIB-ESPOL

LIBRETAS TOPOGRÁFICAS



CIB-ESPOL

LIBRETA DE CAMPO TAQUIMETRICA
(ARRASTRE DE COORDENADAS)

OBRA: VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO — LEVANTO: Grupo de Tópicos de Vias Año 2000 FECHA: Dic/2000

UBICACION: Vía Perimetral (ESPOL-CAMPUS PROSPERINA) — APARATO: Teodolito Leica T-100 — HOJA:

Estacion	Punto	Hilos			Angulo Horizontal			Angulo Vertical			DISTANCIA	Observaciones
		Sup	Medio	INF	G	M	S	G	M	S	Promedio	
	EO	1,607	1,49	1,373	0	0	0	87	49	30	23,4	
Ea1 (a=1,49)	Ea2	2,176	1,49	0,804	195	32	50	91	56	10	137,2	
	Ea1	2,187	1,5	0,813	0	0	0	88	3	50	137,4	
Ea2 (a=1,50)	Ea3	2,111	1,5	0,889	179	52	10	91	41	10	122,2	
	Ea2	2,069	1,46	0,841	0	0	0	88	19	30	122,8	
Ea3 (a=1,458)	Ea4	2,099	1,46	0,821	180	37	40	90	3	10	127,8	
	Ea3	2,099	1,46	0,821	0	0	0	89	57	10	127,8	
Ea4 (a=1,465)	Ea5	2,166	1,46	0,754	180	20	10	88	17	50	141,2	
	Ea4	2,176	1,47	0,764	0	0	0	91	42	10	141,2	
Ea5 (a=1,468)	Ea6	2,045	1,47	0,895	184	7	40	87	48	20	115	
	Ea5	2,055	1,48	0,905	0	0	0	92	11	40	115	
Ea6 (a=1,476)	hito	2,06	1,48	0,9	175	48	30	88	15	20	116	hito topografico P-PN-15

74.9876	73.9876	77.9876	76.5876	77.7876	79.2876	80.4076	79.2176	79.6276	79.9276	80.2276	78.3276	84.1376
9763287.5	9763290.4	9763273.22	9763308.03	9763261.793	9763266	9763248.9	9763248.4	9763244.656	9763237.5	9763232.2	9763230.4	9763246.09
614943.98	614925.16	614900.437	614895.298	614876.6063	614857.0	614842.98	614838.44	614831.7694	614813.09	614799.08	614794.41	614783.196
	♦	♦	♦	E2.0	♦	♦		♦	♦	♦		
20	20	12	20	110.9166667	20	16	7	12	20	16	5	17

75.1186	75.1106	75.1186
9763206.43	9763295.431	9763285
614883.099	614883.0892	614883.1
♦	PS.6	♦
	79.09166667	

76.789	73.923	71.1726	70.5726	70.1126	71.9426	71.9726	67.6726	69.1726	68.7726	68.6926	67.1626	68.1026	67.4026	69.050	75.053	73.603	72.103	72.143	74.243	74.143	74.443	73.953	73.853	73.953	73.953	73.9	74.143	74.143	74.143	74.143	74.443	74.443	74.443	74.443	74.443	74.443	74.7
1E+07	1E+07	9763550	9763933.8	9763910.7	9763907.102	9763337.586	9763337.4	9763346.2	9763340.4	9763350.9	9763360.4	9763351.9	9763359.69	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07
614941	614935	614930.49	614910.65	614894.187	614894.159	614891.2131	614871.0	614861.84	614851.2	614820.6147	614814.2	614814.13	614811.49	614808.24	614966	614931	614795	614752	614773	614748	614743	614742	614741	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740	614740
	♦	♦				PS.5	♦		♦	♦						♦	♦	♦	♦		♦																	
6.6	5	40	20	0.1	3	20.09166667	20	20	40	12	6	6.6	9	12.6	15	20	18	8.5	15	15	17	4	6	0.7	2	6.6	6.6	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

			84.2756	86.7626	86.7176	84.1076	84.5076	84.1776	82.4976	80.6376	75.4876	74.4476	69.0076	71.6776																							
			9763343.3	9763389.8	9763.1	9763.1	9763792.725	9763.1	9763799.4	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1																								
			614441.19	614445.12	614.1	614.1	614901.8139	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1																								
				♦	♦	♦	E19	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦																								
			15	47	0	0	80.37222222	0	0	0	0	0	0	20	12																								

78.021	80.321	80.681	81.5076	82.7926	83.41	82.1126	81.8106	84.2916	82.6526	81.2726	82.2456	80.3106	79.4106	78.0406	69.8026	69.711	76.553	80.453	74.956	82.356																	
1E+07	1E+07	1E+07	9763431.6	9763436.6	9763431.71	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763442.8	9763.1	9763442.7	9763447.4	9763447.34	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07																	
614402	614406	614402	614.1	614968.15	614.1	614.1	614901.192	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614479.673	614.1	614.1	614.1	614773	614.1																	
1	♦	♦		♦	♦	♦	ES9	♦	♦	♦			♦	♦	♦		♦	♦																				
1	4	16	2	5	20	10	81.05611111	1	20	20	4	1	8	14	20	1	6.6	19.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

74.74	77.164	78.964	77.124	78.8036	72.4036	71.4736	70.1536	69.4836	69.0176	68.6726	64.4076	62.7026	60.4826	59.6716	57.3826																						
1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9763.1	9763564.3	9763.1	9763.1	9763566.206	9763.1	9763568.3	9763574.4	9763571.835	9763.1	9763.1	9763579.04																						
614937	614937	614999	614979	614953.41	614949.42	614931.344	614905.461	614915.4772	614.1	614.1	614879.54	614869.67	614839.9219	614821.03	614816.24	614791.67	614797.571																				
	♦	♦	♦	♦		♦		PS.4	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦																					
10	6	20	20	24	14	20	10	86.71944444	1	20	20	20	19	6	17	21																					

77.774	78.274	83.974	72.6	78.7526	79.1126	77.176	72.9136	72.7136	68.4726	68.1726	65.1626	64.1426	63.1326	59.1326	56.7426																						
1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1																						
614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1																						
	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	PS.3	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦																					
20	20	6	15	15	12	10	86.71944444	7	12	6	11	20	6	6	20																						

84.104	85.104	82.474	81.726	81.4726	80.4626	79.4726	79.4126	78.6726	77.9026	77.8026	75.1026	73.3626	73.4726	74.7526	75.054	81.414																					
1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	1E+07																					
614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1																					
	♦	♦			♦		♦	PS.2		♦	♦	♦	♦	♦	♦		♦																					
20	10	15	8.6	7.6	9	4	12	86.71944444	4	8.6	10	20	20	8.6	4	7	12	1.6																				

84.1076	83.579	83.409	83.4496	85.4686	89.7166	90.2156	84.8206	85.2206	85.3206	82.9606	79.7206	71.7006	69.3656	74.6476																							
1E+07	1E+07	1E+07	9763644	9763649.3	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1	9763.1																							
615010	615000	614960	614970.2	614966.21	614966.124	614905.957	614970.382	614900.4	614940.43	614870.46	614866.2951	614837.02	614830.53	614814.56																							
	♦	♦	♦	♦	♦	♦	PS.1	♦	♦	♦	♦	♦	♦																							
20	10	20	5	9.4	20	15.6	86.71944444	20	10	20	13.6	20	16.6	18																							

| | | |

| | | |

	60.251	59.851	59.451	59.051	58.651	58.251	57.8506	57.4506	57.0506	56.6506	56.4506	57.0506
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764005.4	9764024.4	9764043.5	9764062.54	9764081.588	
	615494	615488	615481	615475	615469	615463	615457	615450.9	615444.795	615438.692	615432.5889	
			≠		≠		≠		≠		P37	
	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	17.76666667	CERRAMIENTO
	60.922	60.722	60.422	59.722	58.622	56.922	56.0216	54.7216	54.8216	55.0216	55.2216	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764021.2	9764040.3	9764059.32	9764078.37	9764097.411	
	615543	615537	615531	615525	615519	615512	615506.38	615500.28	615494.178	615488.075	615481.9721	
				≠		≠			≠		P36	
	60	40	20	40	20	60	40	20	40	20	17.76666667	CERRAMIENTO
	59.813	60.713	57.713	56.813	55.813	54.813	54.713	54.1126	54.1126	54.1126	53.7126	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764025.7	9764045.3	9764064.91	9764093.86	97u4112.902
	614981	614975	614969	614963	614957	614950	614944	614938.22	614932.12	614926.012	614919.91	614913.8067
		≠		≠		≠		≠		≠		P35
	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	17.76666667
	58.026	58.626	55.026	54.026	54.026	54.026	55.2046	55.2046	53.4246	53.6246	53.2246	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764142	9764161.07	9764180.27	9764199.11	9764199.158	
	615633	615627	615621	615615	615609	615602.9	615597.14	615591.04	615584.934	615584.934	615577.9261	
		≠	≠				≠				P34	
	20	20	60	40	40	20	40	60	40	20	17.76666667	CERRAMIENTO
	61.72	59.62	60.42	57.62	58.02	58.62	59.2146	58.8146	54.8146	53.1146	52.5196	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764087.6	9764106.61	9764125.61	9764144.46	9764163.412	
	617723	617623	617617	617611	617604.9	617598	617592.1	617586.02	615638.027	615631.931	615625.8341	
			≠				≠				E12	
	40	20	60	40	40	20	40	60	40	20	18.05277778	CERRAMIENTO
	57.712	56.932	56.612	56.332	56.032	56.232	56.0316	54.8716	53.4016	52.7316	52.4316	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764079.4	9764098.5	9764114.38	9764132.93	9764151.977	
	615716	615709	615703	615696	615689	615683	615675.56	615669.17	615662.452	615655.793	615649.1045	
			≠		≠		≠				P33	
	60	40	20	60	40	20	60	60	40	20	19.53888889	CERRAMIENTO
	57.112	56.932	57.112	57.112	56.732	54.832	54.832	53.4016	53.4016	52.7316	51.7896	
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764079.4	9764098.5	9764114.38	9764132.93	9764151.977	
	615716	615690	615683	615676	615669	615663	615656.56	615650.17	615643.452	615636.793	615630.1045	
			≠		≠		≠				P30	
	40	20	60	40	20	60	60	60	40	20	19.53888889	CERRAMIENTO
	57.107	59.786	59.026	57.886	56.286	57.286	57.193	48.0216	51.2516	53.8416	55.7406	56.1786
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764079.4	9764098.5	9764117.6	9764136.7	9764718.642
	615716	615709	615703	615696	615689	615683	615675.56	615669.17	615662.452	615656.063	615649.3015	
		≠		≠			≠			≠		E11
	40	20	40	20	60.3	39.2	19.9	7.9	33	20	29	9	18.0375	CERRAMIENTO
	60.081	59.081	59.081	58.681	56.681	53.481	45.961	47.961	48.421	53.1205	60.9706	59.7706	59.3096	57.6646
	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764170.8	9764193	9764207.36	9764226.55	9764733.26
	615944	615941	615935	615929	615924	615918	615912	615911	615910	615904.4	615898.71	615894.439	615888.747	615886.7547
		≠		≠		≠		≠		≠		≠		P29
	10	40	20	40	20	24	4	24	20	36	16	27	7	16.53611111	CERRAMIENTO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

55,984 1E+07 615995	50,63 1E+07 615989	51,652 1E+07 615988	53,727 1E+07 615984	56,727 1E+07 615978	56,712 1E+07 615975	53,352 1E+07 615971	44,362 1E+07 615965	45,509 1E+07 615964	47,199 1E+07 615963	67,5986 9764173.4 615956.93	60,2966 9764192.6 615951.23	63,1826 9764209.21 615946.28	58,3606 9764245.64 615935.465	58,1826 9764247.553 615934.8957 *P28*	CERRAMIENTO
22,8	2,8	35	20	25	14	29,3	9,3	6,5	40	20	17,4	40	2	-16,53611111	
		55,751 1E+07 616044	48,051 1E+07 616038	44,996 1E+07 616032	46,061 1E+07 616032	46,431 1E+07 616026	43,731 1E+07 616020	44,771 1E+07 616015	45,171 1E+07 616009	47,2886 9764196.5 616006.78	51,7486 9764204.5 616000.72	55,2966 9764223.58 615994.688	57,0036 9764242.64 615988.612	60,2086 9764261.703 615982.5565 *E10*	CERRAMIENTO
		20	40,5	20,5	18,5	20	36	20	47,5	40	20	40	20	-17,625	
		48,939 1E+07 616070	43,939 1E+07 616060	45,199 1E+07 616059	46,299 1E+07 616056	52,399 1E+07 616049	56,139 1E+07 616043	57,519 1E+07 616029	52,679 1E+07 616033	47,759 1E+07 616027	47,5686 9764214.6 616024.14	48,9536 9764233.5 616017.63	49,4796 9764244.53 616013.777	53,0586 9764263.57 616007.36	54,9306 9764283.453 616005.4348 *P27*	CERRAMIENTO
		30	4	30	20	32	12	86	46	28	20	38	26	6	-18,71388889	
														48,2816 9764283.57 616046.903 0	48,2816 9764283.508 616046.923 *P26*	CERRAMIENTO
															-18,71388889	
56,177 1E+07 616066	47,653 1E+07 616057	44,577 1E+07 616052	38,977 1E+07 616049	43,361 1E+07 616109	57,142 1E+07 616102	59,562 1E+07 616096	60,361 1E+07 616089	60,762 1E+07 616082	57,562 1E+07 616096	66,647 1E+07 616083	61,0976 9764225 616076.9	57,2466 9764239.4 616070.16	52,4456 9764255.34 616064.631	49,6456 9764274.29 616060.215	48,9766 9764286.597 616056.0436 *P25*	CERRAMIENTO
		70	26	20	40	20	60	32	30	39	6,5	33	12	40	20	13	-18,71388889	
				58,581 1E+07 616167	66,731 1E+07 616149	71,281 1E+07 616141	71,601 1E+07 616137	69,201 1E+07 616135	66,301 1E+07 616129	68,141 1E+07 616123	61,281 1E+07 616117	64,6626 9764241.1 616109.68	62,8416 9764261.5 616096.76	62,5206 9764280.84 616085.626	65,5206 9764298.62 616103.71	66,2796 9764302.389 616102.4261 *P24*	CERRAMIENTO
				30	20	13	27,5	20	80	65	45	22,5	13,5	10	4	-18,71388889	
								48,132 1E+07 616183	48,132 1E+07 616176	68,732 1E+07 616168	62,912 1E+07 616144	58,7116 9764245.2 616131.14	64,7116 9764265.2 616124.47	55,1366 9764276.27 616118.417	55,5366 9764295.21 616122.301	55,1986 9764307.507 616117.9236 *P23*	CERRAMIENTO
								80	30	14	46	20	17,5	20	13	-18,71388889	
47,044 1E+07 616224	38,044 1E+07 616227	38,596 1E+07 616226	41,196 1E+07 616218	45,396 1E+07 616215	51,796 1E+07 616208	57,596 1E+07 616202	62,376 1E+07 616196	67,496 1E+07 616189	67,496 1E+07 616183	66,796 1E+07 616170	66,5946 9764256.5 616163.749	64,5946 9764274.5 616163.67	65,5946 9764293.4 616157.154	66,7946 9764312.34 616150.737	63,3946 9764318.027 616148.8117 *P22*	CERRAMIENTO
20	3	25	30	20	20	40	20	20	40	60	40	20	20	6	-18,71388889	
				42,997 1E+07 616258	44,297 1E+07 616251	48,597 1E+07 616245	46,932 1E+07 616239	46,212 1E+07 616236	47,761 1E+07 616230	51,202 1E+07 616223	55,202 1E+07 616227	59,4016 9764264.6 616220.32	61,7996 9764273.6 616214.01	61,5016 9764291.57 616207.895	69,9966 9764314.09 616200.437	73,7566 9764333.373 616194.1259 *E9*	CERRAMIENTO
				40	20	78,7	58,7	57,5	56	40	20	83	63	43	20	-18,39444444	

35,259	36,939	37,579	36,819	41,819	40,699	49,819	52,067	56,087	60,887	65,2866	66,2366	67,1466	68,5866	72,7866	
1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764316,6	9764329	9764333,75	9764336,5	9764345,155	
616295	616289	616282	616276	616270	616264	616260	616258	616252	616246	616239,54	616235,5	616233,95	616232,399	616230,2274	
						↓	↓	↓		↓				*P21*	CERRAMIENTO
112	92	72	52	32	12	6,3	20	40	20	30	17	12	7	18,075	
		32,22	36,52	36,72	36,72	38,32	43,92	49,92	55,52	60,7196	63,5196	67,9196	72,7196	76,7196	
		1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764277	9764296	9764315	9764334,01	9764353,025	
		616327	616323	616316	616310	616304	616298	616292	616285	616279,16	616272,96	616266,751	616260,545	616254,3401	
			↓							↓				*P20*	CERRAMIENTO
		15	140	120	100	80	60	40	20	80	60	40	20	18,075	
				32,619	34,619	40,819	45,419	49,019	43,619	49,2186	54,9186	63,2186	69,9186	76,4186	
				1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764281,6	9764311,7	9764330,66	9764349,6	9764368,537	
				616286	616280	616553	616347	616340	616334	616327,56	616321,14	616314,715	616308,293	616301,871	
					↓	↓	↓	↓		↓				*E8*	CERRAMIENTO
				20	20	20	20	40	20	80	60	40	20	18,72916667	
				26,572	28,572	34,572	39,372	42,972	37,172	50,7716	60,9716	68,9716	74,9716	74,0816	
				1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764295,2	9764321,9	9764341,57	9764370,63	9764377,463	
				616290	616283	616277	616270	616263	616257	616343,42	616336,4	616329,504	616316,866	616315,6707	
					↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	*P19*	CERRAMIENTO
				20	20	20	20	20	40	40	20	20	3	19,38333333	
			32,796	33,796	40,596	43,596	38,196	41,796	46,206	52,1046	57,7046	63,5046	66,1046	64,3046	
			1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764313,6	9764332,7	9764351,65	9764370,39	9764389,257	
			616429	616422	616416	616409	616406	616401	616394	616387,21	616380,8	616374,038	616367,4	616360,7626	
				↓	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓	↓	*P18*	CERRAMIENTO
			20	20	20	12	12,6	40	70	20	20	20	20	19,38333333	
				36,112	36,112	36,312	36,512	45,712	47,712	51,7116	51,7716	49,5116	45,9116	47,9116	
				1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764331,4	9764350,3	9764369,13	9764387,99	9764406,861	
				616477	616471	616464	616457	616451	616444	616437,35	616430,71	616424,073	616417,436	616410,7979	
							↓			↓	↓	↓		*P17*	CERRAMIENTO
				60	40	20	60	40	20	20	20	40	20	19,38333333	
				37,796	37,796	37,996	36,196	45,396	49,196	55,1546	59,1946	59,1946	59,2946	57,0846	
				1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764341,1	9764360,1	9764379,03	9764397,94	9764416,861	
				616484	616478	616471	616464	616458	616451	616444,78	616438,36	616431,927	616425,497	616419,0612	
					↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	*P16*	CERRAMIENTO
				20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19,38333333	
					46,136	40,396	46,616	47,616	42,146	44,1156	47,7556	47,2456	45,2956	46,8206	
					1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764345	9764358,2	9764416,72	9764422,38	9764474,71	
					616490	616484	616480	616476	616474	616467,07	616460,42	616404,437	616402,446	616461,6161	
							↓		↓	↓	↓	↓		*P15*	CERRAMIENTO
					22	12,5	17	7	6	14	9	8,5	2,5	19,38333333	
											#REF!	#REF!		63,7526	
											9764439,21	9764439,21		9764439,211	
											616502,747	616502,747		616502,7473	
														P14	CERRAMIENTO
														19,38333333	



| | | |

				37,116	30,316	24,316	25,419	32,025	35,9246	42,2246	48,0246	52,6246	**56,4246**
				1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764506,8	9764525,3	9764543,71	9764562,18	**9764580,638**
				617088	617096	617103	617105	617133	617140,58	617148,27	617155,963	617163,655	**617171,3469**
						ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ		ϕ	*P1*
				40	20	3,5	73,4	20	20	40	20	20	22,61944444
49,071	53,271	57,471	61,671	59,771	50,771	28,451	28,101	27,261	29,0106	32,2106	39,4106	44,9906	**47,2306**
1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764499,5	9764516,2	9764532,91	9764549,6	**9764561,284**
617109	617120	617131	617142	617147	617158	617169	617173	617174	617177,04	617188,05	617199,07	617210,086	**617217,7977**
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ				ϕ		ϕ		*E1*
20	20	20	9,5	20	34	14	7	5	40	20	34	14	33,42061111
		26,869	30,689	29,174	28,47	29,016	28,529	28,129	30,0286	32,7286	33,7286	39,1186	**39,6136**
		1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	1E+07	9764476,8	9764491,1	9764505,45	9764515,48	9764527,667
		617133	617147	617157	617159	617164	617175	617189	617202,81	617216,76	617230,71	617240,476	617252,3333
			ϕ			ϕ		ϕ		ϕ	ϕ	ϕ	*E0*
		20	23,9	10,5	7,8	36,5	20	40	20	20	14	17	44,22777778

RA: Via de acceso al campus Politecnico FECHA: Dic/2000 LEVANTO: Grupo de Tópicos de Vías Año 2000

ICACION: Via Perimetral APARATO: Teodolito Leica T-100

STACION	PUNTO	HILOS			ANG.VERT			ANG.HOR.			DI	ANGULOS		AZIMUT	DH	DV	DESNIVEL	PROYECCIONES		COORDENADAS			OBSERVACIONES
		HS	HM	HI	g	m	s	g	m	s		HORIZONTAL	VERTICAL		CORREGIDO		CORREGIDO	N	E	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	BM1	1,473	1,360	1,25	84	48	0	243	9	40	22,6	0,000	5,200	338,000	22,414	2,040	2,040	20,782	-8,397	9764548,449	617243,937	41,654	
														338,000						9764527,667	617252,333	39,614	
E0																							
(a=1,28)	E1	1,527	1,280	1,03	81	1	0	219	23	20	49,4	336,228	8,983	314,228	48,196	7,619	7,617	33,617	-34,536	9764561,284	617217,798	47,231	
	E0	1,557	1,310	1,06	98	59	0	0	0	0	49,4	0,000	-8,983	134,228	48,196	-7,619	-7,617	-33,617	34,536	9764527,667	617252,333	39,614	
														134,228						9764561,284	617217,798	47,231	
E1																							
(a=1,314)	E2	2,820	2,310		79	0	20	158	23	30	102,0	158,392	10,994	292,619	97,814	19,096	18,252	37,620	-90,290	9764598,904	617127,508	65,483	
	1	1,570	1,310	1,050	79	39	0	158	23	30	52,0	158,392	10,350	292,619	50,322	9,190	9,194	19,354	-46,451	9764580,638	617171,347	56,425	
	E1		3,635	3,135	99	23	30	0	0	0	100,0	0,000	-9,392	112,619	97,814	-16,100	-18,252	-37,620	90,290	9764561,284	617217,798	47,231	
												0,000		112,619						9764598,904	617127,508	65,483	
E2																							
(a=1,33)	E3	1,580	1,330	1,080	82	41	20	238	5	10	50,0	238,086	7,311	350,706	49,190	6,311	6,311	48,544	-7,945	9764647,448	617119,563	71,794	
	E2	1,470	1,220	0,970	97	18	40	0	0	0	50,0	0,000	-7,311	170,706	49,190	-6,311	-6,311	-48,544	7,945	9764598,904	617127,508	65,483	
														170,706						9764647,448	617119,563	71,794	
E3																							
(a=1,22)	E4	1,973	1,220		96	7	55	80	44	30	150,6	80,742	-6,132	251,447	148,882	-15,995	-15,995	-47,371	-141,144	9764600,077	616978,419	55,799	
	2	1,458	1,220		102	24	50	80	44	30	47,6	80,742	-12,414	251,447	45,400	-9,993	-9,993	-14,445	-43,041	9764633,003	617076,522	61,801	
	3	1,561	1,220		102	20	30	80	44	30	68,2	80,742	-12,342	251,447	65,084	-14,240	-14,240	-20,708	-61,702	9764626,740	617057,861	57,554	
	4	1,720	1,220		96	39	20	80	44	30	100,0	80,742	-6,656	251,447	98,657	-11,512	-11,512	-31,390	-93,530	9764616,058	617026,034	60,282	
	E3	2,083	1,330		83	52	5	0	0	0	150,6	0,000	6,132	71,447	148,882	15,995	15,995	47,371	141,144	9764647,448	617119,563	71,794	
														71,447						9764600,077	616978,419	55,799	
E4																							
(a=1,33)	E5	2,622	1,800		92	59	0	179	2	30	164,4	179,042	-2,983	250,489	163,972	-8,545	-9,015	-54,765	-154,556	9764545,312	616823,863	46,784	
	5	1,580	1,330	1,080	99	13	10	179	2	30	50,0	179,042	-9,219	250,489	48,717	-7,907	-7,907	-16,271	-45,919	9764583,806	616932,500	47,892	
	6	1,956	1,330		99	45	10	179	2	30	125,2	179,042	-9,753	250,489	121,607	-20,902	-20,902	-40,616	-114,624	9764559,462	616863,795	34,897	
	E4	3,203	2,380		86	30	20	0	0	0	164,6	0,000	3,494	70,489	163,972	10,014	9,015	54,765	154,556	9764600,077	616978,419	55,799	
														70,489						9764545,312	616823,863	46,784	
E5																							
(a=1,382)	E6	1,940	1,380	0,820	86	32	5	182	47	20	112,0	182,789	3,465	253,278	111,591	6,757	6,758	-32,108	-106,872	9764513,204	616716,991	53,542	
	7		1,500	1,476	105	54	10	6	30	40	4,8	6,511	-15,903	77,000	4,440	-1,265	-1,383	0,999	4,326	9764546,311	616828,189	45,401	
	E5	1,860	1,300		93	27	55	0	0	0	112,0	0,000	-3,465	73,278	111,591	-6,757	-6,758	32,108	106,872	9764545,312	616823,863	46,784	
														73,278						9764513,204	616716,991	53,542	
E6																							
(a=1,3)	E7	2,190	1,300	0,410	86	10	5	177	45	40	178,0	177,761	3,832	251,039	177,205	11,869	11,869	-57,579	-167,590	9764455,626	616549,402	65,411	
	8	3,850	3,600		96	41	0	0	0	0	50,0	0,000	-6,683	73,278	49,323	-5,780	-6,080	14,192	47,237	9764527,396	616764,228	45,462	
	9	1,360	1,300	1,260	90	55	10	0	0	0	10,0	0,000	-0,919	73,278	9,997	-0,160	-0,160	2,877	9,575	9764516,081	616726,566	53,382	
	10	1,938	1,700		99	3	10	177	45	40	47,6	177,761	-9,053	251,039	46,422	-7,396	-7,796	-15,084	-43,303	9764498,121	616673,089	45,746	
	11	1,810	1,300		89	44	20	177	45	40	102,0	177,761	0,261	251,039	101,998	0,465	0,465	-33,142	-96,463	9764480,062	616620,528	54,007	
	12	2,050	1,300	0,550	87	22	0	177	45	40	150,0	177,761	2,633	251,039	149,683	6,884	6,884	-48,636	-141,561	9764464,568	616575,430	60,426	
	E6	2,180	1,290		93	49	55	0	0	0	178,0	0,000	-3,832	71,039	177,205	-11,869	-11,869	57,579	167,590	9764513,204	616716,991	53,542	
														71,039						9764455,626	616549,402	65,411	
E7																							
(a=1,29)	E8	2,605	1,290		87	47	40	179	34	40	263,0	179,578	2,206	250,617	262,404	10,114	11,008	-87,088	-247,531	9764368,537	616301,871	76,419	
	13	1,490	1,290	1,090	89	9	10	179	34	40	40,0	179,578	0,847	250,617	39,991	0,591	0,594	-13,273	-37,725	9764442,353	616511,677	66,005	
	E7	1,580	1,380		90	50	50	0	0	0	40,0	0,000	-0,847	70,617	39,991	-0,591	-0,594	13,273	37,725	9764435,626	616549,402	65,411	
														70,617						9764442,353	616511,677	66,005	
13																							
(a=1,375)	E8		1,400	0,285	87	3	30	179	34	40	223,0	180,000	2,942	250,617	223,054	11,429	10,414	-74,029	-210,411	9764368,537	616301,871	76,419	
	14	1,430	1,380	1,330	103	21	20	179	34	40	10,0	180,000	-13,356	250,617	9,466	-2,247	-2,252	-3,142	-8,930	9764439,211	616502,747	63,753	

LIBRETA DE OFICINA (POLIGONAL)

OBRA: Vía de acceso al campus Politecnico FECHA: Dic/2000
UBICACION: Vía Perimetral

LEVANTO: Grupo de Tópicos de Vías Año 2000
APARATO: Teodolito Leica T-100

FECHA: Dic/2001
HOJA:

ESTACION	PUNTO	HILOS			ANG.VERT			ANG.HOR.			DI	ANGULOS		AZIMUT	DH	DV	DESNIVEL	PROYECCIONES		COORDENADAS			OBSERVACIONES
		HS	HM	HI	g	m	s	g	m	s		HORIZONTAL	VERTICAL		CORREGIDO		CORREGIDO	N	E	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	15	1,680	1,380	1,080	109	52	10	179	34	40	60,0	180,000	-19,869	250,617	53,069	-19,179	-19,184	-17,613	-50,061	9764424,740	616461,616	46,821	
	16	3,713	3,300		108	11	20	179	34	40	82,6	180,000	-18,189	250,617	74,552	-24,495	-26,420	-24,743	-70,326	9764417,610	616441,351	39,585	
	17	1,930	1,380		99	36	0	179	34	40	110,0	180,000	-9,600	250,617	106,941	-18,088	-18,093	-35,492	-100,879	9764406,861	616410,798	47,912	
	18	2,200	1,400		90	36	0	179	34	40	160,0	180,000	-0,600	250,617	159,982	-1,675	-1,700	-53,096	-150,915	9764389,257	616360,763	64,305	
	18	1,669	1,340		100	15	40	0	0	0	65,8	0,000	-10,261	70,617	63,071	-11,534	-12,114	20,932	59,496	9764389,257	616360,763	64,305	
E8														70,617						9764368,537	616301,871	76,419	
(a=1,34)	E9		3,400	2,834	90	17	10	181	18	30	113,2	181,308	-0,286	251,925	113,338	-0,565	-2,662	-35,164	-107,745	9764333,373	616194,126	73,757	
	19	1,415	1,340		95	54	40	0	0	0	15,0	0,000	-5,911	70,617	14,841	-1,537	-1,537	4,926	14,000	9764373,463	616315,871	74,882	
	20	1,590	1,340		89	39	20	181	18	30	50,0	181,308	0,344	251,925	49,996	0,301	0,301	-15,513	-47,531	9764353,025	616254,340	76,720	
	E8	2,788	2,220		88	7	50	0	0	0	113,6	0,000	1,869	71,925	113,338	3,704	2,662	35,164	107,745	9764368,537	616301,871	76,419	
E9														71,925						9764333,373	616194,126	73,757	
(a=1,215)	E10	2,342	1,220		93	28	15	179	21	40	224,4	179,361	-3,471	251,286	223,379	-13,560	-13,548	-71,669	-211,569	9764261,703	615982,556	60,209	
	21	1,410	1,220		91	27	20	0	0	0	38,0	0,000	-1,456	71,925	37,975	-0,965	-0,970	11,782	36,101	9764345,155	616230,227	72,787	
	22	1,670	1,420		101	59	10	179	21	40	50,0	179,361	-11,986	251,286	47,844	-10,157	-10,362	-15,350	-45,314	9764318,022	616148,812	63,395	
	24	1,720	1,220		100	16	30	179	21	40	100,0	179,361	-10,275	251,286	96,818	-17,551	-17,556	-31,063	-91,700	9764302,309	616102,426	56,201	
	25	1,970	1,220		99	38	40	179	21	40	150,0	179,361	-9,644	251,286	145,790	-24,775	-24,78	-46,776	-138,082	9764286,597	616056,044	48,977	
	26	1,998	1,200		99	18	50	179	21	40	159,6	179,361	-9,314	251,286	155,420	-25,490	-25,475	-49,865	-147,203	9764283,506	616046,923	48,282	
	27	2,225	1,220		96	23	40	179	21	40	201,0	179,361	-5,394	251,286	199,224	-18,813	-18,818	-63,919	-188,691	9764259,453	616005,435	54,939	
	E9	2,320	1,200		86	31	55	0	0	0	224,0	0,000	3,468	71,286	223,379	13,525	13,548	71,669	211,569	9764333,373	616194,126	73,757	
E10												0,000		71,286						9764261,703	615982,556	60,209	
(a=1,205)	E11	1,957	1,200		91	31	40	182	10	40	151,4	182,178	-1,528	253,464	151,292	-4,035	-4,030	-43,061	-145,035	9764218,642	615837,521	56,179	
	23	1,915	1,200		92	0	40	0	0	0	143,0	0,000	-2,011	71,286	142,824	-5,015	-5,010	45,824	135,273	9764307,527	616117,830	55,199	
	28	1,449	1,200		92	20	20	182	10	40	49,8	182,178	-2,339	253,464	49,717	-2,031	-2,026	-14,150	-47,661	9764247,553	615934,896	58,183	
	29	1,700	1,200		91	27	40	182	10	40	100,0	182,178	-1,461	253,464	99,935	-2,549	-2,544	-28,443	-95,802	9764233,260	615886,755	57,665	
	E10	2,107	1,350		88	28	20	0	0	0	151,4	0,000	1,528	73,464	151,292	4,035	4,030	43,061	145,035	9764261,703	615982,556	60,209	
E11														73,464						9764218,642	615837,521	56,179	
(a=1,345)	E12	2,475	1,350		90	55	50	176	59	50	225,0	176,997	-0,931	250,461	224,941	-3,654	-3,659	-75,231	-211,987	9764143,412	615625,534	52,520	
	30	1,600	1,350		95	2	20	176	59	50	50,0	176,997	-5,039	250,461	49,614	-4,375	-4,380	-16,593	-46,757	9764202,049	615790,764	51,799	
	31	1,850	1,350		92	26	20	176	59	50	100,0	176,997	-2,439	250,461	99,819	-4,252	-4,257	-33,384	-94,071	9764185,258	615743,451	51,922	
	32	2,100	1,350		91	28	30	176	59	50	150,0	176,997	-1,475	250,461	149,901	-3,860	-3,865	-50,134	-141,269	9764168,509	615696,253	52,314	
	33	2,350	1,350		91	4	20	176	59	50	200,0	176,997	-1,072	250,461	199,930	-3,742	-3,747	-66,866	-188,417	9764151,777	615649,105	52,432	
	E11	2,505	1,380		89	4	10	0	0	0	225,0	0,000	0,931	70,461	224,941	3,654	3,659	75,231	211,987	9764218,642	615837,521	56,179	
E12														70,461						9764143,412	615625,534	52,520	
(a=1,385)	E13	3,005	1,380		87	20	55	181	46	20	325,0	181,772	2,651	252,233	324,305	15,018	15,023	-98,959	-308,838	9764044,453	615316,697	67,543	
	34	1,630	1,380		89	11	50	181	46	20	50,0	181,772	0,803	252,233	49,990	0,700	0,705	-15,254	-47,606	9764126,158	615577,928	53,225	
	35	1,880	1,380		89	19	10	181	46	20	100,0	181,772	0,681	252,233	99,986	1,188	1,193	-30,510	-95,217	9764112,902	615530,317	53,713	
	36	2,134	1,380		88	58	30	181	46	20	150,8	181,772	1,025	252,233	150,752	2,697	2,702	-46,001	-143,562	9764097,411	615481,972	55,222	
	37	2,407	1,400		88	41	20	181	46	20	201,4	181,772	1,311	252,233	201,295	4,607	4,592	-61,423	-191,694	9764081,989	615433,840	57,112	
	E12	2,805	1,180		92	39	5	0	0	0	325,0	0,000	-2,651	72,233	324,305	-15,018	-15,023	98,959	308,838	9764143,412	615625,534	52,520	
E13														72,233						9764044,453	615316,697	67,543	
(a=1,175)	E14	2,374	1,200		89	29	35	179	30	20	234,8	179,506	0,507	251,739	234,682	2,077	2,084	-73,537	-222,863	9763970,916	615093,834	69,627	
	37	1,793	1,180		94	55	30	0	0	0	122,6	0,000	-4,925	72,233	121,696	-10,487	-10,492	37,135	115,892	9764081,588	615432,589	57,051	

LIBRETA DE OFICINA (POLIGONAL)

OBRA: Via de acceso al campus Politecnico — FECHA: Dic/2000
UBICACION: Via Perimetral

LEVANTO: Grupo de Tópicos de Vias Año 2000
APARATO: Teodolito Leica T-100

FECHA: Dic/2001
HOJA:

ESTACION	PUNTO	HILOS			ANG.VERT			ANG.HOR.			DI	ANGULOS		AZIMUT	DH	DV	DESNIVEL	PROYECCIONES		COORDENADAS			OBSERVACIONES
		HS	HM	HI	g	m	s	g	m	s		HORIZONTAL	VERTICAL		CORREGIDO		CORREGIDO	N	E	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	*38	1,540	1,180		96	25	0	0	0	0	72,0	0,000	-6,417	72,233	71,101	-7,996	-8,001	21,696	67,710	9764066,149	615384,406	59,542	
	39	1,290	1,180		94	59	40	0	0	0	22,0	0,000	-4,994	72,233	21,833	-1,908	-1,913	6,662	20,792	9764051,115	615337,489	65,630	
	40	1,450	1,180		93	54	30	179	30	20	54,0	179,506	-3,908	251,739	53,749	-3,672	-3,677	-16,842	-51,042	9764027,611	615265,654	63,866	
	41	1,680	1,180		89	36	30	179	30	20	100,0	179,506	0,392	251,739	99,995	0,684	0,527	-31,333	-94,959	9764013,120	615221,737	68,070	
	E13	2,573	1,400		90	30	25	0	0	0	234,6	0,000	-0,507	71,739	234,682	-2,076	-2,084	73,537	222,863	9764044,453	615316,697	67,543	
														71,739						9763970,916	615093,834	69,627	
E14																							
(a=1,36)	E15	2,092	1,350		94	32	0	180	6	20	148,4	180,106	-4,533	251,844	147,473	-11,693	-11,69	-45,952	-140,131	9763924,964	614953,703	57,937	
	41	2,033	1,360		90	43	40	0	0	0	134,6	0,000	-0,728	71,739	134,578	-1,710	-1,557	42,170	127,801	9764013,086	615221,635	68,070	
	42	1,780	1,360		95	12	0	0	0	0	84,0	0,000	-5,200	71,739	83,310	-7,582	-7,582	26,105	79,114	9763997,021	615172,948	62,045	
	43	1,528	1,360		97	48	20	0	0	0	33,6	0,000	-7,806	71,739	32,980	-4,521	-4,521	10,334	31,319	9763981,250	615125,153	65,106	
	44	1,455	1,360		94	24	50	180	6	20	19,0	180,106	-4,414	251,844	18,887	-1,458	-1,458	-5,885	-17,947	9763965,031	615075,887	68,169	
	E14	2,122	1,380		85	28	0	0	0	0	148,4	0,000	4,533	71,844	147,473	11,693	11,69	45,952	140,131	9763970,916	615093,834	69,627	
														71,844						9763924,964	614953,703	57,937	
E15																							
(a=1,385)	E16	1,904	1,380		78	59	5	124	15	30	104,8	124,258	11,015	196,103	100,974	19,655	19,658	-97,012	-28,006	9763827,952	614925,697	77,595	
	45	1,872	1,380		89	22	0	0	0	0	98,4	0,000	0,633	71,844	98,368	1,068	1,093	30,657	93,490	9763955,621	615047,193	59,030	
	46	1,790	1,380		91	4	0	0	0	0	82,0	0,000	-1,067	71,844	81,972	-1,526	-1,521	25,542	77,891	9763950,506	615031,594	56,416	
	47	1,621	1,380		90	51	0	0	0	0	48,2	0,000	-0,850	71,844	48,189	-0,715	-0,710	15,016	45,790	9763939,980	614999,493	57,227	
	48	1,632	1,380		81	0	40	124	15	30	50,4	124,258	8,989	196,103	49,170	7,779	7,783	-47,241	-13,638	9763877,723	614940,065	65,720	
	E15	1,814	1,290		101	0	55	0	0	0	104,8	0,000	-11,015	16,103	100,974	-19,655	-19,658	97,012	28,006	9763924,964	614953,703	57,937	
														16,103						9763827,952	614925,697	77,595	
E16																							
(a=1,29)	E17	1,975	1,290		85	59	30	165	10	20	137,0	165,172	4,008	181,275	136,331	9,553	9,555	-136,297	-3,034	9763691,655	614922,663	87,150	
	49	1,541	1,290		87	37	10	165	10	20	50,2	165,172	2,381	181,275	50,113	2,083	2,083	-50,101	-1,115	9763777,851	614924,582	79,678	
	50	1,790	1,290		86	53	40	165	10	20	100,0	165,172	3,106	181,275	99,707	5,410	5,410	-99,662	-2,219	9763728,270	614923,478	83,005	
	E16	1,985	1,300		94	0	30	0	0	0	137,0	0,000	-4,008	1,275	136,331	-9,553	-9,555	136,297	3,034	9763827,952	614925,697	77,595	
														1,275						9763691,655	614922,663	87,150	
E17																							
(a=1,295)	E18	2,582	1,300		90	31	20	182	0	20	256,4	182,006	-0,522	183,281	256,379	-2,337	-2,339	-255,959	-14,671	9763435,696	614907,992	84,811	
	51	1,500	1,300		93	20	10	182	0	20	40,0	182,006	-3,336	183,281	39,865	-2,324	-2,329	-39,799	-2,281	9763651,855	614920,382	84,821	
	52	2,300	1,300		92	26	0	182	0	20	200,0	182,006	-2,433	183,281	201,776	-8,484	-8,516	-201,445	-11,547	9763490,209	614911,117	78,634	
	E17	2,682	1,400		89	28	40	0	0	0	256,4	0,000	0,522	3,281	256,379	2,337	2,339	255,959	14,671	9763691,655	614922,663	87,150	
														3,281						9763435,696	614907,992	84,811	
E18																							
(a=1,40)	E19	1,617	1,400		90	17	5	184	52	0	43,4	184,367	-0,285	188,147	43,399	-0,216	-0,213	-42,961	-6,150	9763392,735	614901,842	84,598	
	52	1,666	1,400		96	44	40	0	0	0	53,2	0,000	-6,744	3,281	54,603	-6,205	-6,177	54,513	3,125	9763490,209	614911,117	78,634	
	53	1,915	1,400		96	40	0	0	0	0	103,0	0,000	-6,667	3,281	101,612	-11,877	-11,877	101,445	5,815	9763537,141	614913,807	72,934	
	54	2,063	1,400		96	41	0	0	0	0	132,6	0,000	-6,683	3,281	130,804	-15,327	-15,327	130,590	7,485	9763566,286	614915,477	69,484	
	E18	1,507	1,290		89	42	55	0	0	0	43,4	0,000	0,285	8,147	43,399	0,216	0,213	42,961	6,150	9763435,696	614907,992	84,811	
														8,147						9763392,735	614901,842	84,598	
E19																							
(a=1,285)	E20	1,958	1,290		92	55	25	182	45	40	133,6	182,761	-2,924	190,908	133,352	-6,805	-6,810	-130,943	-25,235	9763261,793	614876,606	77,788	
	55	1,585	1,290		102	39	50	182	45	40	59,0	182,761	-12,664	190,908	56,164	-12,620	-12,625	-55,149	-10,628	9763337,586	614891,213	71,973	
	56	1,790	1,290		95	27	40	182	45	40	100,0	182,761	-5,461	190,908	99,094	-9,474	-9,479	-97,304	-18,752	9763295,431	614883,089	75,119	
	E19	2,049	1,380		87	4	35	0	0	0	133,8	0,000	2,924	10,908	133,352	6,816	6,810	130,943	25,235	9763392,735	614901,842	84,598	
														10,908						9763261,793	614876,606	77,788	
E20																							
(a=1,375)	E21	1,714	1,380		87	48	30	116	21	0	66,8	116,350	2,192	127,258	66,702	2,553	2,555	-40,382	53,089	9763221,411	614929,695	80,343	

LIBRETA DE OFICINA TAQUIMETRICA
(ARRASTRE DE COORDENADAS HITO PE-15)

OBRA: ARRASTRE DE COORDENADAS DEL HITO PE-15
UBICACION: Via Perimetral (ESPOL-CAMPUS PROSPERINA)

LEVANTO: Grupo 2 de Tópicos de Vias Año 2000
APARATO: Teodolito Leica T-100

FECHA: Dic/2(
HOJA: 1/1

ESTACION	PUNTO	HILOS			ANG.HOR.			ANG.VERT			DI	ANGULOS		AZIMUT	DH	DV	DESNIVEL	PROYECCIONES		COORDENADAS			OBSERVACI
		HS	HM	H I	g	m	s	g	m	s		HORIZONTAL	VERTICAL		CORREGIDO		CORREGIDO	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	EO	1,607	1,49	1,373	0	0	0	87	49	30	23,4	0,000	2,175	165,000	23,366	0,8874	0,887	-22,570	6,048	9764527,67	617252,33	39,6136	
Ea1														165,000						9764550,24	617246,29	38,726	
(a=1,49)	Ea2	2,176	1,49	0,804	195	32	50	91	56	10	137,3	195,547	-1,936	0,547	137,143	-4,636	-4,636	137,137	1,310	9764687,37	617247,60	34,090	
	Ea1	2,187	1,5	0,813	0	0	0	88	3	50	137,3	0,000	1,936	180,547	137,143	4,636	4,636	-137,137	-1,310	9764550,24	617246,29	38,726	
Ea2														180,547						9764687,37	617247,60	34,090	
(a=1,50)	Ea3	2,111	1,5	0,889	179	52	10	91	41	10	122,5	179,869	-1,686	0,417	122,394	-3,603	-3,590	122,391	0,890	9764809,76	617248,49	30,500	
	Ea2	2,069	1,46	0,841	0	0	0	88	18	50	122,5	0,000	1,686	180,417	122,394	3,6029	3,590	-122,391	-0,890	9764687,37	617247,60	34,090	
Ea3														180,417						9764809,76	617248,49	30,500	
(a=1,458)	Ea4	2,099	1,46	0,821	180	37	40	90	3	10	127,8	180,628	-0,053	1,044	127,800	-0,118	-0,115	127,779	2,330	9764937,54	617250,82	30,385	
	Ea3	2,099	1,46	0,821	0	0	0	89	56	50	127,8	0,000	0,053	181,044	127,800	0,1177	0,115	-127,779	-2,330	9764809,76	617248,49	30,500	
Ea4														181,044						9764937,54	617250,82	30,385	
(a=1,465)	Ea5	2,166	1,46	0,754	180	20	10	88	17	50	141,2	180,336	1,703	1,381	141,075	4,1939	4,197	141,034	3,399	9765078,58	617254,21	34,582	
	Ea4	2,176	1,47	0,764	0	0	0	91	42	10	141,2	0,000	-1,703	181,381	141,075	-4,194	-4,197	-141,034	-3,399	9764937,54	617250,82	30,385	
Ea5														181,381						9765078,58	617254,21	34,582	
(a=1,468)	Ea6	2,045	1,47	0,895	184	7	40	87	48	20	115,0	184,128	2,194	5,508	114,831	4,4002	4,401	114,301	11,023	9765192,88	617265,24	38,983	
	Ea5	2,055	1,48	0,905	0	0	0	92	11	40	115,0	0,000	-2,194	185,508	114,831	-4,4	-4,401	-114,301	-11,023	9765078,58	617254,21	34,582	
Ea6														185,508						9765192,88	617265,24	38,983	
(a=1,476)	hito	2,06	1,48	0,900	175	48	30	88	15	20	116,0	175,808	1,744	1,317	115,893	3,5296	3,526	115,862	2,663	9765308,74	617267,90	42,5088	

Disparos GPS Magollan serie 800		
E0	X	Y
	617258	9764526
	617256	9764528
	617254	9764528
	617250	9764527
	617248	9764528
	617248	9764529
	617252,333	9764527,67

LIBRETA DE OFICINA TAQUIMETRICA (DETALLES DEL CENAC)

OBRA: VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO
UBICACION: Via Perimetral

LEVANTO: Grupo2 de Topicos de Vias Año 2008
APARATO: Teodolito Leica T-100

FECHA:
HOJA: 1/1

ESTACION	PUNTO	HILOS			ANG.VERT			ANG.HOR.			DI	ANGULOS		AZIMUT	DH CORREGIDO	DV	DESNIVEL CORREGIDO	PROYECCIONES		COORDENADAS			OBSERVACIONES
		HS	HM	HI	g	m	s	g	m	s		HORIZONTAL	VERTICAL					NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	E11	1,393	1,14	0,887				0	0	0	50,6	0,000		70,039	50,600	0,000	1,960	50,600	0,000	9764218,64	615837,521	56,179	
P30												0,000		70,039						9764202,05	615790,764	51,799	
(a=1.14)	1	1,372	1,14	0,908	84	56	40	358	52	0	46,4	358,867	5,056	428,906	46,040	4,073	4,293	16,570	42,954	9764218,62	615833,719	56,092	MURO
	2	1,344	1,14	0,936	80	26	20	91	41	0	40,8	91,683	9,561	161,722	39,674	6,683	6,903	-37,673	12,443	9764164,38	615803,207	58,701	CANAL ARRIBA
	3	1,35	1,14	0,930	82	56	10	91	22	30				70,039									CANAL ARRIBA
	4	1,349	1,14	0,931	92	43	20	81	41	40	41,8	81,694	-2,722	151,733	41,706	-1,983	-1,763	-36,732	19,751	9764165,32	615810,515	50,036	CANAL ABAJO
	5	1,205	1,14	1,075	92	25	30	79	39	40	13,0	79,661	-2,425	149,700	12,977	-0,550	-0,330	-11,204	6,547	9764190,85	615797,311	51,469	CANAL ARRIBA
	6	1,205	1,14	1,075	95	53	0	73	4	0	13,0	73,067	-5,883	143,106	12,863	-1,326	-1,106	-10,287	7,722	9764191,76	615798,487	50,693	CANAL ABAJO
	7	1,2	1,14	1,080	93	2	10	67	55	50	12,0	67,931	-3,036	137,969	11,966	-0,635	-0,415	-8,888	8,012	9764193,16	615798,776	51,384	CANAL ARRIBA
	8	1,178	1,14	1,102	93	5	20	145	19	20	7,6	145,322	-3,089	215,361	7,578	-0,409	-0,189	-6,180	-4,386	9764195,87	615786,379	51,610	CANAL ARRIBA
	9	1,163	1,14	1,097	97	31	20	134	45	10	8,6	134,753	-7,522	204,792	8,453	-1,116	-0,896	-7,674	-3,544	9764194,38	615787,22	50,902	CANAL EN MEDIO
	10	1,2	1,14	1,080	82	47	30	131	14	30	12,0	131,242	7,208	201,281	11,811	1,494	1,714	-11,006	-4,287	9764191,04	615786,478	53,512	
	11	1,225	1,14	1,055	84	44	10	131	4	40	17,0	131,078	5,264	201,117	16,857	1,553	1,773	-15,725	-6,073	9764186,32	615784,691	53,572	
	12	3,159	3,04	2,921	86	41	10	128	42	40	23,8	128,711	3,314	198,750	23,720	1,373	-0,307	-22,462	-7,625	9764179,59	615783,14	51,492	
	13	1,648	1,14	0,432	89	25	20	178	2	50	141,6	178,047	0,578	248,086	141,586	1,428	1,648	-52,842	-131,355	9764149,21	615659,409	53,446	
	14	1,847	1,14	0,433	90	17	0	178	48	40	141,4	178,811	-0,283	248,850	141,397	-0,699	-0,479	-51,017	-131,872	9764151,03	615658,892	51,319	
	15	1,847	1,14	0,433	89	46	0	179	39	10	141,4	179,653	0,233	249,692	141,398	0,576	0,796	-49,075	-132,508	9764152,97	615658,156	52,594	
	16	1,851	1,14	0,429	89	39	40	181	57	0	142,2	181,950	0,339	251,989	142,195	0,841	1,061	-43,967	-135,227	9764158,08	615655,537	52,860	MURO
	17	1,901	1,14	0,379	89	47	20	179	9	30	152,2	179,158	0,211	249,197	152,198	0,561	0,781	-54,053	-142,276	9764148	615648,488	52,579	DUCTO CAJON
	EA	1,97	1,54	1,110	88	36	40	151	2	30	86,0	151,042	1,389	221,081	85,953	2,034	1,663	-64,790	-56,481	9764137,26	615734,283	53,462	
	P30	2,02	1,59	1,160	90	49	40	0	0	0	86,0	0,000	-0,828	41,081	85,953	-1,242	-1,663	64,790	56,481	9764202,05	615790,764	51,799	
EA														41,081						9764137,26	615734,283	53,462	
(A=1.19)	18	1,49	1,19	0,890	92	7	20	30	21	40	60,0	30,361	-2,122	71,442	59,918	-2,220	-2,270	19,070	56,802	9764156,33	615791,085	51,191	
	19	1,584	1,19	0,796	90	46	50	69	28	20	78,8	69,472	-0,781	110,553	78,785	-1,073	-1,123	-27,659	73,771	9764109,6	615808,054	52,338	
	20	1,64	1,19	0,740	89	12	0	70	55	40	90,0	70,928	0,800	112,008	89,982	1,256	1,206	-33,720	83,425	9764103,54	615817,708	54,668	
	21	3,65	2,6	1,550							210,0	0,000	90,000	41,081	0,000	0,000	-1,460	0,000	0,000	9764137,26	615734,283	52,002	
	22	3,102	1	-1,102	89	4	50	103	15	40	420,4	103,261	0,919	144,342	420,292	6,745	6,885	-341,490	245,009	9763795,77	615979,292	60,347	
	23	2,252	1,19	0,128	90	2	10	136	58	50	212,4	136,981	-0,036	178,061	212,400	-0,134	-0,184	-212,278	7,186	9763924,98	615741,469	53,278	
	24	2,309	1,19	0,071	89	29	10	138	23	30	223,8	138,392	0,514	179,472	223,782	2,007	1,957	-223,773	2,061	9763913,49	615736,344	55,419	
	25	1,927	1,19	0,453	89	27	30	155	36	40	147,4	155,611	0,542	196,692	147,387	1,393	1,343	-141,177	-42,333	9763996,08	615691,95	54,805	CAMINO
	26	1,702	0,99	0,278	89	30	20	154	2	20	142,4	154,039	0,494	195,119	142,389	1,229	1,379	-137,460	-37,140	9763999,8	615697,143	54,840	CAMINO
	27	1,722	1,19	0,658	89	11	10	174	8	40	106,4	174,144	0,814	215,225	106,379	1,511	1,461	-86,900	-61,358	9764050,36	615672,925	54,923	CAMINO
	28	1,779	1,19	0,601	89	2	10	180	19	30	117,8	180,325	0,964	221,406	117,767	1,981	1,931	-88,331	-77,889	9764048,93	615656,394	55,393	CAMINO
	29	1,67	1,19	0,710	88	37	0	192	51	50	96,0	192,864	1,383	233,944	95,944	2,317	2,267	-56,470	-77,566	9764080,79	615656,717	55,728	VERTICE DE CASA
	30	1,666	1,19	0,714	88	35	20	196	12	30	95,2	196,208	1,411	237,289	95,142	2,344	2,294	-51,415	-80,053	9764085,84	615654,23	55,755	VERTICE DE CASA
	31	1,624	1,19	0,756	89	31	50	195	58	0	86,8	195,967	0,469	237,047	86,794	0,711	0,661	-47,211	-72,831	9764090,05	615661,452	54,123	CAMINO
	32	1,581	1,19	0,799	89	47	0	195	18	20	78,2	195,306	0,217	236,386	78,199	0,296	0,246	-43,290	-65,123	9764093,97	615669,16	53,707	CAMINO
	33	1,614	1,19	0,766	89	10	0	169	29	0	84,8	169,483	0,833	210,564	84,782	1,233	1,183	-73,003	-43,112	9764064,26	615691,171	54,645	
	34	1,568	1,19	0,812	91	29	10	170	12	0	75,6	170,200	-1,486	211,281	75,549	-1,960	-2,010	-64,567	-39,227	9764072,69	615695,056	51,452	
	35	1,448	1,19	0,932	91	41	0	129	0	0	51,6	129,000	-1,683	170,081	51,555	-1,515	-1,565	-50,785	8,881	9764086,47	615743,164	51,896	
	36	1,48	1,19	0,900	89	23	0	122	24	0	58,0	122,400	0,617	163,481	57,993	0,624	0,574	-55,600	16,490	9764081,66	615750,773	54,036	
	37	1,826	1,19	0,554	90	29	50	122	9	50	127,2	122,164	-0,497	163,244	127,190	-1,104	-1,154	-121,790	36,668	9764015,47	615770,951	52,308	
	38	1,392	1,19	0,988	92	51	30	66	3	40	40,4	66,061	-2,858	107,142	40,300	-2,012	-2,062	-11,878	38,509	9764125,38	615772,792	51,399	
	39	1,368	1,19	1,012	93	15	30	217	56	10	35,6	217,936	-3,258	259,017	35,485	-2,020	-2,070	-6,761	-34,835	9764130,5	615699,448	51,391	
	40	1,501	1,19	0,879	91	27	40	233	46	40	62,2	233,778	-1,461	274,858	62,160	-1,585	-1,635	5,264	-61,936	9764142,52	615672,347	51,826	
	41	1,319	1,19	1,061	94	36	0	286	32	40	25,8	286,544	-4,600	327,625	25,634	-2,062	-2,112	21,650	-13,726	9764158,91	615720,557	51,349	
	42	1,347	1,19	1,033	90	15	30	303	41	0	31,4	303,683	-0,258	344,764	31,399	-0,142	-0,192	30,296	-8,252	9764167,55	615726,031	53,270	

