



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA PUENTE LA LIBERTAD – EL
ARBOLITO, SECTOR K17+970 AL K19+970**

JULIAN CARDONA CASTRO

MAURICIO ANTONIO CORTES REINA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTE
MANIZALES, MARZO DE 2005**



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA PUENTE LA LIBERTAD – EL
ARBOLITO, SECTOR k17+970 AL K19+970**

**JULIAN CARDONA CASTRO
COD. 5304003**

**MAURICIO ANTONIO CORTES REINA
COD. 5304006**

Director

Ingeniero FELIPE VILLEGAS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTE
MANIZALES, MARZO DE 2005**



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| 1 OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL..... | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 2 |
| 2 DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO..... | 3 |
| 2.1 VIA EN ESTUDIO:..... | 3 |
| 3 PREDISEÑO GEOMETRICO..... | 5 |
| 3.1 GENERALIDADES | 5 |
| 3.1.1 METODOLOGIA..... | 5 |
| 3.1.2 RECOLECCION DE LA INFORMACION | 5 |
| 3.1.3 ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LA VIA..... | 6 |
| 3.2 CRITERIOS DE DISEÑO | 6 |
| 3.2.1 VELOCIDAD..... | 6 |
| 3.2.2 VELOCIDAD DE DISEÑO | 7 |
| 3.2.3 VISIBILIDAD..... | 7 |
| 3.2.3.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD E PARADA..... | 8 |
| 3.2.3.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO | 8 |
| 3.2.3.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES..... | 9 |
| 3.2.3.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO | 10 |
| 3.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL..... | 10 |
| 3.3.1 ALINEAMIENTOS CURVOS Y RECTOS..... | 10 |
| 3.3.2 SECCION TRANSVERSAL EN RECTA..... | 11 |
| 3.4 CURVAS CIRCULARES..... | 11 |
| 3.4.1 DEFLEXIONES MENORES ENTRE TANGENTES | 11 |
| 3.4.2 ENTRETANGENCIA | 12 |
| 3.4.3 CARTERAS TOPOGRAFICA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL..... | 12 |
| 3.4.3.1 CURVAS CIRCULARES SIMPLES..... | 12 |
| 3.4.4 PERALTE | 13 |
| 3.4.4.1 COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL | 14 |
| 3.4.4.2 VALORES MAXIMOS DEL PERALTE | 14 |
| 3.4.4.3 RADIOS MINIMOS ABOLUTOS | 14 |
| 3.4.4.4 TRANSICION DEL PERALTE | 15 |
| 3.4.4.5 CARTERA DE TRANSICION DE PERALTES..... | 16 |
| 3.4.4.6 DESARROLLO DEL PERALTE..... | 30 |
| 3.4.4.7 CURVAS DE TRANSICION | 30 |
| 3.4.4.8 CARTERA DE CURVAS DE TRANSICION | 32 |
| 3.5 ALINEAMIENTO VERTICAL | 33 |
| 3.5.1 PENDIENTE..... | 33 |
| 3.5.2 CURVAS VERTICALES | 33 |
| 3.5.2.1 CARTERA DE CURVAS VERTICLES | 35 |



| | | |
|---------|--|----|
| 4 | ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LADERAS..... | 36 |
| 4.1 | RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD | 37 |
| 4.1.1 | ESPESOR DEL DEPÓSITO POTENCIALMENTE INESTABLE 2 M: 37 | |
| 4.1.1.1 | No Agua No Sismo..... | 37 |
| 4.1.1.2 | No Agua y Si Sismo | 37 |
| 4.1.1.3 | Si Agua y No Sismo | 38 |
| 4.1.1.4 | Si Agua y Si Sismo..... | 38 |
| 4.1.2 | ESPESOR DEL DEPÓSITO POTENCIALMENTE INESTABLE 3 M. 38 | |
| 4.1.2.1 | No Agua No Sismo..... | 38 |
| 4.1.2.2 | No Agua y Si Sismo | 38 |
| 4.1.2.3 | Si Agua y No Sismo | 38 |
| 4.1.2.4 | Si Agua y Si Sismo..... | 38 |
| 4.2 | PROCESOS EROSIVOS..... | 39 |
| 4.2.1 | PROCESOS DE EROSIÓN SUPERFICIAL | 39 |
| 4.2.2 | PROCESOS DE EROSIÓN PROFUNDA O MOVIMIENTO DE MASA 39 | |
| 4.3 | ESTUDIO GEOTECNICO..... | 42 |
| 4.3.1 | Prospección Geotécnica..... | 42 |
| 4.3.2 | Columna Estratigráfica: | 42 |
| 4.3.3 | Propiedades Geotécnicas de los Materiales | 43 |
| 4.3.3.1 | Carta de Plasticidad | 43 |
| 4.3.3.2 | Pasante del tamiz 200..... | 43 |
| 4.3.3.3 | Limite Líquido..... | 43 |
| 4.3.3.4 | Humedad Natural | 43 |
| 4.3.3.5 | Índice de plasticidad..... | 43 |
| 4.3.3.6 | Peso Unitario..... | 44 |
| 4.3.3.7 | Angulo de Fricción Interno..... | 44 |
| 4.3.3.8 | Cohesión | 44 |
| 4.3.3.9 | Resistencia a la Compresión Inconfinada | 44 |
| 4.3.4 | Ensayos de Laboratorio y Campo | 44 |
| 4.4 | OBRAS DE CONTROL DE AGUA..... | 44 |
| 4.4.1 | ESTUDIO HIDROLOGICO Y EVALUACION HIDRAULICA | 45 |
| 4.4.1.1 | Cuenca del Ríoclaro..... | 45 |
| 4.4.1.2 | Cuenca del río Chinchiná | 45 |
| 4.4.1.3 | Microcuencas de la zona de estudio | 46 |
| 4.5 | PREDISEÑO DE LAS OBRAS GEOTECNICAS | 46 |
| 4.5.1 | Abscisa K18 + 060 | 46 |
| 4.5.2 | Abscisa K18 + 500 | 46 |
| 4.5.3 | Abscisa K 18 + 720 al 18+ 735..... | 47 |
| 4.5.4 | Abscisa K 19 + 030 al 19+ 080..... | 47 |
| 4.6 | EVALUACION HIDRAULICA..... | 47 |
| 4.6.1 | CALCULO CAUDALES LINEAS DE DREANAJE..... | 47 |
| 4.6.2 | CAPACIDAD HIDRAULICA DE LAS OBRAS..... | 49 |



| | | |
|---------|--|----|
| 4.6.2.1 | BOX CULVERT K 19+520 Y K 19+460..... | 50 |
| 4.6.2.2 | CANAL K 19+080 PROPUESTO | 50 |
| 4.6.2.3 | Tubería 27" en concreto K 18+500 PROPUESTA..... | 51 |
| 4.6.2.4 | Box K 18+640 y K 18+560..... | 52 |
| 4.6.3 | CHEQUEO OBRAS HIDRULICAS | 52 |
| 4.6.4 | INVENTARIO DE OBRAS EXISTENTES Y POR CONSTRUIR..... | 53 |
| 5 | PREDISEÑO DEL PAVIMENTO..... | 55 |
| 5.1 | PARAMETROS Y FACTORES DE DISEÑO | 55 |
| 5.1.1 | ANÁLISIS DE TRÁNSITO | 55 |
| 5.1.2 | ANÁLISIS DE LA SERIE HISTÓRICA..... | 55 |
| 5.1.3 | PERÍODO DE DISEÑO | 55 |
| 5.1.4 | PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO PARA EL AÑO DE PUESTA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO..... | 56 |
| 5.1.5 | PROYECCIÓN DEL VOLUMEN TOTAL DEL TRÁNSITO EN EL PERÍODO DE DISEÑO | 58 |
| 5.1.6 | VOLUMEN DE VEHÍCULOS PESADOS ESPERADOS EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO PARA EL CARRIL DE DISEÑO..... | 60 |
| 5.1.7 | CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Tn. | 60 |
| 5.1.8 | CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE | 61 |
| 5.2 | DISEÑO POR EL MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES..... | 63 |
| 5.2.1 | DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA ESTRUCTURA BAJOS VOLUMENES: | 63 |
| 5.2.2 | Especificaciones:..... | 64 |
| 5.3 | DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO | 64 |
| 5.3.1 | PARÁMETROS Y CÁLCULOS PRELIMINARES | 64 |
| 5.3.2 | Cálculo del número estructural y análisis de capas..... | 65 |
| 5.4 | DISEÑO POR EL MÉTODO EMPÍRICO DE LA ROAD NOTE 31/1993.. | 67 |
| 5.5 | ESQUEMAS DE LAS ALTERNATIVAS OBTENIDAS | 68 |
| 5.5.1 | MÉTODOS EMPIRICOS (Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Bajos Volúmenes) | 68 |
| 5.5.2 | MÉTODO AASHTO | 68 |
| 5.5.3 | MÉTODO ROAD NOTE 31 DE 1993..... | 69 |
| 6 | PLAN BASICO DE MANEJO AMBIENTAL..... | 70 |
| 6.1 | Programa de educación ambiental. | 70 |
| 6.1.1 | Justificación..... | 70 |
| 6.1.2 | Objetivos | 70 |
| 6.1.3 | Impactos a controlar | 70 |
| 6.1.4 | Tiempo de ejecución | 71 |
| 6.1.5 | Costos | 71 |
| 6.2 | Programa de señalización nocturna y diurna de la obra..... | 71 |
| 6.2.1 | Justificación..... | 71 |
| 6.2.2 | Objetivos | 71 |
| 6.2.3 | Impactos a controlar | 71 |