LIBRETA DE OFICINA (UBICACIÓN BMS)

Estacion	Punto	Hilo	Angulo Vertical				Angulo Horizontal				Dist.Inclinada	Azimuth	DIST HOR	DIST VERT	DESNIVEL	PROYECCIONES		COORDENADAS			Observaciones
		Sup	G	M	S	Total	G	M	S	Total	Promedio					NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	COTA	
	E20	1,784	92	9	50	-2,164	0	0	0	0,000	66,8	307,258	66,705	-2,520	-2,525	40,384	-53,091	9763261,79	614876,61	77,788	
E21												307,258						9763221,41	614929,70	80,343	
a=1,445)	BM-8	1,474	91	5	0	-1,083	50	44	0	50,733	4,8	357,992	4,798	-0,091	-0,096	4,795	-0,168	9763226,21	614929,53	80,247	
	1		90	0	0	0,000	60	44	40	60,744		8,003	0,000	0,000	-1,726	0,000	0,000				
	2	3,09	90	0	0	0,000	58	50	0	58,833	62,2	6,092	62,200	0,000	-1,334	61,849	6,601	9763283,26	614936,30	79,009	
	3	2,535	90	0	0	0,000	51	30	20	51,506	34,8	358,764	34,800	0,000	-0,916	34,792	-0,751	9763256,20	614928,94	79,427	
	4	1,933	90	0	0	0,000	353	33	40	353,561	9	300,819	9,000	0,000	-0,443	4,611	-7,729	9763226,02	614921,97	79,900	
	5	1,529	90	0	0	0,000	263	29	30	263,492	29,8	210,750	29,800	0,000	0,065	-25,610	-15,237	9763195,80	614914,46	80,408	
	6	1,14	90	0	0	0,000	252	36	20	252,606	59	199,864	59,000	0,000	0,600	-55,490	-20,047	9763165,92	614909,65	80,943	
	7	0,824	90	0	0	0,000	246	17	20	246,289	93	193,547	71,800	0,000	1,086	-69,802	-16,819	9763151,61	614912,88	81,429	
	E19						0	0	0	0,000		187,725			1,405			9763392,74	614901,84	84,598	
E18												187,725						9763435,70	614907,99	84,811	
a=1,405)	BM-7	1,828	89	33	10	0,447	352	50	0	352,833	42,8	180,558	42,797	0,334	0,125	-42,795	-0,417	9763392,90	614907,57	84,936	
	E14						0	0	0	0,000		71,422			1,432			9763970,92	615093,83	69,627	
P47												71,422						9763939,98	614999,49	57,227	
a=1,432)	BM-6	1,574	88	14	20	1,761	163	5	30	163,092	28,8	234,514	28,773	0,885	0,887	-16,703	-23,428	9763923,28	614976,06	58,113	
	8	1,937	82	44	20	7,261	359	24	20	359,406	101,4	70,828	99,780	12,713	12,715	32,769	94,246	9763972,75	615093,74	69,942	CERCA DE ALAMBRE
	9	1,558	89	22	10	0,631	181	54	40	181,911	25,6	253,333	25,597	0,282	0,284	-7,341	-24,522	9763932,64	614974,97	57,510	CERCA DE ALAMBRE
	10	1,67	89	10	40	0,822	180	52	20	180,872	48	252,294	47,990	0,689	0,691	-14,595	-45,717	9763925,38	614953,78	57,917	CERCA DE ALAMBRE
	P42	1,72	96	27	30	-6,458	0	0	0	0,000	52	251,317	51,342	-5,812	-5,812	-16,447	-48,637	9763987,02	615172,95	62,045	
P41												251,317						9764013,09	615221,63	58,070	
a=1,46)	BM-5	1,97	90	12	30	-0,208	184	18	40	184,311	102	75,628	101,999	-0,371	-0,371	25,318	98,806	9764038,40	615320,44	57,699	
	P30	1,642	95	1	48	-5,030	0	0	0	0,000	50,3	250,039	49,814	-4,393	-4,394	-17,006	-46,821	9764202,05	615790,76	51,799	
E11												250,039						9764218,64	615837,52	56,179	
a=1,389)	BM-4	1,425	88	30	12	1,497	275	11	54	275,198	9	165,237	10,992	0,235	0,234	-10,630	2,801	9764208,01	615840,32	56,413	
	11	2,081	88	9	60	1,833	180	54	42	180,912	138,2	70,951	138,059	4,419	4,418	45,060	130,498	9764263,70	615968,02	60,597	CERCA DE BLOQUE
	E9						0	0	0	0,000		251,503			1,380			9764333,37	616194,13	73,757	HASTA EL PUNTO 22 EL CERRAMIENTO ES DE BLOC
E8												251,503						9764368,54	616301,87	76,419	CERCA DE ALAMBRE
a=1,38)	BM-3	1,41	70	20	60	19,650	87	36	42	87,612	6	339,114	5,322	1,900	1,900	4,972	-1,897	9764373,51	616299,97	78,319	CERCA DE ALAMBRE
	12	1,56	99	58	54	-9,962	10	14	30	10,242	36	261,744	34,918	-6,146	-6,146	-5,014	-34,557	9764363,52	616267,31	70,273	CERCA DE ALAMBRE
	E6						0	0	0	0,000		253,278			1,295			9764513,20	616716,99	53,542	CERCA DE ALAMBRE
E5												253,278						9764545,31	616823,86	46,784	CERCA DE ALAMBRE
a=1,295)	BM-2	1,349	95	10	48	-5,180	234	14	0	234,233	9,7	127,511	9,621	-0,872	-0,877	-5,858	7,632	9764539,45	616831,49	45,906	CERCA DE ALAMBRE
	13	1,58	99	11	30	-9,192	173	53	30	173,892	56	67,169	54,571	-8,830	-8,835	21,174	50,296	9764566,49	616874,16	37,948	CERRAMIENTO DE BLOQUE HASTA LA CASA DEL GUA

ANEXO 2

TRÁFICO





Arriba: Intersección a la vía Perimetral desde los costados de la autopista, incluso existe un puente de hormigón que hace aún más peligroso el ingreso a la ESPOL.

Abajo: Embotellamiento causado por el ingreso mal diseñado a las ciudadelas colindantes y a los predios de la ESPOL, originando posibles accidentes de tránsito.

ANEXO 3

DISEÑO GEOMÉTRICO

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ANEXO3.1
CURVAS HORIZONTALES

CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 0				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	0+000			
		16.12	16.12	3º50'23,28"
PT	0+016,12			

CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 1				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	0+000			
		18.97	18.97	67º51'00"
PT	0+018,97			

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 3				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	0+594,13			
	0+600	5.87	5.87	0º24'30,96"
	0+620	20	25.87	1º48'02,52"
	0+640	20	45.87	3º11'33,72"
	0+660	20	65.87	4º35'05,28"
	0+680	20	85.87	5º58'36,84"
	0+700	20	105.87	7º22'08,40"
	0+720	20	125.87	8º45'39,9652"
	0+740	20	145.87	10º09'11,16"
	0+760	20	165.87	11º32'42,72"
	0+780	20	185.87	12º56'14,28"
	0+800	20	205.87	14º19'45,84"
	0+820	20	225.87	15º43'17,40"
	0+840	20	245.87	17º06'48,60"
	0+860	20	265.87	18º30'20,16"
	0+880	20	285.87	19º53'51,72"
	0+900	20	305.87	21º17'23,28"
	0+920	20	325.87	22º40'54,84"
PT	0+922,20	2.2	328.07	22º50'06"

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 4				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	1+413,90			
	1+420	6.1	6.1	0º15'17,64"
	1+440	20	26.1	1º05'25,80"
	1+460	20	46.1	1º55'33,96"
	1+480	20	66.1	2º45'42,12"
	1+500	20	86.1	3º35'50,28"
	1+520	20	106.1	4º25'58,44"
	1+540	20	126.1	5º16'06,60"
PT	1+541,95	1.95	128.05	5º21'00"

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 5				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	1+875,16			
	1+880	4.84	4.84	0º04'55,20"
	1+900	20	24.84	0º25'14,88"
	1+920	20	44.84	0º45'34,92"
	1+940	20	64.84	1º05'54,60"
	1+960	20	84.84	1º26'14,28"
	1+980	20	104.84	1º46'34,32"
PT	1+991,44	11.44	116.28	1º58'12"

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 6				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	2+430,31			
	2+440	9.69	9.69	0º14'27,24"
	2+460	20	29.69	0º44'17,16"
	2+480	20	49.69	1º14'07,44"
	2+500	20	69.69	1º43'57,36"
	2+520	20	89.69	2º13'47,28"
	2+540	20	109.69	2º43'37,56"
	2+560	20	129.69	3º13'27,48"
	2+580	20	149.69	3º43'17,40"
PT	2+596,43	16.43	166.12	4º07'48"

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 7				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	2+898,97			
	2+900	1.03	1.03	0º29'17,52"
	2+920	20	21.03	9º58'05,52"
	2+940	20	41.03	19º26'53,52"
	2+960	20	61.03	28º55'41,52"
	2+980	20	81.03	38º24'29,52"
		9.19	90.22	42º45'51,48"
PT	2+989,19			

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 8				
	ABSCISA	**DIST.PARCIAL**	**DIST. ACUMULADA**	**ANG. DEFLEX. REPLANTEO**
PC	0+000			
	0+020	20	20	9º01'46,21"
	0+040	20	40	18º03'32,43"
	0+060	20	60	27º05'18,64"
	0+080	20	80	36º07'04,85"
	0+100	20	100	45º08'51,06"
		4.62	104.62	47º14'00"
PT	0+104,62			

ANEXO 3.2
TRANSICIÓN DEL PERALTE

CURVA No. 3				
	Abscisa	**Cota Borde exterior**	**Eje**	**Borde Interior**
A	**0+530,86**	63.58	63.65	63.58
B	**0+545,46**	63.00	63.00	62.93
C	**0+560,06**	61.76	62.43	61.63
	0+580	61.65	61.83	61.24
PC	**0+594,13**	61.60	61.53	61.05
	0+600	61.58	61.40	60.96
D	**0+618,46**	61.54	61.18	60.82
	0+620	61.52	61.16	60.80
	0+640	61.41	61.05	60.69
	0+660	61.30	60.94	60.58
	0+680	61.20	60.84	60.48
	0+700	61.10	60.74	60.38
	0+720	61.00	60.64	60.28
	0+740	60.90	60.54	60.18
	0+760	60.80	60.44	60.08
	0+780	60.70	60.34	59.98
	0+800	60.59	60.23	59.87
	0+820	60.51	60.15	59.79
	0+840	60.49	60.13	59.77
	0+860	60.55	60.19	59.83
	0+880	60.65	60.29	59.93
D´	**0+897,87**	60.74	60.38	60.02
	0+900	60.74	60.39	60.04
	0+920	60.72	60.49	60.26
PT	**0+922,20**	60.72	60.50	60.28
	0+940	60.71	60.59	60.47
C´	**0+956,27**	60.70	60.63	60.56
	0+960	60.73	60.64	60.57
B´	**0+970,87**	60.60	60.60	60.53
	0+980	60.54	60.57	60.50
A´	**0+985,47**	60.46	60.53	60.46

CURVA No. 4				
		Cota		
	Abscisa	Borde exterior	Eje	Borde Interior
A	**1+350,63**	52.27	52.34	52.27
	1+360	52.25	52.26	52.19
B	**1+365,23**	52.24	52.24	52.17
C	**1+379,83**	52.33	52.26	52.19
	1+380	52.33	52.26	52.19
	1+400	52.54	52.42	52.30
PC	**1+413,90**	52.85	52.65	52.45
	1+420	53.00	52.76	52.52
D	**1+438,23**	53.49	53.13	52.77
	1+440	53.53	53.17	52.81
	1+460	53.93	53.57	53.21
	1+480	54.34	53.98	53.62
	1+500	54.75	54.39	54.03
D´	**1+517,62**	55.11	54.75	54.39
	1+520	55.14	54.79	54.44
	1+540	55.45	55.20	54.95
PT	**1+541,95**	55.48	55.24	55.00
	1+560	55.76	55.61	55.46
C´	**1+576,02**	56.01	55.94	55.87
	1+580	56.06	56.01	55.94
B´	**1+590,62**	56.23	56.23	56.16
	1+600	56.38	56.42	56.35
A´	**1+605,22**	56.46	56.53	56.46

CURVA No. 5				
		Cota		
	Abscisa	Borde exterior	Eje	Borde Interior
A	**1+811,89**	58.06	58.13	58.06
B	**1+826,49**	63.96	57.72	63.93
	1+840	#¡DIV/0!	57.30	#¡DIV/0!
C	**1+841,09**	57.33	57.26	57.19
	1+860	57.97	56.49	55.01
PC	**1+875,16**	57.05	55.80	54.55
	1+880	56.72	55.55	54.38
D	**1+899,49**	54.98	54.62	54.26
	1+900	54.97	54.59	54.21
	1+920	53.92	53.62	53.32
	1+940	52.85	52.62	52.39
	1+960	51.78	51.63	51.48
D´	**1+967,11**	51.63	51.27	50.91
	1+980	51.64	50.63	49.62
PT	**1+991,44**	51.16	50.05	48.94
	2+000	50.79	49.61	48.43
	2+020	49.93	48.57	47.21
C´	**2+025,51**	48.35	48.28	48.21
	2+040	49.64	47.52	45.74
B´	**2+040,11**	47.51	47.51	47.44
A´	**2+054,71**	46.68	46.75	46.68

CURVA No. 6				
	Cota			
	Abscisa	Borde exterior	Eje	Borde Interior
A	2+367,04	50.15	50.22	50.15
	2+380	50.57	50.58	50.51
B	2+381,64	50.62	50.62	50.55
C	2+396,24	51.01	50.94	50.87
	2+400	51.12	51.02	50.92
	2+420	51.59	51.35	51.11
PC	2+430,31	51.75	51.46	51.17
	2+440	51.90	51.57	51.24
D	2+454,64	52.00	51.64	51.28
	2+460	52.03	51.67	51.31
	2+480	52.02	51.66	51.30
	2+500	51.94	51.58	51.22
	2+520	51.84	51.48	51.12
	2+540	51.74	51.38	51.02
	2+560	51.64	51.28	50.92
D´	2+572,10	51.58	51.22	50.86
	2+580	51.50	51.18	50.86
PT	2+596,43	51.34	51.09	50.84
	2+600	51.30	51.07	50.84
	2+620	51.11	50.97	50.83
C´	2+630,50	50.96	50.89	50.82
	2+640	50.85	50.81	50.74
B´	2+645,10	50.73	50.73	50.66
A´	2+659,70	50.44	50.51	50.44

RVA No. 7				
		Cota		
	Abscisa	Borde exterior	Eje	Borde Interior
A	2+835,70	42.64	42.71	42.64
	2+840	41.16	42.57	42.5
B	2+850,30	42.29	42.29	42.22
	2+860	39.82	42.03	42.67
C	2+864,90	42.01	41.94	41.87
	2+880	38.08	41.67	45.26
PC	2+898,97	37.87	41.52	45.17
	2+900	37.87	41.52	45.17
	2+920	37.72	41.41	45.10
D	2+923,30	41.76	41.40	41.04
	2+940	41.67	41.31	40.95
	2+960	41.57	41.21	40.85
D´	2+964,86	41.61	41.25	40.89
	2+980	38.77	41.37	43.97
PT	2+989,19	38.87	41.45	44.03
	3+000	38.81	41.40	43.99
	3+020	38.94	41.50	44.06
C´	3+023,26	41.62	41.55	41.48
	3+040	33.51	41.60	49.69
B´	3+037,86	41.64	41.64	41.57
	3+060	35.74	41.70	45.63
A´	3+052,46	41.64	41.71	41.64

ANEXO 3.3

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No. 2

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 2	358	0+358	-4.25		72.47	0.00	0	72.47	1.298	104
				2						
	360	0+360	-4.25		72.39	2.00	0.000249615	72.39	1.298	104
				20						
	380	0+380	-4.25		71.54	22.00	0.030203462	71.51	1.298	104
				20						
	400	0+400	-4.25		70.69	42.00	0.110080385	70.58	1.298	104
				10						
Piv - 2	410	0+410			70.27	52.00	0.16874	70.10	1.298	104
				10						
	420	0+420	-5.54		69.72	42.00	0.110080385	69.61	1.298	104
				20						
	440	0+440	-5.54		68.61	22.00	0.030203462	68.58	1.298	104
				20						
	460	0+460	-5.54		67.50	2.00	0.000249615	67.50	1.298	104
				2						
Ptv - 2	462	0+462	-5.54		67.39	0.00	0	67.39	1.298	104

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.3

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv -3	514	0+514	-5.54		64.50	0.00	0	64.50	5.037	112
				6						
	520	0+520	-5.54		64.17	6.00	0.00809518	64.18	5.037	112
				20						
	540	0+540	-5.54		63.06	26.00	0.15200946	63.21	5.037	112
				20						
	560	0+560	-5.54		61.95	46.00	0.47581661	62.43	5.037	112
				10						
Piv - 3	570	0+570			61.4	56.00	0.70518	62.11	5.037	112
				10						
	580	0+580	-0.51		61.35	46.00	0.47581661	61.83	5.037	112
				20						
	600	0+600	-0.51		61.25	26.00	0.15200946	61.40	5.037	112
				20						
	620	0+620	-0.51		61.15	6.00	0.00809518	61.16	5.037	112
				6						
Ptv - 3	626	0+626	-0.51		61.12	0.00	0	61.12	5.037	112

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES N.o 4

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 4	805	0+805	-0.51		60.21	0.00	0	60.21	1.013	60
				15						
	820	0+820	-0.51		60.13	15.00	0.01899375	60.15	1.013	60
				15						
Piv - 4	835	0+835			60.06	30.00	0.075975	60.14	1.013	60
				5						
	840	0+840	0.51		60.08	25.00	0.052760417	60.13	1.013	60
				20						
	860	0+860	0.51		60.19	5.00	0.002110417	60.19	1.013	60
				5						
Ptv - 4	865	0+865	0.51		60.22	0.00	0	60.22	1.013	60

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.5

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 5	940	0+940	0.51		60.59	0.00	0	60.59	3.000	110
				20						
	960	0+960	0.51		60.69	20.00	0.05454545	60.64	3.000	110
				20						
	980	0+980	0.51		60.79	40.00	0.21818182	60.57	3.000	110
				15						
Piv - 5	995	0+995			60.87	55.00	0.4125	60.46	3.000	110
				5						
	1000	1+000	-2.49		60.75	50.00	0.34090909	60.41	3.000	110
				20						
	1020	1+020	-2.49		60.25	30.00	0.12272727	60.13	3.000	110
				20						
	1040	1+040	-2.49		59.75	10.00	0.01363636	59.74	3.000	110
				10						
Ptv - 5	1050	1+050	-2.49		59.50	0.00	0	59.50	3.000	110

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.6

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 6	1312	1+312	-2.49		52.97	0.00	0	52.97	4.528	106
				8						
	1320	1+320	-2.49		52.77	8.00	0.013669434	52.78	4.528	106
				20						
	1340	1+340	-2.49		52.27	28.00	0.167450566	52.44	4.528	106
				20						
	1360	1+360	-2.49		51.77	48.00	0.492099623	52.26	4.528	106
				5						
Piv - 6	1365	1+365			51.64	53.00	0.59996	52.24	4.528	106
				15						
	1380	1+380	2.04		51.95	38.00	0.308416604	52.26	4.528	106
				20						
	1400	1+400	2.04		52.35	18.00	0.069201509	52.42	4.528	106
				18						
Ptv - 6	1418	1+418	2.04		52.72	0.00	0	52.72	4.528	106

CURVA VERTICAL No. 7										
Curva		**Abscisa**	**Pendiente**	**Dist**	**Cota / Tang**	**Dist. Acum**	**Y**	**Cota / curva**	**A**	**Lcv**
Pcv -7	1698	1+698	2,04		58,42	0,00	0	58,42	6,912	174
				2						
	1700	1+700	2,04		58,46	2,00	0,000794483	58,46	6,912	174
				20						
	1720	1+720	2,04		58,86	22,00	0,096132414	58,76	6,912	174
				20						
	1740	1+740	2,04		59,27	42,00	0,350366897	58,92	6,912	174
				20						
	1760	1+760	2,04		59,67	62,00	0,763497931	58,91	6,912	174
				20						
	1780	1+780	2,04		60,08	82,00	1,335525517	58,75	6,912	174
				5						
Piv - 7	1785	1+785			60,18	87,00	1,50336	58,68	6,912	174
				15						
	1800	1+800	-4,88		59,45	72,00	1,029649655	58,42	6,912	174
				20						
	1820	1+820	-4,88		58,47	52,00	0,537070345	57,93	6,912	174
				20						
	1840	1+840	-4,88		57,50	32,00	0,203387586	57,30	6,912	174
				20						
	1860	1+860	-4,88		56,52	12,00	0,028601379	56,49	6,912	174
				12						
Ptv - 7	1872	1+858	-4,88		55,93	0,00	0	55,93	6,912	174

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.8

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 8	1938	1+938	-4.88		52.72	0.00	0	52.72	0.440	104
				2						
	1940	1+940	-4.88		52.62	2.00	8.46154E-05	52.62	0.440	104
				20						
	1960	1+960	-4.88		51.64	22.00	0.010238462	51.63	0.440	104
				20						
	1980	1+980	-4.88		50.67	42.00	0.037315385	50.63	0.440	104
				10						
Piv - 8	1990	1+990			50.18	52.00	0.0572	50.12	0.440	104
				10						
	2000	2+000	-5.32		49.65	42.00	0.037315385	49.61	0.440	104
				20						
	2020	2+020	-5.32		48.58	22.00	0.010238462	48.57	0.440	104
				20						
	2040	2+040	-5.32		47.52	2.00	8.46154E-05	47.52	0.440	104
				2						
Ptv - 8	2042	2+042	-5.32		47.41	0.00	0	47.41	0.440	104

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.9

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv -9	2050	2+050	-5.32		46.99	0.00	0	46.99	9.980	220
				10						
	2060	2+060	-5.32		46.46	10.00	0.02268182	46.48	9.980	220
				20						
	2080	2+080	-5.32		45.39	30.00	0.20413636	45.59	9.980	220
				20						
	2100	2+100	-5.32		44.33	50.00	0.56704545	44.90	9.980	220
				20						
	2120	2+120	-5.32		43.27	70.00	1.11140909	44.38	9.980	220
				20						
	2140	2+140	-5.32		42.20	90.00	1.83722727	44.04	9.980	220
				20						
Piv - 9	2160	2+160			41.14	110.00	2.7445	43.88	9.980	220
				20						
	2180	2+180	4.66		42.07	90.00	1.83722727	43.91	9.980	220
				20						
	2200	2+200	4.66		43.01	70.00	1.11140909	44.12	9.980	220
				20						
	2220	2+220	4.66		43.94	50.00	0.56704545	44.51	9.980	220
				20						
	2240	2+240	4.66		44.87	30.00	0.20413636	45.07	9.980	220
				20						
	2260	2+260	4.66		45.80	10.00	0.02268182	45.82	9.980	220
				10						
Ptv - 9	2270	2+270	4.66		46.27	0	0	46.27	9.980	220

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.10

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv -10	2304	2+304	4.66		47.85	0.00	0	47.85	5.170	182
				16						
	2320	2+320	4.66		48.60	16.00	0.03636044	48.56	5.170	182
				20						
	2340	2+340	4.66		49.53	36.00	0.184074725	49.35	5.170	182
				20						
	2360	2+360	4.66		50.46	56.00	0.445415385	50.02	5.170	182
				20						
	2380	2+380	4.66		51.40	76.00	0.820382418	50.58	5.170	182
				15						
Piv - 10	2395	2+395			52.10	91.00	1.176175	50.92	5.170	182
				5						
	2400	2+400	-0.51		52.07	86.00	1.050475824	51.02	5.170	182
				20						
	2420	2+420	-0.51		51.97	66.00	0.618695604	51.35	5.170	182
				20						
	2440	2+440	-0.51		51.87	46.00	0.300541758	51.57	5.170	182
				20						
	2460	2+460	-0.51		51.77	26.00	0.096014286	51.67	5.170	182
				20						
	2480	2+480	-0.51		51.67	6.00	0.005113187	51.66	5.170	182
				6						
Ptv - 10	2486	2+486	-0.51		51.64	0.00	0	51.64	5.170	182

VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.11

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv - 11	2625	2+625	-0.51		50.94	0.00	0	50.94	5.742	140
				15.00						
	2640	2+640	-0.51		50.86	15.00	0.046141071	50.81	5.742	140
				20.00						
	2660	2+660	-0.51		50.76	35.00	0.2512125	50.51	5.742	140
				20.00						
	2680	2+680	-0.51		50.66	55.00	0.620341071	50.04	5.742	140
				15.00						
Piv - 11	2695	2+695			50.58	70.00	1.00485	49.58	5.742	140
				5.00						
	2700	2+700	-6.25		50.27	65.00	0.866426786	49.40	5.742	140
				20.00						
	2720	2+720	-6.25		49.02	45.00	0.415269643	48.60	5.742	140
				20.00						
	2740	2+740	-6.25		47.77	25.00	0.128169643	47.64	5.742	140
				20.00						
	2760	2+760	-6.25		46.52	5.00	0.005126786	46.51	5.742	140
				5.00						
Ptv - 11	2765	2+765	-6.25		46.21	0.00	0	46.21	5.742	140

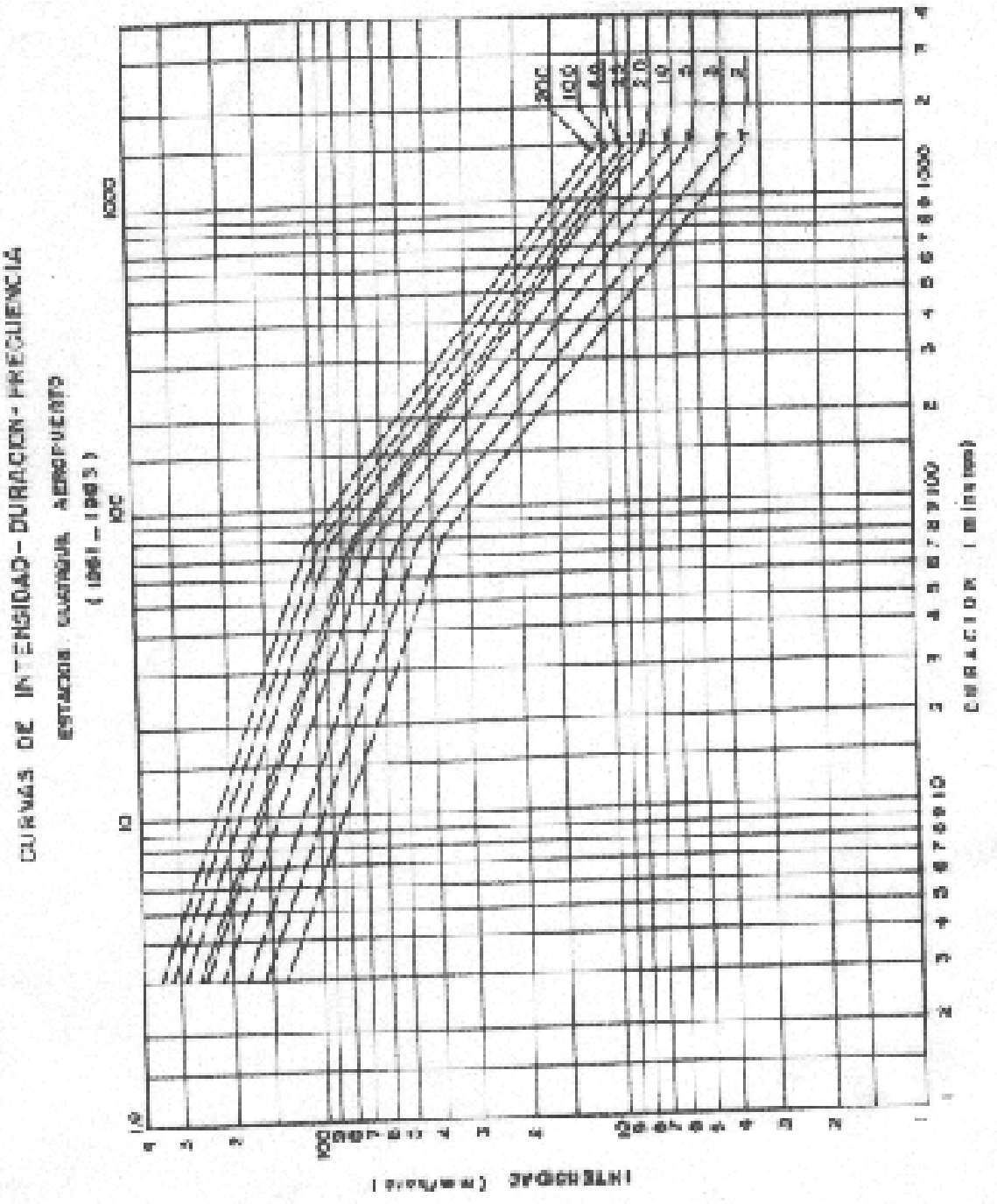
VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES No.12

Curva		Abscisa	Pendiente	Dist	Cota / Tang	Dist. Acum	Y	Cota / curva	A	Lcv
Pcv -12	2772	2+772	-6.25		45.77	0.00	0	45.77	5.742	126
				8						
	2780	2+780	-6.25		45.27	8.00	0.01458286	45.28	5.742	126
				20						
	2800	2+800	-6.25		44.02	28.00	0.17864	44.20	5.742	126
				20						
	2820	2+820	-6.25		42.77	48.00	0.52498286	43.29	5.742	126
				15						
Piv - 12	2835	2+835			41.83	63.00	0.904365	42.73	5.742	126
				5						
	2840	2+840	-0.51		41.80	58.00	0.76651143	42.57	5.742	126
				20						
	2860	2+860	-0.51		41.70	38.00	0.32902571	42.03	5.742	126
				20						
	2880	2+880	-0.51		41.60	18.00	0.07382571	41.67	5.742	126
				18						
Ptv -12	2898	2+898	-0.51		41.51	0.00	0	41.51	5.742	126

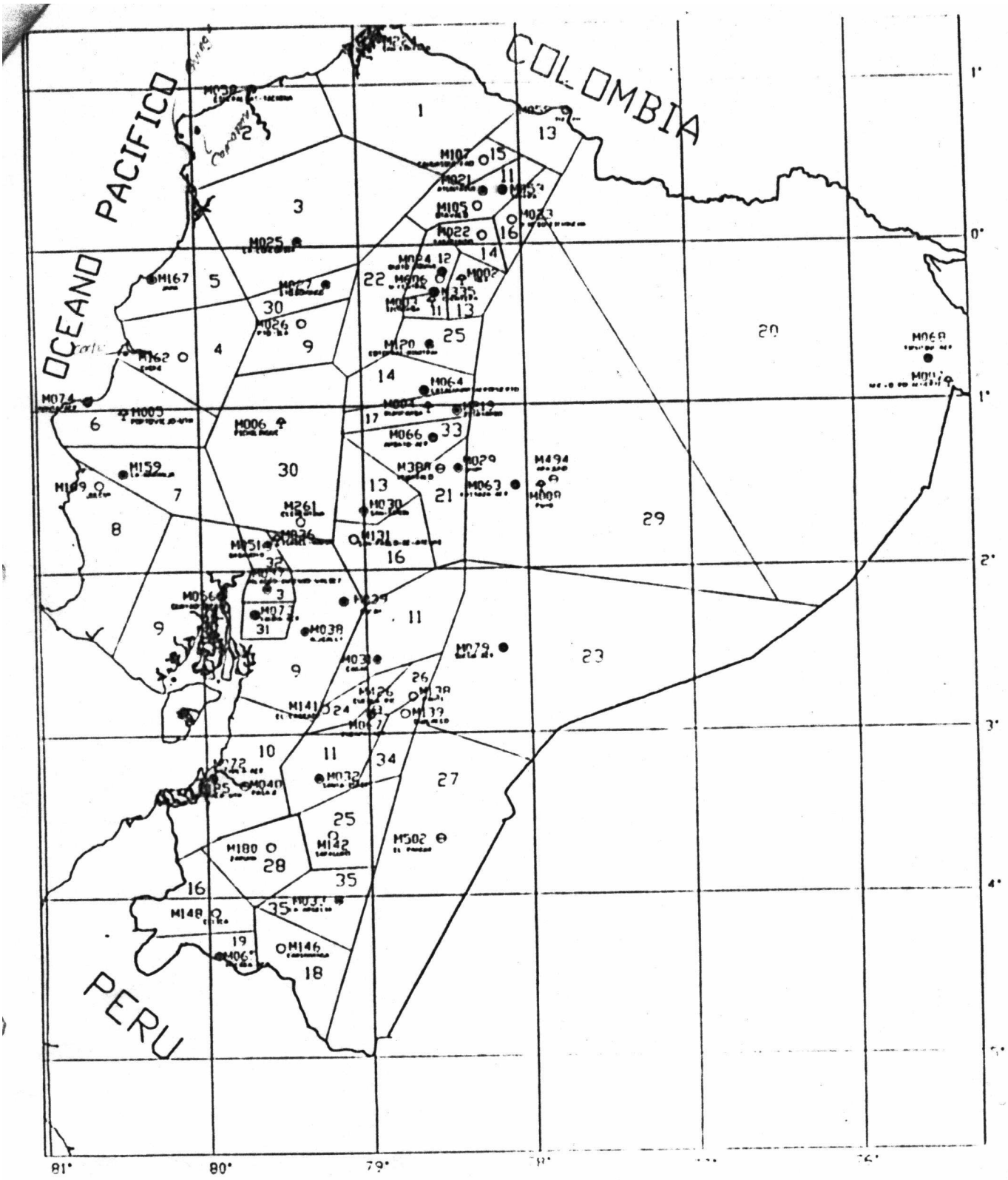
ANEXO 4

DRENAJE VIAL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
ESPOL
BIBLIOTECA FICT
ESPOL



Anexo 4.1 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (Estación Guayaquil – Aeropuerto)



SIMBOLOGIA

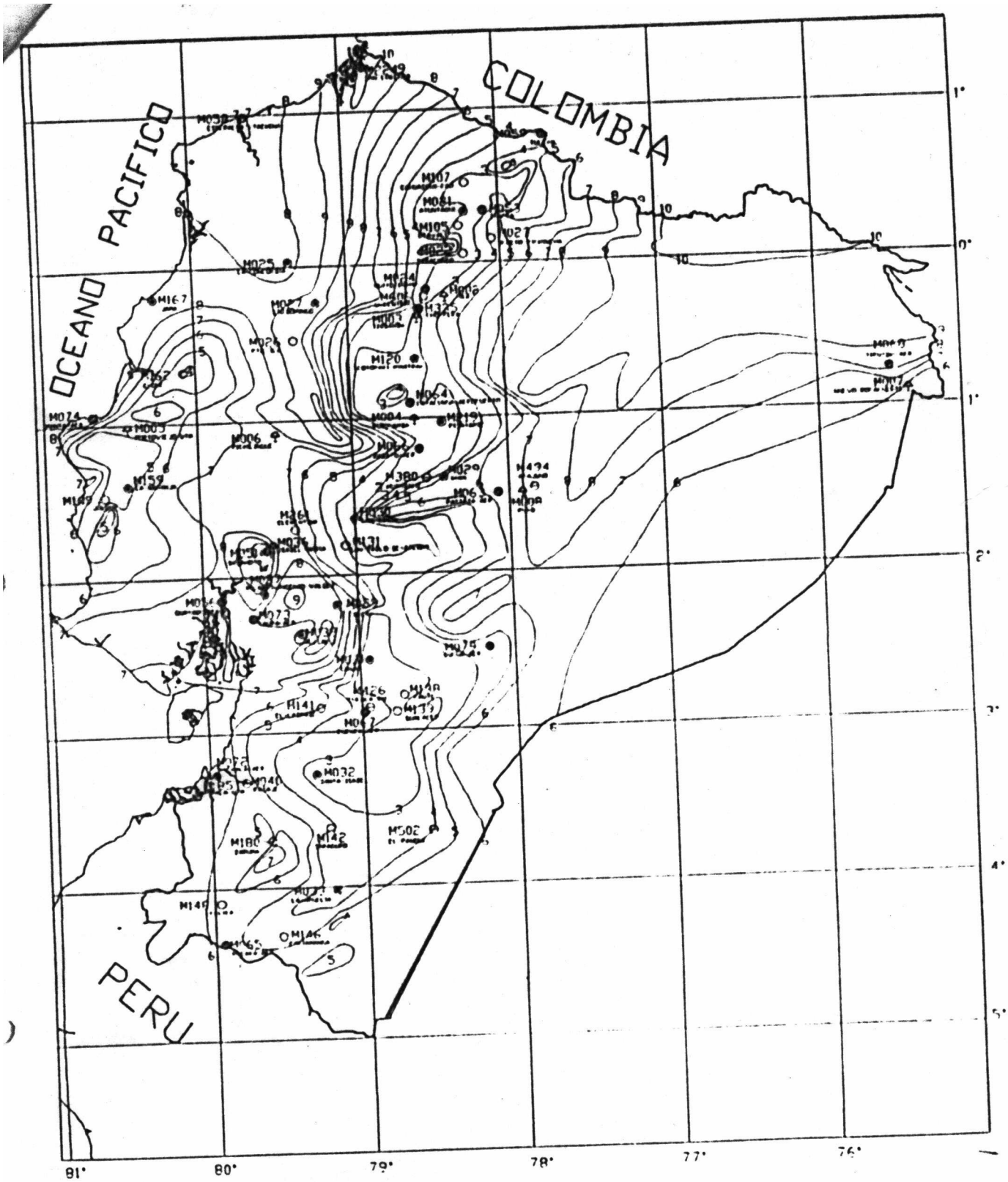
- EST. AGROMET. PRINCIPAL
- EST. CLIMAT PRINCIPAL
- EST. CLIMAT. ORDINARIA
- EST. PLUVIOGRAFICA
- EST. PLUVIOMETRICA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
DIRECCION DE HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA

ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION

MAPA N° 1 — MAYO 1999

ELABORACION	REVISADO	APROBADO
DPTO HIDROMETRIA	ING LUIS RODRIGUEZ F JEFE DPTO HIDROMETRIA	ING MILTON SILVA C DIRECTOR DE HIDROLOGIA



SIMBOLOGIA

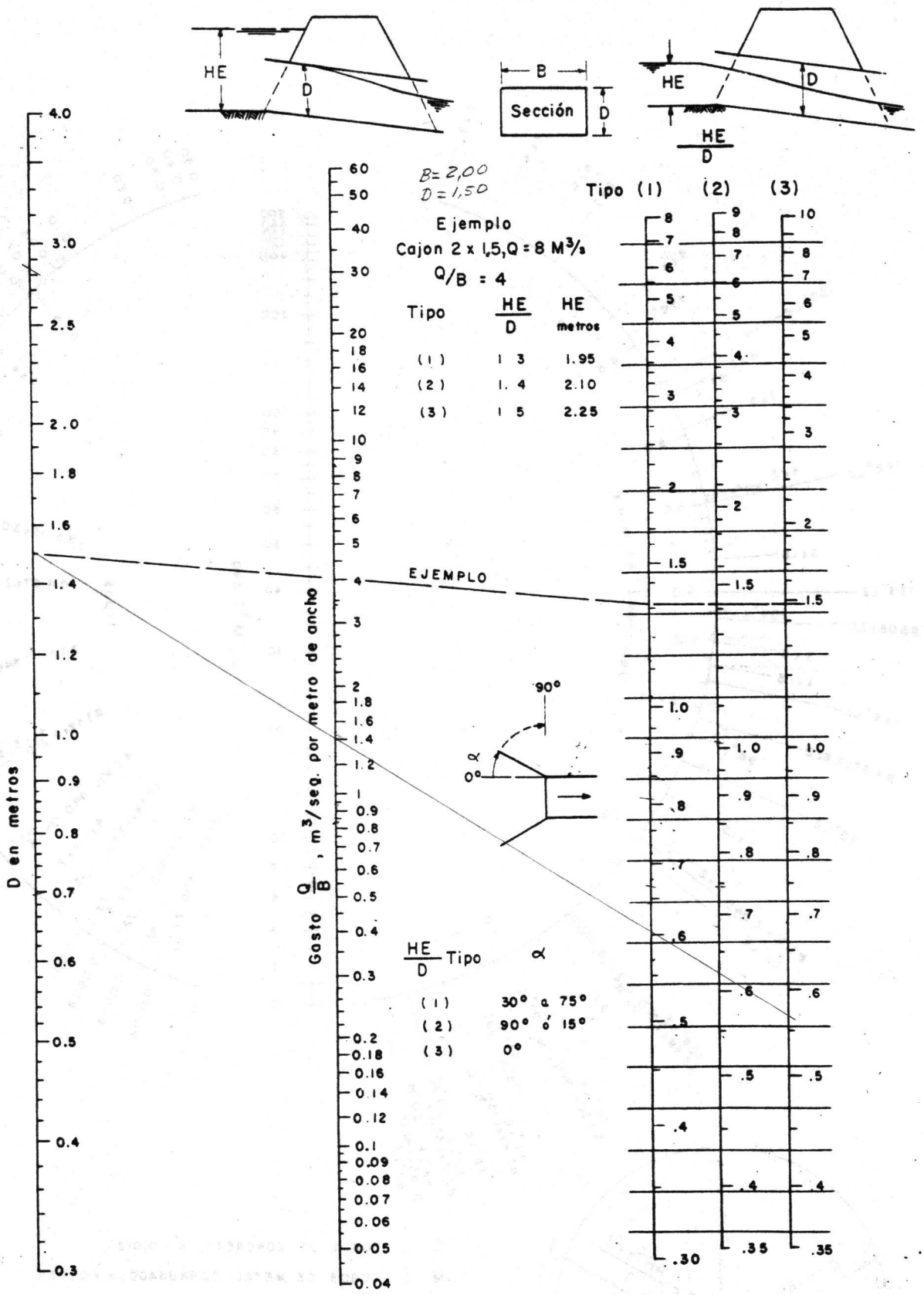
- EST AGROMET PRINCIPAL
- EST CLIMAT. PRINCIPAL
- EST. CLIMAT. ORDINARIA
- EST. PLUVIOGRAFICA
- EST PLUVIOMETRICA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
DIRECCION DE HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA

ISOLINEAS DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION PARA VARIOS PERIODOS DE RETORNO EN FUNCION DE LA MAXIMA EN 24 HORAS
REGISTRO DE INFORMACION 1964-1998 TR= 100 AÑOS

MAPA N° 6 MAYO 1999

ELABORACION	REVISADO	APROBADO
DPTO HIDROMETRIA	ING. LUIS RODRIGUEZ F JEFE DPTO HIDROMETRIA	ING MILTON SILVA C DIRECTOR DE HIDROLOGIA



Diciembre 1967

f. U.S. Bureau of Public Roads
Enero de 1963

NOMOGRAMA IV - 4

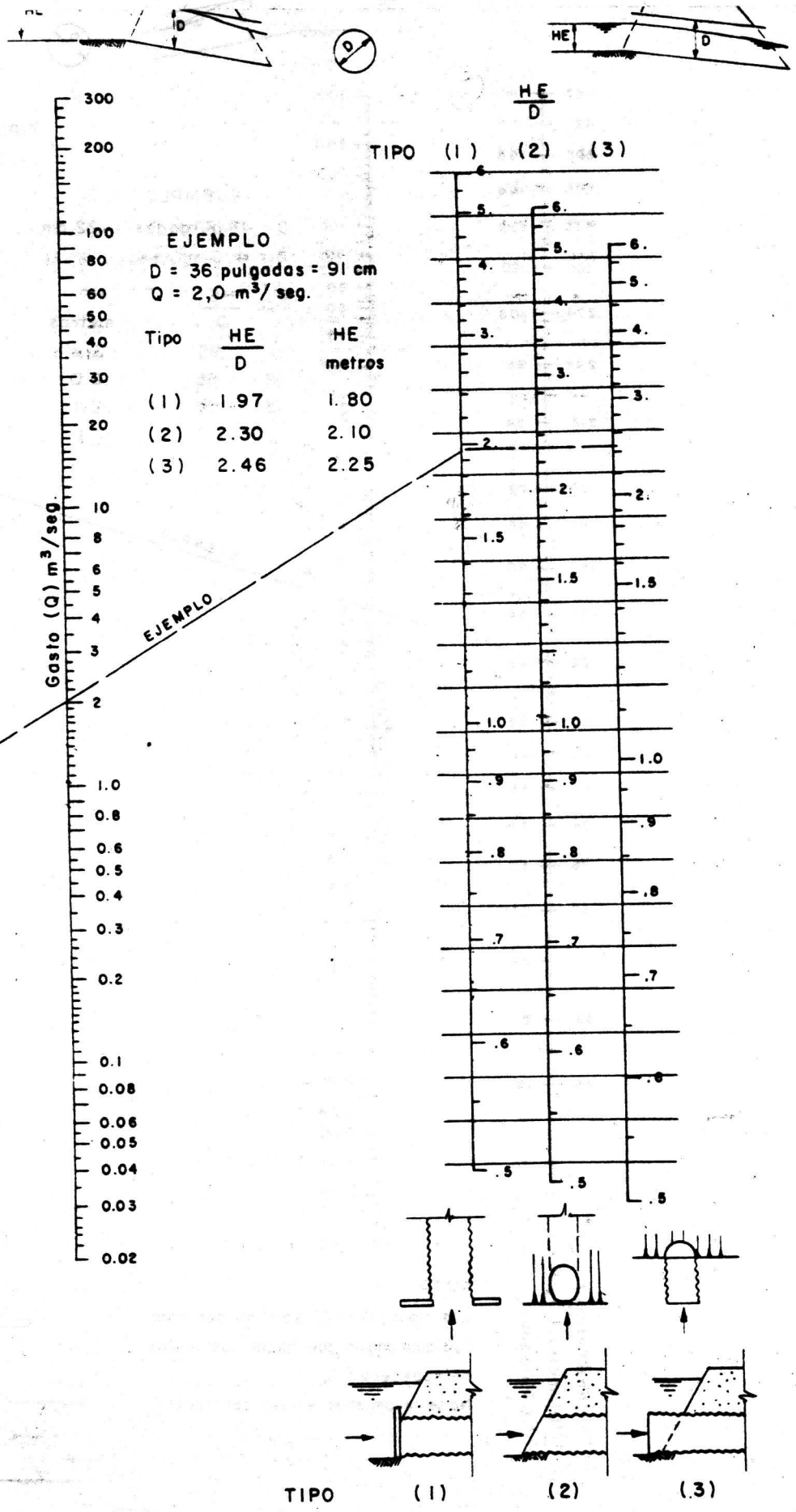
CAJONES CON CONTROL A LA ENTRADA

Diciembre 1967

Ref. U.S. Bureau of Public Roads Enero 1963

NOMOGRAMA IV - 5

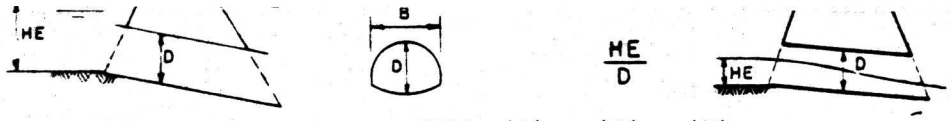
TUBOS DE CONCRETO CON CONTROL A LA ENTRADA



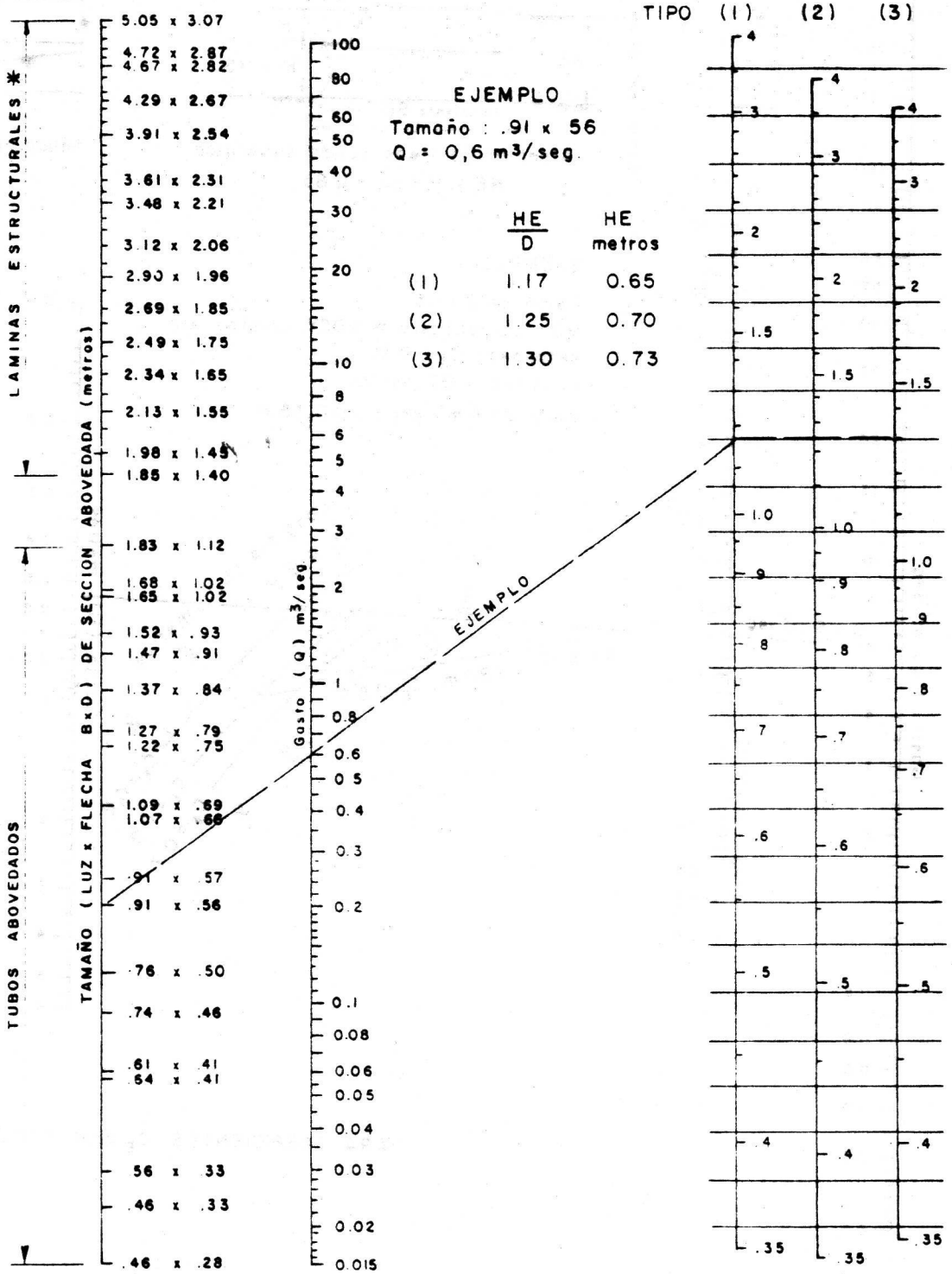
Diciembre 1967

NOMOGRAMA IV - 6

TUBOS DE METAL CORRUGADO CON CONTROL A LA ENTRADA



TIPO (1) (2) (3)



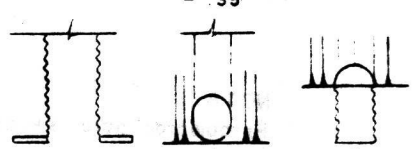
EJEMPLO

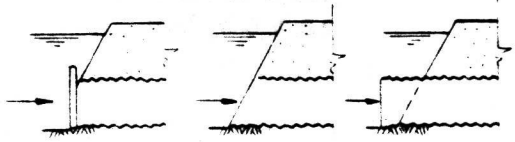
Tamaño : .91 x 56

Q = 0,6 m³/seg.

	HE / D	HE metros
(1)	1.17	0.65
(2)	1.25	0.70
(3)	1.30	0.73

* Los tamaños marcados pero sin dimensiones, aparecen en los catalogos de los fabricantes.





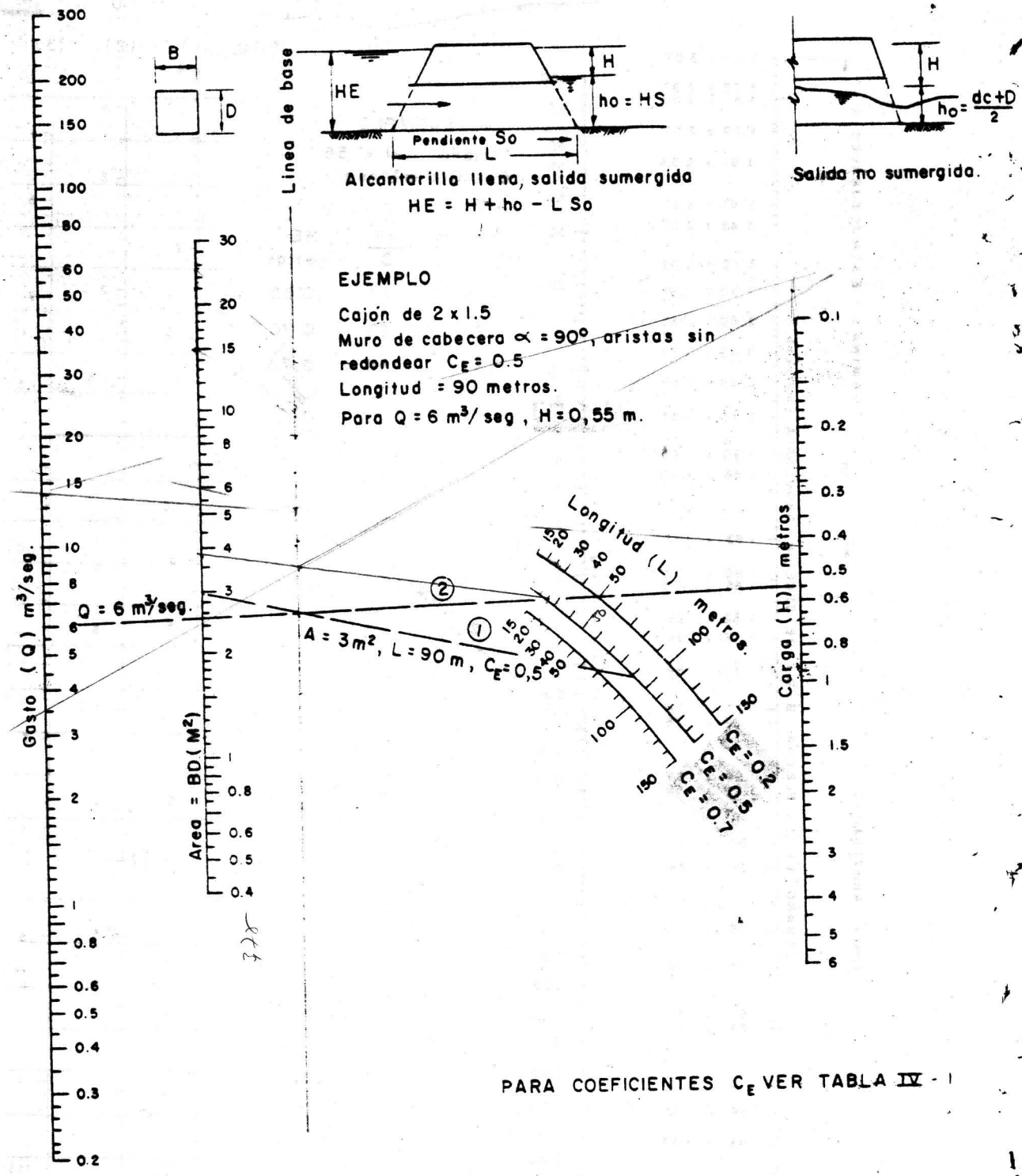
TIPO (1) (2) (3)

Diciembre 1967

NOMOGRAMA IV - 7

SECCIONES ABOVEDADAS DE METAL CORRUGAD

CON CONTROL A LA ENTRADA



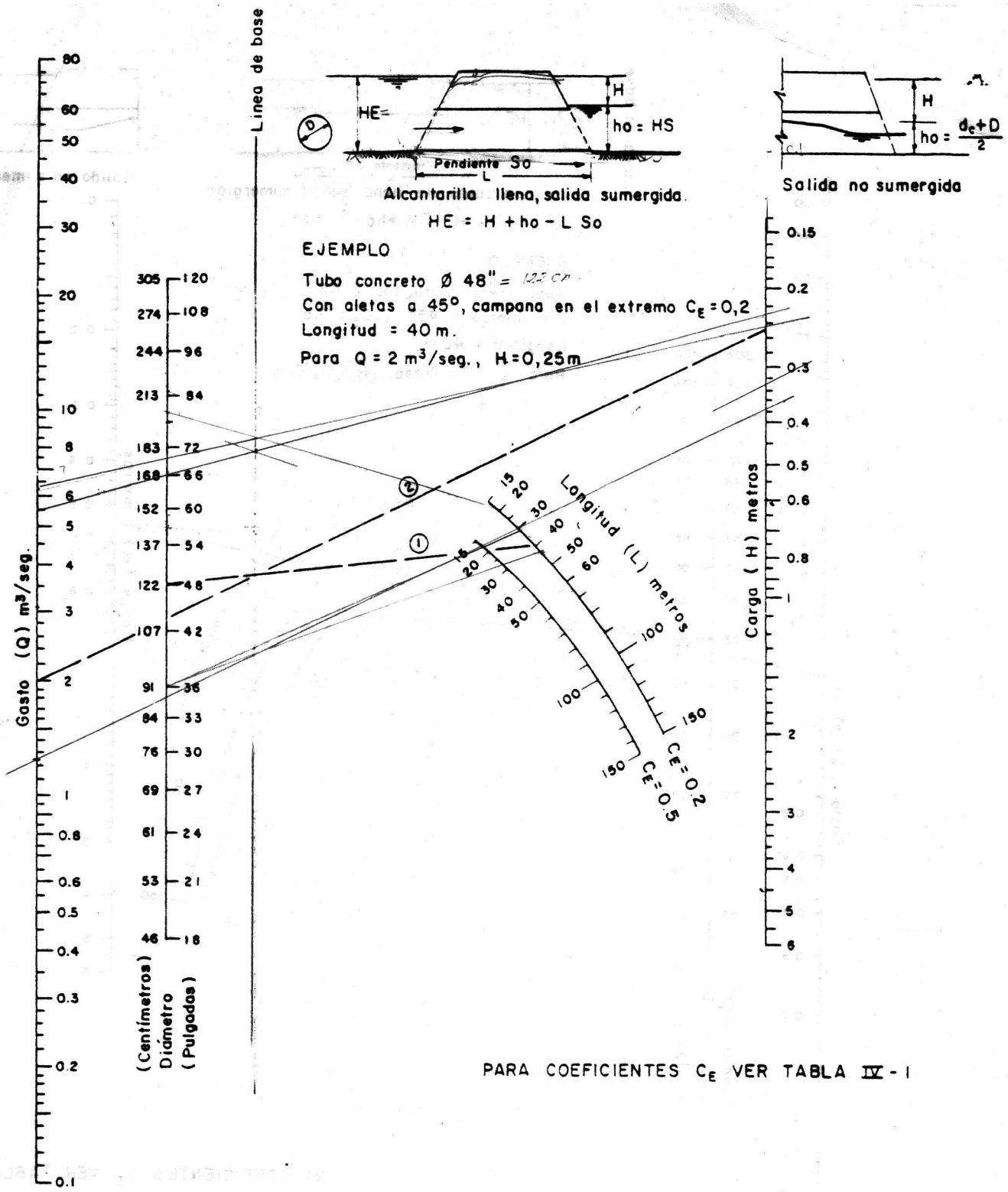
PARA COEFICIENTES C_E VER TABLA IV - 1

NOTA.
Establecido para secciones cuadradas, aproximados para secciones rectangulares.
$2D \geq B \geq \frac{2}{3}D$

Diciembre 1967

U.S. Bureau of Public Roads
Enero 1963

NOMOGRAMA IV - 8
CONTROL A LA SALIDA
CAJONES DE CONCRETO A SECCION PLENA
n = 0,012



PARA COEFICIENTES C_E VER TABLA IV - 1

Diciembre 1967

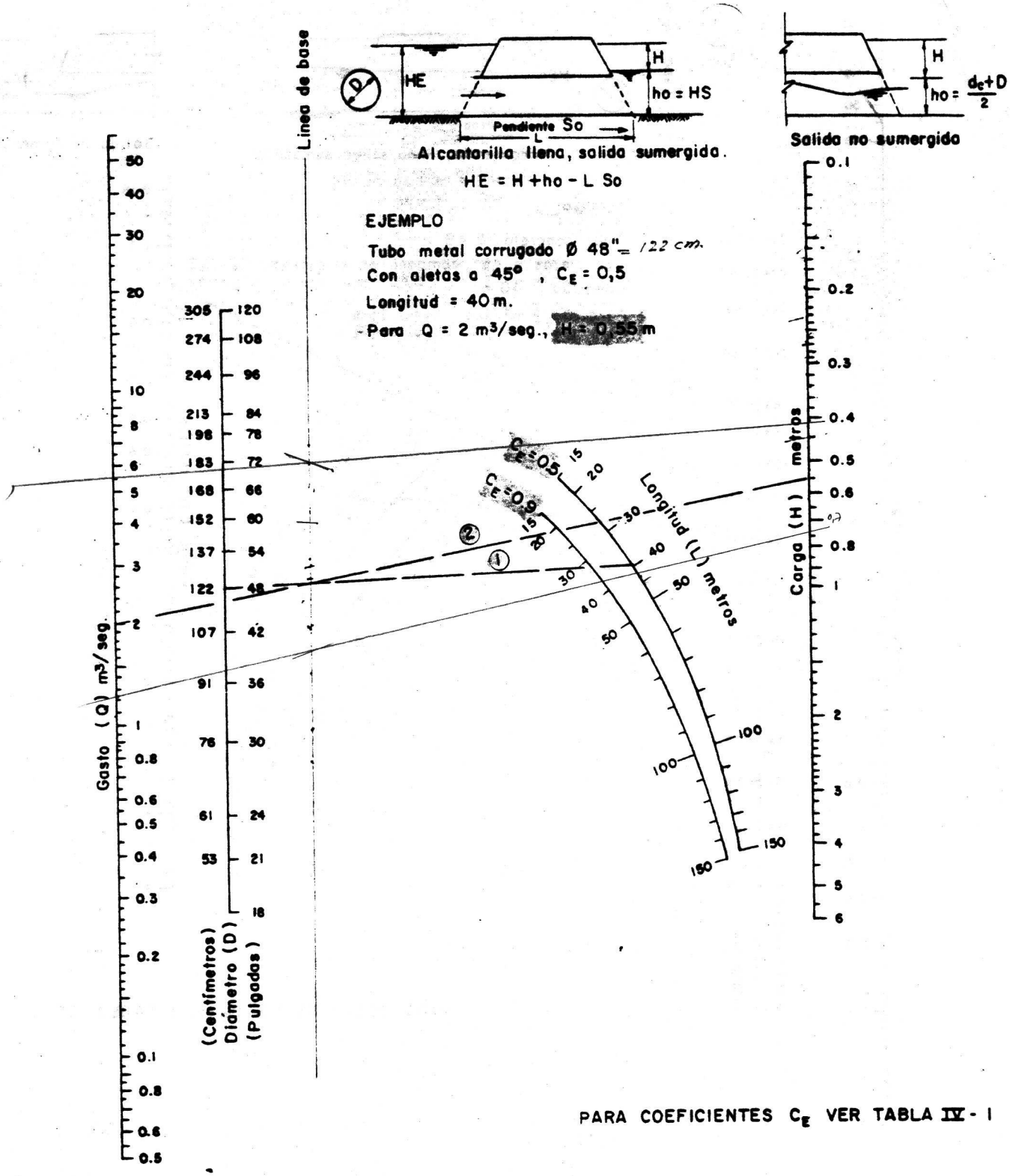
Ref. U.S. Bureau of Public Roads.
Enero 1963

NOMOGRAMA IV - 9

CONTROL A LA SALIDA

TUBOS DE CONCRETO A SECCION PLENA

n = 0.012



PARA COEFICIENTES C_E VER TABLA IV - 1

Diciembre 1967

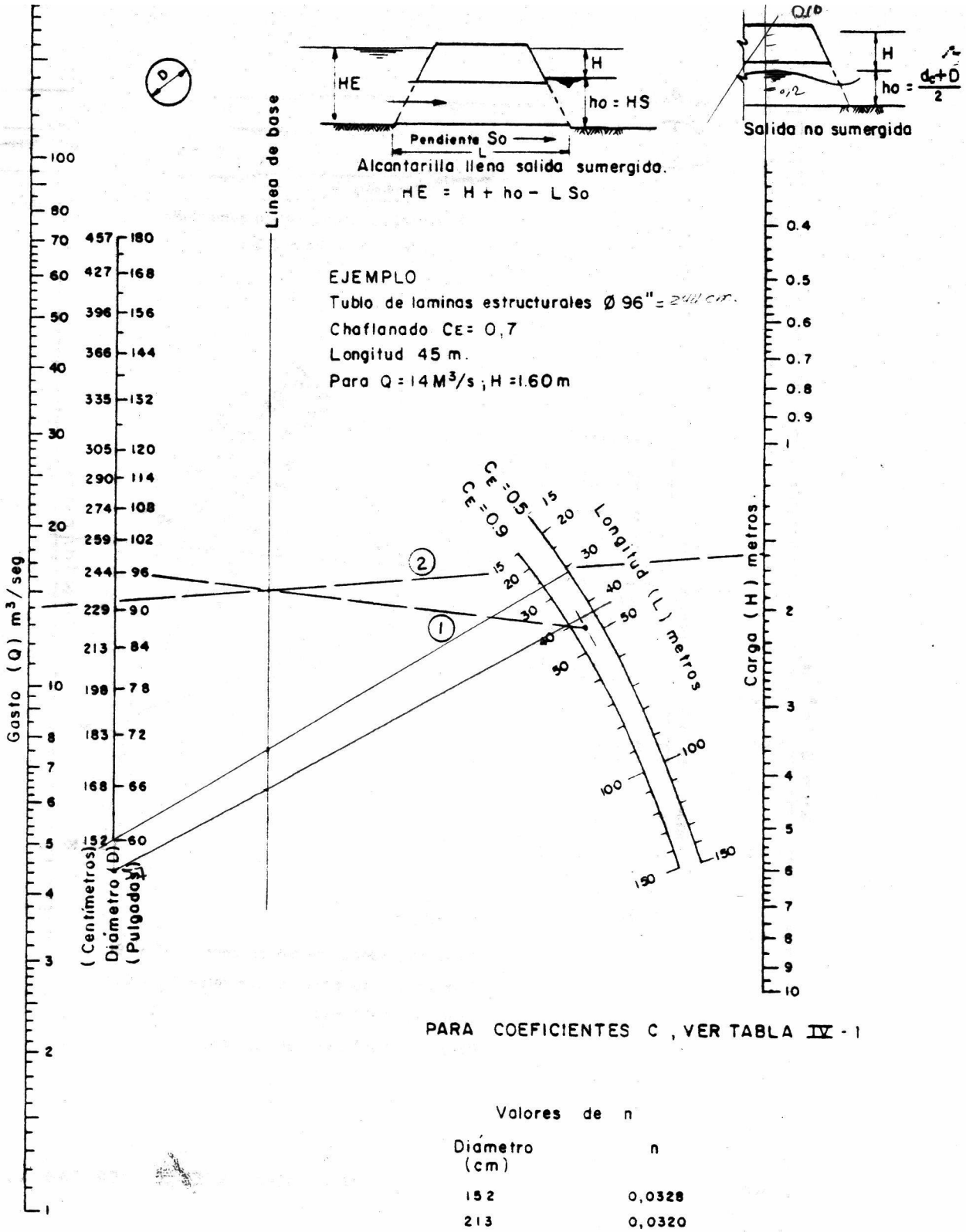
U.S. Bureau of Public Roads

NOMOGRAMA IV - 10

CONTROL A LA SALIDA

TUBOS DE METAL CORRUGADO A SECCION PLENA

n = 0.024



PARA COEFICIENTES C , VER TABLA IV - 1

Valores de n

Diámetro (cm)	n
152	0,0328
213	0,0320
305	0,0311
457	0,0302

NOMOGRAMA IV - 11

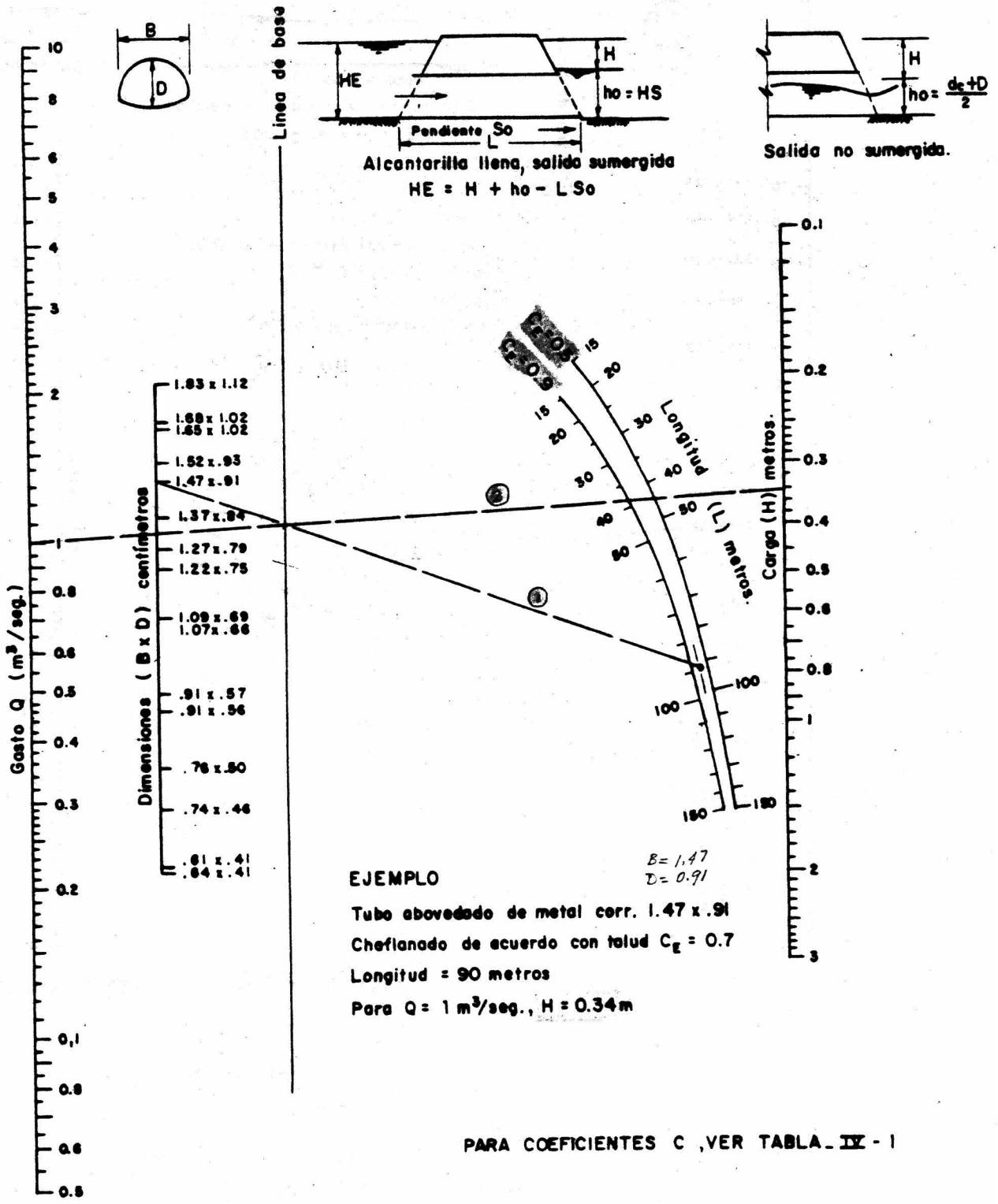
CONTROL A LA SALIDA

TUBOS DE LAMINAS ESTRUCTURALES DE METAL CORRUGADO A SECCION PLENA

n = 0,0328 a n = 0,0302

Diciembre 1967

Re U.S. Bureau of Public Roads
Enero 1963



PARA COEFICIENTES C ,VER TABLA_IV - 1

NOMOGRAMA IV - 12

CONTROL A LA SALIDA

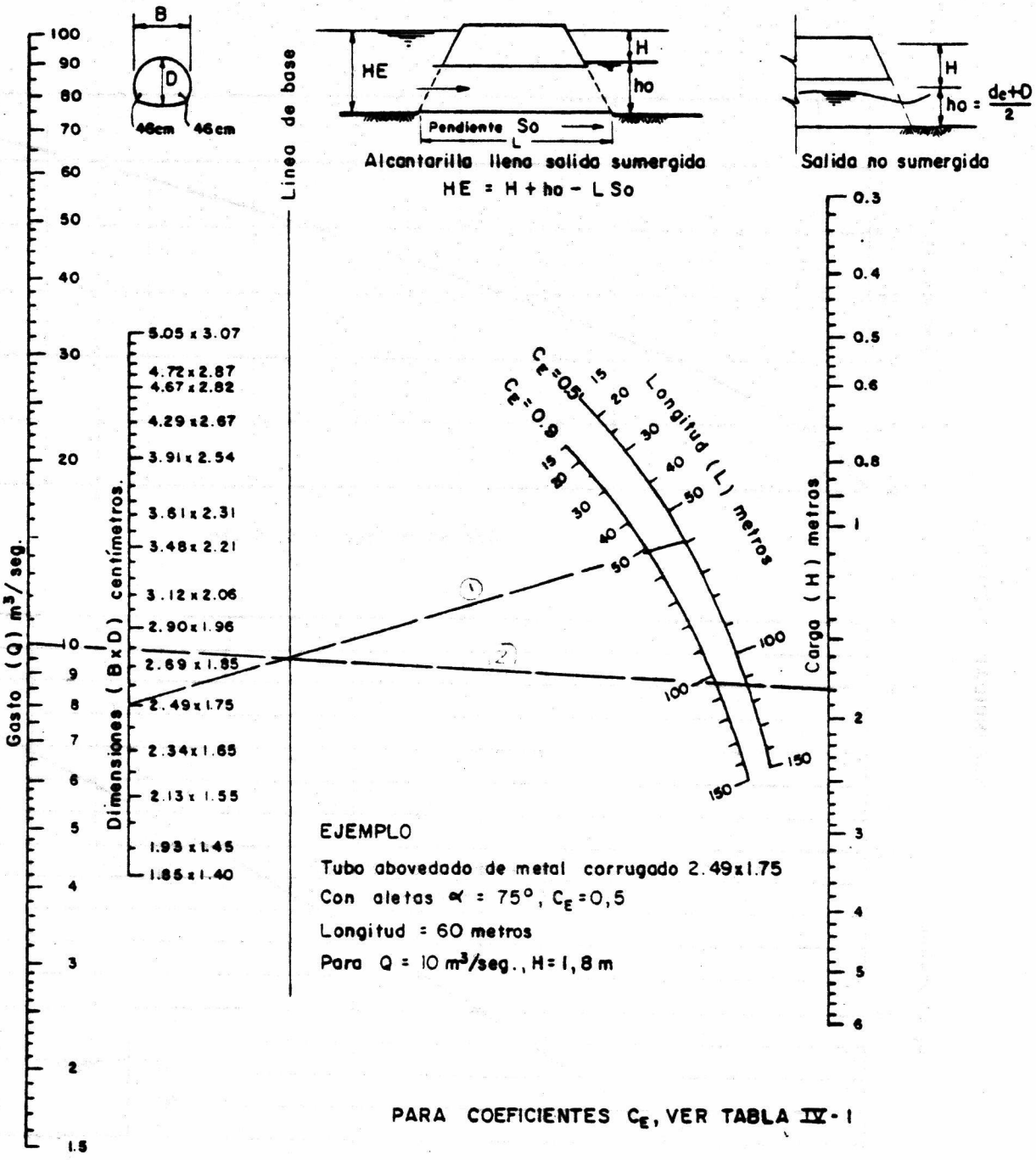
SECCIONES ABOVEDADAS DE METAL CORRUGADO

A SECCION PLENA

n = 0.024

Diciembre 1967

U.S. Bureau of Public Roads.



PARA COEFICIENTES C_E, VER TABLA IV-1

Valores de n

Dimensiones (cm)	n
1.85 x 1.40	0,0327
2.49 x 1.75	0,0321
3.48 x 2.21	0,0315
5.05 x 3.07	0,0306

NOMOGRAMA IV-13

CONTROL A LA SALIDA

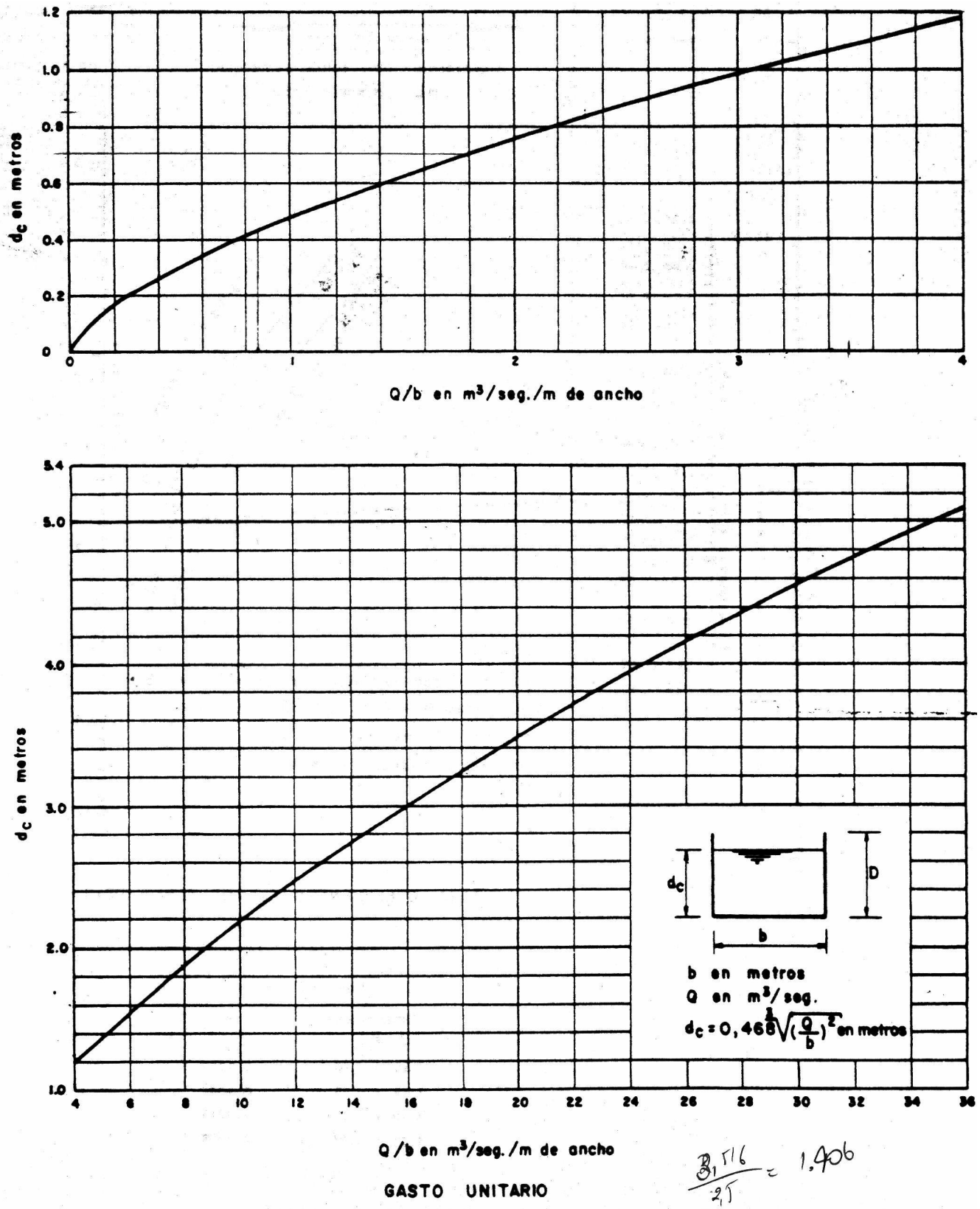
SECCIONES ABOVEDADAS DE LAMINAS ESTRUCTURALES DE METAL CORRUGADO A SECCION PLENA

n = 0,0327 a n = 0,0306

Diciembre 1967

Ref. U.S. Bureau of Publics Roods
Enero 1963

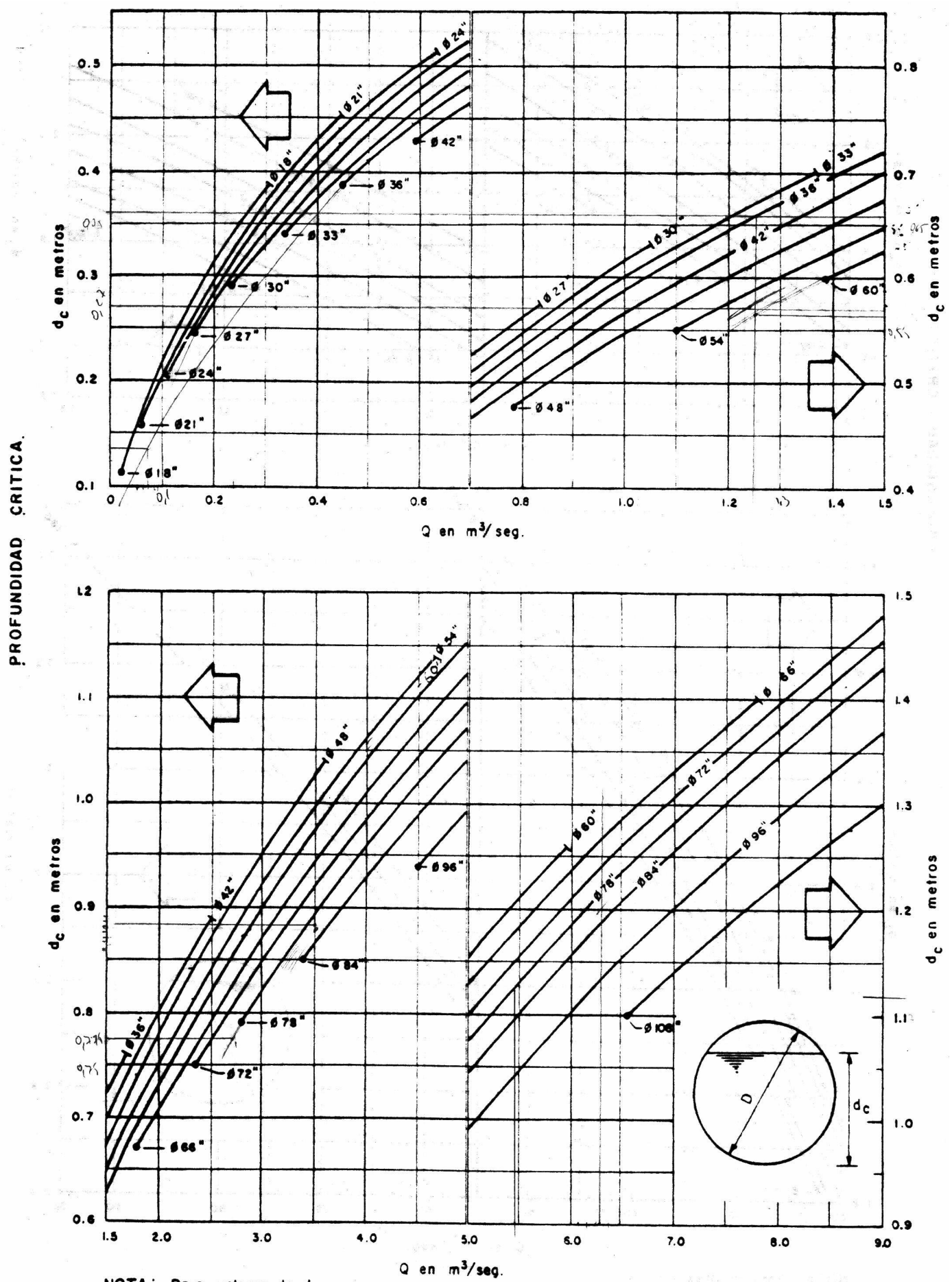
PROFUNDIDAD CRITICA



$\frac{3,516}{2,5} = 1,406$

Diciembre 1967

GRAFICO IV-1
PROFUNDIDAD CRITICA
CANALES RECTANGULARES

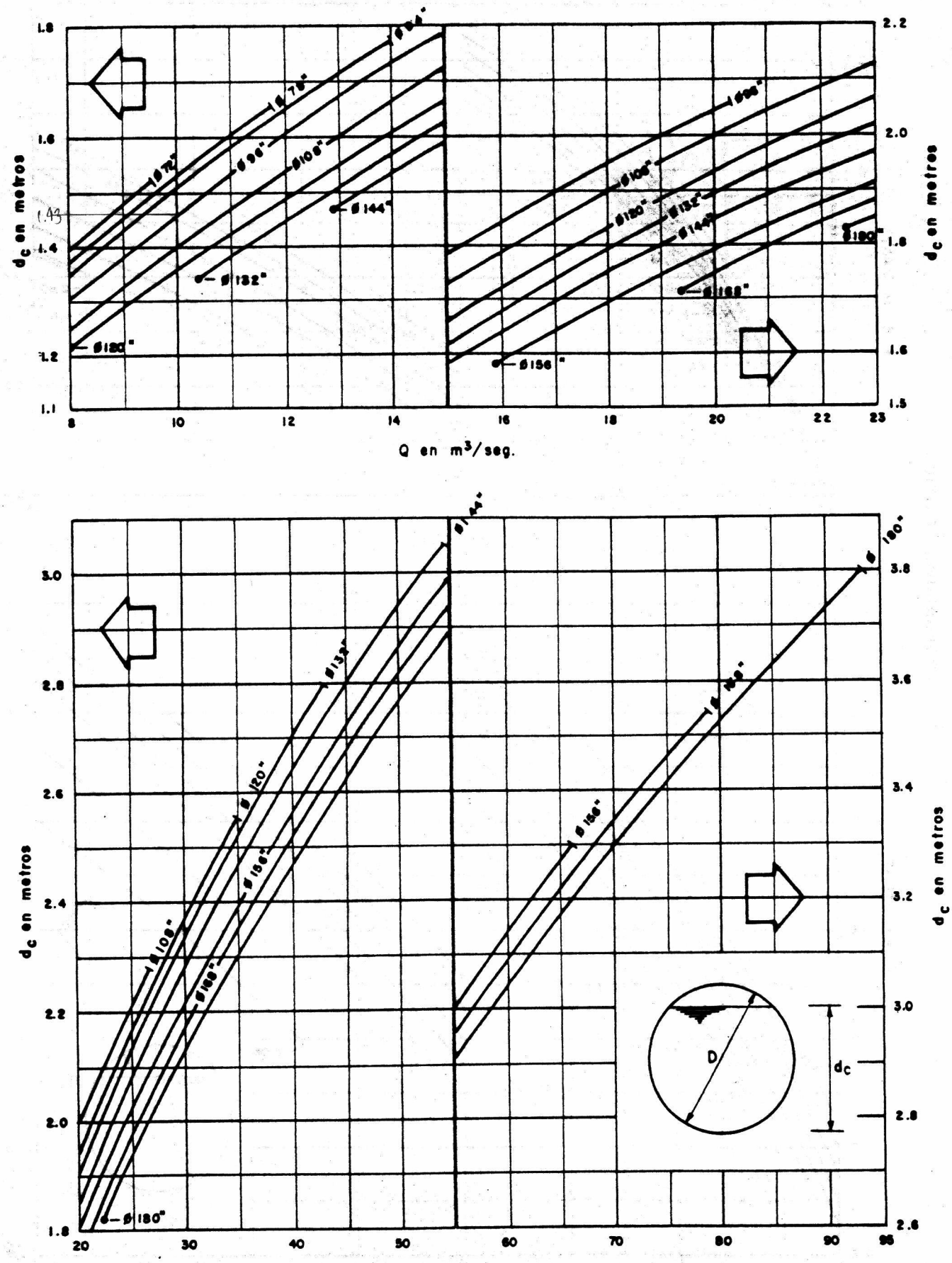


NOTA: Para valores de d_c fuera del gráfico usar $d_c = D$

GASTO

Diciembre 1967

GRAFICO IV - 2a
PROFUNDIDAD CRITICA
CONDUCTOS CIRCULARES



NOTA: Para valores de d_c fuera del gráfico usar $d_c = D$

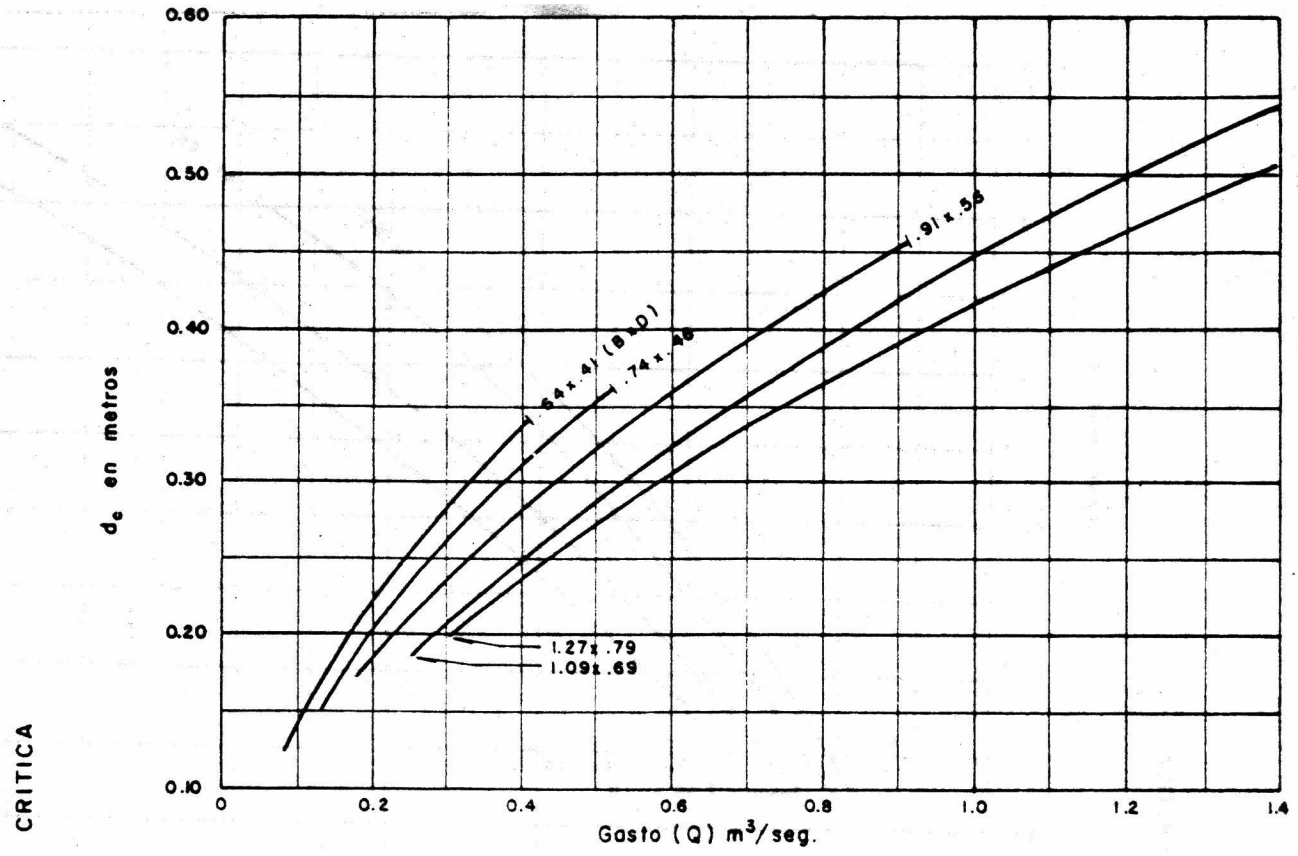
GASTO

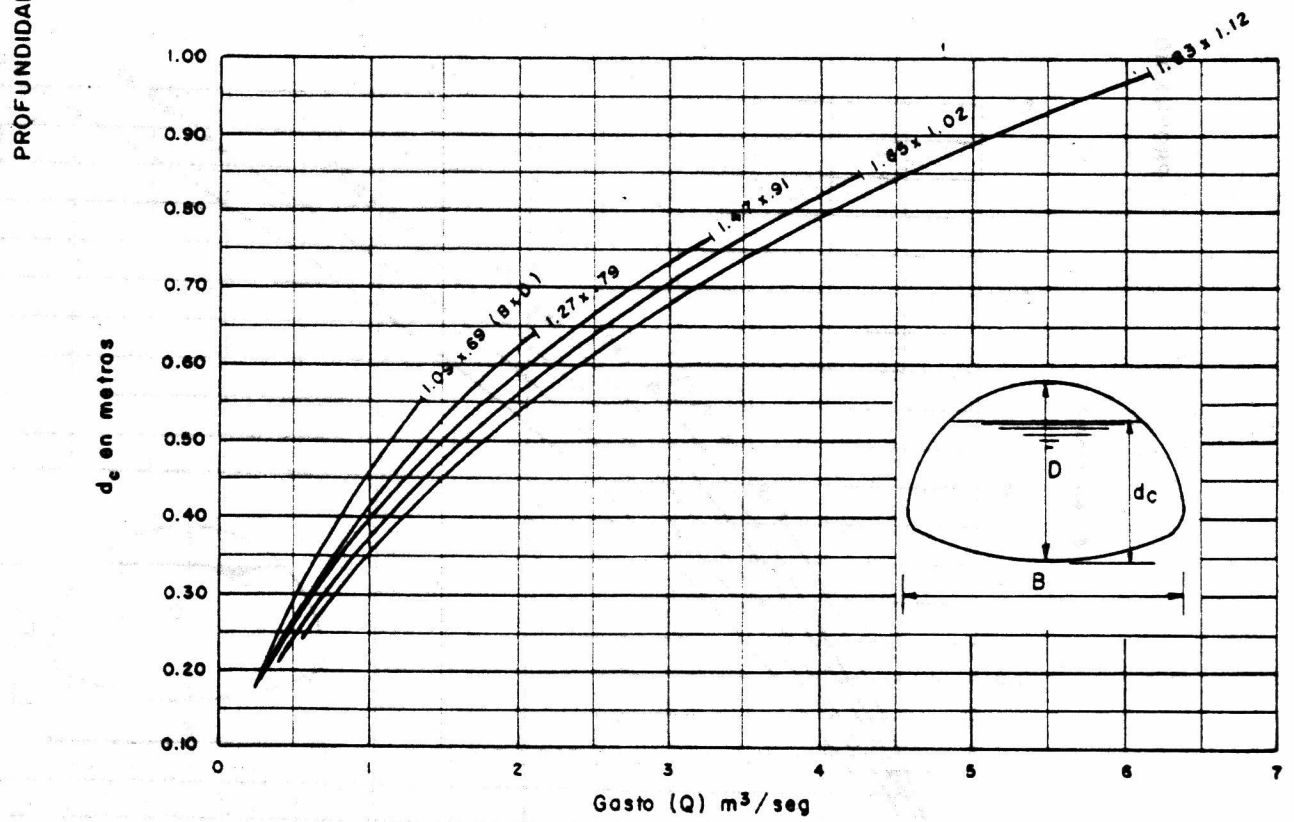
GRAFICO IV - 2b

PROFUNDIDAD CRITICA

CONDUCTOS CIRCULARES

Diciembre 1967





NOTA: Para valores de d_c fuera del gráfico usar $d_c = D$

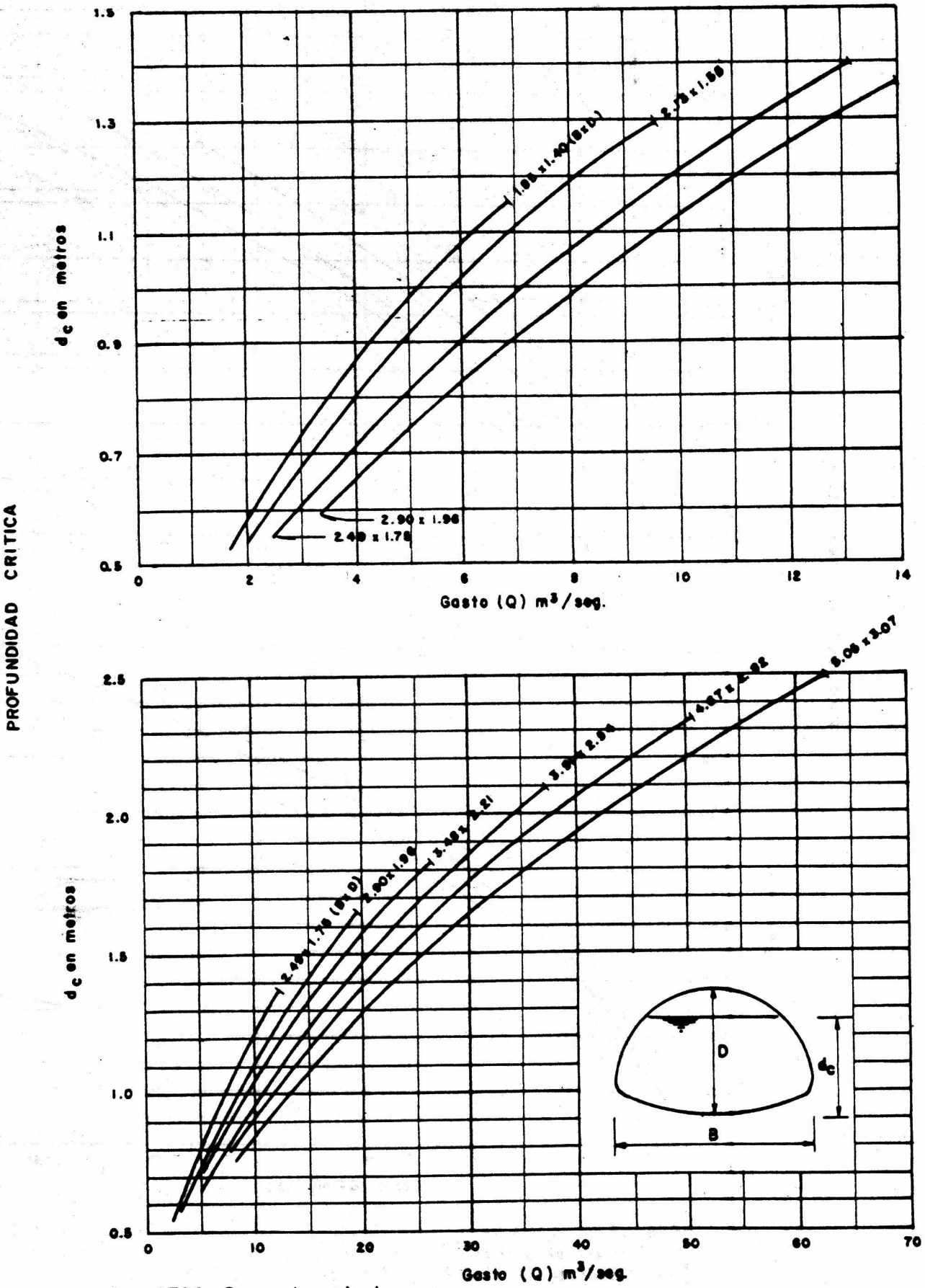
Diciembre 1967

GRAFICO IV - 3a

PROFUNDIDAD CRITICA

SECCIONES ABOVEDADAS DE METAL CORRUGADO

Ref. U. S. Bureau of Publics Roads.
Enero 1964.



NOTA: Para valores de d_c fuera del gráfico usar $d_c = D$

Diciembre 1967

GRAFICO IV-3b

PROFUNDIDAD CRITICA

SECCIONES ABOVEDADAS DE LAMINAS ESTRUCTURALES DE METAL CORRUGADO

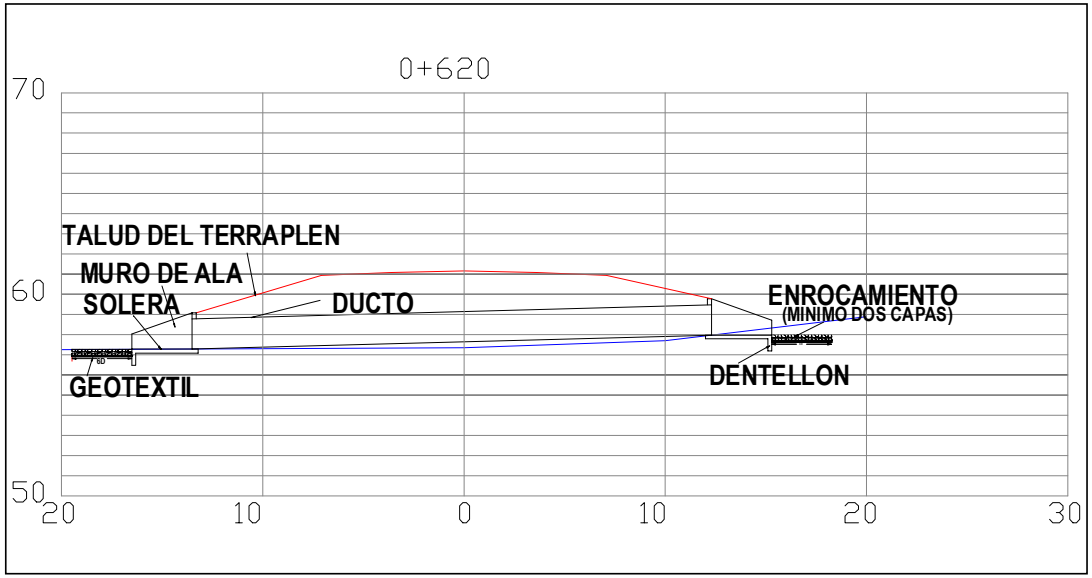
ef. U.S. Bureau of Publics Roads

ANEXO 4.19

CÁLCULO DE ALCANTARILLAS

CALCULO DE ALCANTARILLA

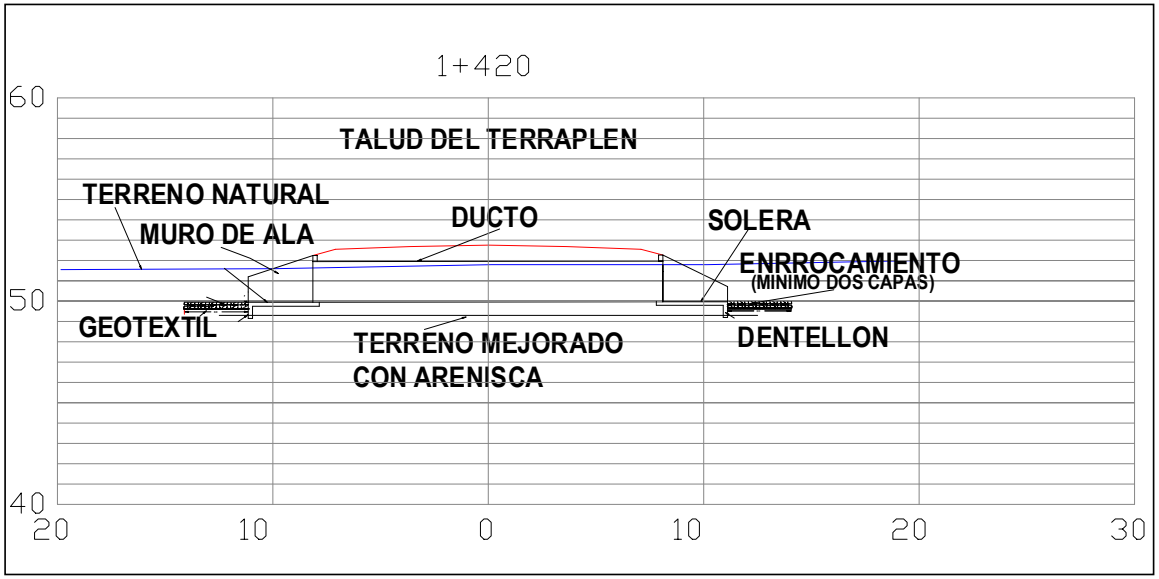
alcantarilla	N° 1
frecuencia de diseño	25
gasto de diseño	8.983116
carga permisible a la entrada HEP	3.71
abscisa	0+620
pendiente alcantarilla	0.027
longitud de la alcantarilla	25.8
velocidad permisible salida	0.25



Tipo de alcantarilla	CAUDAL	TAMAÑO	CONTROL A LA ENTRADA		CONTROL A LA SALIDA												
			HE/D	HE	Ce	H	dc	(dc+D)/2	Hs	ho	Lso	He	He max	b	Yn/b	Yn	As	Vs
DUCTO CAJON cuadruple b =2,5 d= 1,5	2.2457789	59	0.45	0.67437	0.5	0.1	0.45	0.9743	0.35	0.97	0.6966	0.3777	0.67437	2.5	0.14	0.35	0.875	2.567

CALCULO DE ALCANTARILLA

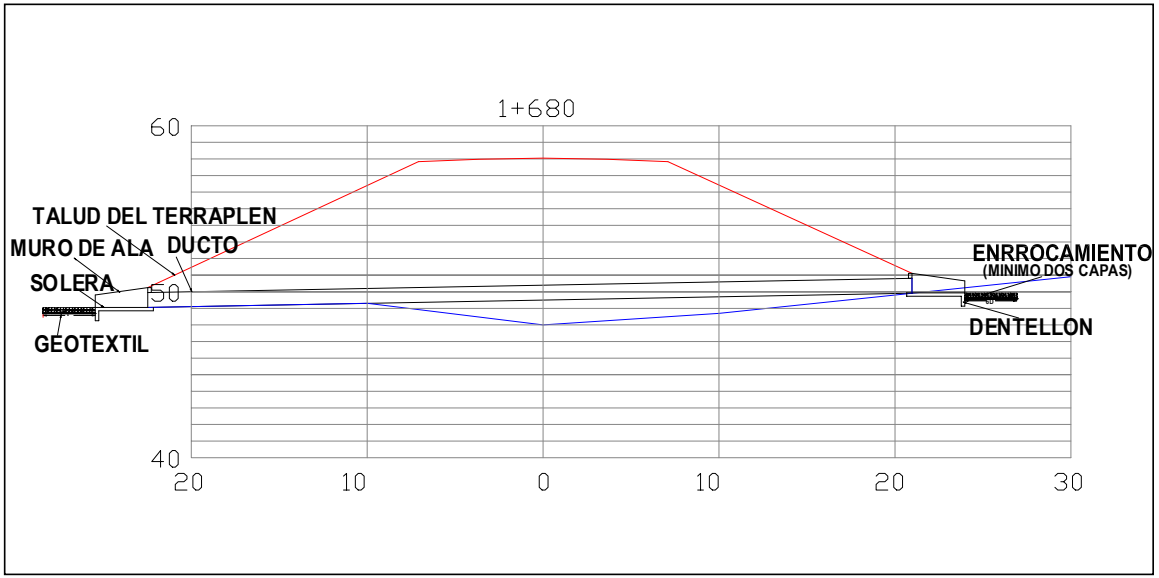
alcantarilla	N° 2
frecuencia de diseño	25
gasto de diseño	6.349738
carga permisible a la entrada HEP	1.43
abscisa	1+420
pendiente alcantarilla	0.01
longitud de la alcantarilla	17.11
velocidad permisible salida	0.25



Tipo de alcantarilla	CAUDAL	TAMAÑO	CONTROL A LA ENTRADA		CONTROL A LA SALIDA													
			HE/D	HE	Ce	H	dc	(dc+D)/2	Hs	ho	Lso	He	He max	b	Y/do	A/do2	As	Vs
CIRCULAR SENCILLA ϕ = 80 " aletas de 45 °	6.34973823	84	0.8	1.70688	0.2	0.19	1.18	1.6568	0.853	1.66	0.1711	1.6757	1.70688	2.13	0.4	0.293	1.336	4.754