| | | |
|-------|---|----|
| 6.2.4 | Descripción de actividades..... | 72 |
| 6.2.5 | Participantes..... | 72 |
| 6.2.6 | Tiempo de Duración..... | 72 |
| 6.2.7 | Costos del Programa..... | 73 |
| 6.2.8 | Responsable..... | 73 |
| 6.3 | Programa de acercamiento y comunicación de la realización del proyecto..... | 73 |
| 6.3.1 | Justificación..... | 73 |
| 6.3.2 | Objeto..... | 73 |
| 6.3.3 | Impactos a controlar..... | 73 |
| 6.3.4 | Descripción de actividades..... | 73 |
| 6.3.5 | Participantes..... | 74 |
| 6.3.6 | Tiempo de ejecución..... | 74 |
| 6.3.7 | Costo del programa..... | 74 |
| 6.3.8 | Responsable..... | 74 |
| 6.4 | Programa de rocería y limpieza..... | 74 |
| 6.4.1 | Justificación..... | 74 |
| 6.4.2 | Objetivos..... | 74 |
| 6.4.3 | Impactos a controlar..... | 75 |
| 6.4.4 | Descripción de actividades..... | 75 |
| 6.4.5 | Tiempo de ejecución..... | 75 |
| 6.4.6 | Costo..... | 75 |
| 6.4.7 | Responsable..... | 75 |
| 6.5 | Programa de empradización..... | 75 |
| 6.5.1 | Justificación..... | 75 |
| 6.5.2 | Objetivos..... | 75 |
| 6.5.3 | Impactos a controlar..... | 76 |
| 6.5.4 | Tiempo de ejecución..... | 76 |
| 6.5.5 | Costos..... | 76 |
| 6.5.6 | Responsable..... | 76 |
| 6.6 | Programa de manejo y disposición final de sobrantes..... | 76 |
| 6.6.1 | Justificación..... | 76 |
| 6.6.2 | Objetivos..... | 76 |
| 6.6.3 | Impactos a Controlar..... | 77 |
| 6.6.4 | Tiempo de ejecución..... | 77 |
| 6.6.5 | Costos del programa..... | 77 |
| 6.6.6 | Responsable..... | 77 |
| 6.7 | Programa de seguimiento y control de la maquinaria y equipos..... | 77 |
| 6.7.1 | Justificación..... | 77 |
| 6.7.2 | Objetivos..... | 77 |
| 6.7.3 | Impactos a controlar..... | 78 |
| 6.7.4 | Tiempo de ejecución..... | 78 |
| 6.7.5 | Costos del Programa..... | 78 |
| 6.7.6 | Responsable..... | 78 |
| 6.8 | Programa de seguimiento y monitoreo..... | 78 |



| | | |
|-------|--|----|
| 6.8.1 | Justificación..... | 78 |
| 6.8.2 | Objetivos | 78 |
| 6.8.3 | Impactos a controlar | 78 |
| 6.8.4 | Tiempo de ejecución | 79 |
| 6.8.5 | Costos del programa | 79 |
| 6.8.6 | Responsable | 79 |
| 7 | PRESUPUESTO Y APU | 80 |
| 7.1 | VIA PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO en el sector k17+970 AL K19+970..... | 80 |
| 7.2 | ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA OBRA VIA PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO EN EL SECTOR K17+970 AL K19+970..... | 82 |
| 8 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 89 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 90 |



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 3.1 Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno..... | 7 |
| Tabla. 3.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO..... | 8 |
| Tabla 3.3 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO..... | 9 |
| Tabla 3.4 OPORTUNIDADES DE ADELANTAR POR TRAMOS DE CINCO KILOMETROS..... | 9 |
| Tabla 3.5 DEFLEXIONES MENORES ENTRE TANGENTES..... | 11 |
| Tabla 3.6 COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL..... | 14 |
| Tabla 3.7 RADIOS MÍNIMOS ABSOLUTOS..... | 15 |
| Tabla 3.8 RELACION ENTRE PENDIENTE MÁXIMA (%) Y VELOCIDAD DE DISEÑO..... | 33 |
| Tabla 4.1. Lista de chequeo para caracterización de procesos erosivos CORPOCALDAS, (2002)..... | 40 |
| TABLA 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS..... | 41 |
| TABLA 4.3 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m ³ / seg. Según la pendiente..... | 50 |
| TABLA 4.4 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m ³ / seg. Según la pendiente..... | 51 |
| TABLA 4.5 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m ³ / seg. Según la pendiente..... | 51 |
| TABLA 4.6 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m ³ / seg. Según la pendiente..... | 52 |
| TABLA 4.7 CHEQUEO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS..... | 52 |
| Tabla 5.1 CATEGORÍA DE LA VIA..... | 56 |
| Tabla 5.2 Volumen Total del Tránsito en el Período de Diseño..... | 59 |
| Tabla 5.3 Cálculo de los Factores de Carga..... | 60 |
| TABLA 5.4 CBRs DE DISEÑO OBTENIDOS POR LA CORRELACION CON CBRs DE DISEÑO OBTENIDOS POR LA CORRELACION CON EL ENSAYO PDC..... | 62 |
| TABLA 5.5 CUADRO RESUMEN CBRs & Módulos Resilientes..... | 62 |
| TABLA 5.6 TRANSITO..... | 63 |
| TABLA 5.7 CATEGORÍA DE LA SUBRASANTE..... | 63 |
| TABLA 5.8 ESPESORES OBTENIDOS..... | 63 |
| TABLA 5.9 VALORES DE RESISTENCIA PARA LOS MATERIALES..... | 65 |
| TABLA 5.10 ESPESORES OBTENIDOS AASHTO..... | 66 |



LISTA DE ANEXOS

| | |
|-----------------|---|
| ANEXO 1 | ENSAYOS DE LABORATORIO |
| ANEXO 2 | GRAFICA DE CBR |
| ANEXO 3 | CARTERA DE DIAGRAMA DE PERALTES |
| ANEXO 4 | CARTERA DE MOVIMIENTO DE TIERRA |
| ANEXO 5 | ANEXO FOTOGRAFICO |
| ANEXO 6 | PLANO LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO |
| ANEXO 7 | PLANOS FORMACIONES SUPERFICIALES |
| ANEXO 8 | PLANOS MAPA GEOLOGICO |
| ANEXO 9 | PLANOS DE PENDIENTES |
| ANEXO 10 | PLANOS MAPA USOS DEL SUELO |
| ANEXO 11 | PLANOS LOCALIZACION OBRAS |
| ANEXO 12 | PLANO PERFIL GEOLOGICO |
| ANEXO 13 | PLANO DETALLES CONSTRUCTIVOS OBRAS |
| ANEXO 14 | PLANOS DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL |
| ANEXO 15 | PLANOS SECCIONES TRANVERSALES |



RESUMEN

La vía en estudio “**Puente La Libertad – el Arbolito**”, hace parte de la red secundaria de carreteras del Departamento de Caldas, dicha vía se encuentra localizada en Villamaría, Municipio turístico por excelencia y ruta obligada de acceso al Parque Nacional Natural de los Nevados. Es de allí donde radica la importancia del estudio, para desarrollar alternativas que mejoren el acceso a dichos centros y poder desarrollar una nueva industria de gran aceptación en nuestro país, el ecoturismo.

El desarrollo del estudio comprendió el prediseño de la “**Vía Puente la Libertad – el Arbolito**”, en el sector localizado entre las abscisas K17+970 al K19+970.

El prediseño se inició con el levantamiento topográfico de la zona en la cual esta localizada la vía existente, dicho trabajo se realizó con ayuda de una estación total, la cual nos arroja una serie de puntos, que son interpretados a través del programa AUTO CAD Land, generándonos el modelo del terreno y localización de la vía existente. A través de una serie de herramientas del programa se realizó el prediseño geométrico de la vía en planta y perfil, guiados siempre con las especificaciones técnicas del INVIAS, pero sin ser de estricto cumplimiento.

Simultáneamente se realizaron visitas de campo para el desarrollo de actividades de recolección de información para el desarrollo de los estudios de:

- Estabilidad de laderas
- Inventario de obras y capacidad hidráulica
- Estudios del suelo y ensayos de laboratorio
- Estudios Geológicos
- Estudios Hidrológicos

Posteriormente con los resultados de los ensayos de suelo (CBR), y con la variable tránsito se procedió a realizar el prediseño del pavimento por los métodos de: Bajos Volúmenes de Tránsito del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS –INVIAS-, AASHTO y ROAD NOTE 31 1993.

Una vez realizados los prediseños y estudios, se evaluó y cuantificó las cantidades de obras y precios del mercado para la elaboración de los A.P.U y el presupuesto de obra.



ABSTRACT

The road studied “**Puente La Libertad – El Arbolito**“, is part of the Caldas`s Department secondary vial web, this road is located at Villamaria, a tourist city by excellence and forced route to the “Parque Nacional Natural de los Nevados”. It is there where the importance of the study is, to develop alternatives that improve the access to these centres and develop a new industry of great acceptance in this country; ecotourism.

The study comprised the redesign of the road “**Puente La Libertad – El Arbolito**“, at the sector located between abscises K17+970 and K19+970.

The redesign begins the topographical survey of the zone which is located the actual road, this labour took place with the help of total station, it is obtain a series of points, these are interpreted with the software Auto CAD Land, generating a terrain model along with the actual road`s location. Using software`s tools geometrical redesign on ground plant and cross section was done, always guide by the INVIAS technical specifications, but without fulfilling at all.

Simultaneously site visits were made to develop activities related to the recollection of data such as:

1. Stability Analysis of slopes
2. I inventory of works and hydraulic capacity
3. Soil laboratory essays
4. Geological prospection
5. Hydrologic research

Subsequently using soil essays results (CBR), transit variable, pavement pre design took place by the following methods: Low transit volume (INVIAS), AASHTO, ROAD NOTE 31 1993

After all these pre design and studies, quantity of labour was quantified to elaborate the Unitary Prices Analysis A.P.U. and final budget with update prices.



INTRODUCCION

Este proyecto fue realizado teniendo en cuenta la necesidad actual que tiene el Departamento de Caldas en mejorar su red vial para aprovechar el potencial turístico representado en el Parque Nacional de Los Nevados.

Por tal motivo La Gobernación de Caldas se encuentra interesada en mejorar las condiciones de estas vías y para ello se hace necesario realizar los estudios pertinentes para mejorar el acceso al principal atractivo turístico de la Región.

Una de estas vías es la comprendida entre los sectores PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO, la cual solo presenta un porcentaje bajo de vía en buenas condiciones, restando aproximadamente 15 kilómetros de vía por mejorar geoméricamente y construir una estructura de pavimento que hagan más fácil el acceso a este parador turístico.

Es por eso que presentamos en este trabajo la propuesta de una primera etapa de mejoramiento encaminada a realizar un pre - diseño para el mejoramiento geométrico y estructural de la vía PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO. Ya que en la actualidad dicha vía se encuentra en un estado avanzado de deterioro, en muchas partes de su recorrido adolece de una capa de rodadura continua que dé estabilidad a la vía en cuanto a seguridad, comodidad, y rapidez de los desplazamientos.



1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el prediseño integral la vía PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO en el sector k17+970 AL K19+970.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar el prediseño geométrico del tramo de vía en estudio, aplicando el programa Auto CAD Land y las especificaciones técnicas del INVIAS, sin que estas sean de obligatorio cumplimiento.

- Realizar el prediseño de las obras de contención y de control de aguas que garanticen la estabilidad de la vía.
- Realizar el prediseño del pavimento del tramo de vía.
- Realizar los presupuestos de las diferentes alternativas planteadas.
- Realizar el estudio de estabilidad de laderas.
- Realizar el plan básico de manejo ambiental.



2 DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.1 VIA EN ESTUDIO:

VIA PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO: Esta vía se encuentra localizada en el Municipio de Villamaría, el cual esta situado en el Distrito Centro sur del Departamento de Caldas.

La vía en estudio tiene una longitud aproximada de 25 Km., partiendo del Puente la Libertad y terminado en el sector conocido como El Arbolito o Mirador, que es la primera parada obligada antes de ingresar al parque Nacional de Los Nevados. Allí se puede disfrutar de la primera panorámica del Volcán Nevado de El Ruiz.

De la totalidad de la vía PUENTE LA LIBERTADA EL ARBOLITO, el estudio de prediseño se realizo en el tramo comprendido entre las abscisas k17+970 (Localizada 400 metros antes de Termales del Ruiz) y el K19+970.

La vía presenta una superficie de rodadura en Doble riego en una extensión de aproximadamente 3 kilómetros contados a partir de la abscisa K21+970 hacia el Arbolito, el resto de su longitud presenta superficie granular dispersa. La vía tiene un ancho actual de vía que varía entre los 4.50 mts y 5.00 mts, posee cunetas en tierra a igual que una gran cantidad de obras transversales a lo largo de todo el tramo, todas ellas en funcionamiento. La mayoría de estas obras fueron construidas en Tubería que van desde las 18" de diámetro a las 24", existen otras como Box Coulvert pero en menor cantidad.