CALCULO DE ALCANTARILLA

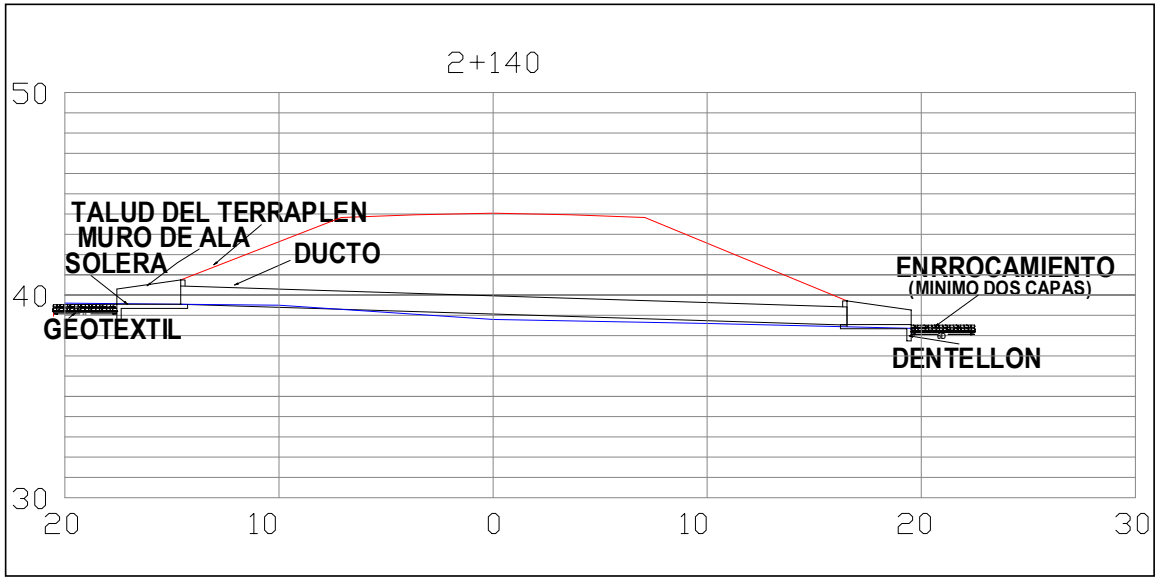
alcantarilla	N° 3
frecuencia de diseño	25
gasto de diseño	0.823644
carga permisible a la entrada HEP	9.28
abscisa	1+680
pendiente alcantarilla	0.02
longitud de la alcantarilla	43.44
velocidad permisible salida	2.1



Tipo de alcantarilla	CAUDAL	TAMAÑO	CONTROL A LA ENTRADA		CONTROL A LA SALIDA												
			HE/D	HE	Ce	H	dc	(dc+D)/2	Hs	ho	Lso	He	He max	b	Y/do	A/do2	As	Vs
CIRCULAR SENCILLA ϕ = 36 " aletas de 45 °	0.8236437	36	0.82	0.74981	0.2	0.15	0.53	0.7222	0.353	0.72	0.8688	0.0034	0.74981	0.91	0.375	0.269	0.225	3.661

CALCULO DE ALCANTARILLA

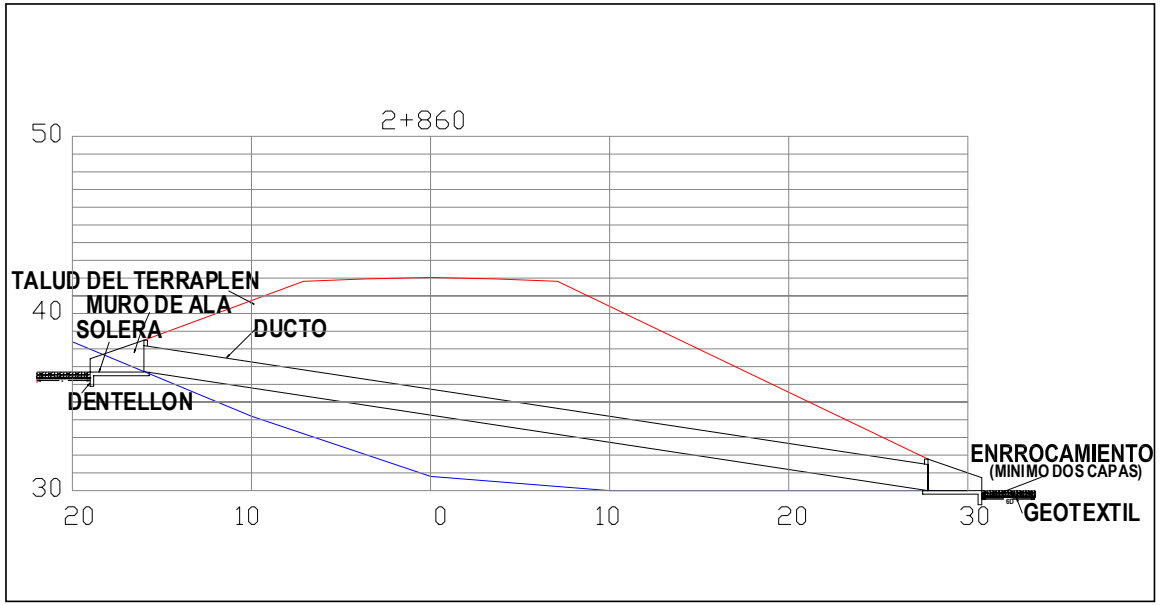
alcantarilla	N° 6
frecuencia de diseño	25
gasto de diseño	1.31775
carga permisible a la entrada HEP	4.49
abscisa	2+140
pendiente alcantarilla	0.036
longitud de la alcantarilla	31.12
velocidad permisible salida	0.8



Tipo de alcantarilla	CAUDAL	TAMAÑO	CONTROL A LA ENTRADA		CONTROL A LA SALIDA													
			HE/D	HE	Ce	H	dc	(dc+D)/2	Hs	ho	Lso	He	He max	b	Y/do	A/do2	As	Vs
CIRCULAR SENCILLA ϕ = 36 " aletas de 45 °	1.3177501	36	1.15	1.05156	0.2	0.37	0.68	0.7947	0.374	0.79	1.1203	0.0444	1.05156	0.91	0.41	0.303	0.254	5.198

CALCULO DE ALCANTARILLA

alcantarilla	N° 10
frecuencia de diseño	25
gasto de diseño	6.870762
carga permisible a la entrada HEP	5.306
abscisa	2+860
pendiente alcantarilla	0.154
longitud de la alcantarilla	43.78
velocidad permisible salida	0.8



Tipo de alcantarilla	CAUDAL	TAMAÑO	CONTROL A LA ENTRADA		CONTROL A LA SALIDA													
			HE/D	HE	Ce	H	dc	(dc+D)/2	Hs	ho	Lso	He	He max	b	Y/do	A/do2	As	Vs
CIRCULAR SENCILLA ϕ = 78 " aletas de 45 °	6.87076166	84	0.8	1.70688	0.2	7.368	1.24	1.6868	0.84	1.69	6.7421	2.3127	2.31268	2.13	0.581	0.472	2.15	3.196

CALCULO DE ALCANTARILLA

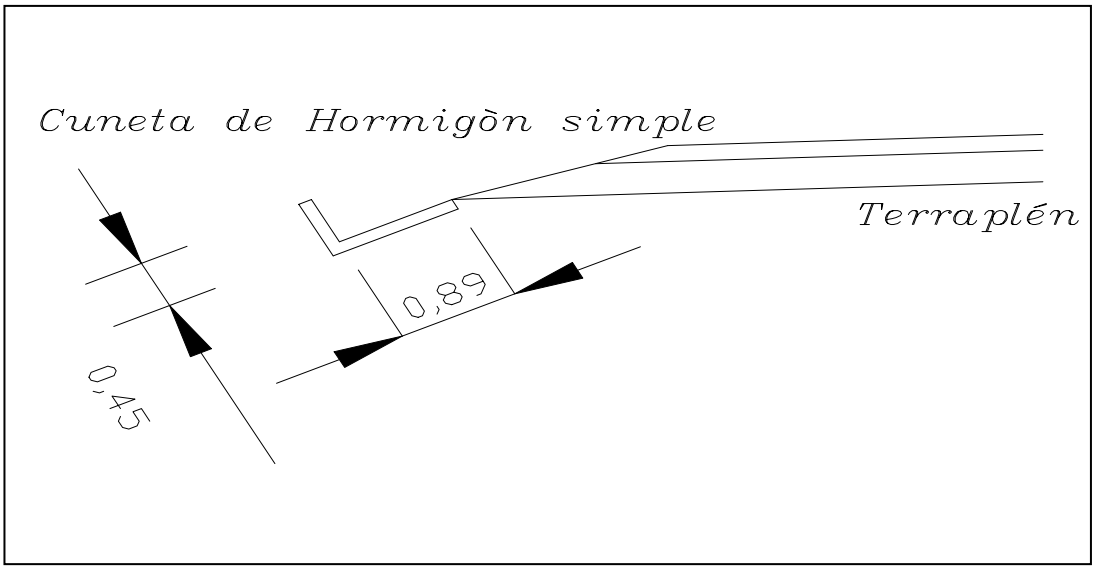
alcantarilla	N° 4	N° 5	N° 7	N° 8	N° 9
frecuencia de diseño	25	25	25	25	25
gasto de diseño	0.102562	0.1016	0.11057	0.078	0.074
carga permisible a la entrada HEP	2.27	5.17	8.72	4.04	1.17
abscisa	1+900	2+020	2+260	2+360	2+520
pendiente alcantarilla	0.293	0.208	0.232	0.043	0.202
longitud de la alcantarilla	30.1	32.1	46.55	17.44	19.48
velocidad permisible salida	2.1	2.1	0.8	0.8	0.8

NOTA: POR SER CAUDALES TAN BAJOS SE ASUMIRA UN DIAMETRO MINIMO DE O,9O m

Tipo de alcantarilla	**CAUDAL**	**TAMAÑO**	**CONTROL A LA ENTRADA**		**CONTROL A LA SALIDA**													
			HE/D	**HE**	**Ce**	**H**	**dc**	**(dc+D)/2**	**Hs**	**ho**	**Lso**	**He**	**He max**	**b**	**Y/do**	**A/do2**	**As**	**Vs**
CIRCULAR SENCILLA ϕ = 36 " aletas de 45 °	--------	--------	-------	-------	-----	-----	-----	--------	------	-----	-------	-------	----------	-----	-------	-------	-----	-----

Anexo 4.20 Cálculo del Drenaje Longitudinal

DRENAJE LONGITUDINAL



CÁLCULOS DEL DRENAJE LONGITUDINAL

Q	caudal	?
Z	inverso de la pendiente transversal	50
p	pendiente transversal	2%
n	coef de mannin	0.012
S	pendiente lonitudinal	4.96%
y	profundidad maxima	70
Q	(Litros por segundo)	1621.84868

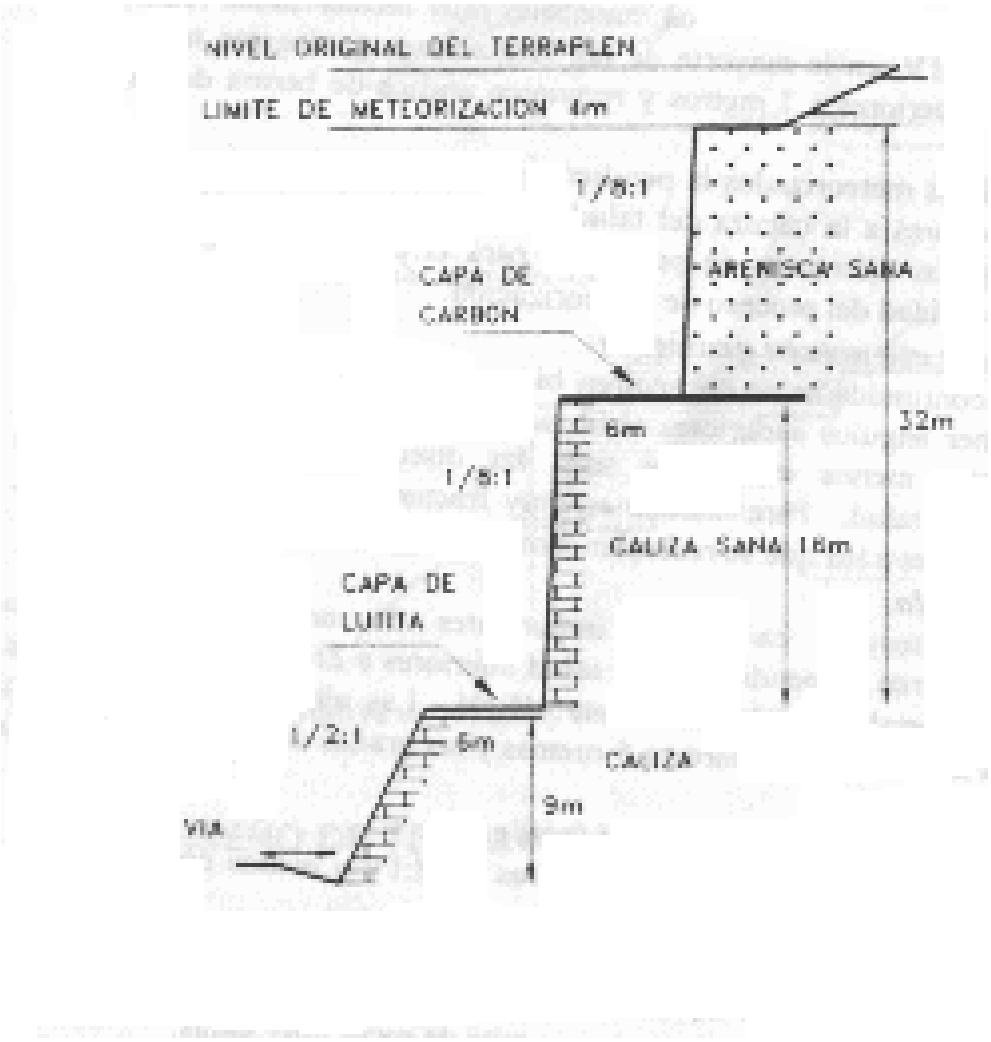
Con las dimensiones recomendadas por El MOP se espera un caudal de 1621,85 litros/ seg, el cual nos asegura que con las dimensiones típicas de cunetas asumidas, se va a cumplir eficientemente con su funcionamiento, ya que el caudal máximo calculado en las cuencas para estas cunetas fue de 1530 litros /seg

ANEXO 5

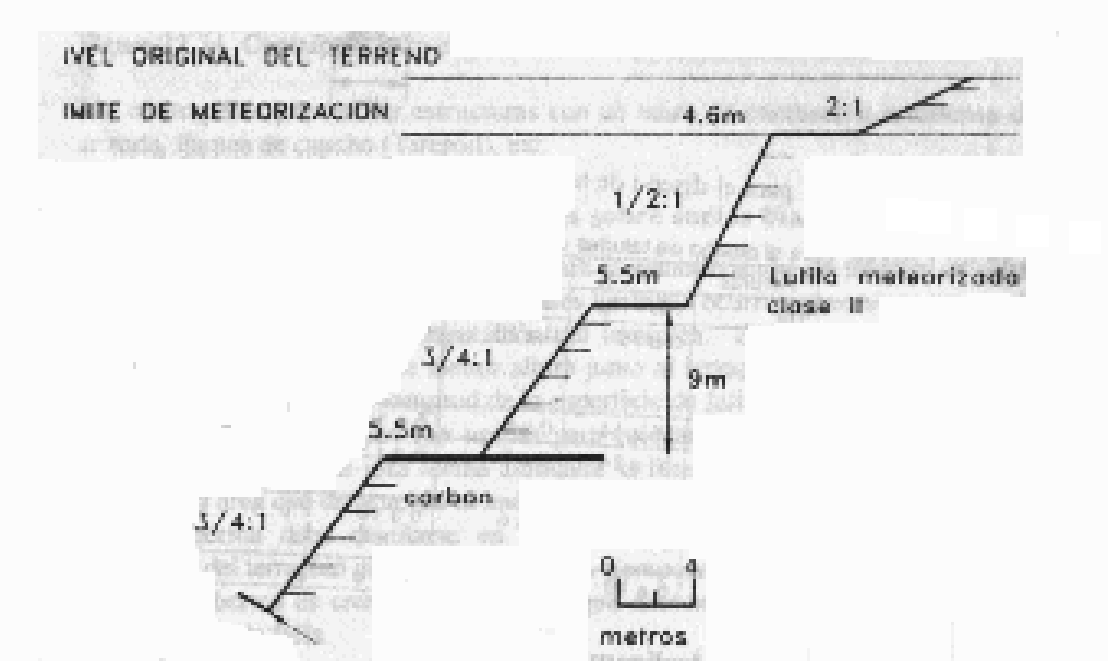
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y GEOTECNIA



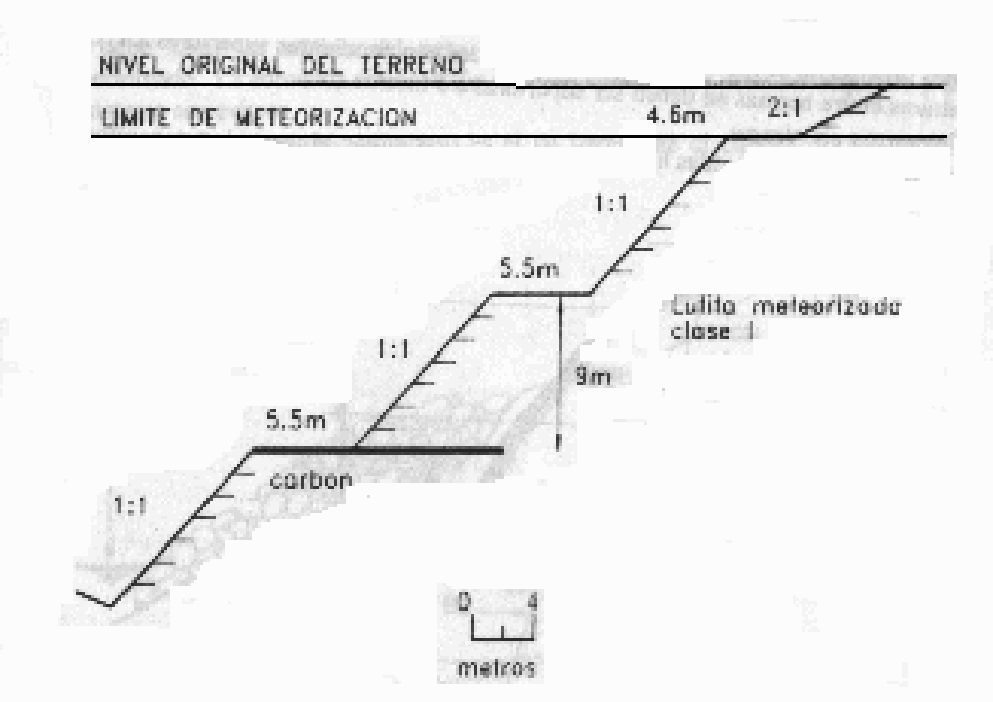
Anexo 5.1. Mosaico de fotografías tomadas en el sector del Proyecto CENAE, terrenos que están formados mayoritariamente por arcillas orgánicas altamente expansivas, al fondo se observa el lindero norte (construcción de muro de bloques de hormigón simple)



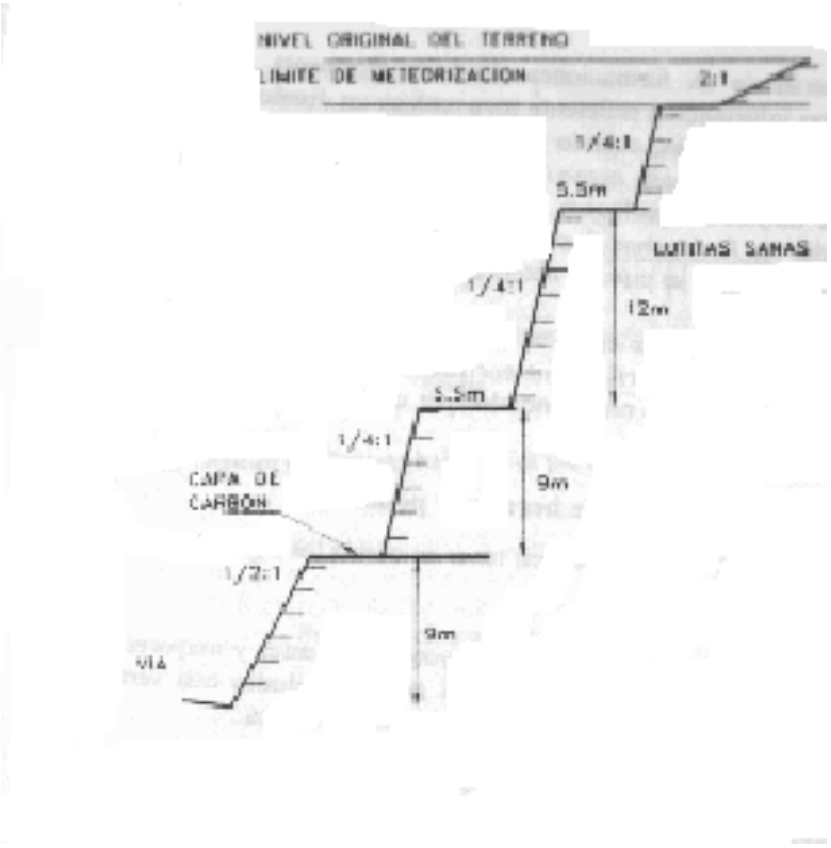
Anexo 5.2 Talud característico para el tipo de roca caliza sana y arenisca sana



Anexo 5.3 Talud característico para el tipo de roca lutita meteorizada claseII



Anexo 5.4 Talud característico para el tipo de roca lutita meteorizada claseI



Anexo 5.5 Talud característico para el tipo de roca lutita sana

ANEXO 5.6

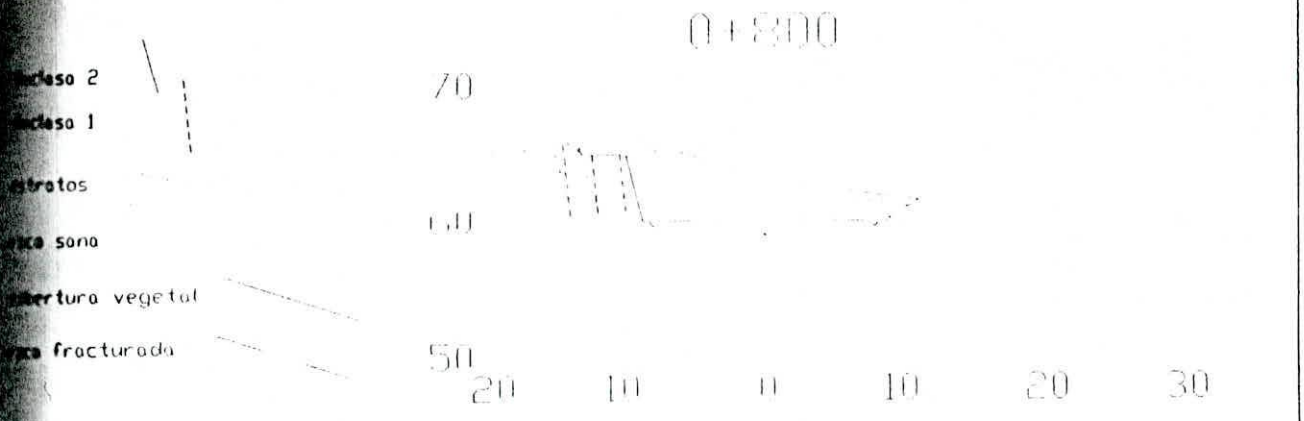
Cálculo de Estabilidad de Taludes

ANEXO

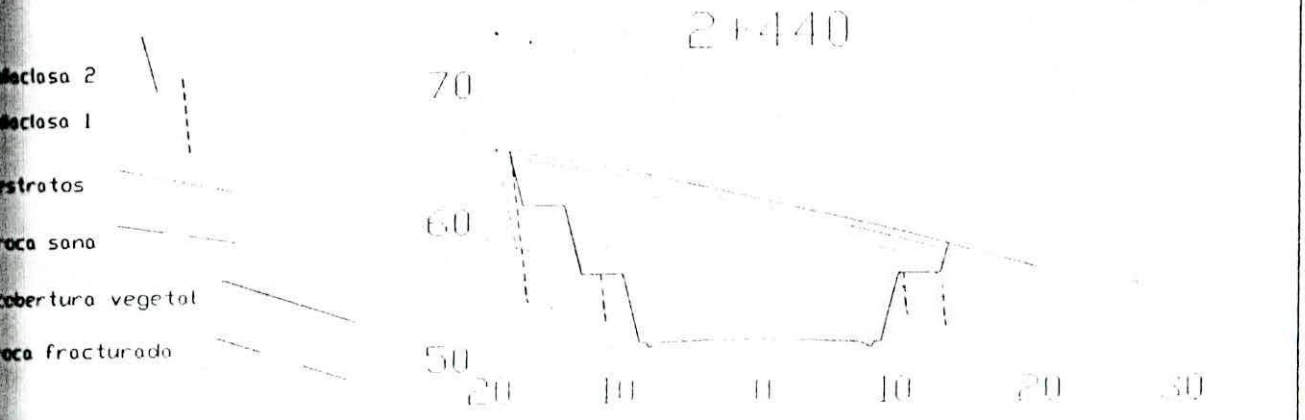
CÁLCULO DE BUZAMIENTO APARENTE EN LAS ABSCISAS DE LA VÍA (PERFILES CRÍTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN)						
abscisa	**buz real**	**theta**	**cos theta**	**tan buz real**	**producto**	**buz aparente**
0+140	16	84.269	0.099858112	0.286745386	0.028633853	1.64015077
0+180	16	84.269	0.099858112	0.286745386	0.028633853	1.64015077
0+220	16	84.269	0.099858112	0.286745386	0.028633853	1.64015077
0+260	16	84.269	0.099858112	0.286745386	0.028633853	1.64015077
0+300	16	84.269	0.099858112	0.286745386	0.028633853	1.64015077
0+460	16	14.569	0.967845411	0.286745386	0.277525206	15.51067544
0+500	16	14.569	0.967845411	0.286745386	0.277525206	15.51067544
0+660	16	65.142	0.420370802	0.286745386	0.120539388	6.87323741
0+700	16	59.574	0.506425108	0.286745386	0.145215063	8.26245532
0+740	16	54.005	0.58771465	0.286745386	0.168524464	9.56585799
0+800	16	45.653	0.699002137	0.286745386	0.200435637	11.3339306
0+840	16	40.084	0.765101244	0.286745386	0.219389251	12.3740364
0+880	16	34.516	0.823967986	0.286745386	0.236269018	13.2934358
0+920	16	29.76	0.868112195	0.286745386	0.248927166	13.9783759
0+940	16	29.76	0.868112195	0.286745386	0.248927166	13.9783759
1+000	16	29.76	0.868112195	0.286745386	0.248927166	13.9783759
1+480	15	23.566	0.91660014	0.267949192	0.245602267	13.7988495
1+520	15	20.223	0.938354336	0.267949192	0.251431286	14.1134002
1+560	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+600	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+720	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+760	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+800	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+840	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+880	15	19.062	0.945165723	0.267949192	0.253256392	14.2117109
1+920	16	20.854	0.934490581	0.286745386	0.267960862	15.0006238
1+960	16	22.209	0.925811222	0.286745386	0.265472096	14.8674983
2+060	16	23.002	0.920491214	0.286745386	0.263946608	14.7858178
2+100	16	23.002	0.920491214	0.286745386	0.263946608	14.7858178
2+180	16	23.002	0.920491214	0.286745386	0.263946608	14.7858178
2+220	16	23.002	0.920491214	0.286745386	0.263946608	14.7858178
2+400	16	23.002	0.920491214	0.286745386	0.263946608	14.7858178
2+440	16	23.883	0.914374123	0.286745386	0.262192561	14.6918232
2+480	16	25.872	0.899771133	0.286745386	0.258005221	14.4671088
2+520	16	27.861	0.884083935	0.286745386	0.253506989	14.2252028
2+560	16	29.85	0.867331431	0.286745386	0.248703286	13.9662963
2+620	16	31.267	0.85475791	0.286745386	0.245097887	13.7715915
2+660	16	31.267	0.85475791	0.286745386	0.245097887	13.7715915
2+700	16	31.267	0.85475791	0.286745386	0.245097887	13.7715915
2+760	16	31.267	0.85475791	0.286745386	0.245097887	13.7715915
2+800	16	31.267	0.85475791	0.286745386	0.245097887	13.7715915
2+940	16	73.306	0.287260215	0.286745386	0.082370541	4.70885386

ANEXO

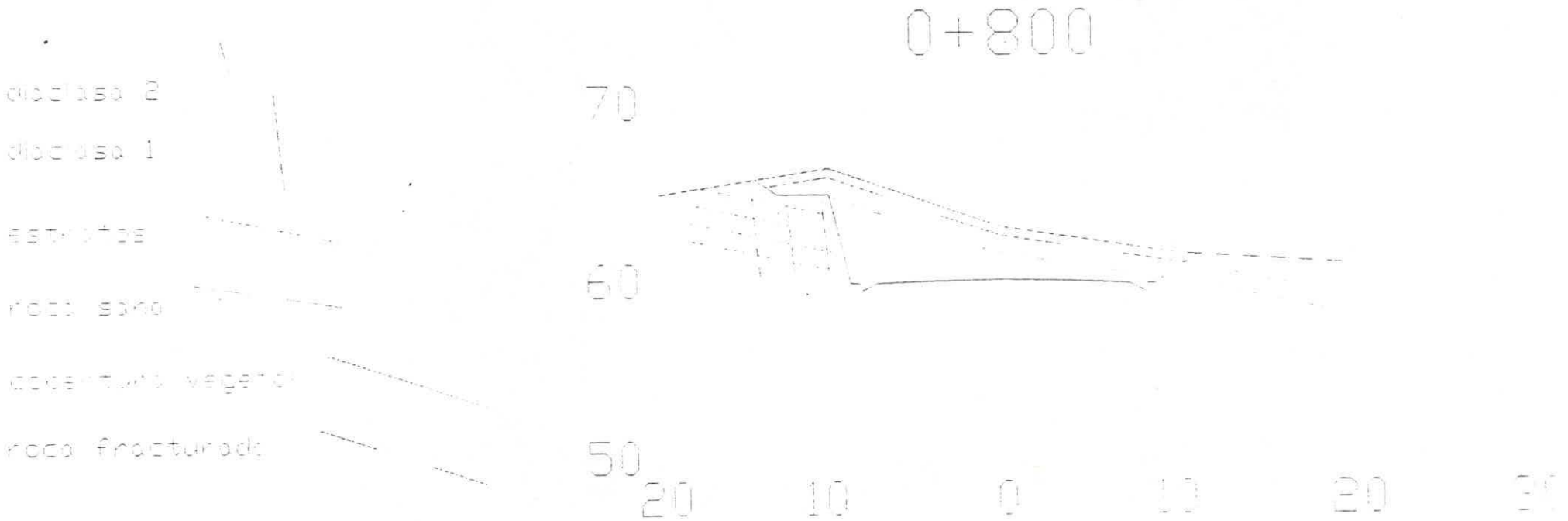
PERFILES PARA ESTABILIZACIÓN





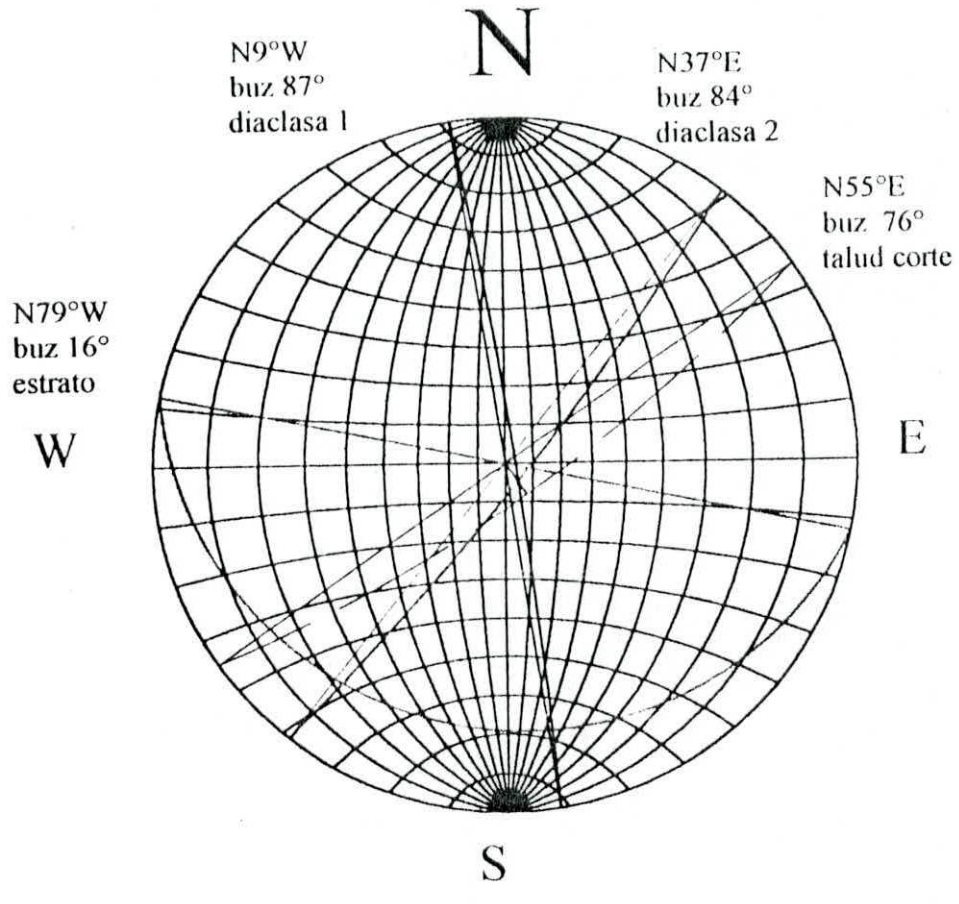


PERFILES CRITICOS PARA ESTABILIZACION



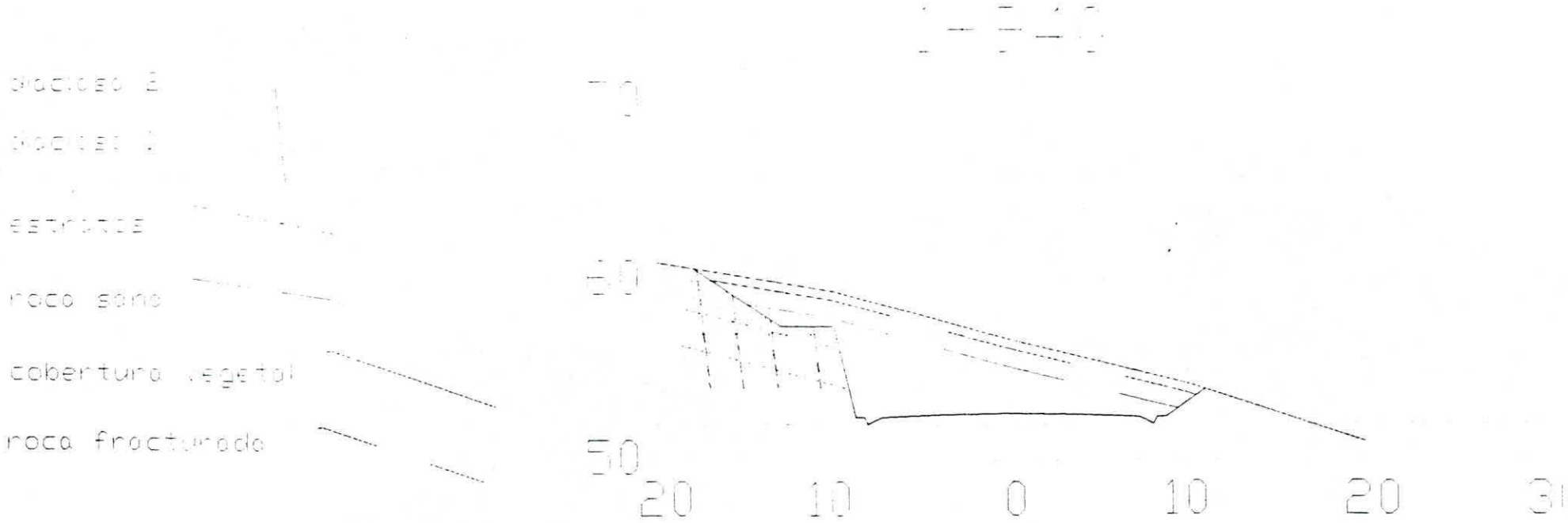
ANEXO

Abscisa 0+800



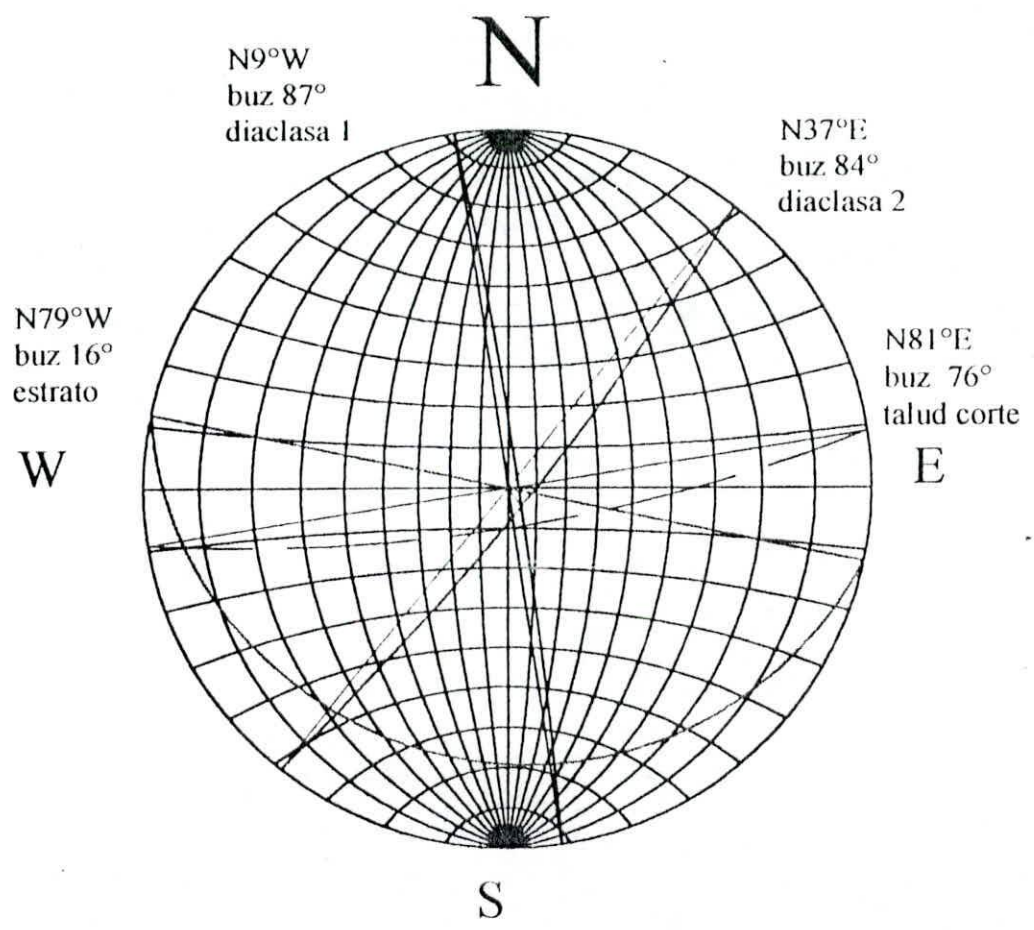
Red estereográfica

PERFILES CRÍTICOS PARA ESTABILIZACIÓN



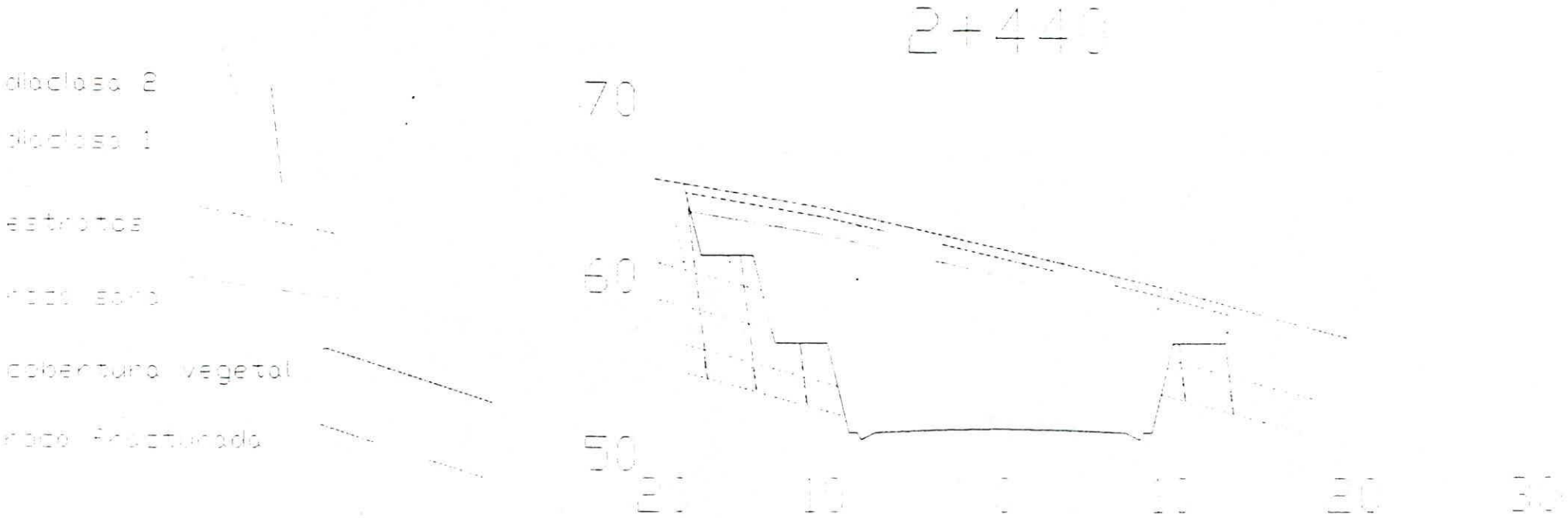
ANEXO

Abscisa 1+940



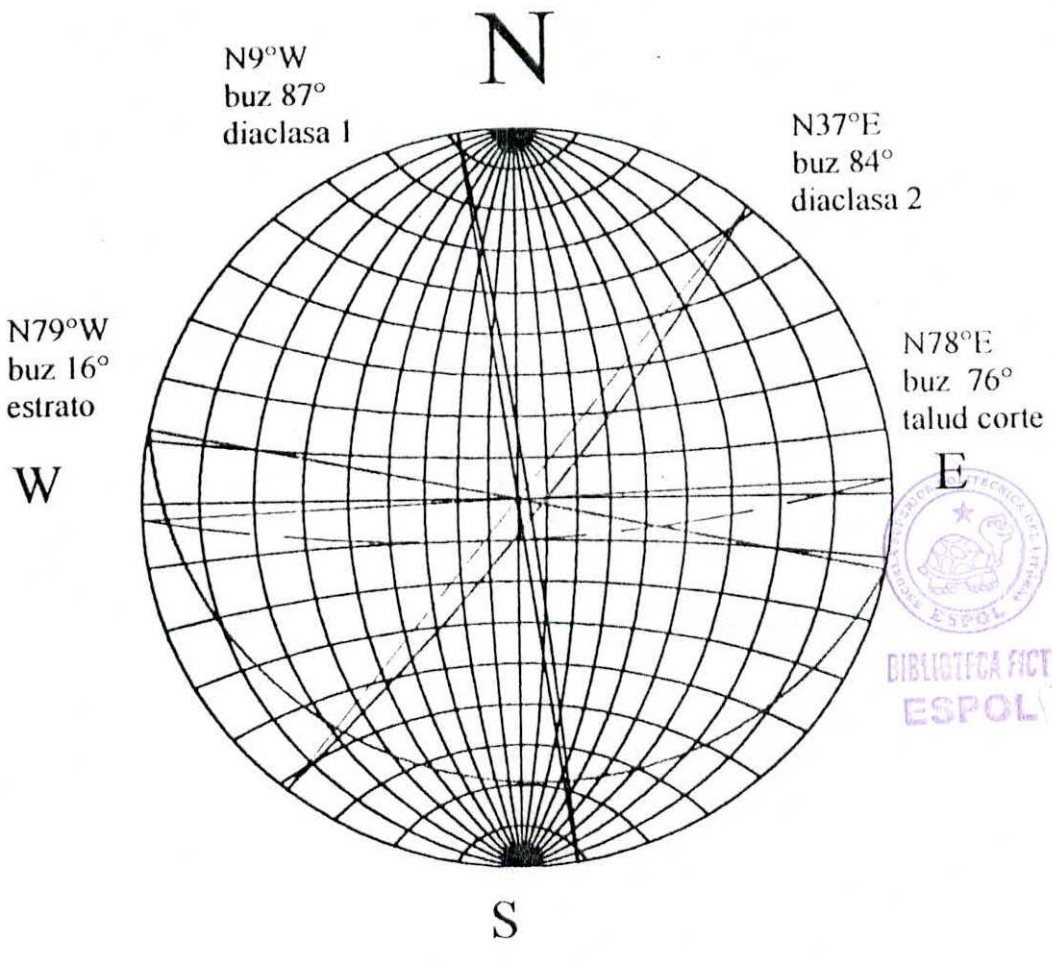
Red estereográfica

PERFILES CRÍTICOS PARA ESTABILIZACIÓN



ANEXO

Abscisa 2+440



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Red estereográfica

ANEXO 6

PAVIMENTOS

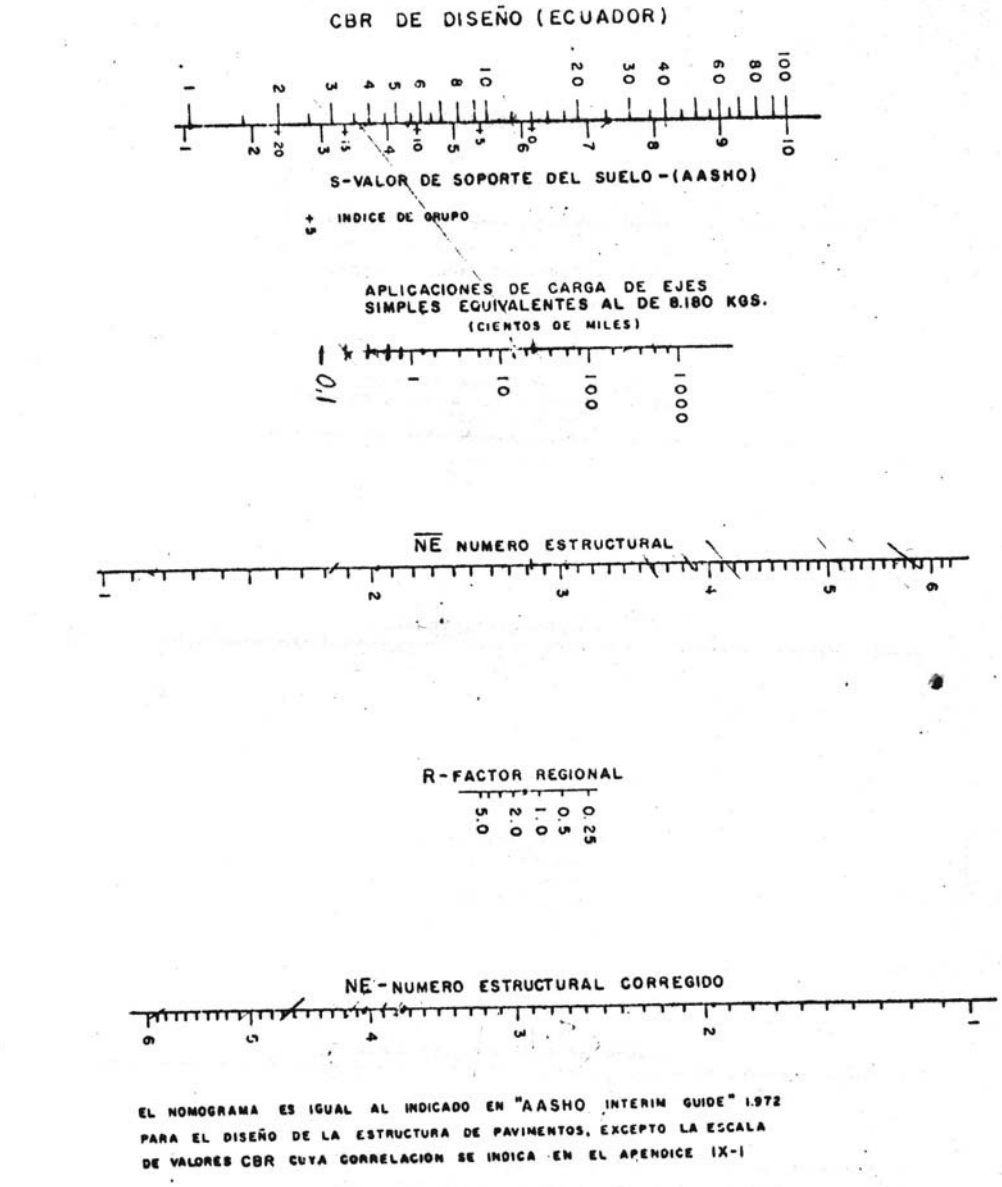


FIGURA IX –1 NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, P= 2,0
(NOMOGRAMA AASHO 400-1)

Anexo 6.1 Nomograma para diseño de Pavimento Flexible, P = 2.0

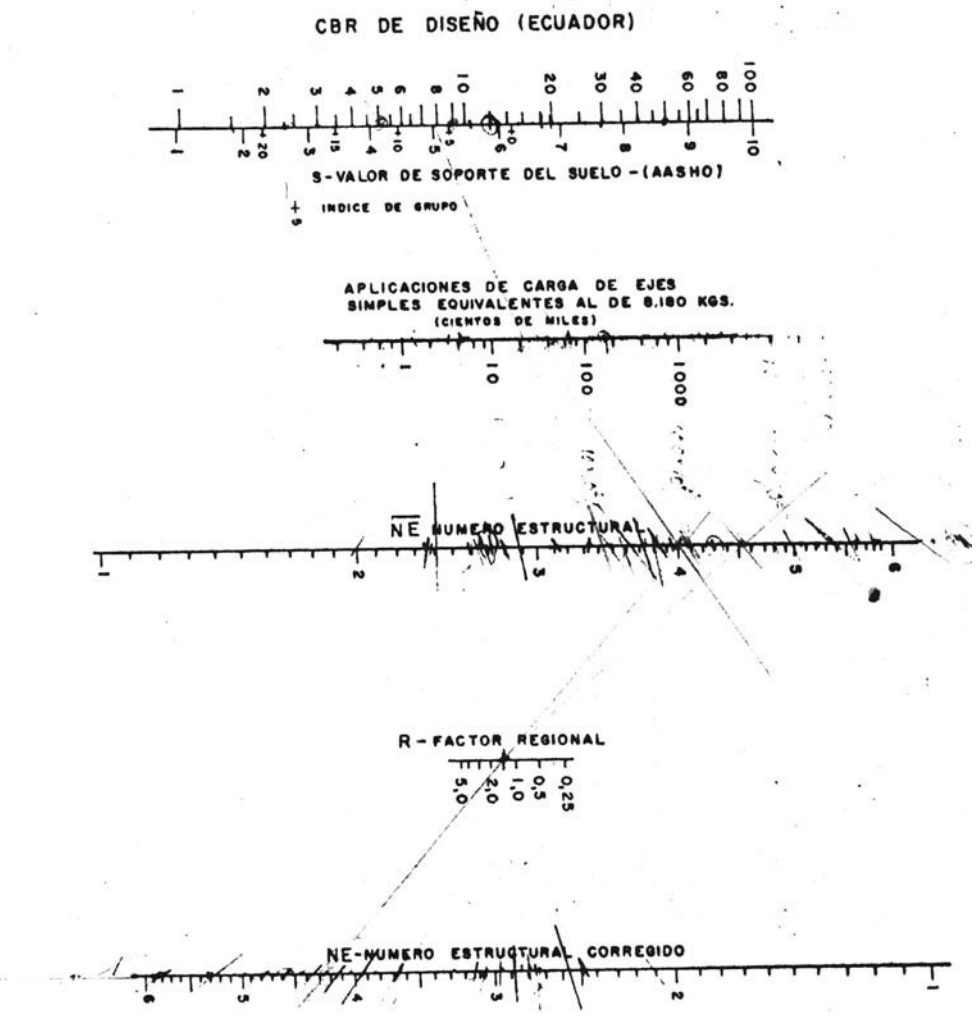
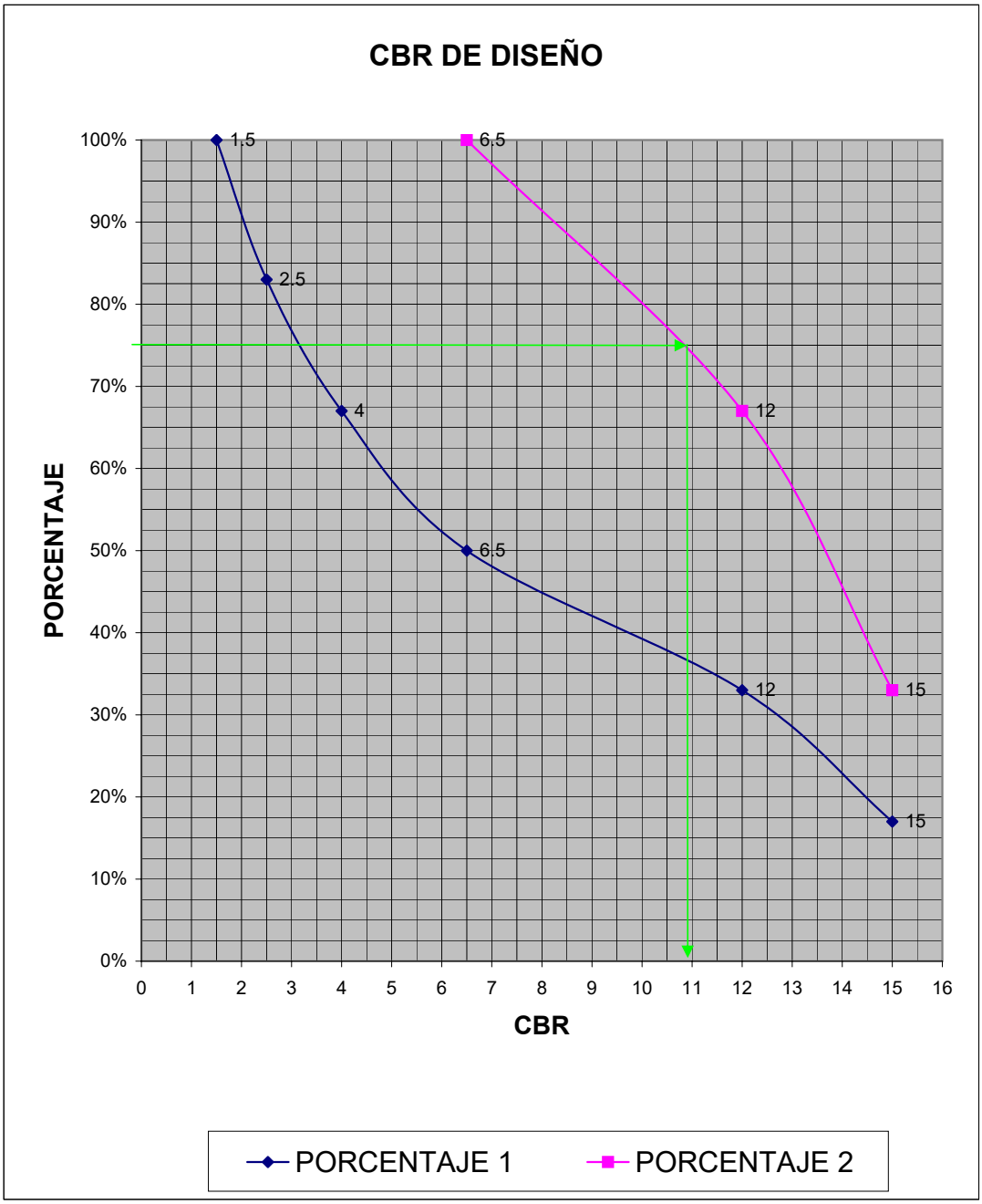