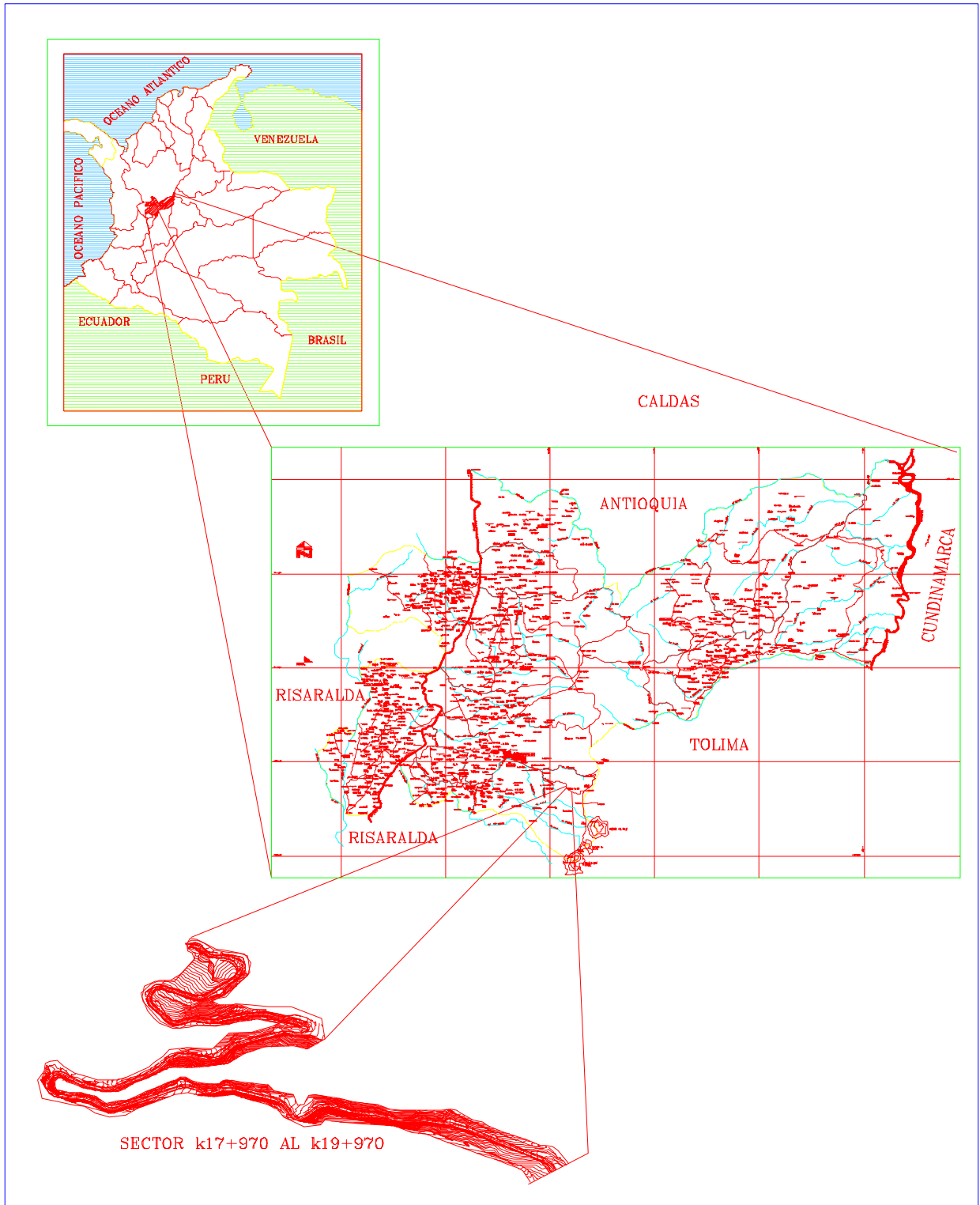


FIGURA 2.1 Localización del Proyecto



3 PREDISEÑO GEOMETRICO.

3.1 GENERALIDADES

Debido a las condiciones medioambientales y de localización de la vía en estudio no se diseño un nuevo alineamiento sino que se mejoro el existente tratando en los posible de cumplir las especificaciones técnicas del INVIAS, lo cual no fue posible en gran parte del proyecto debido a las condiciones especiales de la vía tales como topografía, localización dentro de un parque natural entre otros. Lo que limita los movimientos de tierra y las intervenciones a la flora del sitio.

3.1.1 METODOLOGIA

Para la elaboración del prediseño se realizo el levantamiento topográfico de la vía existente y de los laterales con el fin de tener suficiente información topográfica del sitio para poder mejorar las condiciones de la vía existente. Después se introdujo esta información al programa de diseño en el cual se hicieron los ajustes necesarios para mejorar las condiciones de comodidad y seguridad de la vía.

3.1.2 RECOLECCION DE LA INFORMACION

Como se menciona anteriormente la principal información fue el levantamiento topográfico de la vía en estudio, adicionalmente se hicieron visitas a la vía con el fin de recolectar la información geotécnica, hidrológica, geológica e hidráulica. Además se realizo el inventario de las obras existentes y de los taludes, para saber en que condiciones se encontraban y que se le podría hacer para mejorar la vía en general.

También se realizaron ensayos de laboratorio para examinar las propiedades mecánicas de los suelos de la zona en estudio.



3.1.3 ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LA VIA

En la actualidad de vía carece tanto de un trazado geométrico adecuado como de una capa de rodadura que brinde seguridad al usuario, por esta razón el objetivo de este proyecto no es solo mejorar la superficie de rodadura sino mejorar el diseño geométrico, el diseño de la obras de estabilidad y las de protección de la banca.

La vía en estudio denominada Km. 17+970 al Km. 19+970 de la vía Puente la Libertad – El Arbolito tiene las siguientes características generales, de acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Vías (INVIAS):

Clasificación tipo: CARRETERA TERCIARIA.

Tipo de terreno: MONTAÑOSO.

Tipo de superficie de rodadura: AFIRMADO.

Tipo de vía de acuerdo a su capacidad de servicio: BICARRIL

Ancho promedio de la calzada: 5.00 m.

3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta las especificaciones y los criterios de diseño del Manual De Diseño Para Carreteras del INVIAS, como son:

3.2.1 VELOCIDAD

El diseño geométrico de una carretera se debe definir en relación directa con la velocidad a la que se quiere que circulen los vehículos en condiciones aceptables de comodidad y seguridad.

El manual del INVIAS define diferentes tipos de velocidad tales como: velocidad puntual, velocidad instantánea, velocidad de recorrido, velocidad específica, velocidad de marcha, velocidad de operación y velocidad de diseño, esta última la que más nos interesa por el tipo de proyecto por lo cual la definiremos a continuación.



3.2.2 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en una sección determinada de vía. Además es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad.

El manual del INVIAS en el numeral 3.1.3.1 establece el rango de las velocidades de diseño que se deben utilizar en función del tipo de carretera según su definición legal y el tipo de terreno.

Tabla 3.1 Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno.

| TIPO DE CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km./Hr) | | |
|---------------------|-----------------|------------------------------------|----|----|
| | | 30 | 40 | 50 |
| Carretera terciaria | Plano | | | |
| | Ondulado | | | |
| | Montañoso | | | |
| | Escarpado | | | |

Nota: Para este proyecto se asumirá una velocidad de diseño de 30Km./Hr.

3.2.3 VISIBILIDAD

Una de las características más importantes que deberá ofrecer el proyecto de una carretera al conductor de un vehículo es la facilidad de ver hacia adelante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente. La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella.

Por lo anterior, para el proyecto de carreteras, deberán tenerse en cuenta cuatro tipos de distancias de visibilidad:

- * Distancia de visibilidad de parada.
- * Distancia de visibilidad de adelantamiento.
- * Distancia de visibilidad de cruce.
- * Distancia de visibilidad de encuentro.



3.2.3.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD E PARADA

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño, pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria.

En la Tabla 3.2.2 del manual de diseño geométrico del INVIAS se presentan los valores recomendados para las distancias mínimas de visibilidad de parada para diferentes velocidades de diseño, para tramos de rasantes a nivel ($p = 0$). De la cual tomamos los valores para la velocidad de diseño de este proyecto.

Tabla. 3.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO.

| Vd (Km/hr) | Distancia de percepción – reacción (m) | Coeficiente de fricción longitudinal | Distancia durante el frenado (m) | Distancia de visibilidad, (m) | |
|---------------|--|--|--|-------------------------------|-------------|
| | | | | Calculada | Recomendada |
| 30 | 16.68 | 0.40 | 8.05 | 24.73 | 25 |

Cuando se tengan carreteras con pendientes de rasante con valores absolutos superiores al 3%, tanto en ascenso (+p) como en descenso (-p), se deberán realizar las correcciones necesarias a las distancias de visibilidad de parada dadas en la tabla anterior para tramos a nivel.

3.2.3.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro, que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento deberá considerarse únicamente para carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

De la tabla 3.2.3 del manual de diseño del INVIAS extrajimos la mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para la velocidad de diseño.



Tabla 3.3 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO.

| Velocidad de diseño Km./Hr) | Mínima distancia de adelantamiento (m) |
|--|---|
| 30 | 150 |

Como una guía de la Tabla 3.2.4 del manual del INVIAS, se recomienda la frecuencia con la que se deben presentar las oportunidades de adelantar o el porcentaje mínimo habilitado para adelantamiento en el tramo, de acuerdo a la velocidad de diseño.