FIGURA IX - 2 NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, P = 2,0 2,5
(NOMOGRAMA AASHO 400-1)

Anexo 6.2 Nomograma para diseño de Pavimento Flexible, P = 2.5

MUESTRA	CBR DISEÑO 95%	ORDENAMIENTO		PORCENTAJE 1	PORCENTAJE 2
		CBR	MAYOR A MENOR		
1.- DARWIN ARROYO	6.5	1.5	6	100%	*******
2.-LEONARDO CALDERON	1.5	2.5	5	83%	*******
3.- LENIN GOMEZ	4	4	4	67%	*******
4.- GEOVANNY NICOLA	11	7	3	50%	100%
5.- CHRISTIAM MENDOZA	2.5	12	2	33%	67%
6.- SILVIA VELASQUEZ	15	15	1	17%	33%



Anexo 6.3 Cálculo del CBR de diseño

ANEXO 6.4

ENSAYOS DE LABORATORIO

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO	FECHA	15	MAYO	2001

Obra:via alternativa	Localización:CENAE	Sondeo:100 cm
Muestra: N 1	Para :GRUPO DE TOPICO DE VIAS DE COMUNICACIÓN	
Fuente del Material :		
Descripción del Material :		

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	%Retenido Acululado	%Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2 (1/2)"					
2"					
1 (1/2)"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	247	12.35%	12.35%	87.65%	
No. 6	12	0.60%	12.95%	87.05%	
No. 8	11.2	0.56%	13.51%	86.49%	
No. 10	7.8	0.39%	13.90%	86.10%	
No. 12	8.7	0.44%	14.34%	85.67%	
No. 16	16.8	0.84%	15.18%	84.83%	
No. 20	22.2	1.11%	16.29%	83.72%	
No. 30	25.8	1.29%	17.58%	82.43%	
No. 40	34.9	1.75%	19.32%	80.68%	
No. 50					
No. 60	130.1	6.51%	25.83%	74.18%	
No. 80	119.7	5.99%	31.81%	68.19%	
No. 100					
No. 200	290.8	14.54%	46.35%	53.65%	
No.					
Fondo	1072.9	53.65%	100.00%		
Total	2000	100.00%			

Prueba por :DARWIN ARROYO F

Calculado por :DARWIN ARROYO

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO	FECHA	15	MAYO	2001

Obra:via alternativa	Localización:CENAE	Sondeo:50 cm
Muestra: N 1	Para :GRUPO DE TOPICO DE VIAS DE COMUNICACIÓN	
Fuente del Material :		
Descripción del Material : 6000 gr		

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	%Retenido Acululado	%Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2 (1/2)"					
2"					
1 (1/2)"					
1"	288	4.80%	4.80%	95.20%	
3/4"	326	5.43%	10.23%	89.77%	
1/2"	684	11.40%	21.63%	78.37%	
3/8"	646	10.77%	32.40%	67.60%	
1/4"					
No. 4	1494	24.90%	57.30%	42.70%	
No. 6					
No. 8					
No. 10	473	7.88%	65.18%	34.82%	
No. 12					
No. 16					
No. 20	352	5.87%	71.05%	28.95%	
No. 30					
No. 40	140	2.33%	73.38%	26.62%	
No. 50					
No. 60	82	1.37%	74.75%	25.25%	
No. 80	45	0.75%	75.50%	24.50%	
No. 100	15	0.25%	75.75%	24.25%	
No. 200	104	1.73%	77.48%	22.52%	
No.					
Fondo	1351	22.52%	100.00%		
Total	6000	100.00%			

Prueba por :SILVIA VELASQUEZ S

Calculado por :SILVIA VELASQUEZ S

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO	FECHA	15	MAYO	2001

Obra:via alternativa	Localización:CENAE	Sondeo:50 cm
Muestra: N 1	Para :GRUPO DE TOPICO DE VIAS DE COMUNICACIÓN	
Fuente del Material :		
Descripción del Material :		

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	%Retenido Acululado	%Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2 (1/2)"					
2"					
1 (1/2)"					
1"					
3/4"					
1/2"	33.1	1.66%	1.66%	98.35%	
3/8"	54	2.70%	4.36%	95.65%	
1/4"					
No. 4	179.4	8.97%	13.33%	86.68%	
No. 6					
No. 8					
No. 10	244.8	12.24%	25.57%	74.44%	
No. 12					
No. 16					
No. 20	192.7	9.64%	35.20%	64.80%	
No. 30					
No. 40	105.8	5.29%	40.49%	59.51%	
No. 50					
No. 60	79.3	3.97%	44.46%	55.55%	
No. 80	53.5	2.68%	47.13%	52.87%	
No. 100	23.6	1.18%	48.31%	51.69%	
No. 200	102.4	5.12%	53.43%	46.57%	
No.					
Fondo	931.4	46.57%	100.0%	0.00%	
Total	2000	100.00%			

Prueba por :GEOVANNY NICOLA S	Calculado por :GEOVANNY NICOLA S

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO	FECHA	15	MAYO	2001

Obra:via alternativa	Localización:CENAE	Sondeo:100 cm
Muestra: N 1	Para :GRUPO DE TOPICO DE VIAS DE COMUNICACIÓN	
Fuente del Material :		
Descripción del Material :		

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	%Retenido Acululado	%Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2 (1/2)"					
2"					
1 (1/2)"					
1"					
3/4"					
1/2"	29.8	1.49%	1.49%	98.51%	
3/8"	36.5	1.83%	3.32%	96.69%	
1/4"					
No. 4	131	6.55%	9.87%	90.14%	
No. 6					
No. 8					
No. 10	253.6	12.68%	22.55%	77.46%	
No. 12					
No. 16					
No. 20	304.6	15.23%	37.78%	62.23%	
No. 30					
No. 40	178.7	8.94%	46.71%	53.29%	
No. 50					
No. 60	127.4	6.37%	53.08%	46.92%	
No. 80	76.3	3.82%	56.90%	43.11%	
No. 100	31.4	1.57%	58.47%	41.54%	
No. 200	152.5	7.63%	66.09%	33.91%	
No.					
Fondo	678.2	33.91%	100.0%	0.00%	
Total	2000	100.00%			

Prueba por :GEOVANNY NICOLA S

Calculado por :GEOVANNY NICOLA S

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

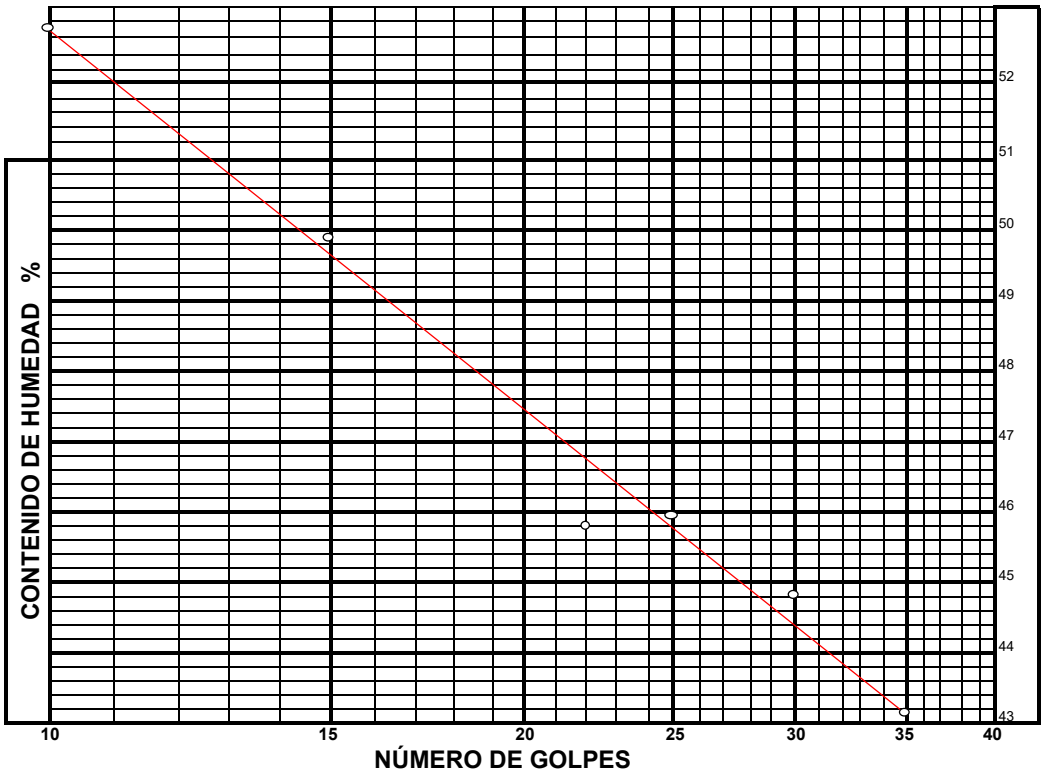
ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO		**FECHA**	15	MAYO	2001

Perforación :	**Muestra : DAF 1-100**	**Profundidad : 100 cm**

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No		90	97	23	107	32	95
Recipiente + Peso húmedo	gr.	20.8	19.9	26.5	24.5	26.5	28.3
Recipiente + Peso Seco	gr.	16.2	15.2	19.7	18.7	20.2	21.6
Agua (Ww)	gr.	4.6	4.7	6.8	5.8	6.3	6.7
Recipiente	gr.	6.16	6.28	6.07	6.06	6.15	6.07
Peso Seco (Ws)	gr.	10.04	8.92	13.63	12.64	14.05	15.53
Contenido de humedad (w)	%	45.82%	52.69%	49.89%	45.89%	44.84%	43.14%
Número de golpes		22	10	15	26	30	35



LÍMITE PLASTICO

Recipiente No		34	89		
Recipiente + Peso húmedo	gr.	8.91	9.2		
Recipiente + Peso Seco	gr.	8.3	8.4		
Agua (Ww)	gr.	0.61	0.8		
Recipiente	gr.	6.39	6.08		
Peso Seco (Ws)	gr.	1.91	2.32		
Contenido de humedad (w)	%	**31.94%**	**34.48%**		
Limite Plastico		33.21%			

WL = 46.00 %

WP = 33.00 %

IP = 13.00 %

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Operador :	**Calculado por :**	**Verificado por :**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

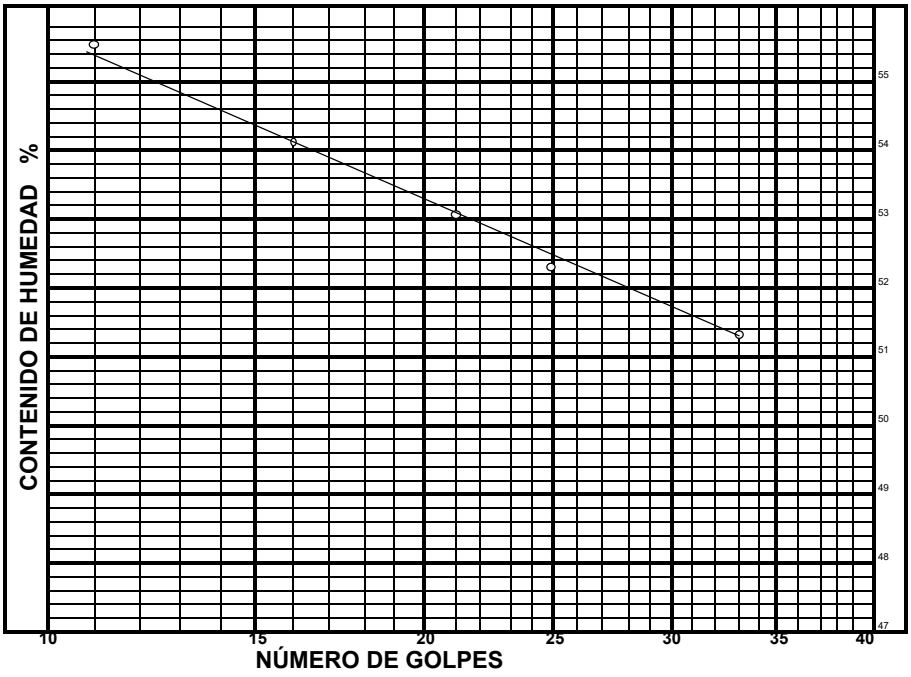
ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO ..... **FECHA**

Perforación :	**Muestra :**	**Profundidad :**

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No		111	59	50	17	83	
Recipiente + Peso húmedo	gr.	24.5	21.3	25.3	19.3	22.9	
Recipiente + Peso Seco	gr.	18	15.9	18.73	14.7	17.3	
Agua (Ww)	gr.	6.5	5.4	6.57	4.6	5.6	
Recipiente	gr.	6.29	5.92	6.34	5.91	6.38	
Peso Seco (Ws)	gr.	11.71	9.98	12.39	8.79	10.92	
Contenido de humedad (w)	%	55.51	54.11	53.03	52.33	51.28	
Número de golpes		11	16	21	25	33	



LÍMITE PLASTICO

Humedad Natural

Recipiente No		130	18	1		**WL =** 52.3 %
Recipiente + Peso húmedo	gr.	13.5	10.4	9		
Recipiente + Peso Seco	gr.	11.8	9.4	8.3		**WP =** 30.75 %
Agua (Ww)	gr.	1.7	1	0.7		
Recipiente	gr.	6.26	6.24	5.96		**IP =** 21.55 %
Peso Seco (Ws)	gr.	5.54	3.16	2.34		
Contenido de humedad (w)	%	30.68	31.65	29.91	30.75	**SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD**
Limite Plastico						

Operador :	**Calculado por :**	**Verificado por :**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO		FECHA	15	MAYO	2001

Perforación :	Muestra : GNS 1	Profundidad : 0,5 m

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No		121	35	13	17	77	99
Recipiente + Peso húmedo	gr.	30.6	29.5	28.5	31.5	28.6	29.2
Recipiente + Peso Seco	gr.	23	23.8	21.4	23.2	21.1	21.4
Agua (Ww)	gr.	7.6	5.7	7.1	8.3	7.5	7.8
Recipiente	gr.	6.07	11.28	6.17	5.92	6.02	6.14
Peso Seco (Ws)	gr.	16.93	12.52	15.23	17.28	15.08	15.26
Contenido de humedad (w)	%	44.89	45.53	46.62	48.03	49.73	51.11
Número de golpes		38	34	27	21	15	11



LÍMITE PLASTICO

Recipiente No		125	101		
Recipiente + Peso húmedo	gr.	14.6	15.9		
Recipiente + Peso Seco	gr.	12.8	13.8		
Agua (Ww)	gr.	1.8	2.1		
Recipiente	gr.	6.05	5.93		
Peso Seco (Ws)	gr.	6.75	7.87		
Contenido de humedad (w)	%	26.67	26.68	26.68	
Limite Plastico					

WL = 47 %

WP = 26.68 %

IP = 20.32 %

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Operador :	Calculado por :	Verificado por :
	Geovanny Nicola	

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO	**FECHA**	15	MAYO	2001

Perforación :	**Muestra : GNS 2**	**Profundidad : 1 m**

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No		97	16	314	15	11	5
Recipiente + Peso húmedo	gr.	27.7	25.6	25.6	31.3	30	26.4
Recipiente + Peso Seco	gr.	21.3	19.9	20.1	25.7	23.4	20.9
Agua (Ww)	gr.	6.4	5.7	5.5	5.6	6.6	5.5
Recipiente	gr.	6.29	6.03	6.39	11.27	6.13	6
Peso Seco (Ws)	gr.	15.01	13.87	13.71	14.43	17.27	14.9
Contenido de humedad (w)	%	42.64	41.10	40.12	38.81	38.22	36.91
Número de golpes		12	17	21	26	31	38



LÍMITE PLASTICO

Recipiente No		8	27		
Recipiente + Peso húmedo	gr.	20.3	18.6		
Recipiente + Peso Seco	gr.	17	15.7		
Agua (Ww)	gr.	3.3	2.9		
Recipiente	gr.	6.36	6.2		
Peso Seco (Ws)	gr.	10.64	9.5		
Contenido de humedad (w)	%	31.02	30.53	30.77	
Limite Plastico					

WL = 39.1 %

WP = **30.77** %

IP = **8.33** %

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Operador :	**Calculado por :**	**Verificado por :**
	Geovanny Nicola	

ESPOL

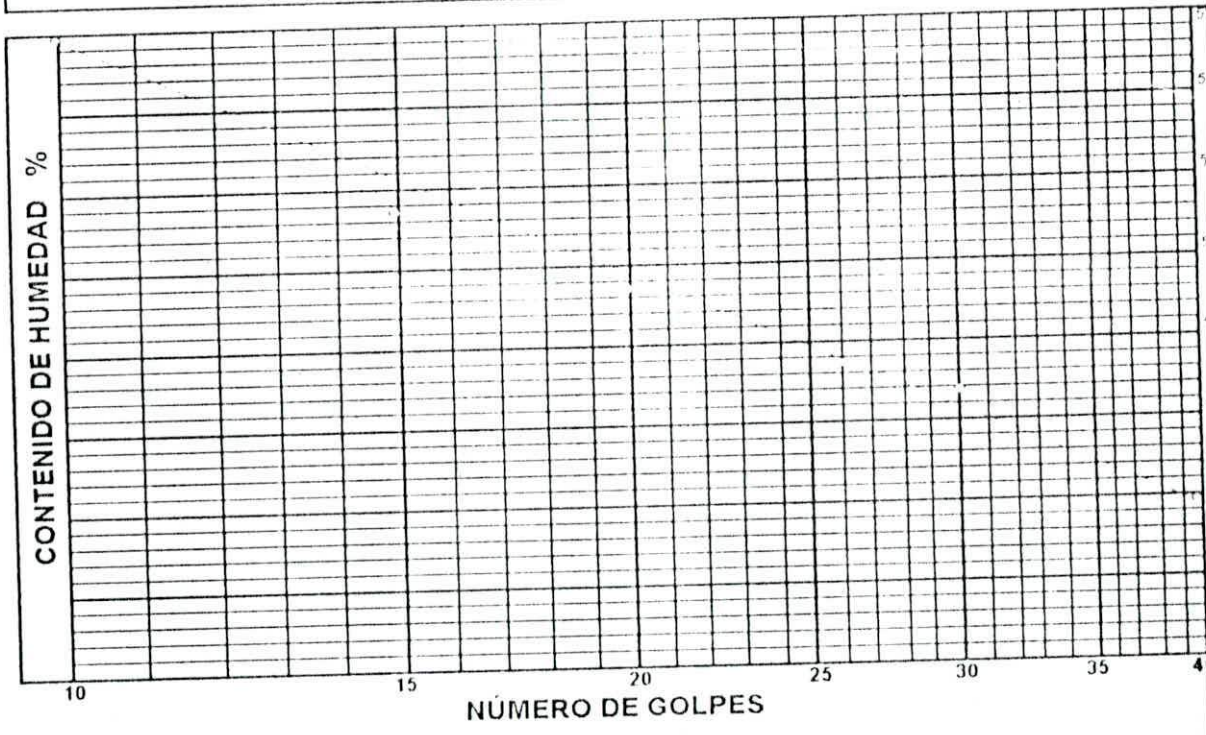
ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO	VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO	FECHA			

Perforación :	Muestra :	Profundidad : 50 cm

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No		107	95	32	97	90	23
Recipiente + Peso húmedo	gr	23,6	27,9	27,4	25,5	26,6	29,2
Recipiente + Peso Seco	gr	17,1	20	19,8	18,7	19,4	21,2
Agua (Ww)	gr	6,5	7,9	7,6	6,8	7,2	8
Recipiente	gr	6,06	6,07	6,15	6,28	6,16	6,07
Peso Seco (Ws)	gr	11,04	13,93	13,65	12,42	13,24	15,13
Contenido de humedad (w)	%	58,88%	56,71%	55,68%	54,75%	54,38%	52,88%
Número de golpes		10	15	20	26	30	40



LÍMITE PLASTICO

Recipiente No		55	113			WL = 55,00
Recipiente + Peso húmedo	gr	11,8	11,8			
Recipiente + Peso Seco	gr	10,4	10,5			WP = 31,37
Agua (Ww)	gr	1,4	1,3			
Recipiente	gr	6,14	6,15			IP = 23,63
Peso Seco (Ws)	gr	4,26	4,35			
Contenido de humedad (w)	%	32,86%	29,89%			SIMBOLO DE CARTA DE PLASTIC
Limite Plastico		31,37%				

Operador :	Calculado por :DARWIN ARROYO F	Verificado por :

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TOPICOS VIAS DE COMUNICACIÓN	**FECHA**	30	4	2001

Muestra: GNS-50 Y GNS-100

Banco :	**Pozo :**	**Profundidad : 50 cm -100 cm**

Identificación de laboratorio :

MATRAZ No	1 (GNS-50)	2 (GNS-50)	1 (GNS-100)	2 (GNS-100)	
Wmws (grs)	707.3	708	707	707.8	
TEMPERATURA	29º	29	29º	29º	
Wmw	677.15	677.95	677.15	677.95	
Wms	229.52	230.32	229.52	230.32	
Wm	179.52	180.32	179.52	180.32	
Ws = Wms -Wm	50	50	50	50	
Ws + Wmw-Wmws	19.85	19.95	20.15	20.15	
Gs	2.519	2.506	2.481	2.481	

Wm = **Peso del Matráz antes de agregar los sólidos**
Wms = **Peso del Matráz despues de agregar los sólidos**
Wmws = **Peso del Matráz + Agua +Muestra a t^o**
Wmws = **Peso del Matráz + Agua + t^o (De la curva de Calibración)**
Ws = **Peso del suelo seco**

$$Gs = \text{Densidad de Sólidos} = \frac{Ws}{Ws + Wmw - Wmws}$$

Gs (Promedio) = 2.4965

OBSERVACIONES :

Laboratorista :

Jefe de laboratorio :

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TOPICOS VIAS DE COMUNICACIÓN	**FECHA**	30	4	2001

Muestra: CAML-50 Y CAML-100

Banco :	**Pozo :**	**Profundidad :**

Identificación de laboratorio :

MATRAZ No	1 (CAML-50)	2 (CAML-100)			
Wmws (grs)	706.6	707.5			
TEMPERATURA	29º	29º			
Wmw	677.15	677.95			
Wms	229.52	230.32			
Wm	179.52	180.32			
Ws = Wms -Wm	50	50			
Ws + Wmw-Wmws	20.55	20.45			
Gs	2.433	2.445			

Wm = **Peso del Matráz antes de agregar los sólidos**
Wms = **Peso del Matráz despues de agregar los sólidos**
Wmws = **Peso del Matráz + Agua +Muestra a t^o**
Wmws = **Peso del Matráz + Agua + t^o (De la curva de Calibración)**
Ws = **Peso del suelo seco**

Gs = Densidad de Sólidos $= \dfrac{Ws}{Ws + Wmw - Wmws}$

Gs (Promedio) =

OBSERVACIONES :

Laboratorista :

Jefe de laboratorio :

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TOPICOS VIAS DE COMUNICACIÓN	**FECHA**	30	4	2001

Muestra: SVS-50

Banco :	**Pozo :**	**Profundidad : 50 cm**

Identificación de laboratorio :

MATRAZ No	**1 (SVS-50)**				
Wmws (grs)	**706.8**				
TEMPERATURA	**29º**				
Wmw	**677.15**				
Wms	**229.52**				
Wm	**179.52**				
Ws = Wms -Wm	**50**				
Ws + Wmw-Wmws	**20.35**				
Gs	**2.457**				

Wm = **Peso del Matráz antes de agregar los sólidos**

Wms = **Peso del Matráz despues de agregar los sólidos**

Wmws = **Peso del Matráz + Agua +Muestra a t°**

Wmws = **Peso del Matráz + Agua + t° (De la curva de Calibración)**

Ws = **Peso del suelo seco**

Gs = **Densidad de Sólidos** = $\frac{\text{Ws}}{\text{Ws + Wmw-Wmws}}$

Gs (Promedio) = 2.457

OBSERVACIONES :

Laboratorista :

Jefe de laboratorio :

ESPOL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TOPICOS VIAS DE COMUNICACIÓN

FECHA: 30 / 4 / 2001

Muestra: DEAF-50 Y DEAF-100

Banco :

Pozo :

Profundidad : 100 CM

Identificación de laboratorio :

MATRAZ No	1 (DEAF-50)	2 (DEAF-50)	2 (DEAF-100)		
Wmws (grs)	706,5	707,1	706		
TEMPERATURA	29°	29	29°		
Wmw	677,15	677,95	677,15		
Wms	229,52	230,32	229,52		
Wm	179,52	180,32	179,52		
Ws = Wms -Wm	50	50	50		
Ws + Wmw-Wmws	20,65	20,85	21,15		
Gs	2,421	2,398	2,364		

Wm = Peso del Matráz antes de agregar los sólidos

Wms = Peso del Matráz despues de agregar los sólidos

Wmws = Peso del Matráz + Agua +Muestra a t^o

Wmws = Peso del Matráz + Agua + t^o (De la curva de Calibración)

Ws = Peso del suelo seco

Gs = Densidad de Sólidos $= \frac{Ws}{Ws + Wmw - Wmws}$

Gs (Promedio) = 2,409

OBSERVACIONES :

Laboratorista :

Jefe de laboratorio :

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

PRUEBA PROCTOR

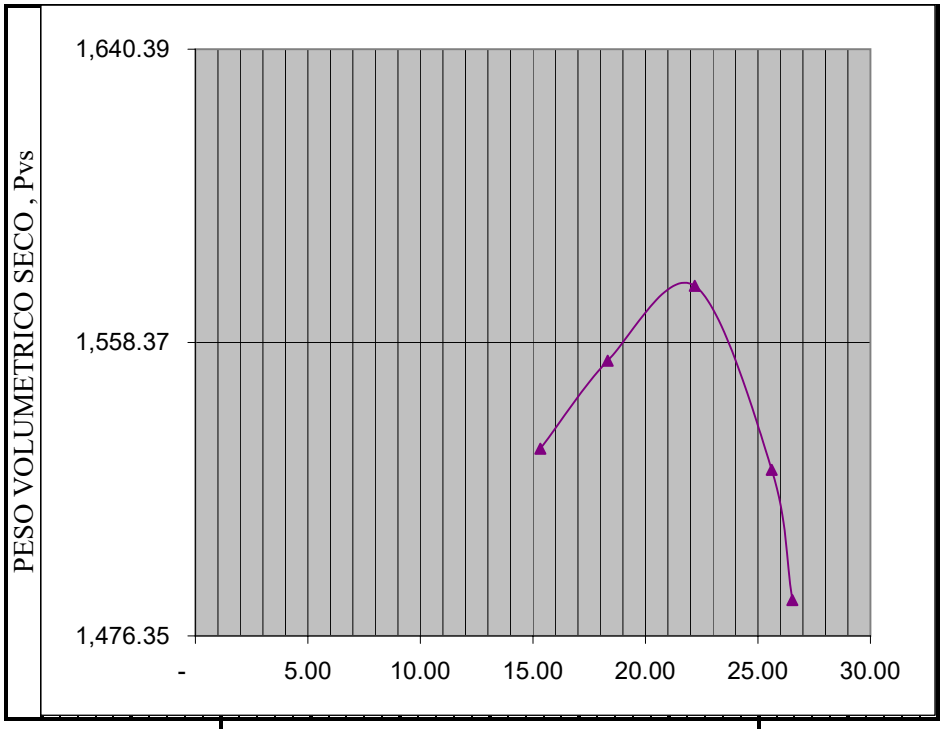
Estándar	
Modificado	X

PROYECTO _____ **FECHA** 24 4 2001

Operador : Darwin Arroyo Flores

Volumen del Cilindro :	0.002123	Peso del Cilindro :	6.689
Altura de la caida del martillo :		Muestra :	DEAF-100
Número de Golpes , N	56	Elevación	
Peso del Martillo, Pm			

Cantidad de Agua	Prba No.	Cap. No.	Peso de tierra humeda+ cap.	Peso de tierra seca + cap.	Peso de la cap.	Peso seco	Peso de agua	W	Peso de tierra humeda+ cilindro	Peso de tierra humeda	1+W/100	Peso de tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm^3			gr.	gr.	gr.	gr.		%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg. / m^3
350	1	312	661.7	579.2	41.07	538.13	82.5	15.33	10.34	3.743	1.153	3.245	1528.71
450	2	377	744.5	650.5	137.5	513	94	18.32	10.59	3.902	1.183	3.298	1553.30
500	3	308	708.3	590.6	60.21	530.39	117.7	22.19	10.77	4.084	1.222	3.342	1574.22
550	4	723	585.4	479.8	67.56	412.24	105.6	25.62	10.75	4.061	1.256	3.233	1522.78
600	5	301	729.6	589.3	60.51	528.79	140.3	26.53	10.68	3.993	1.265	3.156	1486.37



Observaciones:		Yd Max (Kg/m^3)	1496.25
		W Optima (%)	22%
	Responsable		

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

PRUEBA PROCTOR

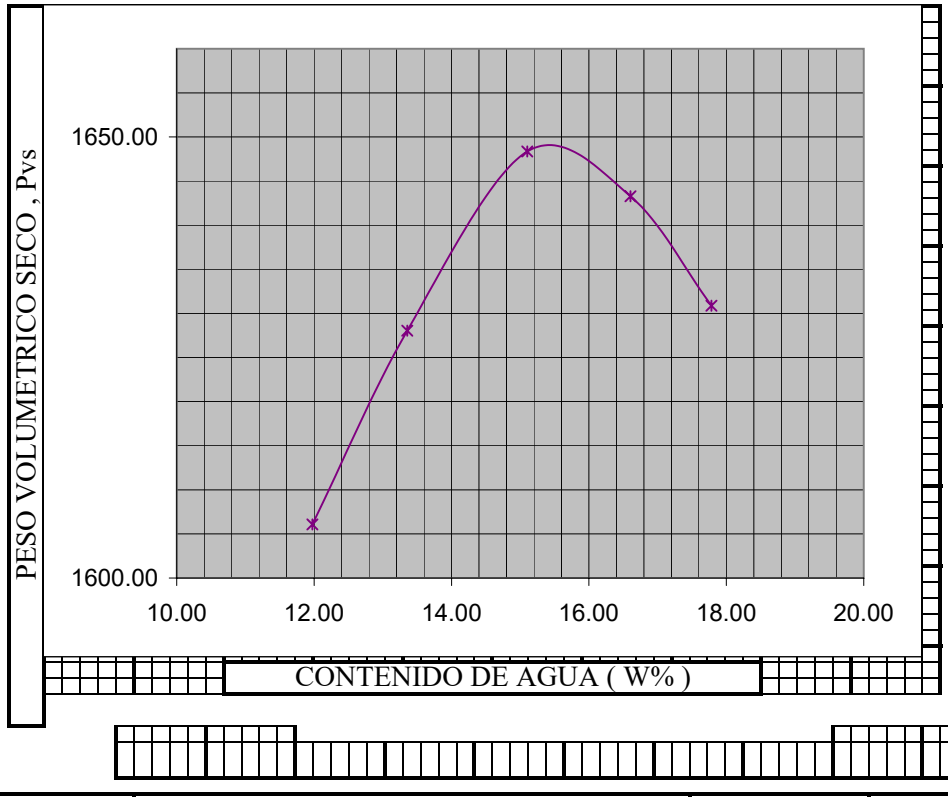
Estándar	
Modificado	X

PROYECTO ____ **FECHA** 24 / 4 / 2001

Operador : Silvia Velásquez

Volumen del Cilindro :	0.002123	Peso del Cilindro :	6.682
Altura de la caida del martillo :		Muestra :	SPVS - 50
Número de Golpes , N	56	Elevación	
Peso del Martillo, Pm			

Cantidad de Agua	Prba No.	Cap. No.	Peso de tierra humeda+ cap.	Peso de tierra seca + cap.	Peso de la cap.	Peso seco	Peso de agua	W	Peso de tierra humeda+ cilindro	Peso de tierra humeda	1+W/100	Peso de tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm^3			gr.	gr.	gr.	gr.		%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg. / m^3
250	1	155	724.8	662.1	138.5	523.6	62.7	11.97	10.5	3.82	1.12	3.41	1606
300	2	376	490.5	449	138.3	310.7	41.5	13.36	10.6	3.92	1.13	3.46	1628
350	3	384	937.5	833	141.1	691.9	104.5	15.10	10.71	4.03	1.15	3.50	1648
400	4	386	900	791.6	138.8	652.8	108.4	16.61	10.75	4.07	1.17	3.49	1643
450	5	302	619.7	535.4	61.33	474.07	84.3	17.78	10.76	4.08	1.18	3.46	1631



Observaciones:		Yd Max (Kg/m^3)	
		W Optima (%)	
	Responsable		

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

PRUEBA PROCTOR

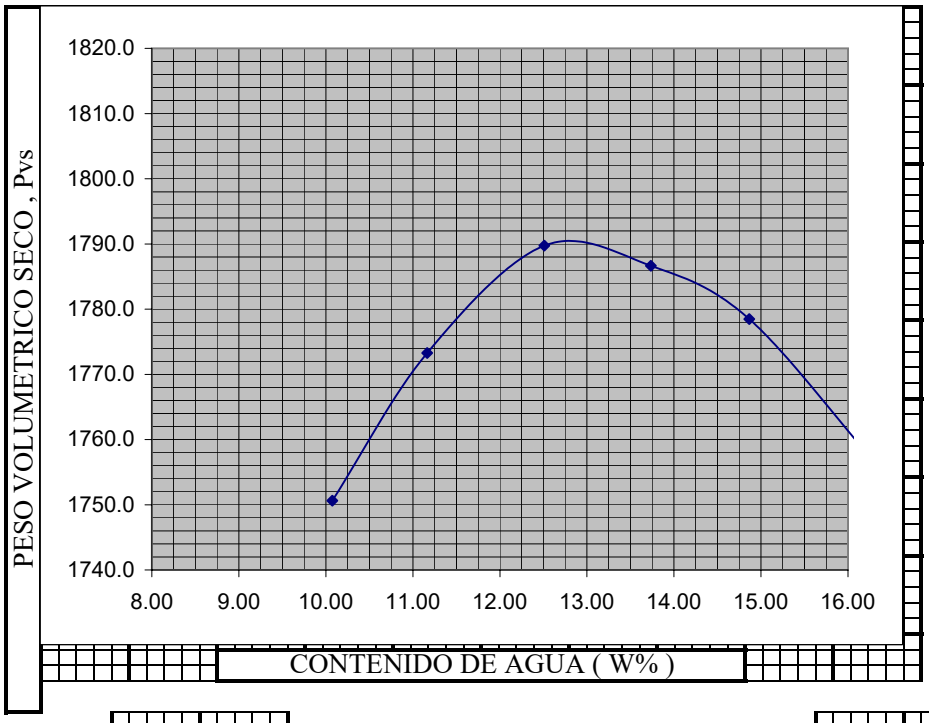
Estándar	
Modificado	X

PROYECTO _____ **FECHA** 24 4 2001

Operador : Geovanny Nicola

Volumen del Cilindro :	0.002123	Peso del Cilindro :	2.845
Altura de la caida del martillo :		Muestra :	GNS 1- 100
Número de Golpes , N	56	Elevación	
Peso del Martillo, Pm			

Cantidad de Agua	Prba No.	Cap. No.	Peso de tierra humeda+ cap.	Peso de tierra seca + cap.	Peso de la cap.	Peso seco	Peso de agua	W	Peso de tierra humeda+ cilindro	Peso de tierra humeda	1+W/100	Peso de tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm^3			gr.	gr.	gr.	gr.		%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg. / m^3
200	1	1	716	663	136.9	526.1	53	10.07	6.936	4.09	1.10	3.72	1750.6
250	2	2	715.5	657.5	138	519.5	58	11.16	7.03	4.19	1.11	3.76	1773.3
300	3	3	710	653.8	204.6	449.2	56.2	12.51	7.12	4.28	1.13	3.80	1789.7
350	4	308	823.7	731.5	60.21	671.29	92.2	13.73	7.159	4.31	1.14	3.79	1786.6
400	5	309	996	875.3	63.35	811.95	120.7	14.87	7.182	4.34	1.15	3.78	1778.5
450	6	306	1000.2	868.2	61.46	806.74	132	16.36	7.182	4.34	1.16	3.73	1755.6



Observaciones:		Yd Max (Kg/m^3)	
		W Optima (%)	
	Responsable		

CBR

PROYECTO		FECHA	27	4	200

Localización : ESPOL	Muestra : DEAF-50

Molde No : 1 - 2 -3	Peso del Molde :	Volumen del Molde : 0,002123
No. De Golpes por capa : 56 - 25 - 12	No. De Capas : 5	Peso del Martillo:

ANTES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		312	307	DAF3				
	Wh+r		292.9	568.9	381.6				
	Ws+r		346.7	491	331.2				
	Ww		46.2	77.9	50.4				
	r		61.54	61.56	41.4				
	Ws+r								
	w %		16.20	18.14	17.39				
Molde + Suelo húmedo		P	10931.82	10704.5	10727.3				
Molde			7318.2	7227.3	7295.5				
Suelo húmedo		W	3770	3363	3181				
Suelo Seco =100W/(100+W)		Ws	3244.37	2846.62	2709.74				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		w	16.20	18.14	17.39				
Densidad húmeda W / V		Yh	1775.79	1584.08	1498.35				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1528.20	1340.85	1276.37				

DESPUES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		18	19	10				
	Wh+r		732.5	542.2	837				
	Ws+r		560.3	420	628.6				
	Ww		172.2	122.2	208.4				
	r		38.89	41.65	41.62				
	Ws+r								
	w %		33.03	32.30	35.50				
Molde + Suelo húmedo		P	11613.64	11363.64	11250.00				
Molde			7318.18	7227.27	7295.45				
Suelo húmedo		W	4406.00	4136	4045				
Suelo Seco =100W/(100*W)		Ws	3312.14	3126.27	2985.16				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		Ws	33.03	32.30	35.50				
Densidad húmeda W / V		Yh	2075.37	1948.19	1905.32				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1560.12	1472.57	1406.10				

HINCHAMIENTO

Lectura inicial	6+000	6+000	6+000					
24 horas								
48 horas								
72 horas								
96 horas								

Densidad Seca Máxima :		Observaciones :	
Humedad Optima :			
Humedad Natural :			

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

CBR

PROYECTO	FECHA	27	4	2001

Localización : ESPOL	Muestra : DAF-100

Molde No : 1 - 2 -3	Peso del Molde :	Volumen del Molde : 0,002123
No. De Golpes por capa : 56 - 25 - 12	No. De Capas : 5	Peso del Martillo:

ANTES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		19	5	306			
	Wh+r		101.7	299.3	247.6			
	Ws+r		96.6	265.7	220.7			
	Ww		5.1	33.6	26.9			
	r		21.89	38.58	61.46			
	Ws		74.71	227.12	159.24			
	w %		6.83	14.79	16.89			
Molde + Suelo húmedo		P	10704.55	10931.82	10727.27			
Molde			7227.27	7318.18	7295.45			
Suelo húmedo		W	3470	3610	3430			
Suelo Seco =100W/(100+W)		Ws	3248.26	3144.77	2934.31			
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		w	6.83	14.79	16.89			
Densidad húmeda W / V		Yh	1634.48	1700.42	1615.64			
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1530.03	1481.28	1382.15			

DESPUES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		301	308	39			
	Wh+r		543.6	461	294.1			
	Ws+r		423.9	358.7	224.2			
	Ww		119.7	102.3	69.9			
	r		60.51	60.21	26.28			
	Ws+r							
	w %		32.94	34.27	35.32			
Molde + Suelo húmedo		P	11613.64	11363.64	11409.09			
Molde			7318.18	7227.27	7295.45			
Suelo húmedo		W	4290.00	4140	4110			
Suelo Seco =100W/(100*W)		Ws	3227.02	3083.28	3037.31			
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		Ws	32.94	34.27	35.32			
Densidad húmeda W / V		Yh	2020.73	1950.07	1935.94			
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1520.03	1452.32	1430.67			

HINCHAMIENTO

Lectura inicial	8+000	8+000	8+000				
24 horas	5+175	1+170	0+180				
48 horas							
72 horas							
96 horas							

Densidad Seca Máxima :		Observaciones :	
Humedad Optima :			
Humedad Natural :			

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

CBR

PROYECTO	FECHA	27	4	2001

Localización : ESPOL	Muestra : SPVS-50

Molde No : 1 - 2 -3	Peso del Molde :	Volumen del Molde : 0,002123
No. De Golpes por capa : 56 - 25 - 12	No. De Capas : 5	Peso del Martillo:

ANTES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		5	32	30				
	Wh+r		103	168.4	253.2				
	Ws+r		93.2	153.5	231.7				
	Ww		9.8	14.9	21.5				
	r		26.42	22	26.7				
	Ws		66.78	131.5	205				
	w %		14.68	11.33	10.49				
Molde + Suelo húmedo		P	11.35	11.12	10.75				
Molde			7.312	7.298	7.162				
Suelo húmedo		W	4.038	3.822	3.588				
Suelo Seco =100W/(100+W)		Ws	3.52	3.43	3.25				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		w	14.68	11.33	10.49				
Densidad húmeda W / V		Yh	1.90	1.80	1.69				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1.659	1.617	1.530	1.60			

DESPUES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		50	51	52				
	Wh+r		990	1008	1193				
	Ws+r		832	850	988				
	Ww		158	158	205				
	r		120	118.2	118.1				
	Ws		712	731.8	869.9				
	w %		22.19	21.59	23.57				
Molde + Suelo húmedo		P	11.40	11.2	11.05				
Molde			7.31	7.298	7.162				
Suelo húmedo		W	4.09	3.90	3.89				
Suelo Seco =100W/(100*W)		Ws	3.35	3.21	3.15				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		Ws	22.19	21.59	23.57				
Densidad húmeda W / V		Yh	1.93	1.84	1.83				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1.58	1.51	1.48				

HINCHAMIENTO

Lectura inicial	8+000	8+000	8+000					
24 horas	10+055	10+160	11+015					
48 horas								
72 horas								
96 horas								

Densidad Seca Máxima :		Observaciones :	
Humedad Optima :			
Humedad Natural :			

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra

Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

PRUEBA PROCTOR

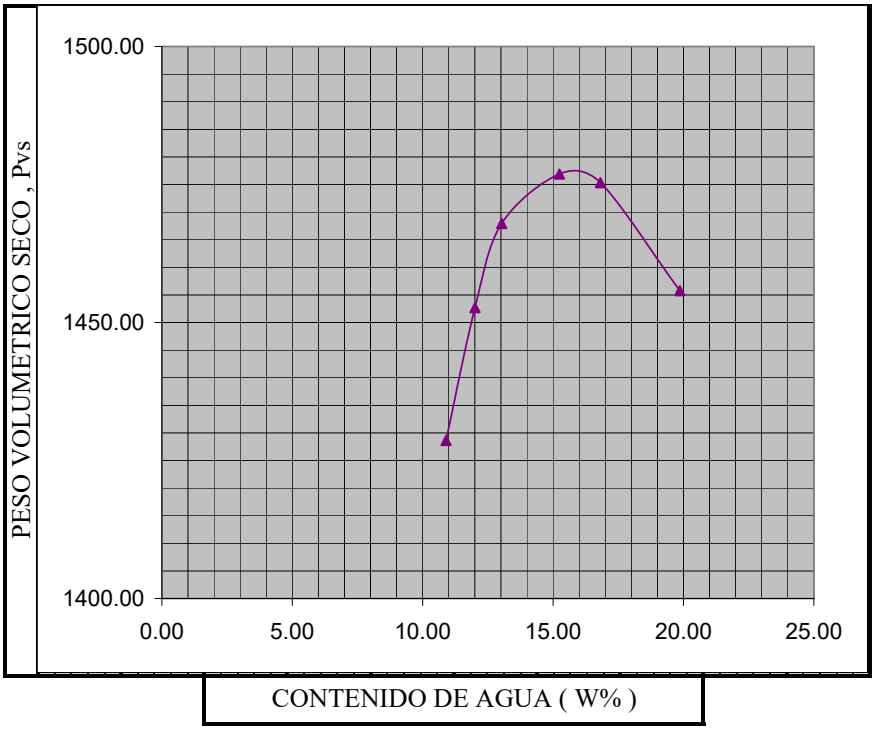
Estándar	
Modificado	X

PROYECTO _____ **FECHA** 24 / 4 / 2001

Operador : DARWIN ARROYO FLORES

Volumen del Cilindro :	0.002123	Peso del Cilindro :	6.682
Altura de la caida del martillo :		Muestra :	CAML-50
Número de Golpes , N	56	Elevación	
Peso del Martillo, Pm			

Cantidad de Agua	Prba No.	Cap. No.	Peso de tierra humeda+ cap.	Peso de tierra seca + cap.	Peso de la cap.	Peso seco	Peso de agua	W	Peso de tierra humeda+ cilindro	Peso de tierra humeda	1+W/100	Peso de tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm^3			gr.	gr.	gr.	gr.		%	Kg.	Kg.		Kg.	$Kg./m^3$
150	1	386	664	612.4	138.8	473.6	51.6	10.90	10.05	3.36	1.109	3.03	1429
200	2	309	724.7	653.8	63.34	590.46	70.9	12.01	10.14	3.45	1.120	3.08	1453
250	3	374	740.4	670.5	134.1	536.4	69.9	13.03	10.20	3.52	1.130	3.12	1468
300	4	307	658	579.1	61.56	517.54	78.9	15.25	10.30	3.61	1.152	3.14	1477
350	5	5	714.3	631.4	138.5	492.9	82.9	16.82	10.34	3.66	1.168	3.13	1475
450	6	312	689.2	585.2	61.54	523.66	104	19.86	10.39	3.70	1.199	3.09	1456



Observaciones:		Yd Max (Kg/m^3)	
		W Optima (%)	
	Responsable		

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

CBR

PROYECTO		FECHA	27	4	2001

Localización : ESPOL	Muestra : GNS-50

Molde No : 1 - 2 -3	Peso del Molde :	Volumen del Molde : 0,002123
No. De Golpes por capa : 56 - 25 - 12	No. De Capas : 5	Peso del Martillo:

ANTES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		308	15	16				
	Wh+r		385.4	288.4	463.3				
	Ws+r		350	258	417				
	Ww		35.4	30.4	46.3				
	r		60.21	20.96	44.29				
	Ws		289.79	237.04	372.71				
	w %		12.22	12.82	12.42				
Molde + Suelo húmedo		P	8.5	7.864	7.736				
Molde			4.225	4.23	4.235				
Suelo húmedo		W	4.275	3.834	3.501				
Suelo Seco =100W/(100+W%)		Ws	3.81	3.40	3.11				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		w	12.22	12.82	12.42				
Densidad húmeda W / V		Yh	2.01	1.81	1.65				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1.794	1.601	1.467				

DESPUES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		375	6	13				
	Wh+r		953.8	898.4	998.6				
	Ws+r		807	748.8	814.1				
	Ww		146.8	149.6	184.5				
	r		137.3	136.9	138.9				
	Ws		669.7	611.9	675.2				
	w %		21.92	24.45	27.33				
Molde + Suelo húmedo		P	9.11	8.492	8.379				
Molde			4.23	4.23	4.235				
Suelo húmedo		W	4.89	4.25	4.14				
Suelo Seco =100W/(100*W)		Ws	4.01	3.42	3.25				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		Ws	21.92	24.45	27.33				
Densidad húmeda W / V		Yh	2.30	2.00	1.95				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1.89	1.61	1.53				

HINCHAMIENTO

Lectura inicial	7+000	7+000	7+000					
24 horas	19+000	16+140	14+110					
48 horas								
72 horas								
96 horas								

Densidad Seca Máxima :		Observaciones :	
Humedad Optima :			
Humedad Natural :			

Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra
Laboratorio de suelos y Resistencia de Materiales

CBR

PROYECTO	FECHA	27	4	2001

Localización : ESPOL	Muestra : GNS-100

Molde No : 1 - 2 -3	Peso del Molde :	Volumen del Molde : 0,002123
No. De Golpes por capa : 56 - 25 - 12	No. De Capas : 5	Peso del Martillo:

ANTES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		12	17	15				
	Wh+r		204	360,2	324,5				
	Ws+r		186	327,6	293,7				
	Ww		18	32,6	30,8				
	r		22,29	41,73	39,11				
	Ws		163,71	285,87	254,59				
	w %		11,00	11,40	12,10				
Molde + Suelo húmedo		P	8,864	8,182	8,409				
Molde			4,245	4,14	4,255				
Suelo húmedo		W	4,619	4,042	4,154				
Suelo Seco =100W/(100+W%)		Ws	4,16	3,63	3,71				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		w	11,00	11,40	12,10				
Densidad húmeda W / V		Yh	2,18	1,90	1,96				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1,960	1,709	1,745				

DESPUES DE LA INMERSIÓN

HUMEDAD	No. Recipiente		316	317	320				
	Wh+r		964,5	998,2	994,4				
	Ws+r		825,4	848	834,4				
	Ww		139,1	150,2	160				
	r		118	125	118,2				
	Ws		707,4	723	716,2				
	w %		19,66	20,77	22,34				
Molde + Suelo húmedo		P	9,18	8,57	8,82				
Molde			4,25	4,14	4,255				
Suelo húmedo		W	4,93	4,43	4,57				
Suelo Seco =100W/(100*W)		Ws	4,12	3,67	3,73				
Contenido de Agua = 100(W-Ws/Ws)		Ws	19,66	20,77	22,34				
Densidad húmeda W / V		Yh	2,32	2,09	2,15				
Densidad Seca Yh/(1+W/100)		Ys	1,94	1,73	1,76				

HINCHAMIENTO

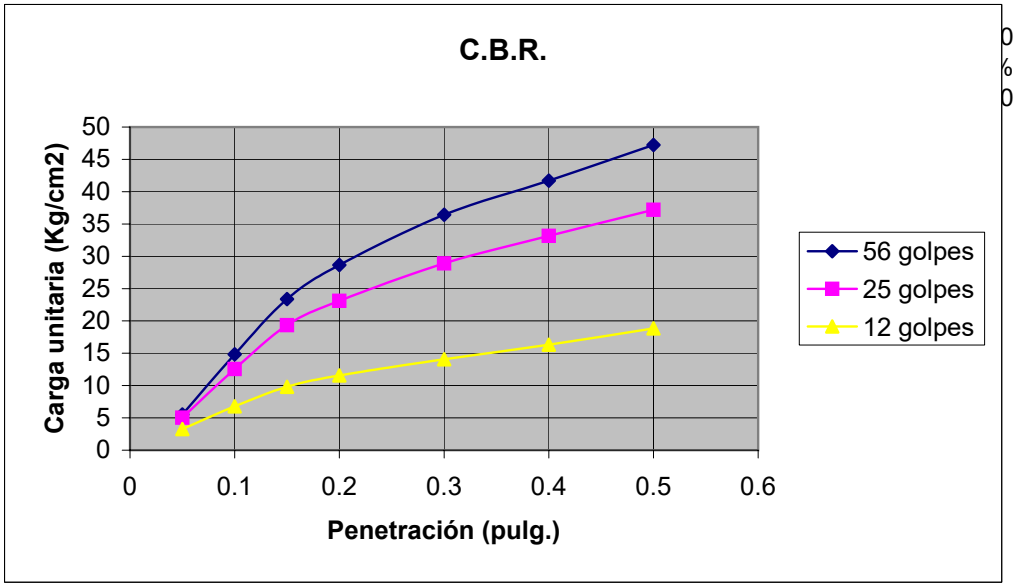
Lectura inicial	7+000	7+000	7+000				
24 horas	14+092	12+030	11+09				
48 horas							
72 horas							
96 horas							

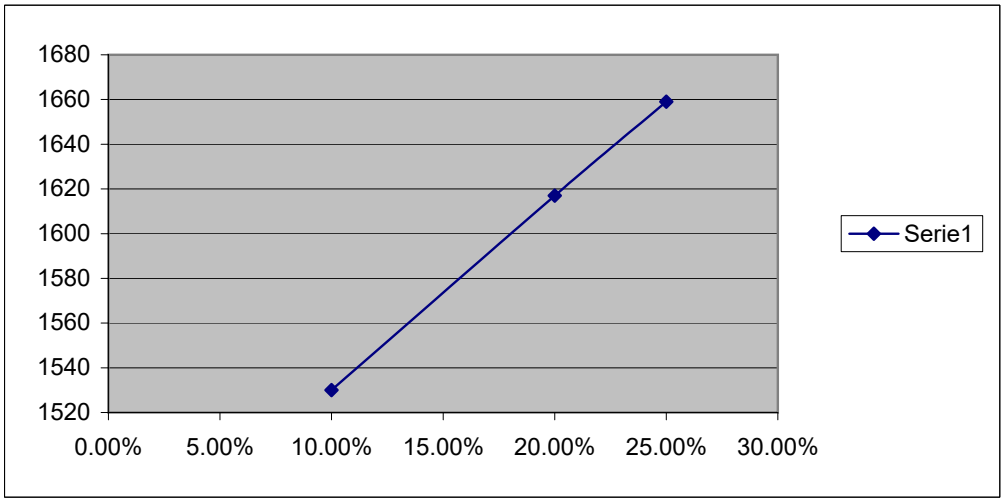
Densidad Seca Máxima :		Observaciones :	
Humedad Optima :			
Humedad Natural :			

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO	TÓPICO DE GRADUACIÓN VÍAS DE COMUNICACIÓN		**FECHA**	**May-01**	
LOCALIZACION	**ESPOL**		**MUESTRA**	**SPVS-50**	

Numero de ensayos	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
	CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			**CARGA DE PENETRACION EN Kgs**		
0.05	22	20	13	236.90392	215.36720	139.98868
0.1	59	50	27	635.33324	538.41800	290.74572
0.15	93	77	39	1001.45748	829.16372	419.96604
0.2	114	92	46	1227.59304	990.68912	495.34456
0.3	145	115	56	1561.41220	1238.36140	603.02816
0.4	166	132	65	1787.54776	1421.42352	699.94340
0.5	188	148	75	2024.45168	1593.71728	807.62700
	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN kg/cm2		
0.05	78.96797	71.78907	46.66289	5.52776	5.02523	3.26640
0.1	211.77775	179.47267	96.91524	14.82444	12.56309	6.78407
0.15	333.81916	276.38791	139.98868	23.36734	19.34715	9.79921
0.2	409.19768	330.22971	165.11485	28.64384	23.11608	11.55804
0.3	520.47073	412.78713	201.00939	36.43295	28.89510	14.07066
0.4	595.84925	473.80784	233.31447	41.70945	33.16655	16.33201
0.5	674.81723	531.23909	269.20900	47.23721	37.18674	18.84463

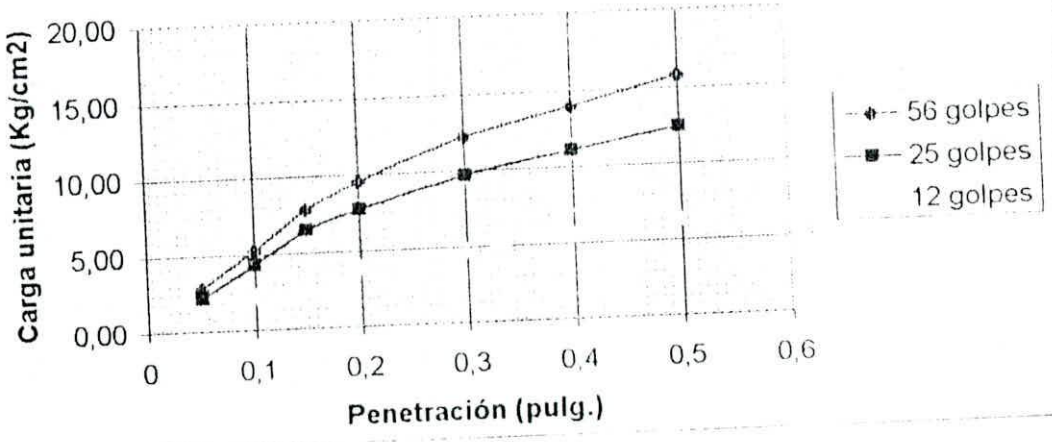




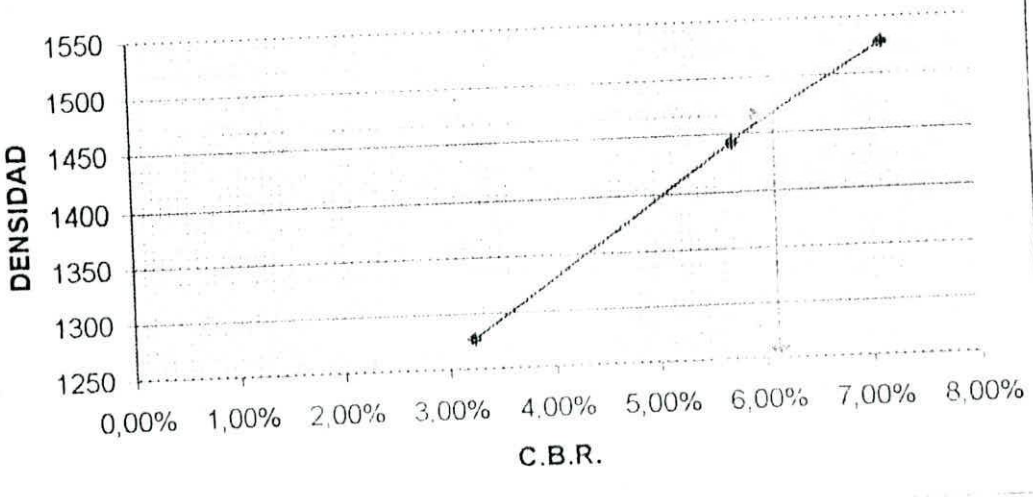
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO	TOPICOS DE GRADUACION			FECHA	May-01	
LOCALIZACION:	ESPOL (CAMPUS PROSPERINA)			MUESTRA	DAF-100	
Numero de ensayos	1	2	3	1	2	3
	PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kgs		
0,05	11	9	4	118,67	92,67	46,33
0,1	21	17	9	221,37	182,34	96,67
0,15	31	26	13	333,67	276,33	139,67
0,2	38	31	15	409,00	330,00	165,00
0,3	48	38	19	520,33	412,67	201,00
0,4	55	44	22	595,67	473,67	233,00
0,5	63	49	25	674,67	531,00	269,00
CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2				CARGA DE PENETRACION EN kg/cm2		
0,05	39,56	30,89	15,44	2,77	2,16	1,08
0,1	73,79	60,78	32,22	5,17	4,25	2,26
0,15	111,22	92,11	46,56	7,79	6,45	3,26
0,2	136,33	110,00	55,00	9,54	7,70	3,85
0,3	173,44	137,56	67,00	12,14	9,63	4,69
0,4	198,56	157,89	77,67	13,90	11,05	5,44
0,5	224,89	177,00	89,67	15,74	12,39	6,28

C.B.R.



C.B.R. DE DISEÑO

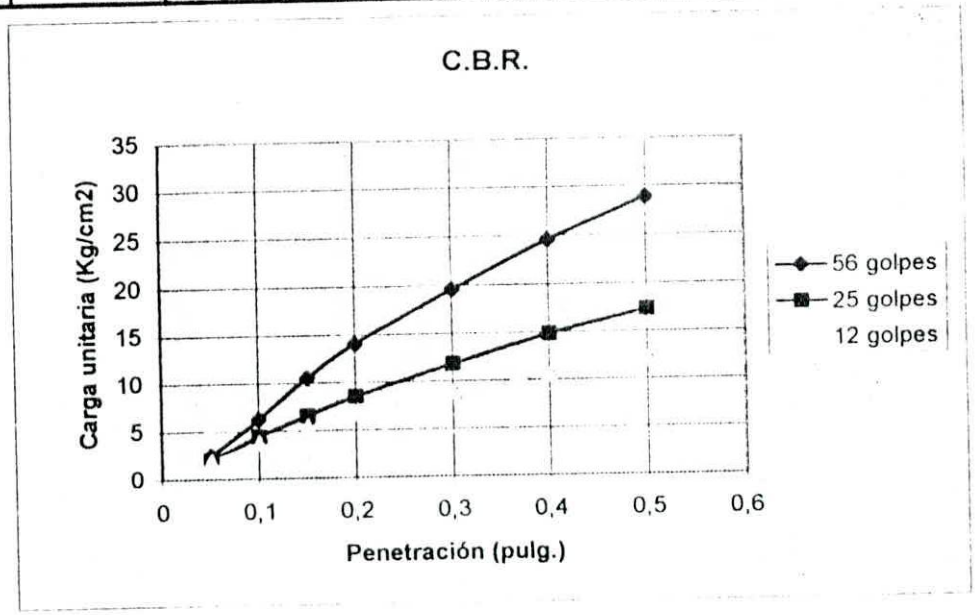


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

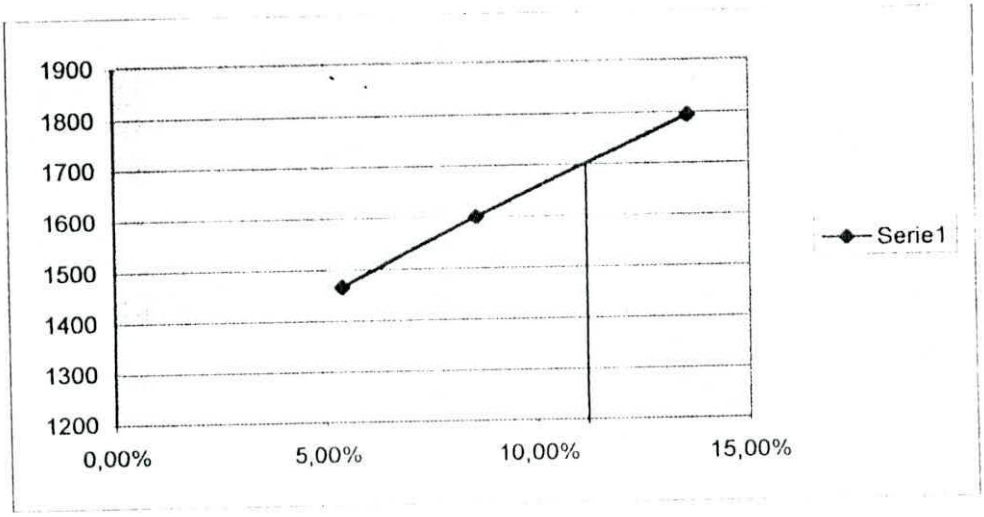
PROYECTO
LOCALIZACION

FECHA May-01
MUESTRA GNS-100

Numero de ensayos	1	2	3	1	2	3
	CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kgs		
0,05	10	8	8	107,68	86,15	86,15
0,1	25	18	15	269,21	193,83	161,53
0,15	42	26	22	452,27	279,98	236,90
0,2	56	34	27	603,03	366,12	290,75
0,3	78	47	35	839,93	506,11	376,89
0,4	98	59	42	1055,30	635,33	452,27
0,5	115	69	48	1238,36	743,02	516,88
	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN kg/cm2		
0,05	35,89	28,72	28,72	2,51	2,01	2,01
0,1	89,74	64,61	53,84	6,28	4,52	3,77
0,15	150,76	93,33	78,97	10,55	6,53	5,53
0,2	201,01	122,04	96,92	14,07	8,54	6,78
0,3	279,98	168,70	125,63	19,60	11,81	8,79
0,4	351,77	211,78	150,76	24,62	14,82	10,55
0,5	412,79	247,67	172,29	28,90	17,34	12,06



1704,3
CBR = 11



LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	139.1	139.10
Materia seca + Recipiente	112.8	112.80
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	23.32	23.32

Diametro(cm)	superior	3.590	Altura (cm)	superior	7.19	Area inicial (A) cm2	10.198
	centro	3.600		centro	7.2	Volumen (cm 3)	73.423
	inferior	3.620		inferior	7.21	presion de camara (kg/cm2)	0.5
	promedio	3.603		promedio	7.2000	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro		2	Densidad humeda (kg/m3)				1895
Peso de probeta (gr)		139.1	Densidad seca (kg/m3)				1536

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	0.5	0.50
	10	47	6.67	0.35	10.23	0.65	0.00		0.5	1.15
	20	80	11.36	0.71	10.27	1.11	0.00		0.5	1.61
	30	105	14.91	1.06	10.31	1.45	0.00		0.5	1.95
	40	124	17.61	1.41	10.34	1.70	0.00		0.5	2.20
	50	140	19.88	1.76	10.38	1.92	0.00		0.5	2.42
	60	154	21.87	2.12	10.42	2.10	0.00		0.5	2.60
	70	166	23.57	2.47	10.46	2.25	0.00		0.5	2.75
	80	177	25.13	2.82	10.49	2.40	0.00		0.5	2.90
	90	187	26.55	3.18	10.53	2.52	0.00		0.5	3.02
	100	196	27.83	3.53	10.57	2.63	0.00		0.5	3.13
	120	210	29.82	4.23	10.65	2.80	0.00		0.5	3.30
	140	222	31.52	4.94	10.73	2.94	0.00		0.5	3.44
	160	232	32.94	5.64	10.81	3.05	0.00		0.5	3.55
	180	238	33.80	6.35	10.89	3.10	0.00		0.5	3.60
	200	240	34.08	7.06	10.97	3.11	0.00		0.5	3.61
	220	237	33.65	7.76	11.06	3.04	0.00		0.5	3.54
	240	230	32.66	8.47	11.14	2.93	0.00		0.5	3.43
	260	228	32.38	9.17	11.23	2.88	0.00		0.5	3.38
	280	224	31.81	9.88	11.32	2.81	0.00		0.5	3.31
	300	218	30.96	10.58	11.4050	2.71	0.00		0.5	3.21

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

5.38

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

7.77

Esfuerzo efectivo

S'3

0

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

Carga		Deformación Vertical			1-ε	Ao/(1-ε)	Esfuerzo de compresión (Kg/cm2)
LC-2 0,0	Kg	LC-8 0,00	ε				
55	7.7946	10	0.0035		0.9965	10.2148	0.7631
78	11.0542	20	0.0070		0.9929	10.2511	1.0783
93	13.1800	30	0.0106		0.9894	10.2876	1.2812
101	14.3137	40	0.0141		0.9859	10.3244	1.3864
106	15.0223	50	0.0176		0.9824	10.3615	1.4498
111	15.7309	60	0.0211		0.9788	10.3989	1.5127
118	16.7230	70	0.0247		0.9753	10.4365	1.6024
119	16.8647	80	0.0282		0.9718	10.4744	1.6101
124	17.5733	90	0.0317		0.9682	10.5125	1.6717
128	18.1402	100	0.0353		0.9647	10.5510	1.7193
132.5	18.7779	120	0.0423		0.9577	10.6287	1.7667
136	19.2739	140	0.0494		0.9506	10.7076	1.8000
140	19.8408	160	0.0564		0.9435	10.7877	1.8392
140	19.8408	180	0.0635		0.9365	10.8689	1.8255
141	19.9825	200	0.0700		0.9294	10.9514	1.8247
144	20.4077	220	0.0776		0.9224	11.0352	1.8493
145	20.5494	240	0.0847		0.9153	11.1203	1.8479
146.5	20.7620	260	0.0917		0.9083	11.2067	1.8526
148	20.9746	280	0.0988		0.9012	11.2944	1.8571
145	20.5494	300	0.1058		0.8942	11.3835	1.8052

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	139.1	139.10
Materia seca + Recipiente	112.8	112.80
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	23.32	23.32

Diametro(cm)	superior	3.590	Altura (cm)	superior	7.19	Area inicial (A) cm2	10.198
	centro	3.600		centro	7.2	Volumen (cm 3)	73.423
	inferior	3.620		inferior	7.21	presion de camara (kg/cm2)	0.5
	promedio	3.603		promedio	7.2000	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1895
Peso de probeta (gr)			139.1	Densidad seca (kg/m3)			1536

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΛL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΛU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	0.5	0.50
	10	47	6.67	0.35	10.23	0.65	0.00		0.5	1.15
	20	80	11.36	0.71	10.27	1.11	0.00		0.5	1.61
	30	105	14.91	1.06	10.31	1.45	0.00		0.5	1.95
	40	124	17.61	1.41	10.34	1.70	0.00		0.5	2.20
	50	140	19.88	1.76	10.38	1.92	0.00		0.5	2.42
	60	154	21.87	2.12	10.42	2.10	0.00		0.5	2.60
	70	166	23.57	2.47	10.46	2.25	0.00		0.5	2.75
	80	177	25.13	2.82	10.49	2.40	0.00		0.5	2.90
	90	187	26.55	3.18	10.53	2.52	0.00		0.5	3.02
	100	196	27.83	3.53	10.57	2.63	0.00		0.5	3.13
	120	210	29.82	4.23	10.65	2.80	0.00		0.5	3.30
	140	222	31.52	4.94	10.73	2.94	0.00		0.5	3.44
	160	232	32.94	5.64	10.81	3.05	0.00		0.5	3.55
	180	238	33.80	6.35	10.89	3.10	0.00		0.5	3.60
	200	240	34.08	7.06	10.97	3.11	0.00		0.5	3.61
	220	237	33.65	7.76	11.06	3.04	0.00		0.5	3.54
	240	230	32.66	8.47	11.14	2.93	0.00		0.5	3.43
	260	228	32.38	9.17	11.23	2.88	0.00		0.5	3.38
	280	224	31.81	9.88	11.32	2.81	0.00		0.5	3.31
	300	218	30.96	10.58	11.4050	2.71	0.00		0.5	3.21

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Lambda L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{Ac}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

5.38

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

7.77

Esfuerzo efectivo

S'3

0

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

Carga		Deformación Vertical			1-ε	Ao/(1-ε)	Esfuerzo de compresión
Dial LC-2 0,0001"	Kg	Dial LC-8 0,0001	ε				
55	7.7946	10	0.0035		0.9965	10.2148	0.7631
78	11.0542	20	0.0070		0.9929	10.2511	1.0783
93	13.1800	30	0.0106		0.9894	10.2876	1.2812
101	14.3137	40	0.0141		0.9859	10.3244	1.3864
106	15.0223	50	0.0176		0.9824	10.3615	1.4498
111	15.7309	60	0.0211		0.9788	10.3989	1.5127
118	16.7230	70	0.0247		0.9753	10.4365	1.6024
119	16.8647	80	0.0282		0.9718	10.4744	1.6101
124	17.5733	90	0.0317		0.9682	10.5125	1.6717
128	18.1402	100	0.0353		0.9647	10.5510	1.7193
132.5	18.7779	120	0.0423		0.9577	10.6287	1.7667
136	19.2739	140	0.0494		0.9506	10.7076	1.8000
140	19.8408	160	0.0564		0.9435	10.7877	1.8392
140	19.8408	180	0.0635		0.9365	10.8689	1.8255
141	19.9825	200	0.0700		0.9294	10.9514	1.8247
144	20.4077	220	0.0776		0.9224	11.0352	1.8493
145	20.5494	240	0.0847		0.9153	11.1203	1.8479
146.5	20.7620	260	0.0917		0.9083	11.2067	1.8526
148	20.9746	280	0.0988		0.9012	11.2944	1.8571
145	20.5494	300	0.1058		0.8942	11.3835	1.8052

1.8571

LABORATORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	140.2	140.20
Materia seca + Recipiente	113.6	113.60
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	23.42	23.42

Diametro(cm)	superior	3.590	Altura (cm)	superior	7.18	Area inicial (A) cm2	10.169
	centro	3.600		centro	7.25	Volumen (cm 3)	73.253
	inferior	3.605		inferior	7.18	presion de camara (kg/cm2)	1
	promedio	3.598		promedio	7.2033	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1914
Peso de probeta (gr)			140.2	Densidad seca (kg/m3)			1551

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.17	0.00	0.00	0	1	1.00
	10	67	9.51	0.35	10.20	0.93	0.00		1	1.93
	20	95	13.49	0.71	10.24	1.32	0.00		1	2.32
	30	120	17.04	1.06	10.28	1.66	0.00		1	2.66
	40	138	19.60	1.41	10.31	1.90	0.00		1	2.90
	50	156	22.15	1.76	10.35	2.14	0.00		1	3.14
	60	173	24.57	2.12	10.39	2.36	0.00		1	3.36
	70	187	26.55	2.47	10.43	2.55	0.00		1	3.55
	80	200	28.40	2.82	10.46	2.71	0.00		1	3.71
	90	210	29.82	3.17	10.50	2.84	0.00		1	3.84
	100	219	31.10	3.53	10.54	2.95	0.00		1	3.95
	120	236	33.51	4.23	10.62	3.16	0.00		1	4.16
	140	250	35.50	4.94	10.70	3.32	0.00		1	4.32
	160	264	37.49	5.64	10.78	3.48	0.00		1	4.48
	180	274	38.91	6.35	10.86	3.58	0.00		1	4.58
	200	283	40.19	7.05	10.94	3.67	0.00		1	4.67
	220	290	41.18	7.76	11.02	3.74	0.00		1	4.74
	240	297	42.17	8.46	11.11	3.80	0.00		1	4.80
	260	301	42.74	9.17	11.20	3.82	0.00		1	4.82
	280	307	43.59	9.87	11.28	3.86	0.00		1	4.86
	300	312	44.30	10.58	11.37	3.90	0.00		1	4.90

PROBETA 03 **S3**
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

3.9

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

10.58

Esfuerzo efectivo

S'3

1

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	140.4	140.40
Materia seca + Recipiente	113.6	113.60
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	23.59	23.59

Diametro(cm)	superior	3.600	Altura (cm)	superior	7.18	Area inicial (A) cm2	10.198
	centro	3.600		centro	7.19	Volumen (cm 3)	73.321
	inferior	3.610		inferior	7.2	presion de camara (kg/cm2)	2
	promedio	3.603		promedio	7.1900	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro		2	Densidad humeda (kg/m3)				1915
Peso de probeta (gr)		140.2	Densidad seca (kg/m3)				1549

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	2	2.00
	10	122	17.32	0.35	10.23	1.69	0.00		2	3.69
	20	152	21.58	0.71	10.27	2.10	0.00		2	4.10
	30	178	25.28	1.06	10.31	2.45	0.00		2	4.45
	40	201	28.54	1.41	10.34	2.76	0.00		2	4.76
	50	221	31.38	1.77	10.38	3.02	0.00		2	5.02
	60	239	33.94	2.12	10.42	3.26	0.00		2	5.26
	70	253	35.93	2.47	10.46	3.44	0.00		2	5.44
	80	267	37.91	2.83	10.49	3.61	0.00		2	5.61
	90	277	39.33	3.18	10.53	3.73	0.00		2	5.73
	100	288	40.90	3.53	10.57	3.87	0.00		2	5.87
	120	308	43.74	4.24	10.65	4.11	0.00		2	6.11
	140	326	46.29	4.95	10.73	4.31	0.00		2	6.31
	160	336	47.71	5.65	10.81	4.41	0.00		2	6.41
	180	346	49.13	6.36	10.89	4.51	0.00		2	6.51
	200	354	50.27	7.07	10.97	4.58	0.00		2	6.58
	220	362	51.40	7.77	11.06	4.65	0.00		2	6.65
	240	371	52.68	8.48	11.14	4.73	0.00		2	6.73
	260	378	53.68	9.18	11.23	4.78	0.00		2	6.78
	280	381	54.10	9.89	11.32	4.78	0.00		2	6.78
	300	386	54.81	10.60	11.41	4.81	0.00		2	6.81

PROBETA 03 = 2 KG/ CM2 — S3

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

4.841

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

10.6

Esfuerzo efectivo

S'3

2

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	2
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	1
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	137	137.00
Materia seca + Recipiente	112.6	112.60
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	21.67	21.67

Diametro(cm)	superior	3.590	Altura (cm)	superior	7.19	Area inicial (A) cm2	10.198
	centro	3.600		centro	7.2	Volumen (cm 3)	73.321
	inferior	3.620		inferior	7.21	presion de camara (kg/cm2)	0.5
	promedio	3.603		promedio	7.2000	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1866
Peso de probeta (gr)			137.0	Densidad seca (kg/m3)			1534

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	0.5	0.50
	10	40	5.68	0.35	10.23	0.56	0.00		0.5	1.06
	20	65	9.23	0.71	10.27	0.90	0.00		0.5	1.40
	30	90	12.78	1.06	10.31	1.24	0.00		0.5	1.74
	40	113	16.05	1.41	10.34	1.55	0.00		0.5	2.05
	50	131	18.60	1.76	10.38	1.79	0.00		0.5	2.29
	60	145	20.59	2.12	10.42	1.98	0.00		0.5	2.48
	70	155	22.01	2.47	10.46	2.10	0.00		0.5	2.60
	80	160	22.72	2.82	10.49	2.17	0.00		0.5	2.67
	90	158	22.44	3.18	10.53	2.13	0.00		0.5	2.63
	100	155	22.01	3.53	10.57	2.08	0.00		0.5	2.58
	120	150	21.30	4.23	10.65	2.00	0.00		0.5	2.50
	140	148	21.02	4.94	10.73	1.96	0.00		0.5	2.46

PROBETA 03 — S3 = 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

2.17

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

2.82

Esfuerzo efectivo

S'3

0.5

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	132.4	132.40
Materia seca + Recipiente	105.4	105.40
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	25.62	25.62

Diametro(cm)			Altura (cm)				
	superior	3.590		superior	7.19	Area inicial (A) cm2	10.198
	centro	3.600		centro	7.2	Volumen (cm 3)	73.423
	inferior	3.620		inferior	7.21	presion de camara (kg/cm2)	0.5
	promedio	3.603		promedio	7.20	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1803
Peso de probeta (gr)			132.4	Densidad seca (kg/m3)			1436

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	0.5	0.50
	10	50	7.10	0.35	10.23	0.69	0.00		0.5	1.19
	20	75	10.65	0.71	10.27	1.04	0.00		0.5	1.54
	30	98	13.92	1.06	10.31	1.35	0.00		0.5	1.85
	40	112	15.90	1.41	10.34	1.54	0.00		0.5	2.04
	50	128	18.18	1.76	10.38	1.75	0.00		0.5	2.25
	60	142	20.16	2.12	10.42	1.94	0.00		0.5	2.44
	70	154	21.87	2.47	10.46	2.09	0.00		0.5	2.59
	80	165	23.43	2.82	10.49	2.23	0.00		0.5	2.73
	90	175	24.85	3.18	10.53	2.36	0.00		0.5	2.86
	100	185	26.27	3.53	10.57	2.49	0.00		0.5	2.99
	120	204	28.97	4.23	10.65	2.72	0.00		0.5	3.22
	140	220	31.24	4.94	10.73	2.91	0.00		0.5	3.41
	160	231	32.80	5.64	10.81	3.03	0.00		0.5	3.53
	180	239	33.94	6.35	10.89	3.12	0.00		0.5	3.62
	200	244	34.65	7.06	10.97	3.16	0.00		0.5	3.66
	220	251	35.64	7.76	11.06	3.22	0.00		0.5	3.72
	240	262	37.20	8.47	11.14	3.34	0.00		0.5	3.84
	260	271	38.48	9.17	11.23	3.43	0.00		0.5	3.93
	280	279	39.62	9.88	11.32	3.50	0.00		0.5	4.00
	300	281	39.90	10.58	11.41	3.50	0.00		0.5	4.00

PROBETA 03 S3 = 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

3.5

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

9.88

Esfuerzo efectivo

S'3

0.5

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	131.6	131.60
Materia seca + Recipiente	105.2	105.20
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	25.1	25.10

Diametro(cm)			Altura (cm)		
	superior	3.590		superior	7.18
	centro	3.600		centro	7.25
	inferior	3.605		inferior	7.18
	promedio	3.598		promedio	7.20
Relacion altura / diametro		2	Densidad humeda (kg/m3)		1797
Peso de probeta (gr)		131.6	Densidad seca (kg/m3)		1436

Area inicial (A) cm2	10.169
Volumen (cm 3)	72.253
presion de camara (kg/cm2)	1
contra presion (kg/cm2)	0

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.17	0.00	0.00	0	1	1.00
	10	73	10.37	0.35	10.20	1.02	0.00		1	2.02
	20	118	16.76	0.71	10.24	1.64	0.00		1	2.64
	30	160	22.72	1.06	10.28	2.21	0.00		1	3.21
	40	183	25.99	1.41	10.31	2.52	0.00		1	3.52
	50	205	29.11	1.76	10.35	2.81	0.00		1	3.81
	60	222	31.52	2.12	10.39	3.03	0.00		1	4.03
	70	233	33.09	2.47	10.43	3.17	0.00		1	4.17
	80	245	34.79	2.82	10.46	3.32	0.00		1	4.32
	90	255	36.21	3.17	10.50	3.45	0.00		1	4.45
	100	264	37.49	3.53	10.54	3.56	0.00		1	4.56
	120	275	39.05	4.23	10.62	3.68	0.00		1	4.68
	140	282	40.04	4.94	10.70	3.74	0.00		1	4.74
	160	290	41.18	5.64	10.78	3.82	0.00		1	4.82
	180	297	42.17	6.35	10.86	3.88	0.00		1	4.88
	200	304	43.17	7.05	10.94	3.95	0.00		1	4.95
	220	310	44.02	7.76	11.02	3.99	0.00		1	4.99
	240	316	44.87	8.46	11.11	4.04	0.00		1	5.04
	260	318	45.16	9.17	11.20	4.03	0.00		1	5.03
	280	320	45.44	9.87	11.28	4.03	0.00		1	5.03
	300	321	45.58	10.58	11.37	4.01	0.00		1	5.01

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{Ac}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)
Diametro del circulo de Morh
4.04

deformacion unitaria en esfuerzo maximo
(ε %)
8.46

Esfuerzo efectivo
S'3
1

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	1.0000
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	0.5000
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	133.2	133.20
Materia seca + Recipiente	105.8	105.80
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	25.9	25.90

Diametro(cm)			Altura (cm)		
	superior	3.600		superior	7.18
	centro	3.600		centro	7.19
	inferior	3.610		inferior	7.2
	promedio	3.603		promedio	7.19
Relacion altura / diametro		2	Densidad humeda (kg/m3)		1817
Peso de probeta (gr)		133.2	Densidad seca (kg/m3)		1443

Area inicial (A) cm2	10.198
Volumen (cm 3)	73.321
presion de camara (kg/cm2)	2
contra presion (kg/cm2)	0

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0	2	2.00
	10	95	13.49	0.35	10.23	1.32	0.00		2	3.32
	20	130	18.46	0.71	10.27	1.80	0.00		2	3.80
	30	196	27.83	1.06	10.31	2.70	0.00		2	4.70
	40	245	34.79	1.41	10.34	3.36	0.00		2	5.36
	50	270	38.34	1.77	10.38	3.69	0.00		2	5.69
	60	300	42.60	2.12	10.42	4.09	0.00		2	6.09
	70	325	46.15	2.47	10.46	4.41	0.00		2	6.41
	80	350	49.70	2.83	10.49	4.74	0.00		2	6.74
	90	370	52.54	3.18	10.53	4.99	0.00		2	6.99
	100	380	53.96	3.53	10.57	5.10	0.00		2	7.10
	120	392	55.66	4.24	10.65	5.23	0.00		2	7.23
	140	412	58.50	4.95	10.73	5.45	0.00		2	7.45
	160	420	59.64	5.65	10.81	5.52	0.00		2	7.52
	180	428	60.78	6.36	10.89	5.58	0.00		2	7.58
	200	435	61.77	7.07	10.97	5.63	0.00		2	7.63
	220	442	62.76	7.77	11.06	5.68	0.00		2	7.68
	240	446	63.33	8.48	11.14	5.68	0.00		2	7.68
	260	450	63.90	9.18	11.23	5.69	0.00		2	7.69
	280	454	64.47	9.89	11.32	5.70	0.00		2	7.70
	300	456	64.75	10.60	11.41	5.68	0.00		2	7.68

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0.142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L X 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P.poros ini- P.poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

5.7

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

9.89

Esfuerzo efectivo

S'3

2

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra	VIA DE ACCESO AL CAMPUS PEDRO ENRIQUEZ ULLOA	Velocidad de deformacion	
Localizacion	ESPOL CAMPUS PEDROSENRIA	Diametro	1.9
Procedencia	MUESTRA DE AF - 50	Humedad	0.5
Descripcion de la muestra	muestra alterada		

Contenido de humedad	Inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	136	136.00
Materia seca + Recipiente	110,4	110.40
Masa recipiente	0	0.00
% Humedad	23,19	23.19

Cilindro			Cabeza			
	Superior	5,000		Superior	7,18	Area inicial (A) cm2	10,1963
	Centro	5,000		Centro	7,25	Volumen (cm 3)	73,253
	Inferior	5,000		Inferior	7,18	Presion de camara (kg/cm2)	1
	Promedio	5,000		Promedio	7,20	Contrapresion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro		2		Densidad humeda (kg/m3)			1857
Peso de probeta (gr)		149,8		Densidad seca (kg/m3)			1507

hora de lectura	lectura dial de deformacion (0,01)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm2)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presion de poros (kg/cm2)	Esfuerzo normal (kg/cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)	Esfuerzo principal (kg/cm2)
16:14	0	0	0.000	0.000	10,196	0.000	0.00	1	0.000	
	10	80	11,26	0,005	10,198	1,104	0,001	1	2,111	
	20	115	16,23	0,011	10,203	1,590	0,001	1	3,039	
	30	141	20,02	0,016	10,208	1,961	0,002	1	3,806	
	40	162	23,09	0,021	10,213	2,261	0,002	1	4,378	
	50	183	26,24	0,026	10,218	2,568	0,003	1	4,951	
	60	196	27,83	0,032	10,224	2,722	0,003	1	5,245	
	70	206	29,24	0,037	10,229	2,858	0,004	1	5,503	
	80	215	30,52	0,042	10,234	2,982	0,004	1	5,742	
	90	221	31,36	0,047	10,239	3,062	0,005	1	5,900	
	100	226	32,09	0,053	10,245	3,132	0,005	1	6,034	
	120	239	33,94	0,063	10,255	3,309	0,006	1	6,374	
	140	249	35,36	0,074	10,266	3,444	0,007	1	6,631	
	160	256	36,35	0,084	10,276	3,537	0,008	1	6,810	
	180	257	36,49	0,095	10,286	3,547	0,009	1	6,829	
	200	259	36,78	0,105	10,297	3,571	0,010	1	6,875	
	220	261	37,06	0,116	10,307	3,594	0,011	1	6,919	
	240	265	37,63	0,126	10,317	3,646	0,012	1	7,020	
	260	268	38,06	0,137	10,328	3,685	0,013	1	7,095	
	280	270	38,34	0,147	10,338	3,709	0,014	1	7,141	
	300	271	38,48	0,158	10,348	3,718	0,015	1	7,158	

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Cohesion	0,34
Friccion	5,1
Esfuerzo de Cedencia (kg/cm2)	y = mx + b
m =	0,142
b =	0
Pendiente de la Envolvente de Esfuerzos Efectivos	rad 10-3

FORMULAS

Esfuerzo desviador = carga aplicada / area corregida

$$\text{Area corregida} = \frac{A_i}{1-\varepsilon}$$

Esfuerzo normal = (esfuerzo principal mayor + esfuerzo principal menor) / 2

Esfuerzo cortante = (esfuerzo principal mayor - esfuerzo principal menor) / 2

RESULTADOS DE LA PROBETA

Esfuerzo desviador maximo (kg/cm2)

3,4

Deformacion unitaria en esfuerzo maximo (%)

9,17

Estado de la probeta

1

Observaciones de la muestra ensayada

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

bra	VIA DE ACCESO AL CAMPO [illegible]	[illegible]	
ocalizacion	ESPOL CAMPUS PROSPERINA	[illegible]	1.0
rocedencia	MUESTRA DE AL [illegible]	[illegible]	[illegible]
escripcion de la muestra	muestra alterada		

ontenido de humedad	inicio	final
ecipiente		
atena humeda + Recipiente	131,4	131,40
atena seca + Recipiente	107,3	107,30
asa recipiente	0	0,00
Humedad	22,46	22,46

Diametro, cm	superior	[illegible]	[illegible]	superior	7,19	Area inicial (A) cm2	10,198
	centro	[illegible]		centro	7,2	Volumen (cm 3)	73,423
	inferior	[illegible]		inferior	7,21	presion de camara (kg/cm2)	0,5
	[illegible]	[illegible]		promedio	7,2000	[illegible]	[illegible]
Relacion altura / diametro				Densidad humeda (kg/m3)			17[illegible]
Peso de probeta (gr)			1 x 1	Densidad seca (kg/m3)			1461

hora de lectura	lectura dial de deformacion (AL)	lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion unitaria	Area corregida (cm)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16:14	0	0	0,00	0,00	10,[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	0,5	0,50
	10	65	9,23	0,35	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	1,49
	20	100	14,20	0,71	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	1,[illegible]
	30	128	18,18	1,06	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	2,26
	40	148	21,02	1,41	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	2,5[illegible]
	50	165	23,43	1,76	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	2,76
	60	176	24,99	2,12	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	2,90
	70	185	26,27	2,47	10,46	[illegible]	0,00		0,5	3,01
	80	190	26,98	2,82	10,49	[illegible]	0,00		0,5	3,07
	90	190	26,98	3,18	10,[illegible]	[illegible]	0,00		0,5	3,06

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0,142
b =	0
Unidad de medida del dial de deformacion	pub 10-3

FORMULAS

Carga P (kg) = m-lectura dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{AL \times 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2) = $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (kg/cm2) = $\frac{Carga\ P}{Ac}$

[illegible] (kg/cm2) = [illegible] ros leida

S3 = (kg/cm2) = S3 DU

S1 = Esfuerzo desviador - S3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Morh

2,57

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

2,82

Esfuerzo efectivo

0,5

[illegible] DE LA MUESTRA ENSAYADA

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra	VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO	Calib. velocidad deformacion	
Localizacion	ESPOL CAMPUS PROSPERINA	Velocidad	1
Procedencia	MUESTRA DE AL 40	Excentricidad	0,5
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda + Recipiente	133,4	133,40
Materia seca + Recipiente	109	109,00
Masa recipiente	0	0,00
% Humedad	22,39	22,39

Espesores	superior	3,500	Diametros	superior	7,19	Area inicial (A) cm2	10,198
	centro	3,000		centro	7,2	Volumen (cm 3)	73,321
	inferior	3,620		inferior	7,21	presion de camara (kg/cm2)	2
	promedio	3,373		promedio	7,2000	esf. superficial (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro		2				Densidad humeda (kg/m3)	1819
Peso de la Probeta (gr)		1,67				Densidad seca (kg/m3)	1317

hora de lectura	lectura dial de deformacion (21)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador (kg/cm2)	esf. principal mayor (kg/cm2)	esf. principal menor (kg/cm2)	esf. normal (kg/cm2)	esf. cortante (kg/cm2)
16:14	0	0	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0	0,5	0,50
	10	90	12,78	0,25	10,23	1,25	0,00		0,5	1,75
	20	135	19,17	0,71	10,27	1,87	0,00		0,5	2,37
	30	175	24,85	1,06	10,31	2,41	0,00		0,5	2,91
	40	200	28,40	1,41	10,34	2,75	0,00		0,5	3,25
	50	220	31,24	1,76	10,38	3,01	0,00		0,5	3,51
	60	232	32,94	2,13	10,42	3,16	0,00		0,5	3,66
	70	240	34,08	2,47	10,46	3,26	0,00		0,5	3,76
	80	252	35,78	2,83	10,50	3,41	0,00		0,5	3,91
	90	260	36,92	3,18	10,53	3,51	0,00		0,5	4,01
	100	266	37,77	3,53	10,57	3,57	0,00		0,5	4,07
	120	275	39,05	4,24	10,65	3,67	0,00		0,5	4,17
	140	285	40,47	4,94	10,72	3,77	0,00		0,5	4,27
	160	295	41,89	5,64	10,80	3,88	0,00		0,5	4,38
	180	302	42,88	6,35	10,88	3,94	0,00		0,5	4,44
	200	308	43,74	7,05	10,96	3,99	0,00		0,5	4,49
	220	313	44,45	7,76	11,05	4,02	0,00		0,5	4,52
	240	318	45,16	8,47	11,14	4,05	0,00		0,5	4,55
	260	323	45,87	9,17	11,23	4,08	0,00		0,5	4,58
	280	327	46,43	9,88	11,32	4,10	0,00		0,5	4,60
	300	332	47,14	10,58	11,41	4,13	0,00		0,5	4,63
	320	336	47,71	11,29	11,50	4,15	0,00		0,5	4,65
	340	339	48,14	11,99	11,59	4,15	0,00		0,5	4,65
	360	341	48,42	12,70	11,68	4,15	0,00		0,5	4,65
	380	345	48,99	13,41	11,78	4,16	0,00		0,5	4,66

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Ecuacion de calibracion	y = mx+b
m =	0,142
b =	0

Lectura de medidor dial de deformacion pulg/pulg

FORMULAS

Area corregida $A_c = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador $\frac{Carga\ P}{A_c}$

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)
Diametro del circulo de Mohr
4,16

deformacion unitaria en esfuerzo maximo
(ε %)
13,41

Esfuerzo efectivo
σ_3
2,0

GRAFICO DE LA PROBETA ENSAYADA

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra	VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO	Fecha de Extracción	
Localizacion	ESPOL CAMPUS PROSPERINA	Muestra	1.0
Procedencia	MUESTRA DEAF 100	Profundidad	1.0
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda + Recipiente	125,2	131,40
Materia seca + Recipiente	95,5	107,30
Masa recipiente	0	0,00
% Humedad	31,10	31,10

Diametro (cm)			Altura (cm)			
	Superior	3,500		Superior	7,10	Area inicial (A) cm2	10,198
	Centro	3,600		Centro	7,2	Volumen (cm 3)	73,423
	Inferior	3,700		Inferior	7,21	presion de camara (kg/ cm2)	0,5
	promedio	3,600		promedio	7,2000	cabeza presion (kg/cm2)	0
Relacion altura/diametro				densidad humeda (kg/m3)			1790
Peso de probeta (gr)			1,4	densidad seca (kg/m3)			1461

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	incremento Poros (kg/cm2)	u0 (kg/cm2)	Δu (kg/cm2)	u1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00		0,0	0,00
	10	75	10,65	0,35	10,23	1,04	0,00		0,5	1,54
	20	94	13,35	0,71	10,27	1,30	0,00		0,5	1,80
	30	108	15,34	1,06	10,31	1,49	0,00		0,5	1,99
	40	115	16,33	1,41	10,34	1,58	0,00		0,5	2,08
	50	120	17,04	1,76	10,38	1,64	0,00		0,5	2,14
	60	124	17,61	2,12	10,42	1,69	0,00		0,5	2,19
	70	128	18,18	2,47	10,46	1,74	0,00		0,5	2,24
	80	131	18,60	2,83	10,49	1,77	0,00		0,5	2,27
	90	133	18,89	3,18	10,53	1,79	0,00		0,5	2,29
	100	135	19,17	3,53	10,57	1,81	0,00		0,5	2,31
	120	139	19,74	4,23	10,65	1,85	0,00		0,5	2,35
	140	140	19,88	4,94	10,73	1,85	0,00		0,5	2,35
	160	141	20,02	5,64	10,81	1,85	0,00		0,5	2,35
	180	140	19,88	6,35	10,89	1,83	0,00		0,5	2,33

PROBETA 03 S3 = 2 KG/ CM2

Area corregida (A)	10,293
Carga P	kg
Deformacion Unitaria	ε = m*b
m =	0,142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Para cada lectura de carga P se tiene la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L \times 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2) = $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (σ1 - σ3) = $\frac{\text{Carga P}}{A_c}$

σ3 (kg/cm2) = P poros inicial + poros leida

σ3 = (kg/cm2) = σ3 DEF

σ1 = Esfuerzo desviador + σ3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Mohr

1,85

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε %)

4,23

Esfuerzo efectivo

σ3'

0,5

GRAFICO DE LA PROBETA ENSAYADA

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

ra	VIA DE ACCESO AL CAMPUS POLITECNICO	
calización	ESPOL CAMPUS PROSPERINA	
uestra	MUESTRA DEAL - 100	
scripción de la muestra	muestra alterada	

Contenido de humedad	Inicio	final
Recipiente		
Tierra humeda+ Recipiente	129,4	129,40
Tierra seca + Recipiente	97,7	97,70
Masa recipiente	0	0,00
Humedad	32,45	32,40

Diametro			Altura			
	superior	3,580		superior	7,18	Area inicial (A) cm2	10,159
	centro	3,600		centro	7,25	Volumen (cm 3)	73,253
	inferior	3,605		inferior	7,18	presion de camara (kg/cm2)	1
	promedio	3,593		promedio	7,2033	cedura prueba (kg/cm2)	0
Diferencia altura y diametro						Densidad humeda (kg/m3)	1768
Peso de probeta (gr)			186			Densidad seca (kg/m3)	1334

Lectura de deformacion	Lectura dial de deformacion (0,01)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm2)	Presion de poros corregida	Presion de poros (kg/cm2)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Esfuerzo principal menor (kg/cm2)
10-14	0	0	0,000	0,00	10,16	0,000	0,000	0	1	1,000
	10	70	26,04	0,35	10,20	0,098	0,098		1	1,097
	20	95	32,47	0,71	10,24	0,127	0,029		1	1,127
	30	109	35,43	1,06	10,28	0,141	0,014		1	1,141
	40	120	37,64	1,41	10,31	0,149	0,008		1	1,149
	50	128	39,15	1,76	10,35	0,153	0,004		1	1,153
	60	136	40,61	2,12	10,39	0,156	0,003		1	1,156
	70	142	41,70	2,47	10,43	0,158	0,002		1	1,158
	80	146	42,43	2,82	10,47	0,158	0,000		1	1,158
	90	152	43,52	3,17	10,51	0,159	0,001		1	1,159
	100	157	44,43	3,53	10,55	0,159	0,000		1	1,159
	120	163	45,52	4,23	10,63	0,159	0,000		1	1,159
	140	170	46,79	4,94	10,71	0,159	0,000		1	1,159
	160	178	48,24	5,64	10,79	0,159	0,000		1	1,159
	180	182	48,97	6,35	10,87	0,159	0,000		1	1,159
	200	187	49,88	7,05	10,94	0,159	0,000		1	1,159
	220	192	50,79	7,76	11,02	0,157	0,002		1	1,157
	240	196	51,52	8,46	11,11	0,156	0,001		1	1,156
	260	199	52,06	9,17	11,20	0,154	0,002		1	1,154
	280	203	52,79	9,87	11,29	0,152	0,002		1	1,152
	300	206	53,33	10,58	11,38	0,150	0,002		1	1,150

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Area inicial (cm2)	26,283
Peso (gr)	kg
Esfuerzo desviador	kg/cm2
m =	0,132
b =	0
Pendiente de la recta de falla	pulg/10-3

FORMULAS

Esfuerzo desviador = lectura del dial de la carga * b

Deformacion unitaria (cm) = $\frac{\text{AL} * 100}{\text{L}}$

Area corregida Ac (cm2) = $\frac{\text{A}}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (kg/cm2) = $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

Esfuerzo principal menor (kg/cm2)

S3 = (kg/cm2) - S3 (kg)

Esfuerzo desviador máximo = S3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)

Diametro del circulo de Mohr

2,57

deformacion unitaria en esfuerzo maximo

(ε max)

10,58

Esfuerzo efectivo

S3

1

ESFUERZO EFECTIVO AMPLIFICADA

TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra	VIA DE ACCESO AL CAMPO DE FUTBOL [illegible]	Especificaciones
Localización	ESPINAL CAMPO DE FUTBOL	Muestra: 1
Procedencia	MUESTRA DE AI [illegible]	Profundidad: [illegible]
Descripción de la muestra	muestra alterada	

Contenido de humedad	Inicio	final
Recipiente		
Materia humeda + Recipiente	133,4	133,40
Materia seca + Recipiente	105	105,00
Masa recipiente	0	0,00
% Humedad	22,39	22,39

Especimen						
	superior	3,790		superior	7,19	Area inicial (A) cm2
	centro	3,800		centro	7,2	Volumen (cm 3)
	inferior	3,810		Esfuerzo confinante (kg/cm2)	7,21	
	promedio	3,8000		promedio	7,2000	
Peso especimen humedo (gr)				Peso humedo (gr)		
Peso especimen seco (gr)				Densidad seca (kg/m3)		

Area inicial (A) cm2	10,198
Volumen (cm 3)	73,321
Esfuerzo confinante (kg/cm2)	2
[illegible]	0
[illegible]	1319
[illegible]	1487

Lectura de deformacion	Lectura desde deformacion (Z1)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm2)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Deformacion unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presion de poros (kg/cm2)	Presion de poros (kg/cm2)
10,14	0	0	0,00	0,00	10,20	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
	10	70	9,94	0,25	10,23	0,972	0,25	1,37	0,50	1,37
	20	90	12,73	0,71	10,27	1,240	0,50	1,74	0,75	1,74
	30	105	14,91	1,06	10,31	1,446	0,75	1,96	0,75	1,96
	40	120	17,04	1,41	10,35	1,647	1,00	2,15	0,75	2,15
	50	130	18,46	1,76	10,39	1,777	1,25	2,32	0,75	2,32
	60	136	19,31	2,12	10,43	1,852	1,50	2,35	0,75	2,35
	70	144	20,45	2,47	10,46	1,956	1,75	2,46	0,75	2,46
	80	151	21,44	2,82	10,50	2,041	2,00	2,54	0,75	2,54
	90	157	22,29	3,18	10,54	2,115	2,25	2,62	0,75	2,62
	100	161	22,86	3,53	10,58	2,161	2,50	2,65	0,75	2,65
	120	172	24,43	4,23	10,66	2,293	3,00	2,79	0,75	2,79
	140	180	25,56	4,94	10,73	2,383	3,50	2,88	0,75	2,88
	160	186	26,41	5,64	10,81	2,444	4,00	2,94	0,75	2,94
	180	192	27,26	6,35	10,89	2,504	4,50	3,00	0,75	3,00
	200	196	27,83	7,06	10,97	2,538	5,00	3,04	0,75	3,04
	220	200	28,40	7,76	11,05	2,572	5,50	3,07	0,75	3,07
	240	204	28,97	8,47	11,13	2,604	6,00	3,10	0,75	3,10
	260	208	29,54	9,17	11,23	2,630	6,50	3,13	0,75	3,13
	280	212	30,10	9,88	11,32	2,658	7,00	3,16	0,75	3,16
	300	216	30,67	10,58	11,41	2,688	7,50	3,19	0,75	3,19

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

[illegible]	20,263
Pendiente	Kg
[illegible]	y = mx + b
m =	0,142
b =	0
[illegible]	pulx10-3

FORMULAS

[illegible] = (Kg) multiplicado por el dial de la carga + b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L \times 100}{L}$

[illegible] Ac = $\frac{A_o}{(1-\varepsilon)}$

[illegible] = $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

[illegible] = Presion de poros leida
S3 = (Kg/cm2) - S2 DU
DU = Diferencia de S3 y S3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)
Diametro del circulo de Mohr
2,69

Deformacion unitaria en esfuerzo maximo
(ε %)
10,58

Esfuerzo efectivo
S3
2,0

TIPO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	2
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	1
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	138,1	138,10
Materia seca + Recipiente	113,5	113,50
Masa recipiente	0	0,00
% Humedad	21,67	21,67

Diametro(cm)			Altura (cm)				
	superior	3,590		superior	7,18	Area inicial (A) cm2	10,169
	centro	3,600		centro	7,25	Volumen (cm 3)	73,253
	inferior	3,605		inferior	7,18	presion de camara (kg/cm2)	1
	promedio	3,598		promedio	7,2033	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1885
Peso de probeta (gr)			138,1	Densidad seca (kg/m3)			1549

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0,00	0,00	10,17	0,00	0,00	0	1	1,00
	10	65	9,23	0,35	10,20	0,90	0,00		1	1,90
	20	103	14,63	0,71	10,24	1,43	0,00		1	2,43
	30	142	20,16	1,06	10,28	1,96	0,00		1	2,96
	40	178	25,28	1,41	10,31	2,45	0,00		1	3,45
	50	213	30,25	1,76	10,35	2,92	0,00		1	3,92
	60	233	33,09	2,12	10,39	3,18	0,00		1	4,18
	70	248	35,22	2,47	10,43	3,38	0,00		1	4,38
	80	262	37,20	2,82	10,46	3,56	0,00		1	4,56
	90	271	38,48	3,17	10,50	3,66	0,00		1	4,66
	100	279	39,62	3,53	10,54	3,76	0,00		1	4,76
	120	292	41,46	4,23	10,62	3,90	0,00		1	4,90
	140	303	43,03	4,94	10,70	4,02	0,00		1	5,02
	160	305	43,31	5,64	10,78	4,02	0,00		1	5,02
	180	299	42,46	6,35	10,86	3,91	0,00		1	4,91
	200	295	41,89	7,05	10,94	3,83	0,00		1	4,83
	220	290	41,18	7,76	11,02	3,74	0,00		1	4,74

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0,142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	putx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L \times 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{\text{Ac}}$

AU (kg/cm2) =P poros ini- P poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)
Diametro del circulo de Morh
4,02

deformacion unitaria en esfuerzo maximo
(ε %)
4,94

Esfuerzo efectivo
S'3
1,0

GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

LABORATTORIO DE GEOTECNIA
ENSAYO DE MATERIALES
TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U.U) CON MEDICION DE PRESION DE POROS

Obra		Calicata/Perforacion	
Localizacion		Muestra	2
Procedencia	E.S.P.O.L	Profundidad	1
descripcion de la muestra	muestra alterada		

contenido de humedad	inicio	final
Recipiente		
Materia humeda+ Recipiente	139,1	139,10
Materia seca + Recipiente	113,9	113,90
Masa recipiente	0	0,00
% Humedad	22,12	22,12

Diametro (cm)			Altura (cm)				
	superior	3,600		superior	7,18	Area inicial (A) cm2	10,198
	centro	3,600		centro	7,19	Volumen (cm 3)	73,253
	inferior	3,610		inferior	7,2	presion de camara (kg/cm2)	2
	promedio	3,603		promedio	7,1900	contra presion (kg/cm2)	0
Relacion altura / diametro			2	Densidad humeda (kg/m3)			1897
Peso de probeta (gr)			138,1	Densidad seca (kg/m3)			1553

hora de lectura	lectura dial de deformacion (ΔL)	Lectura dial de carga	Carga P (kg)	Deformacion Unitaria	Area corregida (cm)	esfuerzo desviador	presion de poros (Kg/cm2)	ΔU (kg/cm2)	S'3 (kg/cm2)	S'1 (kg/cm2)
16:14	0	0	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0	2	2,00
	10	83	11,79	0,35	10,23	1,15	0,00		2	3,15
	20	126	17,89	0,71	10,27	1,74	0,00		2	3,74
	30	176	24,99	1,06	10,31	2,42	0,00		2	4,42
	40	212	30,10	1,41	10,34	2,91	0,00		2	4,91
	50	247	35,07	1,77	10,38	3,38	0,00		2	5,38
	60	278	39,48	2,12	10,42	3,79	0,00		2	5,79
	70	301	42,74	2,47	10,46	4,09	0,00		2	6,09
	80	318	45,16	2,83	10,49	4,30	0,00		2	6,30
	90	335	47,57	3,18	10,53	4,52	0,00		2	6,52
	100	349	49,56	3,53	10,57	4,69	0,00		2	6,69
	120	370	52,54	4,24	10,65	4,93	0,00		2	6,93
	140	388	55,10	4,95	10,73	5,14	1,00		2	7,14
	160	402	57,08	5,65	10,81	5,28	2,00		2	7,28
	180	411	58,36	6,36	10,89	5,36	3,00		2	7,36
	200	415	58,93	7,07	10,97	5,37	4,00		2	7,37
	220	419	59,50	7,77	11,06	5,38	5,00		2	7,38
	240	420	59,64	8,48	11,14	5,35	6,00		2	7,35
	260	417	59,21	9,18	11,23	5,27	7,00		2	7,27
	280	413	58,65	9,89	11,32	5,18	8,00		2	7,18

PROBETA 03 S3
= 2 KG/ CM2

Anillo de carga	26263
Unidad	kg
Constante de calibracion	y = mx+b
m =	0,142
b =	0
unidad de medida del dial de deformacion	pulx10-3

FORMULAS

Carga P (kg)= mxlectura del dial de la carga +b

Deformacion unitaria (ε) = $\frac{\Delta L \times 100}{L}$

Area corregida Ac (cm2)= $\frac{A}{(1-\varepsilon)}$

Esfuerzo desviador (Kg /cm2) $\frac{\text{Carga P}}{Ac}$

AU (kg/cm2) =P poros ini- P poros leida

S'3 = (kg/cm2)= S3-DU

S'1 = Esfuerzo desviador -S'3

BIBLIOTECA ESPOL

RESULTADOS DE LA PROBETA

ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO (kg/cm2)
Diametro del circulo de Morh
5,38

deformacion unitaria en esfuerzo maximo
(ε %)
7,77

Esfuerzo efectivo
S'3
2,0

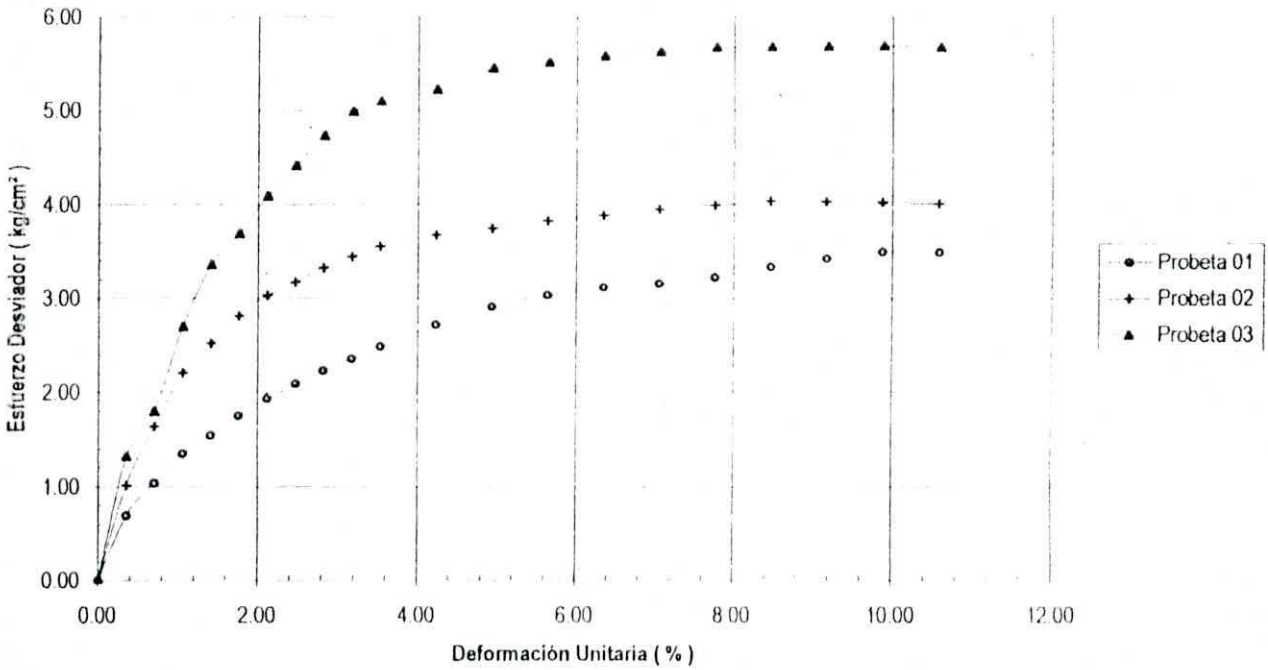
GRAFICO DE LA MUESTRA ENSAYADA

ENSAYO DE MATERIALES

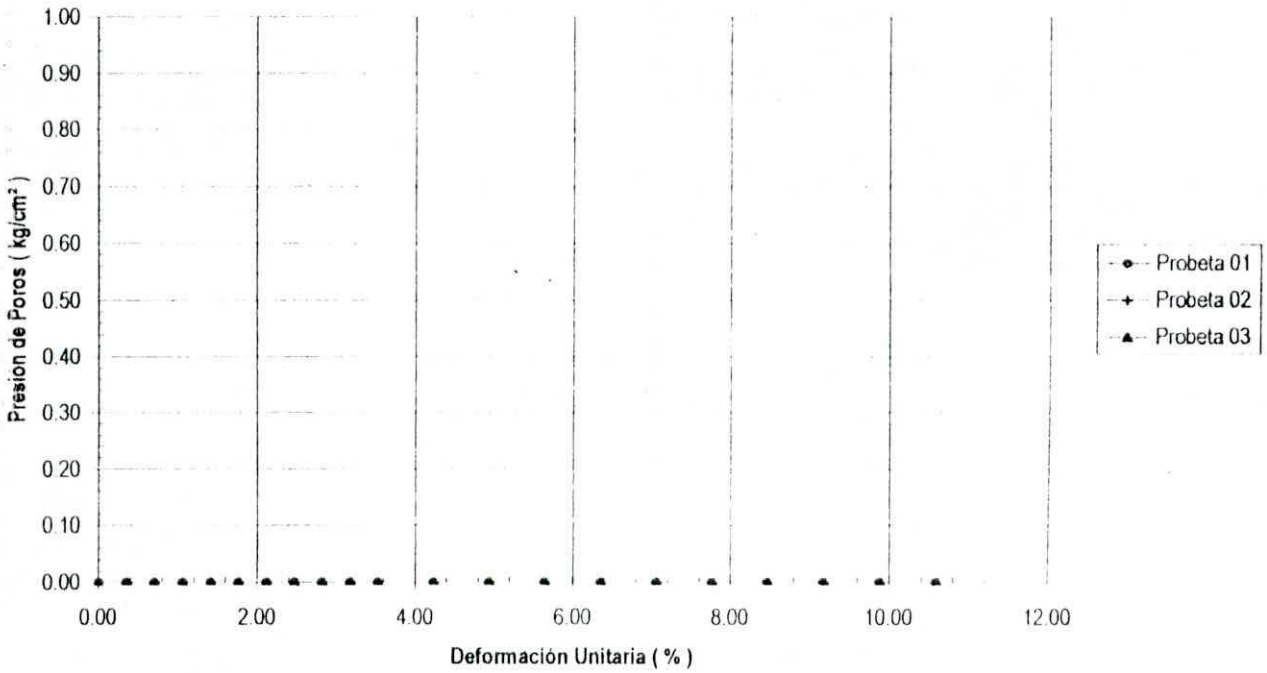
Triaxial no Consolidado no Drenado (U.U.)