Tabla 3.4 OPORTUNIDADES DE ADELANTAR POR TRAMOS DE CINCO KILOMETROS.

| Velocidad de diseño Vd. (Km/Hr) | 30-50 | 60-80 | 90-100 |
|---|--------------|--------------|---------------|
| Longitud mínima con distancia de visibilidad de adelantamiento en % | 20% | 30% | 40% |

3.2.3.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES

La presencia de intersecciones rurales a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra vía. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser ampliamente reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

En el manual del INVIAS se analizan diferentes condiciones de los eventos que se pueden presentar en una intersección y las recomendaciones para atenderlos. Estos eventos no serán analizados puesto que en este proyecto no encontramos ninguna intersección.



3.2.3.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO

En las carreteras terciarias de una calzada y sin diferenciación de carriles, la distancia de visibilidad de encuentro es la longitud mínima disponible de carretera, visible para los conductores que circulan en sentidos opuestos, obligados a llevar a cabo la maniobra para esquivarse.

Esta longitud debe ser lo suficientemente larga, para permitirle a los vehículos que viajan a la velocidad de diseño en sentidos contrarios, esquivarse y cruzarse con seguridad a una velocidad de 10 Km./h.

Esta distancia se debe determinar con base a un tiempo de percepción-reacción de un segundo y una deceleración similar a la de frenado hasta esquivarse y cruzarse a una velocidad de 10 Km./h, mediante la siguiente relación:

$$D_e = 2(0.278V_d) + (V_d^2 - 100 / 254 (f_i + p) + (V_d^2 - 100 / 254 (f_i - p)$$

Donde:

- D_e = distancia de visibilidad de encuentro, (m)
 V_d = velocidad de diseño, (Km./h)
 f_i = coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento
 p = pendiente de la rasante (tanto por uno), + ascenso, - descenso

3.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares, y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación suave y segura a la velocidad de diseño.

3.3.1 ALINEAMIENTOS CURVOS Y RECTOS

Durante el diseño de una carretera nueva se deben evitar tramos en planta con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, especialmente en zonas donde la temperatura es relativamente alta, y en la noche aumentan el peligro de deslumbramiento, por las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto.



En el caso de este proyecto no se presentaran estos casos debido a las condiciones tipográficas del sitio.

Como elemento de curvatura variable en el desarrollo se utilizará la espiral clotoide, por razones de seguridad, comodidad y estética.

3.3.2 SECCION TRANSVERSAL EN RECTA.

El manual del INVIAS en la Figura 3.3.1. muestra las formas de inclinación de la sección transversal de acuerdo con el número de carriles, calzadas y la dirección del tránsito, empleadas en un sector recto de carretera. Con el fin de facilitar el drenaje, la inclinación transversal mínima para capa de rodadura pavimentada es del 2%, la cual va ha se utilizada en este proyecto.

3.4 CURVAS CIRCULARES

Las curvas circulares se corresponden con una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio.

En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida. La longitud del arco circular se determina multiplicando el valor del radio y el ángulo de deflexión o de giro del arco circular en radianes.

3.4.1 DEFLEXIONES MENORES ENTRE TANGENTES

Para ángulos de deflexión entre dos tangentes menores o iguales a 6° , en el caso de que no puedan evitarse, se realizará la unión de las mismas mediante una curva circular, sin clotoides, de radio tal que cumpla con los criterios de la Tabla 3.3.1 del manual del INVIAS, la cual presentamos a continuación:

Tabla 3.5 DEFLEXIONES MENORES ENTRE TANGENTES

| Angulo entre alineamientos | 6° | 5° | 4° | 3° | 2° |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Radio mínimo (m) | 2000 | 2500 | 3500 | 5500 | 9000 |



3.4.2 ENTRETANGENCIA

El INVIAS presenta el análisis de la entretangencia teniendo en cuenta dos situaciones:

Curvas de distinto Sentido. Considerando el empleo de curvas de transición, puede prescindirse de tramos de entretangencia rectos. Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente mínima para rampa de peraltes y por espacio recorrido a la velocidad de diseño en un tiempo no menor de 5 segundos.

Curvas del mismo sentido. Por su misma naturaleza, deben considerarse indeseables en cualquier proyecto de carreteras, por la inseguridad y disminución de la estética que representan. Para garantizar la comodidad y seguridad del usuario, la entretangencia para el diseño en terreno ondulado, montañoso y escarpado con espirales, no puede ser menor a 5 segundos y para diseños en terreno plano con arcos circulares, no menor a 15 segundos de la velocidad de diseño. Como por dificultades del terreno, son a veces imposibles de evitar, se debe intentar siempre el reemplazo por una sola.

3.4.3 CARTERAS TOPOGRAFICA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.4.3.1 CURVAS CIRCULARES SIMPLES

| PI | PC | PT | Δ | TIPO | RADIO | LONG. |
|------------|------------|------------|-----------|------|---------|---------|
| 17+970 | | | | | | |
| 17+993.558 | 17+984.203 | 18+002.341 | 34-38-27 | IZQ. | 30.0000 | 18.1380 |
| 18+145.797 | 18+127.774 | 18+161.061 | 54-29-31 | DER. | 35.0000 | 33.2870 |
| 18+285.134 | 18+208.345 | 18+258.818 | 152-12-17 | IZQ. | 19.0000 | 50.4730 |
| 18+311.562 | 18+293.294 | 18+325.149 | 66-14-35 | IZQ. | 28.0000 | 31.8550 |
| 18+343.149 | 18+338.492 | 18+347.606 | 29-00-40 | DER. | 18.0000 | 9.1140 |
| 18+374.747 | 18+368.868 | 18+380.479 | 22-10-28 | IZQ. | 30.0000 | 11.6110 |
| 18+456.486 | 18+443.642 | 18+468.878 | 26-17-20 | DER. | 55.0000 | 25.2360 |
| 18+605.366 | 18+596.298 | 18+614.239 | 20-33-29 | IZQ. | 50.0000 | 17.9410 |
| 18+686.849 | 18+679.917 | 18+693.508 | 27-28-43 | IZQ. | 28.0000 | 13.5910 |



| PI | PC | PT | Δ | TIPO | RADIO | LONG. |
|------------|------------|------------|-----------|------|----------|---------|
| 18+727.828 | 18+711.906 | 18+741.182 | 55-54-47 | DER. | 30.0000 | 29.2760 |
| 18+793.864 | 18+773.462 | 18+811.195 | 54-02-56 | IZQ. | 40.0000 | 37.7330 |
| 18+837.576 | 18+822.375 | 18+852.547 | 17-17-15 | DER. | 100.0000 | 30.1720 |
| 18+924.405 | 18+906.669 | 18+940.756 | 39-03-40 | DER. | 50.0000 | 34.0870 |
| 18975+236. | 18+956.304 | 18+993.726 | 21-26-28 | DER. | 100.0000 | 37.4220 |
| 19030+276. | 19+003.785 | 19+039.832 | 108-42-11 | IZQ. | 19.0000 | 36.0470 |
| 19+069.15 | 19+039.832 | 19+081.494 | 103-45-11 | IZQ. | 23.0073 | 41.6620 |
| 19+128.006 | 19+110.827 | 19+144.519 | 27-34-39 | DER. | 70.0000 | 33.6920 |
| 19+173.752 | 19+158.875 | 19+186.497 | 52-45-14 | IZQ. | 30.0000 | 27.6220 |
| 19+305.955 | 19+293.61 | 19+317.033 | 44-44-08 | DER. | 30.0000 | 23.4230 |
| 19+346.406 | 19+335.646 | 19+356.309 | 39-27-45 | IZQ. | 30.0000 | 20.6630 |
| 19+381.059 | 19+372.929 | 19+388.808 | 30-19-35 | DER. | 30.0000 | 15.8790 |
| 19+476.866 | 19+459.1 | 19+492.538 | 47-53-47 | DER. | 40.0000 | 33.4380 |
| 19+521.059 | 19+500.237 | 19+531.124 | 98-18-59 | IZQ. | 18.0000 | 30.8870 |
| 19+568.873 | 19+555.16 | 19+580.884 | 49-07-49 | DER. | 30.0000 | 25.7240 |
| 19+692.259 | 19+684.968 | 19+699.525 | 08-20-27 | IZQ. | 100.0000 | 14.5570 |
| 19+787.718 | 19+759.917 | 19+814.97 | 19-42-52 | DER. | 160.0000 | 55.0530 |
| 19+967.884 | 19+951.865 | 19+982.338 | 43-48-56 | DER. | 40.0000 | 30.4730 |

3.4.4 PERALTE

El peralte es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva. Dicha acción está contrarrestada también por el rozamiento entre ruedas y pavimento.

El análisis de las fuerzas que actúan sobre el vehículo cuando este se mueve alrededor de una curva de radio constante, indica que el peralte máximo está dado por la ecuación:

$$e+ft = V^2 / 127R$$

donde:

- e* : Peralte en metros por metro
- ft* : Coeficiente de fricción lateral
- V* : Velocidad del vehículo, (Km./h)
- R* : Radio de la curva, (m)



3.4.4.1 COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL

Está determinado por numerosos factores, como estado de las superficies en contacto, velocidad del vehículo, presión de inflado entre otros. Sobre la determinación de valores prácticos para diseño se han realizado innumerables pruebas por parte de diferentes organizaciones, las cuales han llegado a algunas conclusiones:

- El coeficiente de fricción es bajo para velocidades altas.
- Se adoptan los coeficientes de fricción lateral, dados en la tabla 3.3.2. del manual del INVIAS. De la cual tomamos los valores para la velocidad de diseño del proyecto.

Tabla 3.6 COEFICIENTES DE FRICCION LATERAL

| Velocidad especifica Km./Hr | Coeficiente de fricción lateral |
|--|--|
| 30 | 0.180 |

3.4.4.2 VALORES MAXIMOS DEL PERALTE

Para carreteras de tipo rural el INVIAS fija un peralte máximo del 8%, el cual permite mantener aceptables velocidades específicas y no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores.

3.4.4.3 RADIOS MINIMOS ABOLUTOS

En la tabla 3.3.3 del manual del INVIAS se encuentran los radios mínimos absolutos para las velocidades específicas indicadas, de la cual tomamos el radio mínimo absoluto para la velocidad de diseño del proyecto.



Tabla 3.7 RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

| Velocidad especifica Km./Hr | Peralte máximo recomendado (%) | Fricción lateral máxima | Radio mínimo (m) | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|------------------|-------------|
| | | | Calculado | Recomendado |
| 30 | 8.0 | 0.180 | 27.60 | 30.00 |
| 40 | 8.0 | 0.172 | 49.95 | 50.00 |
| 50 | 8.0 | 0.164 | 80.68 | 80.00 |
| 60 | 8.0 | 0.157 | 119.61 | 120.00 |

Es de anotar que debido a la topografía del sitio del proyecto este radio mínimo no se podrá cumplir en todas la curvas.

3.4.4.4 TRANSICION DEL PERALTE

Las longitudes de transición, se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a levantarse, partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde se conforma el peralte total para cada curva, la longitud de transición para terrenos ondulado, montañoso y escarpado corresponde a la longitud de la espiral más la distancia requerida, de acuerdo con la pendiente de la rampa de peraltes, para levantar el borde externo del bombeo normal a la nivelación con el eje.

Para el cálculo de la longitud de transición se utilizará la siguiente expresión:

$$L_t = L_e + X \text{ (m)}$$

Donde:

L_t : Longitud de transición, (m)

L_e : Longitud de espiral, (m)

X : Longitud de desarrollo del bombeo normal, (m).



3.4.4.5 CARTERA DE TRANSICION DE PERALTES

| Curva Número 1 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|------------------|
| Abs. PC | 17984.203 | Abs. PT | 18002.341 |
| Radio | 30 | Longitud | 18.138 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 17984.203 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18002.341 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 17984.203 | Final | 18002.341 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 17961.703 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 17966.703 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 17984.203 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18023.966 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 18001.466 |
| % Runoff: | 95 | Final Abscisa | 18018.966 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 2 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18048.956 | Abs. PT | 18048.956 |
| Radio | 15 | Longitud | 0 |
| Entrada Espiral | 36.767 | Abs. TE | 18012.19 |
| Salida Espiral | 42.051 | Abs. ET | 18091.007 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18048.956 | Final | 18048.956 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 4.234 | Abscisa | 18027.956 |
| Runoff: | 16.766 | Inicio Abscisa | 18032.19 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18048.956 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 4.234 | Abscisa | 18069.956 |
| Runoff: | 16.766 | Inicio Abscisa | 18048.956 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18065.722 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



| Curva Número 3 | | | |
|------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Información Detallada | | | |
| Abs. PC | 18127.774 | Abs. PT | 18161.061 |
| Radio | 35 | Longitud | 33.287 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18127.774 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18161.061 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18127.774 | Final | 18161.061 |
| Peralte | 0.06 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18123.774 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18128.774 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18148.774 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18165.061 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18140.061 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18160.061 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 4 | | | |
|------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Información Detallada | | | |
| Abs. PC | 18208.345 | Abs. PT | 18258.818 |
| Radio | 19 | Longitud | 50.473 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18208.345 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18258.818 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18208.345 | Final | 18258.818 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18204.345 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18209.345 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18229.345 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18262.818 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18237.818 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18257.818 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



| Curva Número 5 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18293.294 | Abs. PT | 18325.667 |
| Radio | 28 | Longitud | 32.373 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18293.294 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18325.667 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18293.294 | Final | 18325.667 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18268.294 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18273.294 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18293.294 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 0 | Abscisa | 18325.667 |
| Runoff: | 0 | Inicio Abscisa | 18325.667 |
| % Runoff: | 0 | Final Abscisa | 18325.667 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 6 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18338.492 | Abs. PT | 18347.606 |
| Radio | 18 | Longitud | 9.114 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18338.492 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18347.606 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18338.492 | Final | 18347.606 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 0 | Abscisa | 18338.492 |
| Runoff: | 0 | Inicio Abscisa | 18338.492 |
| % Runoff: | 0 | Final Abscisa | 18338.492 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18352.406 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18327.406 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 18347.406 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 7 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18368.868 | Abs. PT | 18380.479 |
| Radio | 30 | Longitud | 11.611 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18368.868 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18380.479 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18368.868 | Final | 18380.479 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 3.514 | Abscisa | 18353.257 |
| Runoff: | 12.097 | Inicio Abscisa | 18356.771 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18368.868 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 3.514 | Abscisa | 18396.09 |
| Runoff: | 12.097 | Inicio Abscisa | 18380.479 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18392.576 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 8 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18443.642 | Abs. PT | 18468.878 |
| Radio | 55 | Longitud | 25.235 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18443.642 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18468.878 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18443.642 | Final | 18468.878 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18428.642 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18433.642 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18443.642 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18483.878 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18468.878 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18478.878 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 9 Información Detallada | | | |
|---|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18550.455 | Abs. PT | 18550.455 |
| Radio | 7.65 | Longitud | 0 |
| Entrada Espiral | 22.664 | Abs. TE | 18527.791 |
| Salida Espiral | 23.18 | Abs. ET | 18573.635 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18550.455 | Final | 18550.455 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18525.455 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18530.455 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18550.455 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18575.455 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 18550.455 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18570.455 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 10 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18596.298 | Abs. PT | 18614.239 |
| Radio | 50 | Longitud | 17.94 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18596.298 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18614.239 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18596.298 | Final | 18614.239 |
| Peralte | 0.04 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18581.298 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18586.298 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18596.298 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18629.239 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18614.239 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18624.239 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 11 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18679.917 | Abs. PT | 18693.508 |
| Radio | 28 | Longitud | 13.591 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18679.917 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18693.508 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18679.917 | Final | 18693.508 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 3.563 | Abscisa | 18662.326 |
| Runoff: | 14.028 | Inicio Abscisa | 18665.889 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18679.917 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 3.563 | Abscisa | 18696.37 |
| Runoff: | 14.028 | Inicio Abscisa | 18678.779 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18692.807 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 12 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18711.906 | Abs. PT | 18741.182 |
| Radio | 30 | Longitud | 29.276 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18711.906 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18741.182 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18711.906 | Final | 18741.182 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 3.384 | Abscisa | 18696.88 |
| Runoff: | 11.642 | Inicio Abscisa | 18700.264 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18711.906 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 3.384 | Abscisa | 18743.984 |
| Runoff: | 11.642 | Inicio Abscisa | 18728.958 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18740.6 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 13 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18773.462 | Abs. PT | 18811.195 |
| Radio | 40 | Longitud | 37.733 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18773.462 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18811.195 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 18773.462 | Final | 18811.195 |
| Peralte | 0.06 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18769.212 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 18774.212 |
| % Runoff: | -5 | Final Abscisa | 18789.212 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18814.695 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 18794.695 |
| % Runoff: | -10 | Final Abscisa | 18809.695 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 14 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18822.375 | Abs. PT | 18852.547 |
| Radio | 100 | Longitud | 30.172 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18822.375 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18852.547 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18822.375 | Final | 18852.547 |
| Peralte | 0.02 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18817.425 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 18822.425 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 18827.425 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18862.547 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 18852.547 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18857.547 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
 PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
 SECTOR K17+970 AL K19+970