Obra	TESIS SILVIA VELASQUEZ	Calicata / Perforación	
Localización		Muestra	1
Procedencia		Profundidad (m)	
Descripción de la muestra	Muestra alterada		

Curva: Deformación Unitaria vs. Esfuerzo Desviador



Curva: Deformación Unitaria vs. Presión de Poros



Realizado por:	Revisado por:	Calculado por:	Fecha de Toma de Muestra:	Fecha de Ensayo:
Sr. Julio Garcia		Sr. Julio Garcia	Marzo, 15 de 2001	Mayo, de 2001

ENSAYO DE MATERIALES

Triaxial no Consolidado no Drenado (U.U.)

Obra	TESIS SILVIA VELASQUEZ	**Calicata / Perforación**	
Localización		**Muestra**	
Procedencia		**Profundidad (m)**	
Descripción de la muestra	Muestra alterada		

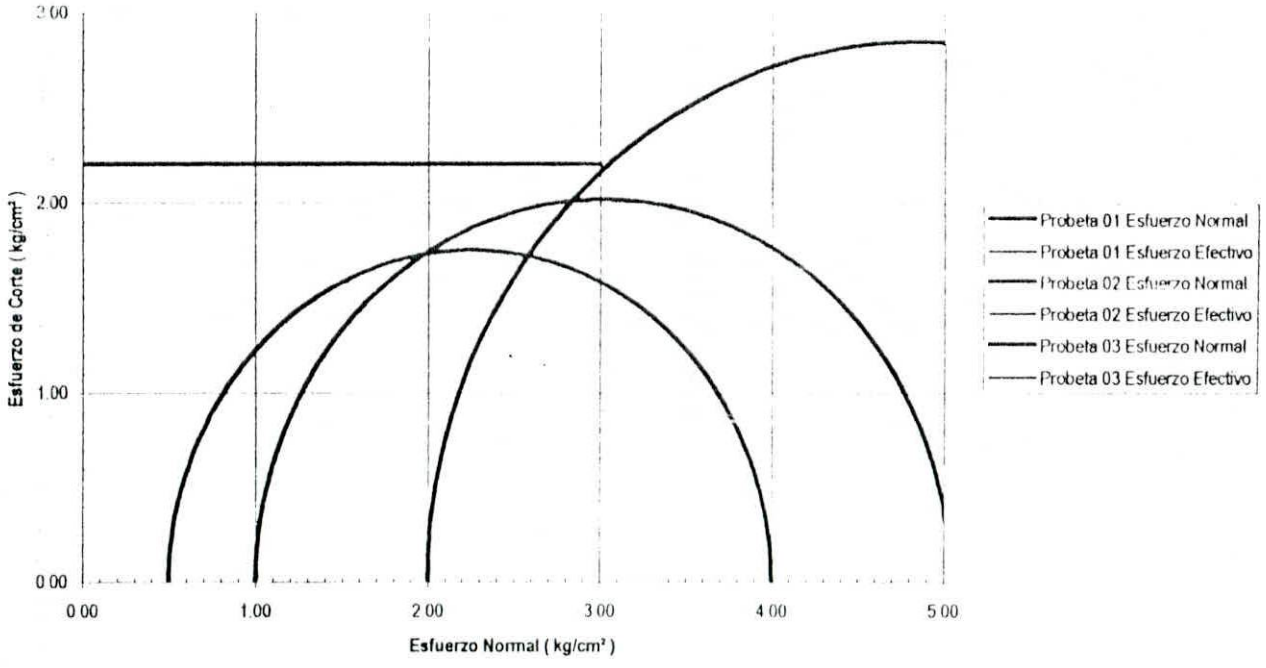
Caracteristicas de cada Probeta	Probeta 01	Probeta 02	Probeta 03
Contenido de Humedad Inicial (%)	25.62	25.10	25.90
Contenido de Humedad Final (%)	25.62	25.10	25.90
Densidad Húmeda (kg/m³)	1803	1797	1817
Densidad Seca (kg/m³)	1436	1436	1443
Presión de Cámara - Contra Presión (S3) (kg/cm²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo Desviador Máximo (S1 - S3) (kg/cm²)	3.50	4.04	5.70
Deformación Unitaria en Esfuerzo Máximo (ε %)	9.88	8.46	9.89
Esfuerzo Efectivo (kg/cm²)	0.50	1.00	2.00

Resultados del Ensayo

C = C' = 2.206 kg/cm²

Ø = Ø' = Grados

Curva: Circulos de MOHR



Realizado por:	Revisado por:	Calculado por:	Fecha de Toma de Muestra:	Fecha de Ensayo:
Sr. Julio Garcia		Sr. Julio Garcia	Marzo, 15 de 2001	Mayo, de 2001

ANEXO 7

MOVIMIENTO DE TIERRAS

ENTUMECIMIENTO DE TIERRA

Coeficiente de conversión

Tipo	Estado inicial del suelo	Convertirlo en		
		Sin excavar	Suelto	Apisonado
arena	sin excavar	1.00	1.11	0.95
	suelto	0.90	1.00	0.86
	apisonado	1.05	1.17	1.00
tierra corriente	sin excavar	1.00	1.25	0.90
	suelto	0.80	1.00	0.72
	apisonado	1.11	1.39	1.00
arcilla	sin excavar	1.00	1.93	0.90
	suelto	0.70	1.00	0.63
	apisonado	1.11	1.59	1.00

Anexo 7.1 TABLA DEL COEFICIENTE DE CONVERSIÓN DEL ENTUMENCIMIENTO DE TIERRA





Anexo 7.2 Secuencia de 1 ciclo de la excavación de una cantera



Anexo 7.3 Observación del descabezado de bancos de material con la motoniveladora

ANEXO 8

RENDIMIENTO DE EQUIPO Y PRESUPUESTO

ANEXO 8.1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CON SUS RESPECTIVOS RESPALDOS DE CÓMPUTOS MÉTRICOS

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 303-1 **Descripción:** Desbroce, desbosque y limpieza **Unidad: Ha**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	1	285 HP	$ 80.00	$ 80.00
Cargadora frontal de 2,5 m^3	1	145 HP	$ 43.00	$ 43.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 20.00	$ 80.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
Motosierra	2	7 HP	$ 2.00	$ 4.00
		Total (A) =		$ 210.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de cargadora	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Ay. de maquinaria	2	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 5.25
Op. de motosierra	2	$ 0.98	2.62	$ 0.14	$ 5.42
Chofer Clase IIA	4	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 10.72
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
Peón	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 40.24

(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: Ha/h	0.25	**Costo horario total (A+B) =**	$ 250.99
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**	$ 1,003.98

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		

(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**	$ 1,003.98

COSTOS INDIRECTOS:

(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 60.24
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 20.08
(J) UTILIDADES	16%	$ 160.64
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 41.87
Total costos indirectos:	28.17%	$ 282.82

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL		**(G+H+I+J+K) =**	$ 1,286.80

(M) OBSERVACIONES

Incluye el desalojo del material del desbroce

Se toma como precio unitario:	$ 1,280.00	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 402-2(1) **Descripción:** Mejoramiento de subrasante **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	1	285 HP	$ 80.00	$ 80.00
Cargadora frontal de 2,5 m^3	1	145 HP	$ 67.00	$ 67.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	1	150 HP	$ 30.00	$ 30.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 20.00	$ 80.00
Tanquero	2	310 HP	$ 15.00	$ 30.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 290.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de cargadora	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo liso	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Chofer Clase IIA	6	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 16.08
Ay. de maquinaria	3	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 7.87
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 40.35
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	50		**Costo horario total (A+B) =**		$ 331.10
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 6.62

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 6.62

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.40
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.13
(J) UTILIDADES	16%	$ 1.06
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.28
Total costos indirectos:	28.17%	$ 1.87

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 8.49

(M) OBSERVACIONES

Incluye explotación y transporte del material a usarse para el tratamiento (arenisca fina)

Se toma como precio unitario:	$ 8.50	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 303-2(1) **Descripción:** Excavación sin clasificar **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	1	285 HP	$ 80.00	$ 80.00
Cargadora frontal de 2,5 m^3	2	145 HP	$ 67.00	$ 134.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 217.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de cargadora	2	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 5.64
Ay. de maquinaria	3	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 7.87
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 24.27

(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	150	**Costo horario total (A+B) =**	$ 242.02
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**	$ 1.61

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		

(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**	$ 1.61

COSTOS INDIRECTOS:			
(H) GASTOS GENERALES	6%	$	0.10
(I) IMPREVISTOS	2%	$	0.03
(J) UTILIDADES	16%	$	0.26
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$	0.07
Total costos indirectos:	28.17%	$	0.45

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL		**(G+H+I+J+K) =**	$ 2.07

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario:	$ 2.00	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 303-2(1) **Descripción:** Relleno **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	1	285 HP	$ 80.00	$ 80.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	2	150 HP	$ 30.00	$ 60.00
Tanquero	2	310 HP	$ 15.00	$ 30.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 173.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo liso	2	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 5.64
Ay. de maquinaria	2	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 5.25
Chofer Clase IIA	2	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 5.36
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 27.01
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	100		**Costo horario total (A+B) =**		$ 200.76
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 2.01

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 2.01

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.12
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.04
(J) UTILIDADES	16%	$ 0.32
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.08
Total costos indirectos:	28.17%	$ 0.57

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 2.57

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario:	$ 2.50	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 309-2(2) **Descripción:** Transporte de material de excavación **Unidad: m^3-Km**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Volqueta de 14 m^3	3	310 HP	$ 20.00	$ 60.00
		Total (A) =		$ 60.00

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Chofer Clase IIA	4	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 10.72
			Total (B) =		$ 10.72
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3-Km/h	60		Costo horario total (A+B) =		$ 70.72
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			(A+B)/C =		$ 1.18

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		(D+E+F) =		$ 1.18

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.07
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.02
(J) UTILIDADES	16%	$ 0.19
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.05
Total costos indirectos:	28.17%	$ 0.33
(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	(G+H+I+J+K) =	$ 1.51

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario: $ 1.50 **Fecha:** 20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 304-1(1) **Descripción:** Material de préstamo local **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	1	285 HP	$ 80.00	$ 80.00
Cargadora frontal de 2,5 m^3	2	145 HP	$ 43.00	$ 86.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 30.00	$ 120.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 289.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de cargadora	2	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 5.64
Ay. de maquinaria	3	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 7.87
Chofer Clase IIA	4	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 10.72
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 34.99

(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	200	**Costo horario total (A+B) =**	$ 324.74
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**	$ 1.62

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		

(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**	$ 1.62

COSTOS INDIRECTOS:

(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.10
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.03
(J) UTILIDADES	16%	$ 0.26
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.07
Total costos indirectos:	28.17%	$ 0.46

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 2.08

(M) OBSERVACIONES

Se explotará el material dentro de los predios de la ESPOL en canteras a no más de 300 m. de distancia

Se toma como precio unitario:	$ 2.00	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 601-2A **Descripción:** Colocación de tubería de H.A. de 40" **Unidad: ml**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Excavadora de 2,1 m^3	1	222 HP	$ 60.00	$ 60.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	1	150 HP	$ 30.00	$ 30.00
Vibropisonador	2	manual	$ 1.00	$ 2.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 95.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de excavadora	1	$ 1.08	2.60	$ 0.14	$ 2.95
Op. de rodillo liso vibratorio	1	$ 1.04	2.63	$ 0.14	$ 2.88
Ay. de maquinaria	2	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 5.25
Peón	2	$ 0.96	2.60	$ 0.14	$ 5.27
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 24.29
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: ml/h	2.00		**Costo horario total (A+B) =**		$ 120.04
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 60.02

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Tubería de H. A. d=40"	ml	$ 80.00	1.00	$ 80.00
Juntas de neopreno	unidad	$ 0.80	1.00	$ 0.80
		Total (E) =		$ 80.80

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
Tubería de H. A. d=40"	11.50	$ 0.25	1.00	$ 2.88
		Total (F) =		$ 2.88
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 143.69

COSTOS INDIRECTOS:

(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 8.62
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 2.87
(J) UTILIDADES	16%	$ 22.99
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 5.99
Total costos indirectos:	28.17%	$ 40.48

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 184.17

(M) OBSERVACIONES

Incluye el relleno de 1,00 m de altura sobre el lomo del tubo, no incluye excavación

Se toma como precio unitario:	$ 185.00	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 404-1 **Descripción:** Base Clase II e=15 cm. **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Motoniveladora	1	155 HP	$ 57.00	$ 57.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	1	150 HP	$ 30.00	$ 30.00
Tanquero	2	310 HP	$ 15.00	$ 30.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 20.00	$ 80.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 200.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de motoniveladora	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo liso	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Ay. de maquinaria	2	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 5.25
Chofer Clase IIA	6	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 16.08
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 34.91
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	168		**Costo horario total (A+B) =**		$ 235.66
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 1.40

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Material cribado	m^3	$ 7.00	1.3	$ 9.10
		Total (E) =		$ 9.10

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 10.50

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.63
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.21
(J) UTILIDADES	16%	$ 1.68
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.44
Total costos indirectos:	28.17%	$ 2.96
(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 13.46

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario: $ 13.50 **Fecha:** 20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 403-1 **Descripción:** Subbase Clase III e=30 cm. **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Motoniveladora	1	155 HP	$ 57.00	$ 57.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	1	150 HP	$ 30.00	$ 30.00
Tanquero	2	310 HP	$ 15.00	$ 30.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 20.00	$ 80.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 200.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de motoniveladora	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo liso	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Ay. de maquinaria	2	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 5.25
Chofer Clase IIA	6	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 16.08
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 34.91
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	200		**Costo horario total (A+B) =**		$ 235.66
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 1.18

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Material cribado	m^3	$ 6.00	1.25	$ 7.50
		Total (E) =		$ 7.50

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 8.68

COSTOS INDIRECTOS:			
(H) GASTOS GENERALES	6%	$	0.52
(I) IMPREVISTOS	2%	$	0.17
(J) UTILIDADES	16%	$	1.39
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$	0.36
Total costos indirectos:	28.17%	$	2.44
(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$	11.12

(M) OBSERVACIONES
Incluye el transporte del material

Se toma como precio unitario: $ 11.00 **Fecha:** 20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 405-3 **Descripción:** Tratamiento bituminoso superficial **Unidad: m^2**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Distribuidor de asfalto	1	1850 gal.	$ 30.00	$ 30.00
Escoba autopropulsada	2	mecánica	$ 15.00	$ 30.00
		Total (A) =		$ 60.00

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. Distribuidor de asfalto	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de escoba autopropulsada	2	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 5.64
Ay. de maquinaria	3	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 7.87
Peón	4	$ 0.96	2.60	$ 0.14	$ 10.54
			Total (B) =		$ 26.87
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^2/h	200		**Costo horario total (A+B) =**		$ 86.87
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 0.43

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Asfalto MC-250	lt	$ 1.20	0.5	$ 0.60
Diesel	lt	$ 0.19	0.1	$ 0.02
		Total (E) =		$ 0.62

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 1.05

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.06
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.02
(J) UTILIDADES	16%	$ 0.17
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.04
Total costos indirectos:	28.17%	$ 0.30

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 1.35

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario:	$ 1.40	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 406 **Descripción:** Capa de rodadura de hormigón asfáltico e=5 cm. **Unidad: m^2**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Terminadora de asfalto	1		$ 15.00	$ 15.00
Rodillo liso vibratorio de 10 Ton.	1	150 HP	$ 30.00	$ 30.00
Rodillo neumático	1	80 HP	$ 23.00	$ 23.00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 20.00	$ 80.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 151.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. terminadora de asfalto	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo liso	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Op. de rodillo neumático	1	$ 1.08	2.48	$ 0.14	$ 2.82
Ay. de maquinaria	3	$ 0.97	2.56	$ 0.14	$ 7.87
Chofer Clase IIA	4	$ 1.00	2.54	$ 0.14	$ 10.72
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
Peón	4	$ 0.96	2.60	$ 0.14	$ 10.54
			Total (B) =		$ 45.54
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^2/h	175		**Costo horario total (A+B) =**		$ 197.29
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE			**(A+B)/C =**		$ 1.13

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Hormigón asfáltico	m^3	$ 40.00	0.2	$ 8.00
		Total (E) =		$ 8.00

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
Hormigón asfáltico	11.50	0.25	0.2	$ 0.58
		Total (F) =		$ 0.58
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 9.70

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0.58
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0.19
(J) UTILIDADES	16%	$ 1.55
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 0.40
Total costos indirectos:	28.17%	$ 2.73

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$	12.44

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario:	$ 1.40	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 503-2 **Descripción:** Cunetas de hormigón simple f'c=180 Kg/cm^2 **Unidad: ml**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Concretera	1	1 saco	$ 2.00	$ 2.00
Compactador	2	manual	$ 1.50	$ 3.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 8.75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Const. Cat. 4 (Maestro)	1	$ 1.00	2.78	$ 0.14	$ 2.92
Const. Cat. 3 (Carpintero/Alabañil)	2	$ 0.98	2.61	$ 0.14	$ 5.40
Const. Cat. 2 (Ayudante)	2	$ 0.97	2.62	$ 0.14	$ 5.36
Const. Cat. 1 (Peón)	3	$ 0.96	2.60	$ 0.14	$ 7.91
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
		Total (B) =			$ 29.53
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: ml/h	25	**Costo horario total (A+B) =**			$ 38.28
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**			$ 1.53

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Cemento	Kg	$ 0.10	250.00	$ 25.00
Agregado Triturado 3/4"	m^3	$ 8.21	0.80	$ 6.57
Arena corriente	m^3	$ 8.79	0.70	$ 6.15
Agua en tanquero	lt.	$ 0.01	0.50	$ 0.01
Encofrado	unidad	$ 2.00	1.00	$ 2.00
Curador químico	lt.	$ 1.00	1.00	$ 1.00
		Total (E) =		$ 40.73

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
Cemento	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
Agregado triturado 3/4"	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
Arena Corriente	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
		Total (F) =		$ 34.50
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		**(D+E+F) =**		$ 76.76

COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 4.61
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 1.54
(J) UTILIDADES	16%	$ 12.28
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 3.20
Total costos indirectos:	28.17%	$ 21.62
(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 98.38

(M) OBSERVACIONES

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 503-2 **Descripción:** Hormigón estructural f'c=210 Kg/cm^2 **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Concretera	2	1 saco	$ 2.00	$ 4.00
Vibrador	2	manual	$ 1.25	$ 2.50
Compactador	2	manual	$ 1.50	$ 3.00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3.75	$ 3.75
		Total (A) =		$ 13.25

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Const. Cat. 4 (Maestro)	1	$ 1.00	2.78	$ 0.14	$ 2.92
Const. Cat. 3 (Carpintero/Alabañil)	4	$ 0.98	2.61	$ 0.14	$ 10.79
Const. Cat. 2 (Ayudante)	4	$ 0.97	2.62	$ 0.14	$ 10.73
Const. Cat. 1 (Peón)	6	$ 0.96	2.60	$ 0.14	$ 15.82
Topógrafo	1	$ 1.00	2.53	$ 0.14	$ 2.67
Cadenero	2	$ 0.98	2.55	$ 0.14	$ 5.28
			Total (B) =		$ 48.20

(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	0.85	**Costo horario total (A+B) =**	$ 61.45
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**	$ 72.30

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Cemento	Kg	$ 0.10	300.00	$ 30.00
Agregado Triturado 3/4"	m^3	$ 8.21	0.90	$ 7.39
Arena corriente	m^3	$ 8.79	0.75	$ 6.59
Agua en tanquero	lt.	$ 0.01	0.50	$ 0.01
Encofrado	unidad	$ 2.00	1.00	$ 2.00
Curador químico	lt.	$ 1.00	1.00	$ 1.00
		Total (E) =		$ 46.99

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
Cemento	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
Agregado triturado 3/4"	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
Arena Corriente	11.50	$ 1.00	1.00	$ 11.50
		Total (F) =		$ 34.50

(G) COSTO UNITARIO DIRECTO	**(D+E+F) =**	$ 153.78

COSTOS INDIRECTOS:

(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 9.23
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 3.08
(J) UTILIDADES	16%	$ 24.61
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4.17%	$ 6.41
Total costos indirectos:	28.17%	$ 43.32

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 197.10

(M) OBSERVACIONES

Hormigón estructural para muros de ala de las alcantarillas

Se toma como precio unitario:	$ 197.00	**Fecha:**	20-Dec-01

Proponente:	GTVC2000
Licitación:	L-001
Obra:	Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 303-2(2.4) **Descripción:** Excavación de material inadecuado **Unidad: m^3**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Tractor de oruga	2	285 HP	$ 80,00	$ 160,00
Cargadora frontal de 2,5 m^3	2	145 HP	$ 43,00	$ 86,00
Volqueta de 14 m^3	4	310 HP	$ 30,00	$ 120,00
Equipo topográfico	1	nivel	$ 3,75	$ 3,75
		Total (A) =		$ 369,75

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. de tractor	2	$ 1,08	2,48	$ 0,14	$ 5,64
Op. de cargadora	2	$ 1,08	2,48	$ 0,14	$ 5,64
Ay. de maquinaria	4	$ 0,97	2,56	$ 0,14	$ 10,49
Chofer Clase IIA	4	$ 1,00	2,54	$ 0,14	$ 10,72
Topógrafo	1	$ 1,00	2,53	$ 0,14	$ 2,67
Cadenero	2	$ 0,98	2,55	$ 0,14	$ 5,28
			Total (B) =		$ 40,43

(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m^3/h	100	**Costo horario total (A+B) =**	$ 410,18
(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE		**(A+B)/C =**	$ 4,10

(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
		Total (E) =		

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		

(G) COSTO UNITARIO DIRECTO	**(D+E+F) =**	$ 4,10

COSTOS INDIRECTOS:

(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0,25
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0,08
(J) UTILIDADES	16%	$ 0,66
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4,17%	$ 0,17
Total costos indirectos:	28,17%	$ 1,16

(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	**(G+H+I+J+K) =**	$ 5,26

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario:	$ 5,20	**Fecha:**	20-Dic-01

Proponente: GTVC2000
Licitación: L-001
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Rubro: 405-3 **Descripción:** Tratamiento bituminoso superficial **Unidad: m²**

(A) EQUIPO	No. UNIDADES	POTENCIA (HP)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/h
Distribuidor de asfalto	1	1850 gal.	$ 30,00	$ 30,00
Escoba autopropulsada	2	mecánica	$ 15,00	$ 30,00
			Total (A) =	$ 60,00

(B) MANO DE OBRA	No. PERSONAS	JORNAL BÁSICO/h	MAYORACIÓN	REGALÍAS	COSTO TOTAL/h
Op. Distribuidor de asfalto	1	$ 1,08	2,48	$ 0,14	$ 2,82
Op. de escoba autopropulsada	2	$ 1,08	2,48	$ 0,14	$ 5,64
Ay. de maquinaria	3	$ 0,97	2,56	$ 0,14	$ 7,87
Peón	4	$ 0,96	2,60	$ 0,14	$ 10,54
			Total (B) =		$ 26,87
			Costo horario total (A+B) =		$ 86,87
(C) RENDIMIENTO DE EQUIPO: m²/h	200		(A+B)/C =		$ 0,43

(D) COSTO UNITARIO SIN MATERIAL NI TRANSPORTE				
(E) MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CONSUMO	COSTO TOTAL
Asfalto MC-250	lt	$ 1,20	0,5	$ 0,60
Diesel	lt	$ 0,19	0,1	$ 0,02
		Total (E) =		$ 0,62

(F) TRANSPORTE	D.M.T.	COSTO UNITARIO/Km	CONSUMO	COSTO UNITARIO
		Total (F) =		
(G) COSTO UNITARIO DIRECTO		(D+E+F) =		$ 1,05

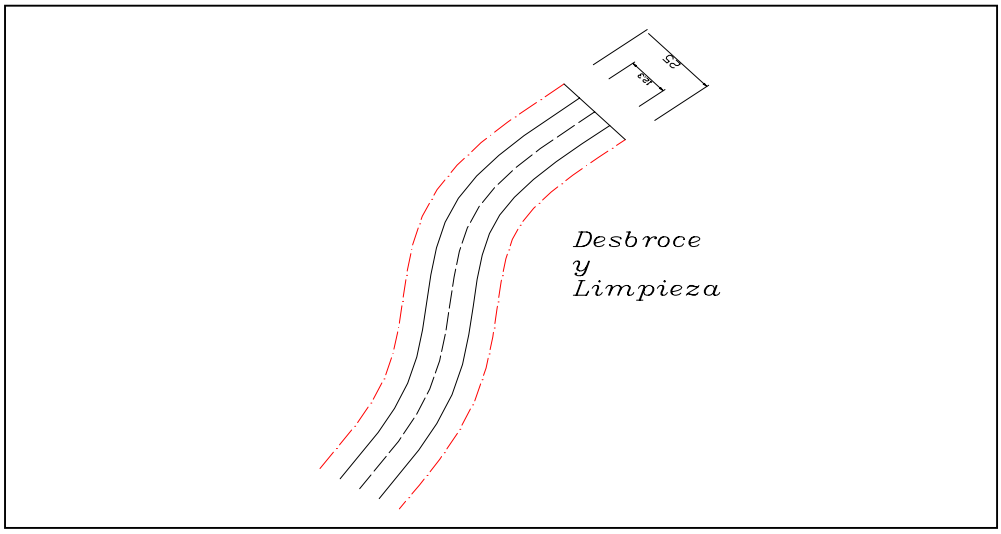
COSTOS INDIRECTOS:		
(H) GASTOS GENERALES	6%	$ 0,06
(I) IMPREVISTOS	2%	$ 0,02
(J) UTILIDADES	16%	$ 0,17
(K) GASTOS DE FISCALIZACIÓN	4,17%	$ 0,04
Total costos indirectos:	28,17%	$ 0,30
(L) PRECIO UNITARIO TOTAL	(G+H+I+J+K) =	$ 1,35

(M) OBSERVACIONES

Se toma como precio unitario: $ 1,40 Fecha: 20-Dic-01

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: DESBROCE Y LIMPIEZA



Area de desbroce y limpieza:

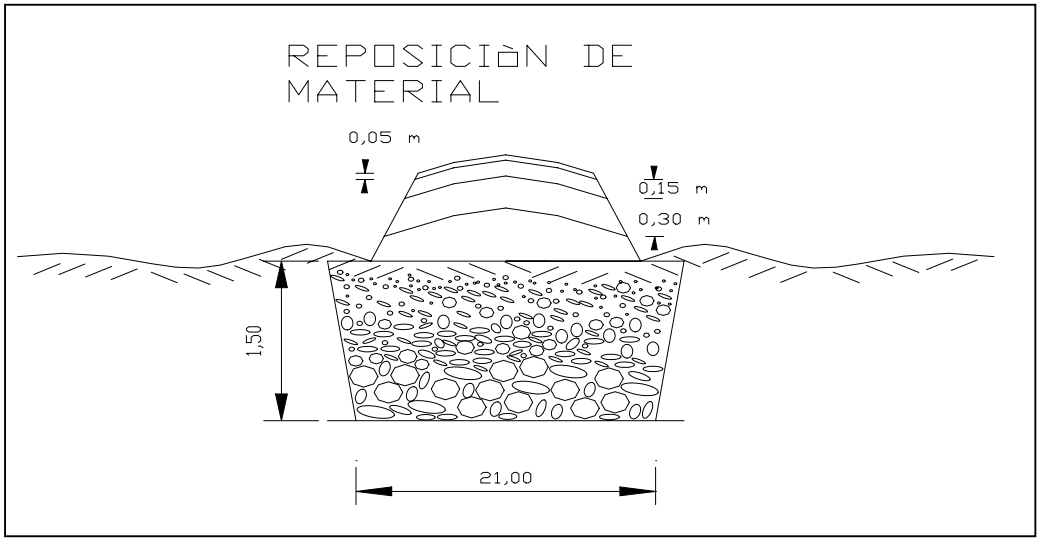
Ancho de Franja: 25,00 metros

Longitud de la Via: 3129,00 metros lineales

25,00 x 3129,00 = 7,83 Hectàreas

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: EXCAVACIÒN DE MATERIAL NO APTO



UNIDAD METROS CUBICOS

AREA: (25 + 21) X 1,5 / 2 = 34,5 M2

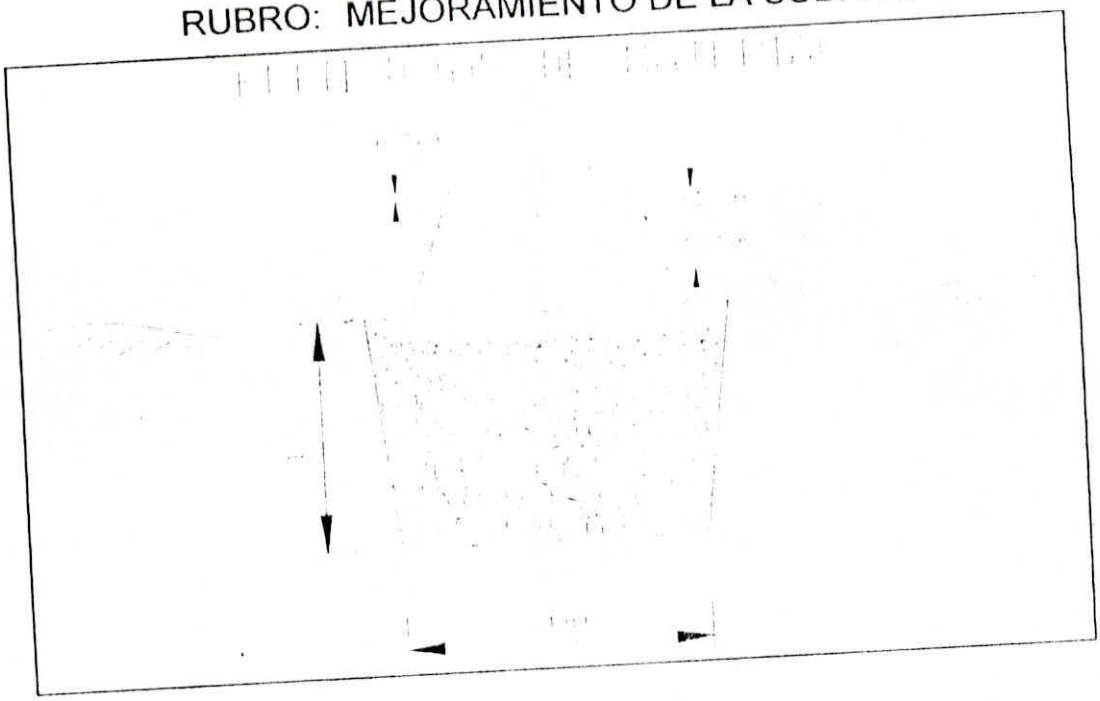
ABSCISAS		**DISTANCIA**
0+020	0+080	60.00
0+560	0+720	160.00
0+920	1+520	600.00

DISTANCIA TOTAL: 820.00

VOLUMEN DE EXCAVACIÒN: 28290.00 M3

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE



UNIDAD: METROS CUBICOS

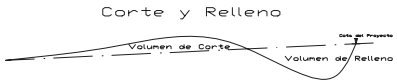
LONGITUD DEL TRAMO: 820,00 METROS LINEALES

VOLUMEN DE EXCAVACIÓN: 15200,00 METROS CUBICOS

VOLUMEN A MEJORAR: 15200,00 X 0,70 = 10640,00 M^3

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR



CANTERAS COMPENSADAS:

Volumenes de corte:		**Volumenes de relleno:**	
abscisa	Volumen en m3	abscisa	Volumen en m3
0+140	2364.58	0+140	2364.58
0+202,97	252.77	0+202,97	252.77
0+205,89	19574.66	0+205,89	19574.66
0+460	926.81	0+460	926.81
0+720	92.36	0+720	92.36
0+780	122.92	0+780	122.92
1+520	9709.22	1+520	9709.22
1+760	6976.44	1+760	6976.44
1+836,24	2886.70	1+836,24	2886.70
1+855,84	1914.24	1+855,84	1914.24
1+920	1516.42	1+920	1516.42
2+080	130.83	2+080	130.83
2+180	1233.66	2+180	1233.66
2+417,17	13122.76	2+417,17	13122.76
2+320	848.19	2+320	848.19
2+400	1722.24	2+400	1722.24
2+520	342.59	2+520	342.59
2+544,21	1015.82	2+544,21	1015.82
2+567,31	342.59	2+567,31	342.59
2+600	10213.53	2+600	10213.53
2+940	1081.73	2+940	1081.73
TOTAL	76391.06	**TOTAL**	76391.06

CANTERAS POR COMPENSAR:

0+184,25	1227.82		
0+783,73	9841.36		
		2+018,12	4356.24
		2+100	3202.91
		2+220	204.09
		2+787,89	28408.11
TOTAL	11069.18	**TOTAL**	36171.35

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: RELLENO

CANTERAS COMPENSADAS

Volumenes de relleno:

abscisa	Volumen en m3
0+140	2364.58
0+202,97	252.77
0+205,89	19574.66
0+460	926.81
0+720	92.36
0+780	122.92
1+520	9709.22
1+760	6976.44
1+836,24	2886.70
1+855,84	1914.24
1+920	1516.42
2+080	130.83
2+180	1233.66
2+417,17	13122.76
2+320	848.19
2+400	1722.24
2+520	342.59
2+544,21	1015.82
2+567,31	342.59
2+600	10213.53
2+940	1081.73
TOTAL	76391.06

CANTERAS NO COMPENSADAS

2+018,12	4356.24
2+100	3202.91
2+220	204.09
2+787,89	28408.11
TOTAL	36171.35

VOLUMEN TOTAL **112562.41**

VOLUMEN DE RELLENO **112562,41 X 1,15 =** **129446.77**

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: TRANSPORTE

TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN:

abscisa	Volumen en m3	Distancia en Km	m3 - Km
0+140	2364.58	0.124	293.21
0+202,97	252.77	0.358	90.49
0+205,89	19574.66	0.255	4991.54
0+460	926.81	0.087	80.63
0+720	92.36	0.042	3.88
0+780	122.92	0.018	2.21
1+520	9709.22	0.169	1640.86
1+760	6976.44	0.147	1025.54
1+836,24	2886.70	0.182	525.38
1+855,84	1914.24	0.065	124.43
1+920	1516.42	0.075	113.73
2+080	130.83	0.070	9.16
2+180	1233.66	0.079	97.46
2+417,17	13122.76	0.271	3556.27
2+320	848.19	0.044	37.32
2+400	1722.24	0.077	132.61
2+520	342.59	0.044	15.07
2+544,21	1015.82	0.243	246.84
2+567,31	342.59	0.033	11.31
2+600	10213.53	0.314	3207.05
2+940	1081.73	0.026	28.12
		TOTAL	16233.11 M3-KM

TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERAS NO COMPENSADAS:

0+184,25	1227.82	0.300	368.346
0+783,73	9841.36	0.300	2952.408
2+018,12	4356.24	0.400	1742.496
2+100	3202.91	0.400	1281.164
2+220	204.09	0.400	81.636
2+787,89	28408.11	0.400	11363.244
		TOTAL	17789.294 M3-KM

TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO PARA EL PAVIMENTO:

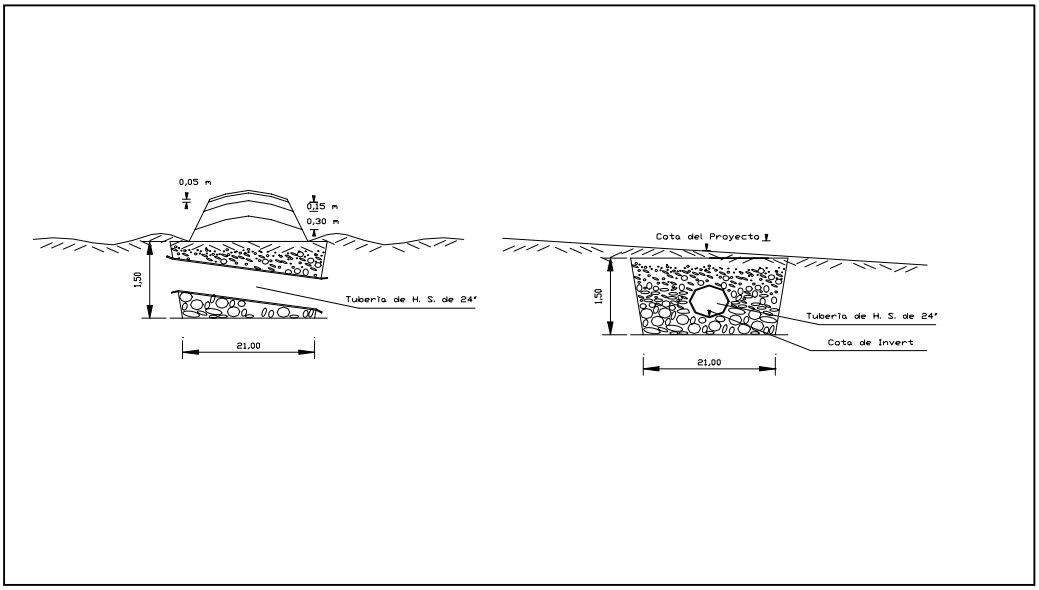
SUBBASE	14706.30	11.500	169122.45
BASE	6414.45	11.500	73766.175
			242888.625 M3-KM

TRANSPORTE DE MATERIAL TOTAL EN M3/KM:

TOTAL EN M3-KM	276911.030

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: ALCANTARILLAS



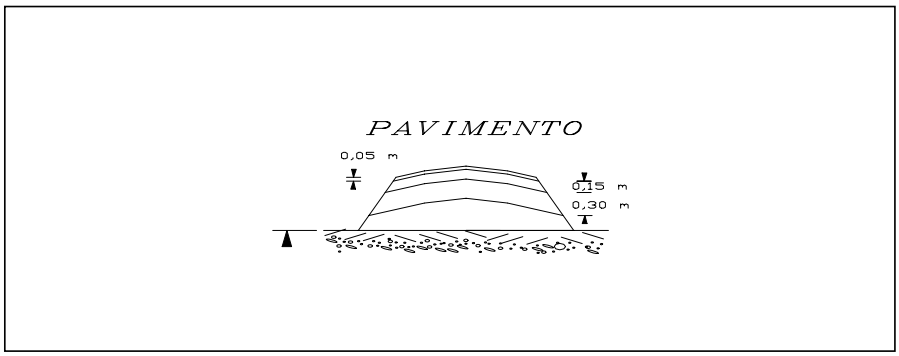
UNIDAD: METROS LINEALES

NUMERO	ABSCISAS	LONGITUD
1	1+420	18.00
2	1+680	44.00
3	1+900	30.00
4	2+020	32.00
5	2+140	31.00
6	2+260	47.00
7	2+360	18.00
8	2+520	20.00
9	2+860	44.00

LONGITUD TOTAL: 284.00 METROS LINEALES

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

ESPECIFICACIONES DEL PAVIMENTO

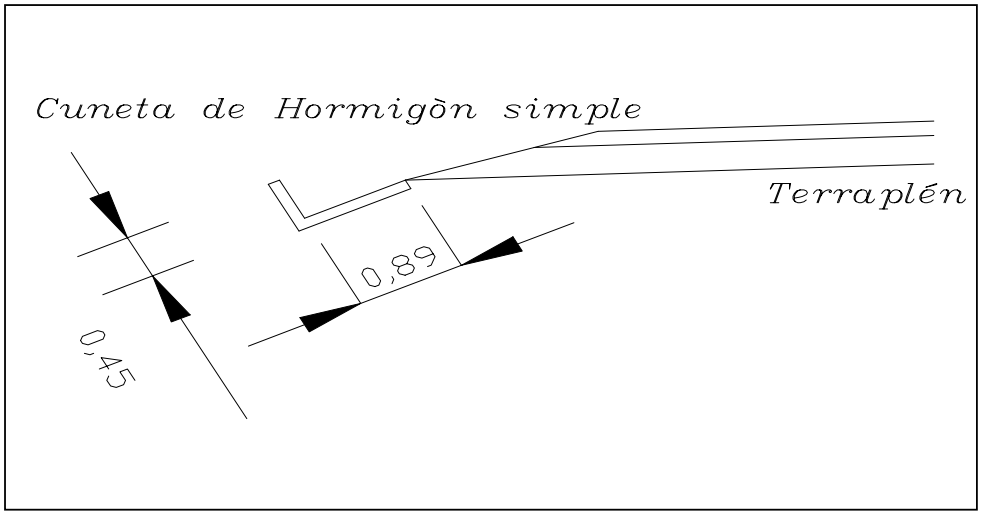


UNIDAD	METROS CUBICOS	UNIDAD	METROS CUADRADOS
RUBRO:	SUB-BASE	RUBRO:	**CARPETA DE RODADURA**
AREA:	15,72 X 0,30= 4,70 M2	AREA:	7,30 X 3129,00 = 22841,70 M2
VOLUMEN:	4,70 X 3129,00 = 14706,30 M3		

UNIDAD	METROS CUBICOS	UNIDAD	METROS CUADRADOS
RUBRO:	BASE	RUBRO:	**IMPRIMACIÒN ASFÀLTICA**
AREA:	13,66 X 0,15= 2,05 M2	AREA:	12,30 X 3129,00 = 38486,70 M2
VOLUMEN:	2,05 X 3129,00 = 6414,45 M3		

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: CUNETAS DE HORMIGÒN SIMPLE



UNIDAD METRO LINEAL

ABSCISAS		DISTANCIA
0+160	0+320	160.00
0+460	0+580	120.00
0+640	1+000	360.00
1+440	1+640	200.00
1+720	1+960	240.00
2+000	2+220	220.00
2+300	2+780	480.00
2+920	2+989,20	70.00

1850.00 METROS LINEALES

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: HORMIGÓN ESTRUCTURAL F'c=210 Kg/cm2

UNIDAD: METROS CÚBICOS

TIPO	**ABSCISAS**		**muros de ala**	
Alcantarilla	1+420		3.50	
Alcantarilla	1+680		4.00	
Alcantarilla	1+900		3.50	
Alcantarilla	2+020		3.50	
Alcantarilla	2+140		3.50	
Alcantarilla	2+260		4.00	
Alcantarilla	2+360		2.00	
Alcantarilla	2+520		2.00	
Alcantarilla	2+860		4.00	
	TOTAL:		30.00	METROS CÚBICOS
Ducto Cajón	0+620	10x2,5x1,5	15.00	METROS CÚBICOS

VOLUMEN TOTAL DE HORMIGÓN: 45.00 METROS CÚBICOS

RESPALDO DE COMPUTOS METRICOS:

RUBRO: MATERIAL DE PRÉSTAMO LOCAL

CANTERAS DE RELLENO POR COMPENSAR:

ABSCISA	VOLUMEN EN M^3
2+018,12	4356,24
2+100	3202,91
2+220	204,09
2+787,89	28408,11
TOTAL	36171,35 M^3

TOTAL DE MATERIAL REQUERIDO

36171,35 X 1,20 = 43405,62 M^3

ANEXO 8.2

CUADRO DE RESÚMENES Y CANTIDADES

Proponente: GTVC2000 **Fecha:** Dic-01
Licitación: L-001 **Longitud:** 3,19 Km
Obra: Vía de acceso al Campus Politécnico

CUADRO DE RESÚMENES, CANTIDADES Y COSTOS

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
303-1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	Ha	7,83	$ 1.280,00	$ 10.022,40
303-2(2.4)	Excavación de material inadecuado	m3	28290,00	$ 5,20	$ 147.108,00
402-2(1)	Mejoramiento de subrasante	m3	10640,00	$ 8,50	$ 90.440,00
303-2(1)	Excavación sin clasificar	m3	87460,24	$ 2,00	$ 174.920,48
401-2	Relleno	m3	129446,77	$ 2,50	$ 323.616,93
303-2(1)	Transporte	m3-Km	276911,03	$ 1,50	$ 415.366,55
304-1(1)	Material de préstamo local	m3	43405,62	$ 2,00	$ 86.811,24
601-2A	Colocación de tubería de H.A.de d=40"	ml	284,00	$ 185,00	$ 52.540,00
404-1	Base clase II e=15 cm	m3	6414,45	$ 13,50	$ 86.595,08
403-1	Subase clase III e=30cm	m3	14706,30	$ 11,00	$ 161.769,30
405-3	Tratamiento bituminoso superficial	m2	38486,70	$ 1,40	$ 53.881,38
406	Capa de rodadura de hormigón asfáltico e=5cm	m2	22841,70	$ 1,40	$ 31.978,38
503-2	Cunetas de Hormigón simple f'c=180 Kg/cm^2	ml	1850,00	$ 99,00	$ 183.150,00
503-2	Hormigón estructural F'c=210 Kg/m^2	m3	45,00	$ 197,00	$ 8.865,00
	TOTAL				$ 1.827.064,73

Son: Un millón ochocientos veintisiete mil sesenta y cuatro USD con 73/100

ANEXO 8.3

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Proponente:	GTVC2000	**Fecha:**	Dec-01
Licitación:	L-001	**Longitud:**	3,19 Km
Obra:	Vía de acceso al Campus Politécnico		

CRONOGRAMA VALORADO DE ACTIVIDADES

Rubro	Descripción	Precio Total	MESES DE CONSTRUCCION 1	2	3	4
303-1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	$ 10,022.40	$ 10,022.40			
303-2(2.4)	Excavación de material inadecuado	$ 147,108.00	$ 73,554.00	$ 73,554.00		
402-2(1)	Mejoramiento de subrasante	$ 90,440.00		$ 45,220.00	$ 45,220.00	
303-2(1)	Excavación sin clasificar	$ 174,920.48	$ 59,973.49	$ 59,973.49	$ 59,973.50	
401-2	Relleno	$ 323,616.93	$ 161,808.46	$ 161,808.47		
303-2(1)	Transporte	$ 415,366.55		$ 138,455.50	$ 138,455.50	$ 138,455.50
304-1(1)	Material de préstamo local	$ 86,811.24		$ 43,405.62	$ 43,405.62	
601-2A	Colocación de tubería de H.A.de d=40"	$ 52,540.00			$ 26,270.00	$ 26,270.00
404-1	Base clase II e=15 cm	$ 86,595.08			$ 43,297.54	$ 43,297.54
403-1	Subase clase III e=30cm	$ 161,769.30			$ 80,884.65	$ 80,884.65
405-3	Tratamiento bituminoso superficial	$ 53,881.38			$ 26,940.69	$ 26,940.69
406	Capa de rodadura de hormigón asfáltico e=5cm	$ 31,978.38				$ 31,978.00
503-2	Cunetas de Hormigón simple f'c=180 Kg/cm^2	$ 183,150.00				$ 183,150.00
503-2	Hormigón estructural F'c=210 Kg/m^2	$ 8,865.00				$ 8,865.00
	INVERSIÓN TOTAL	$ 1,827,064.73				
	INVERSIÓN MENSUAL		$ 305,358.35	$ 522,417.08	$ 459,447.92	$ 539,841.38
	AVANCE MENSUAL %		16.71	28.59	25.15	29.55
	INVERSIÓN ACUMULADA		$ 305,358.35	$ 827,775.43	$ 1,287,223.35	$ 1,827,064.73
	AVANCE ACUMULADO EN %		16.71	45.31	70.46	100.00

ANEXO 9

IMPACTO AMBIENTAL

CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO DE LA ISO 14001:

POLÍTICA AMBIENTAL

1. ¿Tiene la empresa una política ambiental general, además de normas y procedimientos sobre asuntos ambientales específicos? En caso afirmativo, proporcione una copia de la política y conteste las preguntas siguientes:

a) Cuándo se adoptó la política?
b) Cómo se formuló la política?
c) Qué alto ejecutivo, comisión o junta aprobó la política?

2. Indique ¨si¨ o ¨no¨ en cuanto a si la gerencia de la empresa ha incluido los incisos 2.a a 2.f, inclusive, en su política general sobre el medio ambiente o en otras declaraciones por escrito de política o procedimiento relacionados con el ambiente. Si la respuesta es ¨si¨, describa y haga referencia a cómo ha previsto la empresa esos incisos, o presente documentos corroborantes:

a) Medidas apropiadas para remediar los impactos ambientales de sus actividades:

b) Compromiso de continuar haciendo mejoras y prevenir la contaminación:

c) Compromiso de cumplir con las leyes y reglamentos pertinentes al medio ambiente, y con otros requisitos que suscriba la empresa:

d) Un marco de trabajo para fijar y examinar objetivos y metas relativas al medio ambiente:

e) Mecanismos para documentar, implementar y mantener políticas y procedimientos sobre el medio ambiente, y para comunicar esas políticas a los empleados:

f) Un mecanismo para comunicar la política o políticas al público:

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

3. ¿Tiene la empresa un procedimiento (que no sea el de cumplir con requisitos legales) para identificar los aspectos de sus actividades y servicios que puedan surtir impactos ambientales considerables y para tenerlos en cuenta al fijar objetivos sobre el medio ambiente? En caso afirmativo, describa el procedimiento y su implementación, y cómo se mantiene al día la información.

IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES Y DE OTRO TIPO

4.¿Tiene la empresa un procedimiento para identificar y mantener al día los requisitos legales y de otro tipo con los cuales está de acuerdo, y que se aplican directamente a los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios? Si contesta ¨si¨, describa y haga referencia al procedimiento o proporcione documentación corroborante.

OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES

4. ¿Ha documentado la empresa sus objetivos y metas ambientales en cada función y nivel pertinente de la organización? Si contesta ¨si¨, especifique los objetivos y metas e indique la fecha en que se adoptaron originalmente, así como las fechas y contenido de las revisiones subsiguientes.

.

5. Al establecer y examinar los objetivos descritos en la respuesta a la pregunta 5, indique si la empresa consideró:

a) Requisitos legales y de otra índole:
b) Aspectos ambientales notables de sus actividades, productos y servicios:
c) Opciones tecnológicas:
d) Requisitos financieros, operacionales y comerciales:
e) Las opiniones de partes interesadas:

Si contestó ¨si ¨ a cualquiera de las preguntas, resuma la manera en que se consideraron estos factores.

6. ¿Son todos los objetivos y metas ambientales descritos en la pregunta 5 compatibles con cualquier política ambiental general de la empresa y con todas sus demás políticas y procedimientos sobre el medio ambiente?

PLAN PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES

7. ¿Tiene la empresa un programa o programas para alcanzar sus objetivos y metas ambientales? En ese caso, sírvase indicar si se ha asignado responsabilidad para alcanzar en cada función y nivel pertinente de la organización, e incluya lo siguiente:

a) una descripción u organigrama que explique la designación de funciones, responsabilidades y autoridad, incluido:

i. identificación del representante o representantes más altos de la gerencia responsables de la gestión ambiental general en la empresa, y de reportar a la alta gerencia el desempeño del sistema de gestión ambiental
ii. Identificación de los supervisores inmediatos de las personas mencionadas en el inciso 8.a.i., y sus cargos
iii. descripción de los medios y frecuencia con que la alta gerencia examina el sistema de gestión ambiental para garantizar su genuina idoneidad, adecuación y eficacia, incluyendo el proceso seguido para compilar la información necesaria para hacer los estudios

GERENTE ----> DEPARTAMENTO TÉCNICO ----> DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ----> INGENIEROS RESIDENTES ----> AYUDANTES DE CAMPO ----> PERSONAL DE CAMPO

b) una descripción de los actuales medios y periodos de tiempo mediante los cuales se alcanzarán los objetivos y metas, incluido:

i. si el periodo de tiempo ha cambiado, la fecha, naturaleza y razón de cada revisión desde cuando se estableció un periodo de tiempo por primera vez, hasta el periodo actual
ii. una estimación del personal equivalente a tiempo completo comprometido y artículos y gastos no relacionados con mano de obra utilizados para alcanzar los objetivos y metas en el año actual, el año anterior, y el año próximo

CONTROL DE OPERACIONES

8. ¿Ha instalado la empresa procedimientos y programas para identificar aquellas operaciones y actividades cuyos aspectos ambientales son importantes para alcanzar sus políticas, objetivos y metas relacionadas con el medio ambiente? En caso afirmativo, descríbalos:

9. Si la respuesta a la pregunta 9 es ¨si¨, en la planificación de estas operaciones y actividades, incluyendo mantenimiento, ¿se asegura la empresa de que se realicen conforme a condiciones especificadas:

a) Estableciendo y manteniendo procedimientos documentados cuya ausencia podría dar lugar a decisiones de la política, objetivos y metas ambientales de la compañía?
b) Estipulando criterios operativos eb el procedimiento?
c) Estableciendo y manteniendo procedimientos relacionados con los aspectos ambientales de los bienes y servicios usados por la empresa, y comunicando procedimientos y requisitos pertinentes a los proveedores y contratistas?

PREPARATIVOS E INTERVENCIÓN EN CASOS DE EMERGENCIA

10. ¿Mantiene la empresa procedimientos para identificar el potencial para accidentes y situaciones de emergencia, para intervenir en ellas y para prevenir y mitigar los impactos ambientales que puedan estar relacionados con esas situaciones? En caso afirmativo, sírvase describir y hacer referencia a dichos procedimientos, o proporcionar una copia de los mismos, incluyendo cualquier procedimiento al respecto, para:

a) estudiar y revisar los procedimientos de preparación e intervención en situaciones de emergencia
b) hacer pruebas periódicas de los procedimientos de preparación e intervención ante emergencias

CAPACITACIÓN, INFORMACIÓN Y APTITUD EN ASUNTOS AMBIENTALES

11. ¿Tiene la empresa un programa de capacitación en asuntos ambientales?

12. Indique si la empresa ha establecido y mantiene procedimientos y programas para hacer que los empleados en cada función y nivel pertinentes conozcan:

a) La importancia de ajustarse a la política y procedimientos sobre medio ambiente de la compañía, y los requisitos de su sistema de gestión ambiental
b) Los impactos ambientales considerables, ya sean reales o potenciales, de ls actividades de su trabajo y los beneficios para el medio ambiente de un desempeño personal mejorado
c) Sus funciones y responsabilidades para alcanzar la conformidad con la política y procedimientos sobre el medio ambiente y con los requisitos del sistema de gestión ambiental, incluyendo los referentes a preparativos para emergencias e intervención ante ellas.
d) Las consecuencias potenciales de desviarse de procedimientos operativos específicos

COMUNICACIÓN

13. Describa los procedimientos adoptados por la empresa, de haberlos, para:

a) Comunicaciones internas sobre asuntos ambientales entre los diversos niveles y funciones de la empresa.

b) El recibo, documentación y respuesta a comunicaciones sobre asuntos ambientales recibidas de partes interesadas.

c) En general comunicarse con partes externas sobre los aspectos ambientales de las actividades, productos y servicios de la empresa.

VERIFICACIÓN Y MEDIDAS CORRECTIVAS

14. ¿Mantiene la empresa procedimientos documentados para monitorear y medir con regularidad las características fundamentales de sus operaciones y actividades que puedan surtir un impacto considerable sobre el medio ambiente?

15. ¿Mantiene la empresa procedimientos que definen la responsabilidad y autoridad para manejar e investigar el incumplimiento con los requisitos legales sobre el medio ambiente y con la política o políticas, objetivos y metas de la empresa en cuanto al medio ambiente?

AUDITORIAS

16. ¿Mantiene la empresa programas y procedimientos para hacer auditorias periódicas del sistema de gestión ambiental? En caso de afirmativo, describa esos programas y procedimientos e incluya descripciones de los procedimientos para:

a) el alcance de la auditoría
b) la frecuencia de la auditoria
c) la metodología de la auditoría
d) las responsabilidades para realizar auditorias y notificar los resultados

18. Indique cómo y si las auditorias:

a) Evalúan el sistema de gestión ambiental de la empresa con objeto de determinar si se conforma o no arreglos planeados al efecto, y si

20. ¿Mantiene la empresa procedimientos para controlar todos los documentos y demás registros pertinentes a su sistema de gestión ambiental para asegurarse de que:

a) sean legibles
b) estén fechados
c) se puedan identificar
d) se puedan relacionar con la actividad, producto o servicio en cuestión
e) se mantenga de manera ordenada
f) se pueda localizar y recuperar fácilmente

g) estén protegidos contra daños, deterioro o pérdida
h) se retengan por un periodo de tiempo específico
i) se examinen periódicamente y se revisen si es necesario, y los apruebe el personal autorizado
j) estén disponibles en todos los lugares donde sea pertinente
k) se retengan por periodos de tiempo establecidos y registrados
l) se retiren del uso cuando se hagan obsoletos
m) se archiven en la forma necesaria y apropiada
n) En general, se mantengan en una forma que demuestre la implementación de un sistema de gestión ambiental sensato.

efectivamente sirve la implementación de la política o políticas ambientales de la empresa y el logro de sus objetivos y metas sobre el medio ambiente.

b) Evalúan el sistema de gestión ambiental de la empresa con objeto de determinar si se ha implementado y mantenido adecuadamente
c) Si se usan para suministrar información a la gerencia en relación con los incisos 18.a. y 18.b.

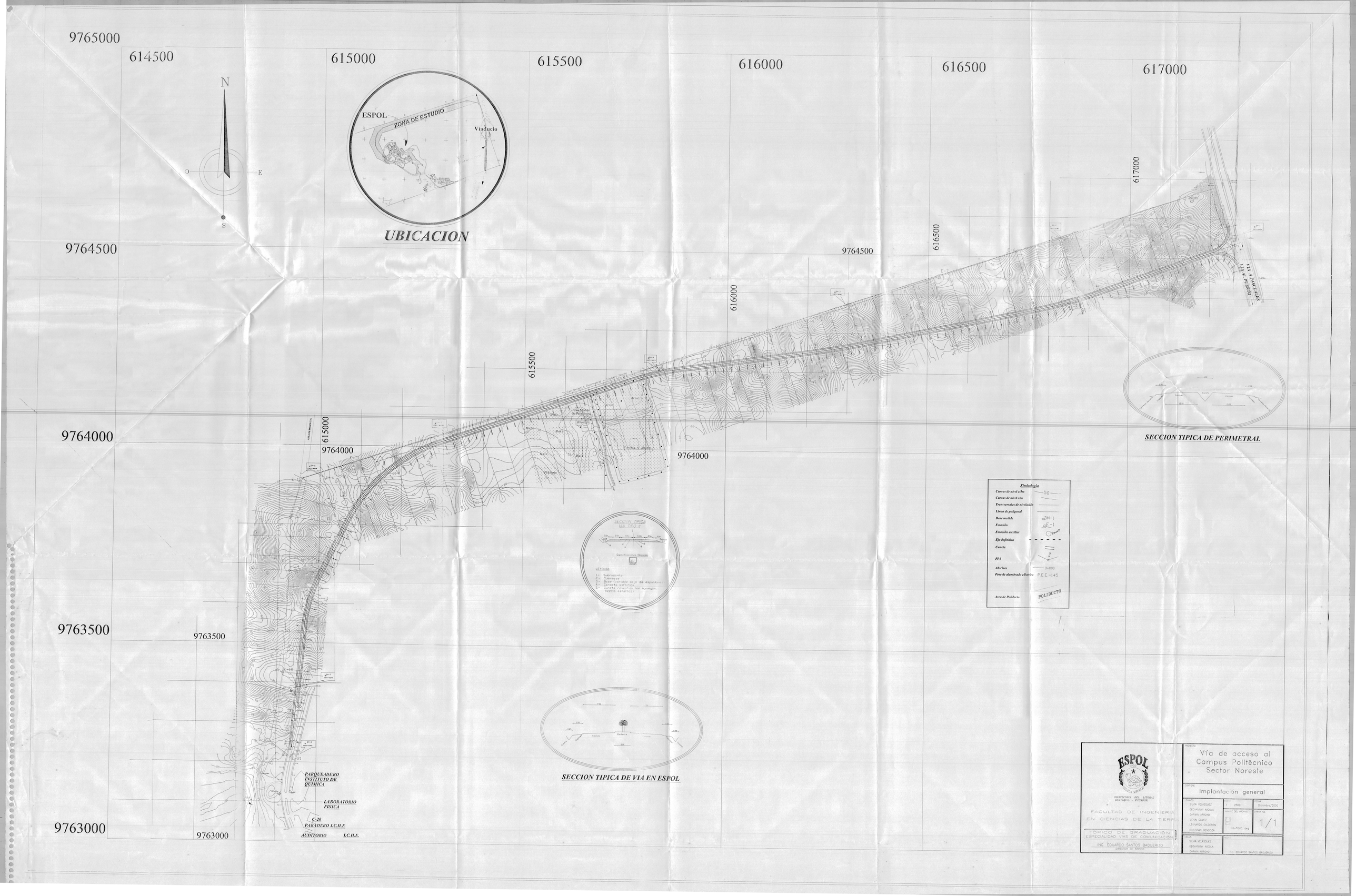
CONTROL DE DOCUMENTOS Y REGISTROS

19. Indique si la empresa mantiene información en forma escrita o electrónica para:

a) Describir los elementos básicos del sistema de gestión y su iteración
b) Dar dirección a la documentación afín.

ÍNDICE DE PLANOS

Plano	Contiene	Archivo
1/1	Plano General (Planta)	PG-TGVC.dwg
1/3	Planimetría y Altimetría (0+000 hasta 0+820)	TGVC-KM1.dwg
2/3	Planimetría y Altimetría (0+820 hasta 1+900)	TGVC-KM2.dwg
3/3	Planimetría y Altimetría (1+900 hasta 2+989.20)	TGVC-KM2.dwg
1/1	Secciones transversales (vía y accesos)	ST-TGVC.dwg
1/1	Diagrama de masas	DM-TGVC.dwg
1/1	Subcuencas de drenaje	SC-TGVC.dwg
1/1	Contactos geológicos y forestación	CGYF-TGVC.dwg



9765000
614500
615000
615500
616000
616500
617000
N
O
E
S
ESPOL
ZONA DE ESTUDIO
Viaducto
UBICACION
9764500
9764000
9763500
9763000
VIA A PASCUALES
VIA AL PUERTO
SECCION TIPICA DE PERIMETRAL
SECCION TIPICA VIA TIPO II
LEYENDA
1.- Subrasante
2.- Subbase
3.- Base (variable bajo las espaldones)
4.- Carpeta asfáltica
5.- Cuneta revestida (en hormigón, mezcla asfáltica)
Simbología
Curvas de nivel c/5m
Curvas de nivel c/m
Transversales de nivelación
Línea de poligonal
Base medida
Estación
Estación auxiliar
Eje definitivo
Cuneta
PI-3
Abscisas
Pase de alambrado eléctrico
Area de Poliducto
POLIDUCTO
SECCION TIPICA DE VIA EN ESPOL
PARQUEADERO INSTITUTO DE QUIMICA
LABORATORIO FISICA
C-20
PARADERO I.C.H.E
AUDITORIO
I.C.H.E.
ESPOL
POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL - ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
TÓPICO DE GRADUACIÓN
ESPECIALIDAD VIAS DE COMUNICACIÓN
ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
DIRECTOR DE TÓPICO
PROYECTO
Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste
CONTIENE
Implantación general
LEVANTO
SILVIA VELASQUEZ
GEOVANNY NICOLA
DARWIN ARROYO
LEVIN GOMEZ
LEONARDO CALDERON
CHRISTIAN MENDOZA
DIBUJO
SILVIA VELASQUEZ
GEOVANNY NICOLA
DARWIN ARROYO
ESCALA
1 : 2500
FECHA
Diciembre/2000
NUMERO DEL ARCHIVO
ING-TOVC.dwg
HOJA No.
1/1
REVISO
ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO

614800

9763000

9763600

615000

POLIDUCTO

Ducto

Torre de Alta Tensión

Caseta

Ducto-Cajón

Quebrada

Detalle 1

R/BM-8
COTA = 78.9616

PARQUEADERO INSTITUTO DE QUIMICA

C-20 PARADERO I.C.H.E

LABORATORIO FISICA

AUDITORIO I.C.H.E.

REFERENCIA CURVA No. 1

R/BM-7
COTA = 83.8596

Angulo de replanteo

Polígono circulo preliminar

Eje proyecto definitivo

Calzada

Partterre Central

PEE-142

PEE-143

PEE-144

PEE-145

PEE-146

E-210

E-8.65 m.

E-17.00 m.

E-10.64 m.

0+000

Detalle 1

Curva Derecha No. 1

E	11.23 mts.
α	139°42'00"
LC	16.92 mts.
PC-0	0+000.00
PT-0	
PT-0	0+008.92
R	8.00 mts.
1	4.0 Km./h.

Curva Derecha No. 0

E	0.27 mts.
α	7°41'24"
LC	16.08 mts.
PC-0	0+000.00
PI-0	0+008.06
PT-0	0+016.08
R	120.00 mts.
V	80 Km./h.

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL No 0

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	0+000			
		16.08	16.08	3°50'23.28"
PT	0+016.08			

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL No 1

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	0+000			
		16.92	16.92	69°59'60"
PT	0+016.92			

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No 2

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	0+313.48			
	0+320	7.A	7.A	8°31'39.84"
	0+340	20	27.A	2°07'32.16"
	0+360	20	47.A	5°39'37.68"
	0+380	20	67.A	5°39'37.76"
	0+388	20	87.A	6°58'59.28"
	0+408	20	107.A	8°39'01.68"
	0+428	20	127.A	9°39'44.52"
	0+448	20	147.A	28°08'57.12"
FT	0+466.38	6.3	153.7	28°08'57.12"

Curva Derecha No. 2

E	6.00 mts.
α	20°18'00"
LC	133.71 mts.
PC-1	0+312.40
PI-1	0+379.06
PT-1	0+446.10
R	377.38 mts.
V	60 Km./h.

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No 3

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	0+514.11			
	0+520	5.8	5.8	8°26'36.96"
	0+540	20	25.8	7°49'02.52"
	0+560	20	45.8	7°11'28.32"
	0+580	20	65.8	6°33'54.12"
	0+600	20	85.8	5°56'19.92"
	0+620	20	105.8	5°18'45.72"
	0+640	20	125.8	4°41'11.52"
	0+660	20	145.8	4°03'37.32"
	0+680	20	165.8	3°26'03.12"
	0+700	20	185.8	2°48'28.92"
	0+720	20	205.8	2°10'54.72"
	0+740	20	225.8	1°33'20.52"
	0+760	20	245.8	0°55'46.32"
	0+780	20	265.8	0°18'12.12"
	0+800	20	285.8	0°19'21.96"
	0+820	20	305.8	0°57'56.16"
	0+840	20	325.8	1°36'30.36"
	0+860	20	345.8	2°15'04.56"
	0+880	20	365.8	2°53'38.76"
	0+900	20	385.8	3°32'12.96"
	0+920	20	405.8	4°10'47.16"
FT	0+922.20	2.2	408.0	4°14'46.92"

Curva Derecha No. 3

E	35.00 mts.
α	45°40'32"
LC	328.07 mts.
PC-2	0+594.13
PI-2	0+767.42
PT-2	0+922.20
R	411.58 mts.
V	80 Km./h.

SECCION TIPICA VIA TIPO II

Corte 2:1 — Relleno 2:1

8.5m 2.5m 3.65m 3.65m 2.5m 8.5m

Especificaciones Técnicas:

LEYENDA:

1.- Subrasante
2.- Sub-base
3.- Base (variable bajo los espaldones)
4.- Carpeta asfáltica
5.- Cuneta revestida (en hormigón, mezcla asfáltica)

Simbología

- Curvas de nivel c/5m
- Curvas de nivel c/m
- Transversales de nivelación
- Línea de poligonal
- Base medida (BM-1)
- Estación (E-1)
- Estación auxiliar (Eaux2)
- Eje definitivo
- Cuneta
- PI-3
- Abscisas (0+000)
- Pose de alumbrado eléctrico (P.E.E.-145)
- Pto. transición del peralte (A,B,C,D,D',C',B',A')
- Area de Poliducto (POLIDUCTO)

N

ESPOL

ZONA DE ESTUDIO

Viaducto

Vía Perimetral

Cerro Nº 18

UBICACION

REFERENCIA CURVA No. 2

Curva Vertical No.1

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+114	+0.88	79.46	0.00	79.46
0+120	+0.88	79.51	0.007	79.50
0+140	+0.88	79.68	0.131	79.55
0+160	+0.88	79.86	0.410	79.45
Piv 0+180		80.03	0.845	79.19
0+200	-4.25	79.18	0.410	78.77
0+220	-4.25	78.33	0.131	78.20
0+240	-4.25	77.48	0.007	77.47
Ptv 0+246	-4.25	77.23	0.00	77.23

Curva Vertical No.2

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+358	-4.25	72.47	0.000	72.47
0+360	-4.25	72.39	0.000	72.39
0+380	-4.25	71.54	0.030	71.51
0+400	-4.25	70.69	0.110	70.58
PIv 0+410		70.27	0.169	70.10
0+420	-5.54	69.72	0.110	69.61
0+440	-5.54	68.61	0.030	68.58
0+460	-5.54	67.50	0.000	67.50
Ptv 0+462	-5.54	67.39	0.000	67.39

Curva Vertical No.3

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+514	-5.54	64.50	0.00	64.50
0+520	-5.54	64.17	0.008	64.18
0+540	-5.54	63.06	0.152	63.21
0+560	-5.54	61.95	0.476	62.43
Plv 0+570		61.40	0.705	62.11
0+580	-0.51	61.35	0.476	61.83
0+600	-0.51	61.25	0.152	61.40
0+620	-0.51	61.15	0.008	61.16
Ptv 0+626	-0.51	61.12	0.000	61.12

Curva Vertical No.4

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+805	-0.51	60.21	0.000	60.21
0+820	-0.51	60.13	0.019	60.15
Plv 0+835		60.06	0.076	60.14
0+840	+0.51	60.19	0.002	60.19
Ptv 0+865	+0.51	60.22	0.000	60.22

COTAS (metros)

m = +0.88 %

m = -4.25 %

m = -5.54 %

m = -0.51 %

m = +0.51 %

cota de inicio= 78.46

Vía ESPOL

Proyecto (Subrasante)

Pcv1

Piv1 cota= 80.03

Ptv1

Pcv2

Piv2 cota= 70.27

Ptv2

Terreno natural

ALCANTARILLA CONSTRUIDA d = 40"

Pcv3

Piv3 cota= 61.40

Ptv3

DUCTO CAJÓN DE HORMIGÓN ARMADO
Abscisa 0+620
L = 25.80 m
B = 10.00 m
h = 1.50 m

Pcv4

Piv4 cota= 60.06

Ptv4

Pcv5

Piv5 cota= 60.87

| | | |

615500

9764200

9764000

616000

Cerramiento Perimetral - Lindero Norte

Canal

Canal

Maíz

Maíz

Maíz

Maíz

Maíz

Plátano

Casa Modelo
Sr. Peñaherrera

Brócoli

Arroz

Arroz

Sandía y Melón

BM-5
COTA = 66.4336

BM-4
COTA = 54.9673

BM-3
COTA = 76.5985

N

O

E

S

REFERENCIA
CURVA No. 3

REFERENCIA
CURVA No. 4

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 3				
	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	1+013,16			
	1+040	6,84	6,84	0°06'15,28"
	1+060	20	26,84	0°23'15,68"
	1+080	20	46,84	0°40'16,92"
	1+020	20	66,84	0°57'16,68"
	1+100	20	86,84	1°07'16,28"
	1+120	20	106,84	1°24'16,32"
	1+140	20	126,84	1°41'16,52"
	1+158	17,44	144,28	1°58'32"
PT	1+161,44			

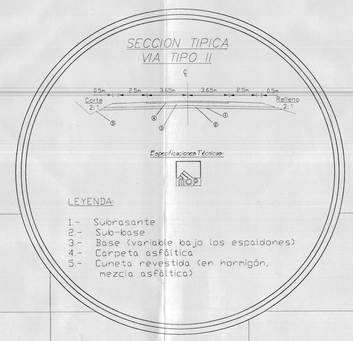
Curva Izquierda No. 5
E = 1.00 mts.
α = 03°56'24"
LC = 116.28 mts.
PC-4 = 1+875.16
PT-4 = 1+933.29
PT-4 = 1+991.44
R = 1690.94 mts.
V = 60 Km/h.

Curva Derecha No. 4
E = 3.00 mts.
α = 10°42'00"
LC = 128.05 mts.
PC-3 = 1+113.90
PT-3 = 1+478.07
PT-3 = 1+541.95
R = 685.66 mts.
V = 100 Km/h.

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No. 4				
	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX. REPLANTEO
PC	1+413,56			
	1+428	6,3	6,3	0°15'7,84"
	1+448	20	26,3	1°08'23,88"
	1+468	20	46,3	1°55'13,96"
	1+488	20	66,3	2°48'43,23"
	1+508	20	86,3	3°35'36,28"
	1+528	20	106,3	4°22'58,44"
	1+548	20	126,3	5°19'06,68"
		1,95	128,85	5°21'00"
PT	1+541,95			

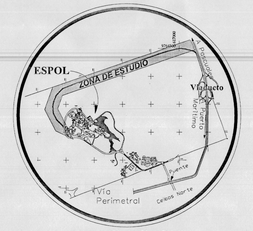
Simbología	
Curvas de nivel c/5m	50
Curvas de nivel c/m	
Transversales de nivelación	
Línea de poligonal	
Base medida	BM-1
Estación	E-1
Estación auxiliar	Casa2
Eje definitivo	
Cuneta	
PI-3	
Abscisas	0+000
Pose de alumbrado eléctrico	P.E.E.-145
Pto. transición del peralte	A,B,C,D,D',C',B',A'
Area de Poliducto	POLIDUCTO

SECCION TIPICA
VIA TIPO II



LEYENDA

1.- Subrasante
2.- Sub-base
3.- Base (variable bajo los espaldones)
4.- Carpeta asfáltica
5.- Cuneta revestida (en hormigón, mezcla asfáltica)



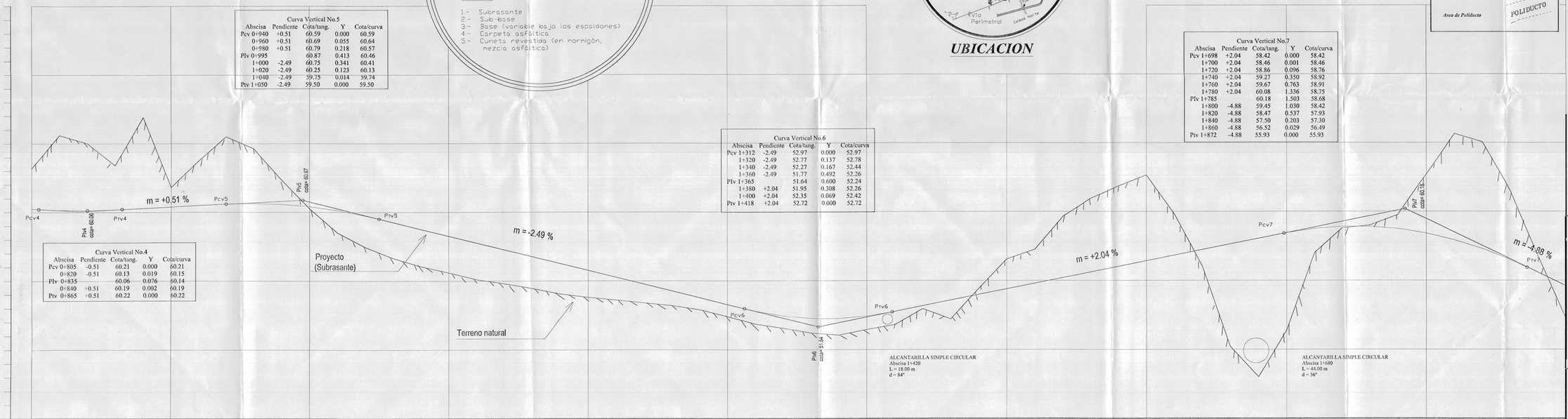
UBICACION

Curva Vertical No.5				
Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+940	+0.51	60.59	0.000	60.59
0+960	+0.51	60.69	0.055	60.64
0+980	+0.51	60.79	0.218	60.57
PIv 0+995		60.87	0.413	60.46
1+000	-2.49	60.75	0.341	60.41
1+020	-2.49	60.25	0.123	60.13
1+040	-2.49	59.75	0.014	59.74
Ptv 1+050	-2.49	59.50	0.000	59.50

Curva Vertical No.4				
Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 0+805	-0.51	60.21	0.000	60.21
0+820	-0.51	60.13	0.019	60.15
PIv 0+835		60.06	0.076	60.14
0+840	+0.51	60.19	0.002	60.19
Ptv 0+865	+0.51	60.22	0.000	60.22

Curva Vertical No.6				
Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 1+312	-2.49	52.97	0.000	52.97
1+320	-2.49	52.77	0.137	52.78
1+340	-2.49	52.27	0.167	52.44
1+360	-2.49	51.77	0.492	52.26
PIv 1+365		51.64	0.600	52.24
1+380	+2.04	51.95	0.308	52.26
1+400	+2.04	52.35	0.069	52.42
Ptv 1+418	+2.04	52.72	0.000	52.72

Curva Vertical No.7				
Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 1+698	+2.04	58.42	0.000	58.42
1+700	+2.04	58.46	0.001	58.46
1+720	+2.04	58.86	0.096	58.76
1+740	+2.04	59.27	0.350	58.92
1+760	+2.04	59.67	0.763	58.91
1+780	+2.04	60.08	1.336	58.75
PIv 1+785		60.18	1.503	58.68
1+800	-4.88	59.45	1.030	58.42
1+820	-4.88	58.47	0.537	57.93
1+840	-4.88	57.50	0.203	57.30
1+860	-4.88	56.52	0.029	56.49
Ptv 1+872	-4.88	55.93	0.000	55.93



ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR
Abscisa 1+420
L = 18.00 m
d = 84"

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR
Abscisa 1+680
L = 44.00 m
d = 36"

| | | | |

9764500

9764700

616500

617000

BM-3
COTA = 76.598

BM-2
COTA = 75.196

BM-1
COTA = 41.653

LADERA

CUNETA REVESTIDA

ESPALDÓN CUNETA

CANAL

Borde de la vereda

Cafe Guardián Se Necesita Indio

VIA AL PUERTO

VIA A PASCUALES

LADERA

E-1 E-2 E-3 E-4 E-5 E-6 E-7

PT-6 2+989.82

2+980

2+960

2+940

2+920

2+900

2+880

2+860

2+840

2+820

2+800

2+780

2+760

2+740

2+720

2+700

2+680

2+660

2+640

2+625

2+600

2+580

2+560

2+540

2+520

2+500

2+480

2+460

2+440

2+420

2+400

2+380

2+360

2+340

2+320

2+304

2+280

2+260

2+240

2+220

2+200

2+180

2+160

2+140

2+120

2+100

2+080

2+060

2+050

PC-6 2+898.97

PC-5 2+430.31

PT-5 2+513.51

PT-6 2+943.47

PC-4 2+596.43

PT-4 2+652.27

PC-3 2+688.97

PT-3 2+709.19

PC-2 2+433.97

PT-2 2+509.19

PC-1 2+430.31

PT-1 2+513.51

PC-8 0+000

PT-8 0+052.31

PC-7 0+898.97

PT-7 0+943.47

PC-9 0+000

PT-9 0+103.62

PC-10 0+000

PT-10 0+109.19

PC-11 0+000

PT-11 0+095.63

PC-12 0+000

PT-12 0+141.63

Curva Transición No. 7
E = 21.73 mts.
a = 85°32'00"
LC = 89.57 mts.
PC-6 = 2+898.97
PT-6 = 2+943.47
PT-5 = 2+988.54
R = 60.00 mts.
V = 80 Km/h.

Curva Transición No. 8
E = 28.36 mts.
a = 94°28'00"
LC = 98.93 mts.
PC-8 = 0+000
PT-8 = 0+052.31
PT-8 = 0+104.62
R = 60.00 mts.
V = 60 Km/h.

Curva Izquierda No. 6
E = 3.00 mts.
a = 08°35'36"
LC = 166.12 mts.
PC-5 = 2+430.31
PT-5 = 2+513.51
PT-5 = 2+596.43
R = 1152.27 mts.
V = 80 Km/h.

REFERENCIA CURVA No. 5

Eje Proyecto

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No.7

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX.	REPLANTEO
PC	2+433,97				
	2+440	6,03	6,03	0°29'17,52"	
	2+460	20	26,03	9°58'05,52"	
	2+480	20	46,03	19°26'53,52"	
	2+500	20	66,03	28°55'41,52"	
	2+520	20	86,03	38°24'29,52"	
	2+530	9,19	95,22	43°45'51,48"	
PT	2+509,19				

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL SIMPLE No.6

	ABSCISA	DIST.PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANG. DEFLEX.	REPLANTEO
PC	2+430,31				
	2+440	9,69	9,69	0°14'21,24"	
	2+460	20	29,69	8°48'21,36"	
	2+480	20	49,69	17°45'57,48"	
	2+500	20	69,69	26°43'33,36"	
	2+520	20	89,69	35°41'09,24"	
	2+540	20	109,69	44°38'45,12"	
	2+560	20	129,69	53°36'21,00"	
	2+580	20	149,69	62°33'56,88"	
PT	2+596,43	16,43	166,12	8°35'36"	

Curva Vertical No.8

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 1+938	-4.88	52.72	0.00	52.72
1+940	-4.88	52.62	0.00	52.62
1+960	-4.88	51.64	0.01	51.63
1+980	-4.88	50.67	0.04	50.63
PIv 1+990		50.18	0.06	50.12
2+000	-5.32	49.65	0.04	49.61
2+020	-5.32	48.58	0.01	48.57
2+040	-5.32	47.52	0.00	47.52
Prv 2+042	-5.32	47.41	0.00	47.41

Curva Vertical No.9

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 2+050	-5.32	46.99	0.00	46.99
2+060	-5.32	46.46	0.02	46.48
2+080	-5.32	45.39	0.20	45.59
2+100	-5.32	44.33	0.57	44.90
2+120	-5.32	43.27	1.11	44.38
2+140	-5.32	42.20	1.84	44.04
PIv 2+160		41.14	2.74	43.88
2+180	+4.66	42.07	1.84	43.91
2+200	+4.66	43.01	1.11	44.12
2+220	+4.66	43.94	0.57	44.51
2+240	+4.66	44.87	0.20	45.07
2+260	+4.66	45.80	0.02	45.82
Prv 2+270	+4.66	46.27	0.00	46.27

Curva Vertical No.10

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 2+304	+4.66	47.85	0.00	47.85
2+320	+4.66	48.60	0.04	48.56
2+340	+4.66	49.53	0.18	49.35
2+360	+4.66	50.46	0.45	50.02
2+380	+4.66	51.40	0.82	50.58
PIv 2+395		52.10	1.18	50.92
2+400	-0.51	52.07	1.05	51.02
2+420	-0.51	51.97	0.62	51.35
2+440	-0.51	51.87	0.30	51.57
2+460	-0.51	51.77	0.10	51.67
2+480	-0.51	51.67	0.01	51.66
Prv 2+486	-0.51	51.64	0.00	51.64

Curva Vertical No.11

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 2+625	-0.51	50.94	0.00	50.94
2+640	-0.51	50.86	0.05	50.81
2+660	-0.51	50.76	0.25	50.51
2+680	-0.51	50.66	0.62	50.04
PIv 2+695		50.58	1.00	49.58
2+700	-6.25	50.27	0.87	49.40
2+720	-6.25	49.02	0.42	48.60
2+740	-6.25	47.77	0.13	47.64
2+760	-6.25	46.52	0.01	46.51
Prv 2+765	-6.25	46.21	0.00	46.21

Curva Vertical No.12

Abscisa	Pendiente	Cota/tang.	Y	Cota/curva
Pcv 2+772	-6.25	45.77	0.00	45.77
2+780	-6.25	45.27	0.01	45.28
2+800	-6.25	44.02	0.18	44.20
2+820	-6.25	42.77	0.52	43.29
PIv 2+835		41.93	0.90	42.13
2+840	-0.51	41.80	0.77	42.57
2+860	-0.51	41.70	0.33	42.03
2+880	-0.51	41.60	0.07	41.67
Prv 2+898	-0.51	41.51	0.00	41.51

Symbology

- Curvas de nivel c/5m
- Curvas de nivel c/m
- Transversales de nivelación
- Línea de poligonal
- Base medida (BM-1)
- Estación (E-1)
- Estación auxiliar (Coord2)
- Eje definitivo
- Cuneta
- PI-3
- Abscisas (0+000)
- Pose de alumbrado eléctrico (P.E.E.-145)
- Pto. transición del peralte (A,B,C,D,D',C',B',A')
- Area de Poliducto (POLIDUCTO)

Replanteo de Angulo a la salida y PT-6

Detalle 2

UBICACION

ESPOL
ZONA DE ESTUDIO
Vía Perimetral
Puente
Viaducto
Cerros Isla

SECCION TIPICA VIA TIPO II

Corte 2:1 — 8.5m — 2.5m — 3.65m — 3.65m — 2.5m — 8.5m — Relleno 2:1

Especificaciones Técnicas

LEYENDA:

1.- Subrasante
2.- Sub-base
3.- Base (variable bajo las espaldones)
4.- Carpeta asfáltica
5.- Cuneta revestida (en hormigón, mezcla asfáltica)

m = -4.88 %

m = -5.32 %

m = +4.66 %

m = -0.51 %

m = -6.25 %

m = -0.51 %

Pcv8 Prv8 Pcv9 Prv9 Pcv10 Prv10 Pcv11 Prv11 Pcv12 Prv12

Pcv8 cota= 50.18

Prv9 cota= 41.14

Pcv10 cota= 52.10

Prv11 cota= 50.58

Prv12 cota= 41.83

cota final= 41.20

Proyecto (Subrasante)

Terreno natural

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+020 L.= 32.00 m. d = 36"

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+140 L. = 31.00 m. d = 36"

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+260 L.= 47.00 m. d = 36".

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+360 L.= 18.00 m. d = 36"

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+520 L.= 20.00 m. d = 36"

ALCANTARILLA SIMPLE CIRCULAR Abscisa 2+860 L.= 44.00 m. d = 84"

COTAS (metros)

RELLENO	2.37 0.95 0.24 0.10 2.68 5.24 2.48 3.08 5.66 5.27 3.72 2.08 0.49 5.07 8.82 8.14 3.22 1.34 5.32 2.33 1.28 0.07 1.27 3.73 3.74 1.16 1.76 1.79 2.84 4.44 6.39 6.36 5.95 2.90 2.14 4.81 6.58 4.70 8.49 8.47 11.23 10.27 6.50 3.40
CORTE	0.85 2.08 4.90 4.38 4.04 3.88 2.33 1.28 1.02 0.58 0.92 1.35 1.57 10.18 6.83 1.67 1.66 1.64 1.57 1.47 1.37 1.26 1.16 1.06 0.96 0.94 0.81 0.51 0.04 0.58 3.40 5.35 4.60 0.64 0.50 0.55 0.53 0.50
SUB-RAS	54.57 53.60 52.72 52.62 4.08 1.77 50.63 50.12 49.61 48.57 47.52 47.41 46.99 46.48 45.59 45.07 44.90 44.38 43.88 43.91 44.12 44.51 45.07 45.82 46.27 46.99 47.64 46.51 46.21 45.77 45.28 44.20 43.29 42.73 42.57 42.03 41.67 41.51 41.30 41.30 0.10 41.40 41.20 0.55 41.90 41.37 0.53 41.95 41.45 0.50
TERRENO	52.20 52.65 53.60 52.72 52.62 58.70 55.40 51.63 47.55 43.75 43.30 43.80 47.41 46.99 44.40 45.35 45.59 45.00 44.90 41.70 44.38 38.80 44.04 41.40 43.88 44.60 43.91 46.30 44.12 45.00 44.51 40.00 45.07 37.00 45.82 38.80 46.74 44.45 47.67 47.85 49.80 48.56 51.75 49.35 2.40 44.70 50.02 48.25 50.58 52.30 50.92 51.02 59.40 51.35 8.05 61.75 51.57 10.18 58.50 51.67 6.83 54.50 51.66 51.64 51.50 51.57 51.47 50.20 51.37 55.10 51.37 55.00 51.26 50.00 51.16 49.30 51.06 50.98 50.94 55.25 50.81 4.44 56.90 50.51 6.39 56.40 50.04 6.36 49.58 49.40 5.95 55.35 51.50 4.60 2.90 51.50 47.64 45.50 46.51 45.21 45.77 45.28 38.70 39.50 44.20 34.80 43.29 42.73 42.57 34.10 42.03 30.80 42.03 31.40 41.67 41.51 41.30 33.00 41.40 38.00 41.40 41.40 41.30 0.10 41.75 41.20 0.55 41.90 41.37 0.53 41.95 41.45 0.50
ABSCISADO	1+900 1+920 1+938 1+940 1+960 1+980 1+990 2+000 2+020 2+040 2+042 2+060 2+080 2+100 2+120 2+140 2+160 2+180 2+200 2+220 2+240 2+260 2+270 2+280 2+300 2+320 2+340 2+360 2+380 2+395 2+400 2+420 2+440 2+460 2+480 2+486 2+500 2+520 2+540 2+560 2+580 2+596,43 2+600 2+620 2+640 2+660 2+680 2+695 2+700 2+720 2+740 2+760 2+765 2+780 2+800 2+820 2+835 2+840 2+860 2+880 2+898 2+900 2+920 2+940 2+960 2+980 2+989,82

ESPOL
POLITÉCNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL - ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TÓPICO DE GRADUACIÓN
ESPECIALIDAD VÍAS DE COMUNICACIÓN

ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
DIRECTOR DE TÓPICO

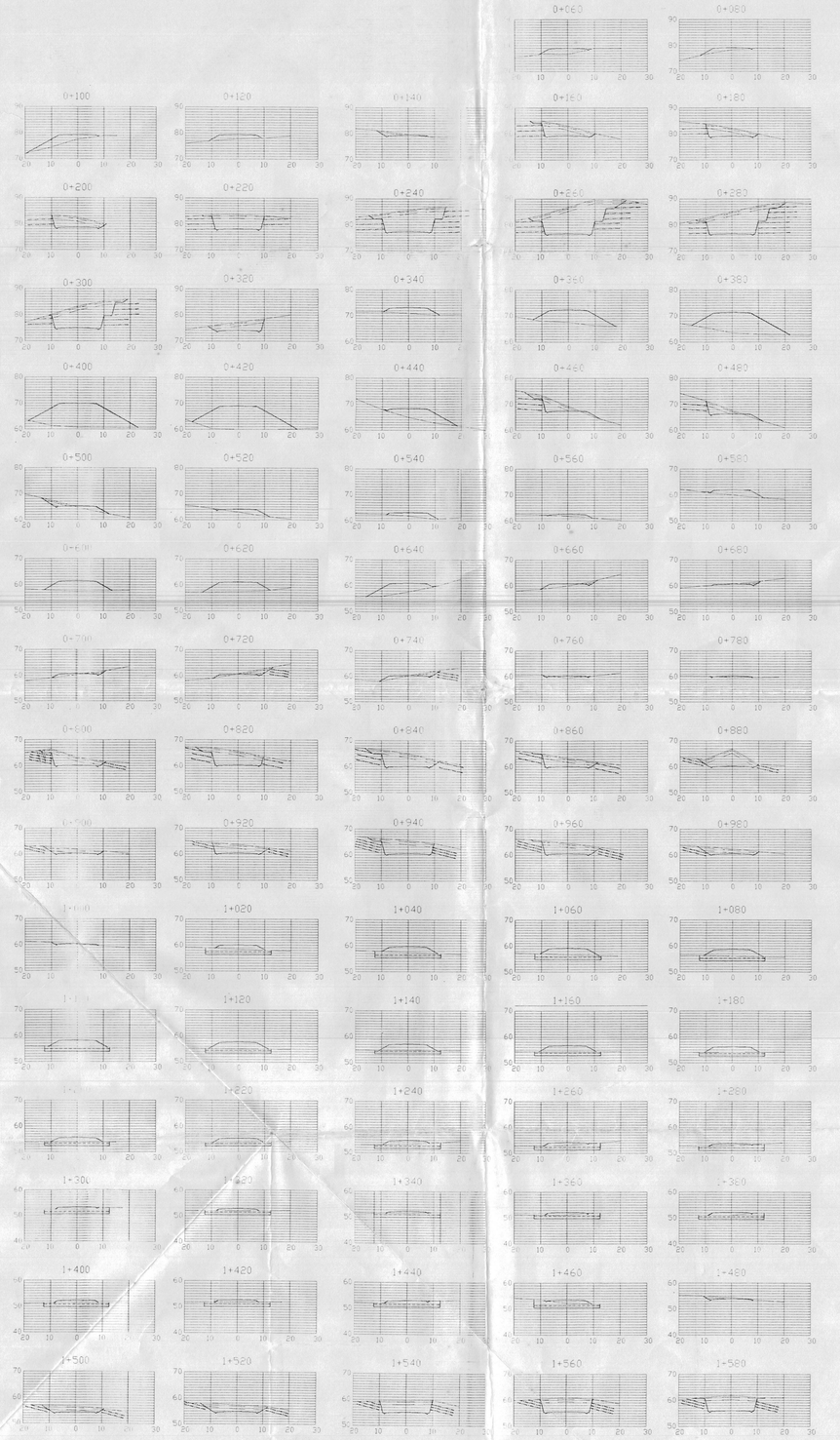
PROYECTO:

Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste

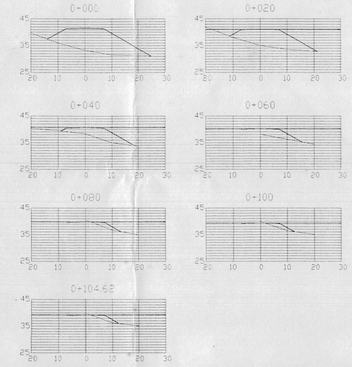
CONTENIDO:

Implantación general Planimétrico y Altimétrico

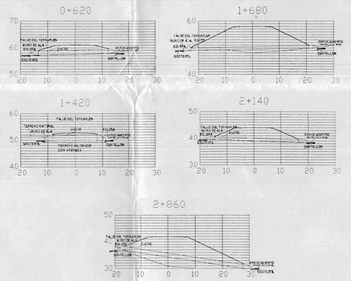
ELABORADO: SILVIA VELÁSQUEZ, GEOVANNY NICOLA, DARWIN ARROYO, LENIN GÓMEZ, LEONARDO CALDERÓN, CHRISTIAN MENDOZA	ESCALA: 1 : 1000	FECHA: Septiembre/2001
	NOMBRE DEL ARCHIVO: TOPO - Vía1.dwg	LÁMINA No. 1/3
REVISÓ: SILVIA VELÁSQUEZ, GEOVANNY NICOLA, DARWIN ARROYO	REVISIÓN:	ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO



RAMAL DE SALIDA A LA PERIMETRAL



SECCIONES PARA ALCANTARILLAS



ESPOL

POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL - ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TOPICO DE GRADUACION
ESPECIALIDAD VIAS DE COMUNICACION

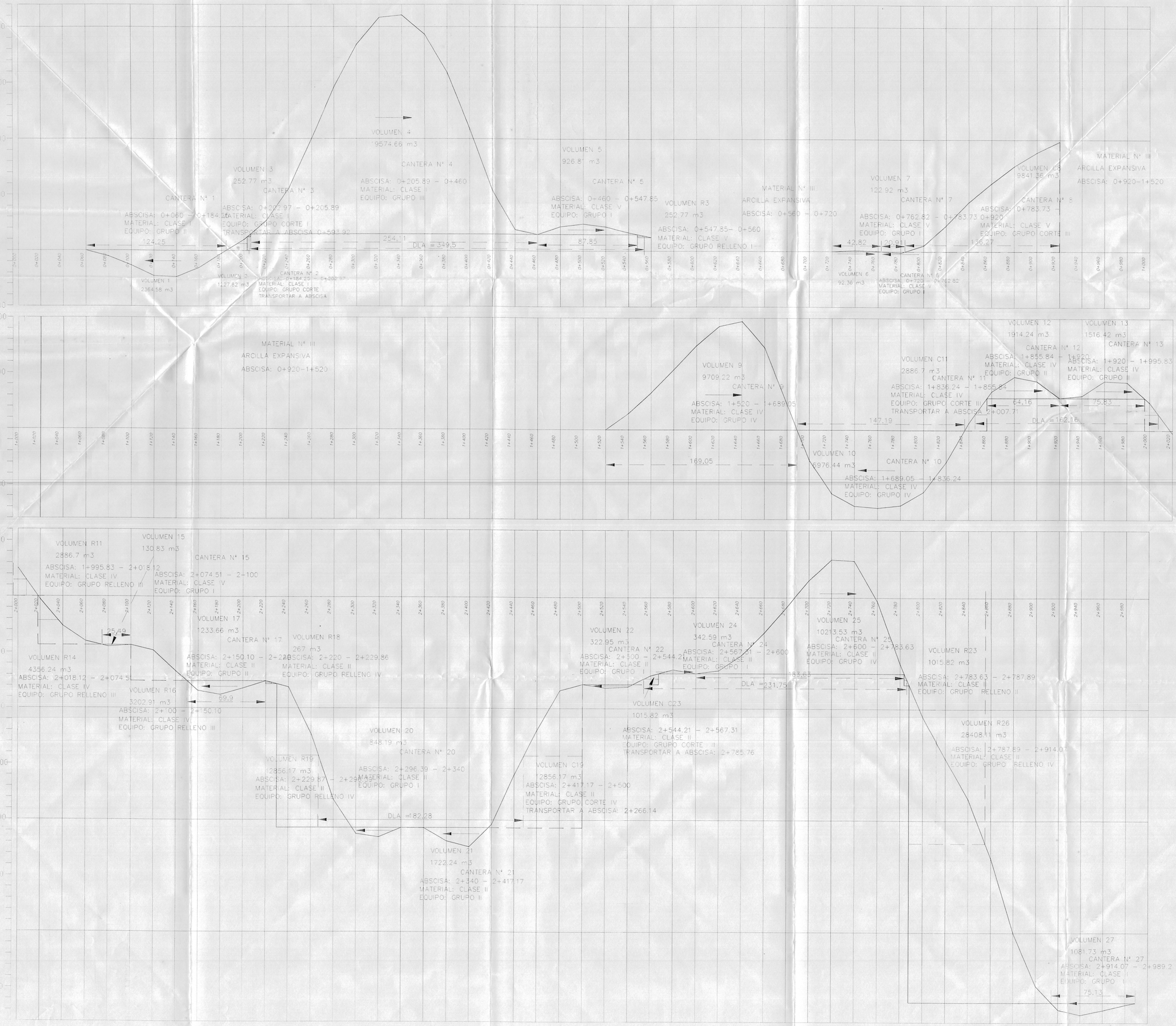
ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
DIRECTOR DE TOPICO

PROYECTO:
Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste

CONTIENE:
Secciones transversales

AUTOR(S): SILVA VELÁSQUEZ GEOVANNY NICOLA DARWIN ARROYO LENIN GÓMEZ LEONARDO CALDERÓN CHRISTIAN MENDOZA	ESCALA: 1:000	FECHA: Septiembre/2004
	NOMBRE DEL ARCHIVO: STTGVC.dwg	LÁMINA No.: 1/1
DIBUJO: SILVA VELÁSQUEZ GEOVANNY NICOLA DARWIN ARROYO	REVISO: ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO	

DIAGRAMA DE MASAS



POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL – ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TÓPICO DE GRADUACION
ESPECIALIDAD VIAS DE COMUNICACION

ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
DIRECTOR DE TÓPICO

PROYECTO:
Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste

CONTIENE:
Diagrama de Masas

AUTOR(ES)	ESCALA	FECHA
SILVA VILLASUEZ	1 : 250	Septiembre/2007
GUEVARA NICOLA	NOMBRE DEL ARCHIVO	HOJA No.
DARIAN ARROYO	E	1/1
LENIN GOMEZ	DV-TOVO.dwg	
LEONARDO CALDERON		
CHRISTIAN VELOZ		

REVISADO POR:	APROBADO POR:
SILVA VILLASUEZ	ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
GUEVARA NICOLA	
DARIAN ARROYO	

INTERCONECTADO

INTERCONECTADO

TERRENO DE S.S.F.A.

LIMITE URBANO

AV. JUAN TANCA MARENGO

9764900

9764800

9764700

9764600

9764500

9764400

9764300

9764200

9764100

9764000

9763900

9763800

9763700

9763600

9763500

9763400

9763300

9763200

9763100

9763000

9762990

9762800

9762790

9762600

616500

616600

616700

613300

613400

613500

613600

613700

613800

613900

614000

614100

614200

614300

614400

614500

614600

614700

614800

614900

615000

615100

615200

615300

615400

615500

615600

615700

615800

615900

616000

616100

616200

616300

616400

616500

616600

616700

616800

616900

617000

617100

617200

617300

617400

617500

617600

617700

ESPOL 1958

POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL - ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste

CONTENIDO:

Subcuencas de Drenaje

LEVANTO: SILVIA VELASQUEZ; GEOVANNY NICOLA; DARWIN ARROYO; LENIN GÓMEZ; LEONARDO CALDERÓN	ESCALA: 1 : 5000	FECHA: Septiembre/2001	
	NOMBRE DEL ARCHIVO: SCD-TOVC.dwg	LAMINA No.	1/1

Plano de Forestaciòn del Campus Politècnico



SIMBOLOGÌA

CATEGORIA "4"
ARBOLES GRANDES, BOSQUE MADURO

CATEGORIA "3"
ARBOLES MEDIANOS, BOSQUE DECIDUO

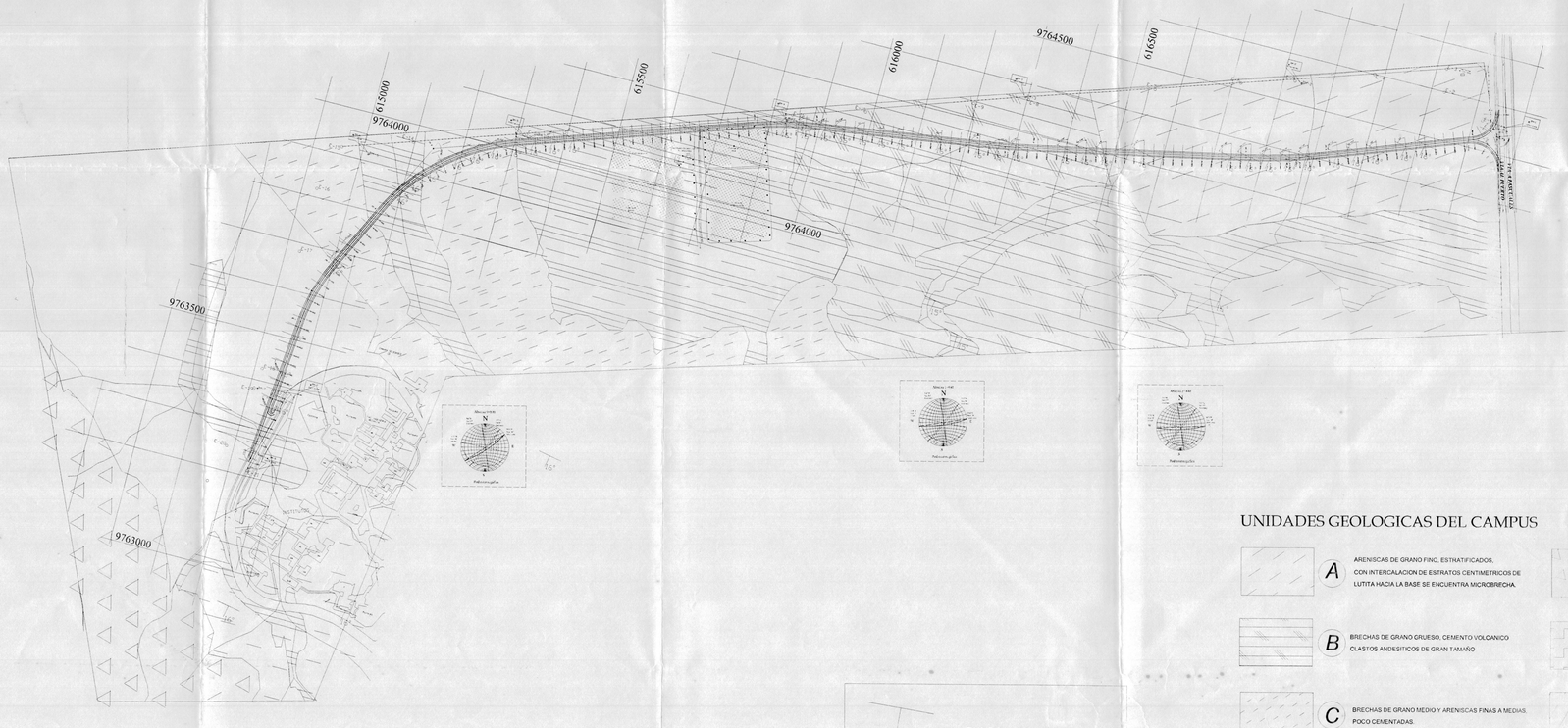
CATEGORIA "2"
ARBOLES PEQUEÑOS, MATORRALES ARBUSTIVOS

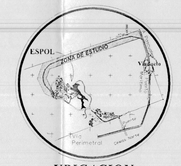
CATEGORIA "1"
DEFORESTACION TOTAL, GRAMINEAS Y ARBUSTOS AISLADOS

CATEGORIA "0"
DEFORESTACION TOTAL, USO AGRICOLA, (PECUARIO?)

CATEGORIA "Q"
AREA QUEMADA, RECIENTE

Plano de Contactos Geològicos del Campus Politècnico





UBICACION

UNIDADES GEOLOGICAS DEL CAMPUS

A — ARENISCAS DE GRANO FINO, ESTRATIFICADOS, CON INTERCALACION DE ESTRATOS CENTIMETRICOS DE LUTITA HACIA LA BASE SE ENCUENTRA MICROBRECHA.

B — BRECHAS DE GRANO GRUESO, CEMENTO VOLCANICO CLASTOS ANDESITICOS DE GRAN TAMAÑO

C — BRECHAS DE GRANO MEDIO Y ARENISCAS FINAS A MEDIAS, POCO CEMENTADAS.

D — ARENISCAS GRANO MEDIO A FINO ESTRATIFICADAS.

E — ARENISCAS FINAS, LIMOLITAS Y LUTITAS ESTRATIFICADAS BIEN CEMENTADAS SILICIFICADAS, DURAS.

F — LUTITAS, ARENISCAS FINAS, LIMOLITAS Y CHERT ROCAS ALTAMENTE SILICIFICADAS

G — COLUVIO

H — DEPOSITO DE ARCILLA NEGRA, ALTAMENTE PLASTICA, ORGANICA Y EXPANSIVA

16° RUMBO Y BUZAMIENTO

ESPOL
POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL - ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TÓPICO DE GRADUACIÓN
ESPECIALIDAD VIAS DE COMUNICACIÓN

ING. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO
DIRECTOR DE TÓPICO

PROYECTO: Vía de acceso al Campus Politécnico Sector Noreste

CONTENIDO: Forestación Contactos Geológicos

DIBUJO: DELIA VELASQUEZ, GEOVANNY NUGLA, DARWIN ARROYO, LENIN GOMEZ, LEONARDO JACOBSON, CAPITAN MENDOZA	FECHA: 4/03	ESCALA: Septiembre/2001
	NOMBRE DEL ARCHIVO:	HOJA No.: 1/1
	DIBUJO:	
DIBUJO: DELIA VELASQUEZ, GEOVANNY NUGLA, DARWIN ARROYO	FECHA:	
	NO. EDUARDO SANTOS BAQUERIZO	