| Curva Número 15 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18906.669 | Abs. PT | 18940.756 |
| Radio | 50 | Longitud | 34.087 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18906.669 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18940.756 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18906.669 | Final | 18940.756 |
| Peralte | 0.04 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18891.669 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18896.669 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18906.669 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18944.756 |
| Runoff: | 10 | Inicio Abscisa | 18929.756 |
| % Runoff: | -10 | Final Abscisa | 18939.756 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 16 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 18956.304 | Abs. PT | 18993.726 |
| Radio | 100 | Longitud | 37.422 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 18956.304 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 18993.726 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 18956.304 | Final | 18993.726 |
| Peralte | 0.02 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18946.304 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 18951.304 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 18956.304 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18998.676 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 18988.676 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 18993.676 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



| Curva Número 17 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19003.785 | Abs. PT | 19039.832 |
| Radio | 19 | Longitud | 36.047 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19003.785 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19039.832 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19003.785 | Final | 19039.832 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 18998.985 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 19003.985 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19023.985 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19064.832 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 19039.832 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19059.832 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 18 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19039.832 | Abs. PT | 19081.494 |
| Radio | 23.007 | Longitud | 41.662 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19039.832 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19081.494 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19039.832 | Final | 19081.494 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19014.832 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 19019.832 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19039.832 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19086.294 |
| Runoff: | 20 | Inicio Abscisa | 19061.294 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19081.294 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 19 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19110.827 | Abs. PT | 19144.519 |
| Radio | 70 | Longitud | 33.692 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19110.827 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19144.519 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19110.827 | Final | 19144.519 |
| Peralte | 0.03 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19098.327 |
| Runoff: | 7.5 | Inicio Abscisa | 19103.327 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19110.827 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19149.444 |
| Runoff: | 7.5 | Inicio Abscisa | 19136.944 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19144.444 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 20 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19158.875 | Abs. PT | 19186.497 |
| Radio | 30 | Longitud | 27.622 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19158.875 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19186.497 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19158.875 | Final | 19186.497 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19154.05 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19159.05 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19176.55 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19208.997 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19186.497 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19203.997 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
 PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
 SECTOR K17+970 AL K19+970

| Curva Número 21 Información Detallada | | | |
|--|----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19293.61 | Abs. PT | 19317.033 |
| Radio | 30 | Longitud | 23.424 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19293.61 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19317.033 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19293.61 | Final | 19317.033 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19271.11 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19276.11 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19293.61 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19321.858 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19299.358 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19316.858 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 22 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19335.646 | Abs. PT | 19356.309 |
| Radio | 30 | Longitud | 20.663 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19335.646 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19356.309 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19335.646 | Final | 19356.309 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 1.681 | Abscisa | 19328.32 |
| Runoff: | 5.645 | Inicio Abscisa | 19330.001 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19335.646 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 1.681 | Abscisa | 19363.635 |
| Runoff: | 5.645 | Inicio Abscisa | 19356.309 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19361.954 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 23 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19372.929 | Abs. PT | 19388.808 |
| Radio | 30 | Longitud | 15.879 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19372.929 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19388.808 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19372.929 | Final | 19388.808 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 4.584 | Abscisa | 19368.505 |
| Runoff: | 15.945 | Inicio Abscisa | 19373.089 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19389.034 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 4.584 | Abscisa | 19409.337 |
| Runoff: | 15.945 | Inicio Abscisa | 19388.808 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19404.753 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 24 Información Detallada | | | |
|--|---------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19459.1 | Abs. PT | 19492.538 |
| Radio | 40 | Longitud | 33.438 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19459.1 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19492.538 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19459.1 | Final | 19492.538 |
| Peralte | 0.06 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19439.1 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 19444.1 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19459.1 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19497.388 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 19477.388 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19492.388 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



**PREDISEÑO INTEGRAL DE LA VIA
PUENTE LA LIBERTAD EL ARBOLITO,
SECTOR K17+970 AL K19+970**

| Curva Número 25 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19500.237 | Abs. PT | 19531.124 |
| Radio | 18 | Longitud | 30.887 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19500.237 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19531.124 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19500.237 | Final | 19531.124 |
| Peralte | 0.08 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 2.739 | Abscisa | 19497.607 |
| Runoff: | 10.954 | Inicio Abscisa | 19500.346 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19511.3 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 2.739 | Abscisa | 19544.817 |
| Runoff: | 10.954 | Inicio Abscisa | 19531.124 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19542.078 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 26 Información Detallada | | | |
|--|----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19555.16 | Abs. PT | 19580.884 |
| Radio | 30 | Longitud | 25.724 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19555.16 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19580.884 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19555.16 | Final | 19580.884 |
| Peralte | 0.07 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19550.335 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19555.335 |
| % Runoff: | -1 | Final Abscisa | 19572.835 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19603.384 |
| Runoff: | 17.5 | Inicio Abscisa | 19580.884 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19598.384 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



| Curva Número 27 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19684.968 | Abs. PT | 19699.525 |
| Radio | 100 | Longitud | 14.558 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19684.968 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19699.525 |
| Metodología | A | Dirección | Left arc |
| Inicio | 19684.968 | Final | 19699.525 |
| Peralte | 0.02 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19674.968 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 19679.968 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19684.968 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19709.525 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 19699.525 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19704.525 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

| Curva Número 28 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19759.917 | Abs. PT | 19814.97 |
| Radio | 160 | Longitud | 55.053 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19759.917 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19814.97 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19759.917 | Final | 19814.97 |
| Peralte | 0.02 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19749.917 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 19754.917 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19759.917 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19824.97 |
| Runoff: | 5 | Inicio Abscisa | 19814.97 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19819.97 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |



| Curva Número 29 Información Detallada | | | |
|--|-----------|----------------------|-----------|
| Abs. PC | 19951.865 | Abs. PT | 19982.338 |
| Radio | 40 | Longitud | 30.473 |
| Entrada Espiral | 0 | Abs. TE | 19951.865 |
| Salida Espiral | 0 | Abs. ET | 19982.338 |
| Metodología | A | Dirección | Right arc |
| Inicio | 19951.865 | Final | 19982.338 |
| Peralte | 0.06 | Rollover: | OFF |
| Transición de Entrada | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 19931.865 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 19936.865 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19951.865 |
| Transición de Salida | | | |
| Runout: | 5 | Abscisa | 20002.338 |
| Runoff: | 15 | Inicio Abscisa | 19982.338 |
| % Runoff: | 100 | Final Abscisa | 19997.338 |
| Sub base | None | | |
| Transición de Entrada | 0 | Transición de salida | 0 |

3.4.4.6 DESARROLLO DEL PERALTE

Para este proyecto el desarrollo del peralte se hará girando el pavimento de la calzada alrededor del eje. Lo cual permite un desarrollo más armónico y provoca menor distorsión de los bordes de la corona.

3.4.4.7 CURVAS DE TRANSICION

En caso de requerirse este tipo de curvas se utilizara la espiral clotoide debido a las siguientes ventajas:

Una curva espiral diseñada apropiadamente proporciona una trayectoria natural y fácil de seguir por los conductores, de tal manera que la fuerza centrífuga crece o



decrece gradualmente, a medida que el vehículo entra o sale de una curva horizontal.

La longitud de la espiral se emplea para realizar la transición del peralte y la del sobreebanco entre la sección transversal en línea recta y la sección transversal completamente peraltada y con sobreebanco de la curva.

El desarrollo del peralte se hace en forma progresiva, con lo que se consigue que la pendiente transversal de la calzada sea, en cada punto, la que corresponde al respectivo radio de curvatura.

La flexibilidad de la clotoide y las muchas combinaciones del radio con la longitud, permiten la adaptación a la topografía, y en la mayoría de los casos la disminución del movimiento de tierras, para obtener trazados más económicos.



3.4.4.8 CARTERA DE CURVAS DE TRANSICION

PARAMETROS DE LA ESPIRAL

| ESPIRAL | ABS. TE | ABS. EC | LONG. | θ | P | X | Y | K | CUERDA LARGA | CUERDA CORTA |
|-----------------|------------|------------|---------|----------|--------|---------|---------|---------|--------------|--------------|
| ESP. DE ENTRADA | 18+012.19 | 18+048.956 | 36.7660 | 70-13-10 | 3.5599 | 31.6154 | 13.4836 | 17.5005 | 26.7662 | 14.3291 |
| ESP. DE SALIDA | 18+048.956 | 18+085.723 | 36.7670 | 70-13-10 | 3.5599 | 31.6154 | 13.4836 | 17.5005 | 26.7662 | 14.3291 |
| ESP. DE ENTRADA | 18+527.791 | 18+550.455 | 22.6640 | 84-52-17 | 2.5883 | 18.1711 | 9.5545 | 10.5518 | 17.3136 | 9.5929 |
| ESP. DE SALIDA | 18+550.455 | 18+573.118 | 22.6630 | 84-52-17 | 2.5883 | 18.1711 | 9.5545 | 10.5518 | 17.3136 | 9.5929 |



3.5 ALINEAMIENTO VERTICAL

3.5.1 PENDIENTE

Los valores mínimos para pendiente longitudinal están determinados por las condiciones de drenaje. De todas maneras, la inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la calzada no será menor que 0.5%; salvo justificación, no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a 10 segundos, dicha longitud se medirá entre vértices contiguos.

En la tabla 3.4.1 del manual del INVIAS tomamos la relación entre pendiente máxima y la velocidad de diseño.

Tabla 3.8 RELACION ENTRE PENDIENTE MAXIMA (%) Y VELOCIDAD DE DISEÑO

| TIPO DE CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km./Hr) | | |
|---------------------|-----------------|------------------------------------|----|----|
| | | 30 | 40 | 50 |
| Carretera terciaria | Plano | - | 7 | 7 |
| | Ondulado | 11 | 11 | 10 |
| | Montañoso | 14 | 13 | 13 |
| | Escarpado | 16 | 15 | 14 |

3.5.2 CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el origen de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.



Para una operación segura de los vehículos al circular sobre curvas verticales, especialmente si son convexas, deben obtenerse distancias de visibilidad adecuadas, como mínimo iguales a la de parada.

Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.

Debe también tenerse en cuenta el aspecto estético, puesto que las curvas demasiado cortas pueden llegar a dar la sensación de quiebre repentino, hecho que produce cierta incomodidad.

La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se explican claramente en el título 3.4.4.1 del manual del INVIAS.

Para el presente diseño tomamos como mínima longitud de curvas verticales 30m y procurando que si llegan a coincidir las abscisas de las curvas verticales y horizontales las primeras deberán desarrollarse en su totalidad dentro de las segundas.

NOTA: El diseño horizontal y vertical se encuentran en el plano DIPLA-DISGEM 8.



3.5.2.1 CARTERA DE CURVAS VERTICLES

| ABSCISA | PUNTO | COTA | PENDIENTE DE ENTRADA (%) | PENDIENTE DE SALIDA (%) | LONGITUD |
|------------|-------|----------|--------------------------|-------------------------|----------|
| 18+019.327 | PCV | 3446.879 | | | |
| 18+034.327 | PIV | 3447.867 | 6.5851 | 11.9652 | 30 |
| 18+049.327 | PTV | 3449.662 | | | |
| 18+056.908 | PCV | 3450.569 | | | |
| 18+086.908 | PIV | 3454.158 | 11.9652 | 7.6596 | 60 |
| 18+116.908 | PTV | 3456.456 | | | |
| 18+130.022 | PCV | 3457.461 | | | |
| 18+145.022 | PIV | 3458.61 | 7.6596 | 10.0897 | 30 |
| 18+160.022 | PTV | 3460.123 | | | |
| 18+517.660 | PCV | 3496.208 | | | |
| 18+547.660 | PIV | 3499.234 | 10.0897 | 7.1767 | 60 |
| 18+577.660 | PTV | 3501.387 | | | |
| 18+822.561 | PCV | 3518.963 | | | |
| 18+837.561 | PIV | 3520.04 | 7.1767 | 4.5679 | 30 |
| 18+852.561 | PTV | 3520.725 | | | |
| 18+866.523 | PCV | 3521.363 | | | |
| 18+881.523 | PIV | 3522.048 | 4.5679 | 8.4015 | 30 |
| 18+896.523 | PTV | 3523.308 | | | |
| 18+959.143 | PCV | 3528.569 | | | |
| 18+974.143 | PIV | 3529.829 | 8.4015 | 6.0709 | 30 |
| 18+989.143 | PTV | 3530.74 | | | |
| 19+009.058 | PCV | 3531.949 | | | |
| 19+024.058 | PIV | 3532.86 | 6.0709 | 9.5245 | 30 |
| 19+039.058 | PTV | 3534.288 | | | |
| 19+080.141 | PCV | 3538.201 | | | |
| 19+095.141 | PIV | 3539.63 | 9.5245 | 5.8829 | 30 |
| 19+110.141 | PTV | 3540.513 | | | |
| 19+311.504 | PCV | 3552.359 | | | |
| 19+326.504 | PIV | 3553.241 | 5.8829 | 11.267 | 30 |
| 19+341.504 | PTV | 3554.931 | | | |
| 19+352.211 | PCV | 3556.137 | | | |
| 19+367.211 | PIV | 3557.827 | 11.267 | 7.1975 | 30 |
| 19+382.211 | PTV | 3558.907 | | | |
| 19+703.809 | PCV | 3582.054 | | | |
| 19+728.809 | PIV | 3583.853 | 7.1975 | 8.0057 | 50 |
| 19+753.809 | PTV | 3585.855 | | | |



4 ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LADERAS.

Para el análisis de estabilidad se hicieron las siguientes consideraciones:

Por medio de observaciones de campo, datos tomados en las perforaciones y la estratificación de la roca, se puede determinar que el tipo de deslizamiento que se presenta en la zona con mayor frecuencia es el traslacional.

Para el análisis de falla traslacional se empleará el método Duncan y Buchignani, debido a que este simula apropiadamente el fenómeno de inestabilidad. La fórmula empleada para el cálculo del factor de seguridad es la siguiente:

$$FS = A \times (\tan(\phi) / \tan(\beta)) + B \times (c / (PUT \times z))$$

Donde:

- FS = Factor de Seguridad
- A = Parámetro función de las condiciones de agua
- B = Parámetro función de la inclinación del talud
- ϕ = Angulo de Fricción
- β = Angulo de inclinación de la superficie de falla
- C = Cohesión de la superficie de contacto
- PUT = Peso unitario del suelo
- Z = Espesor del depósito con potencialidad de deslizarse.

Para este análisis se estudiaron las siguientes condiciones:

- Sin Agua y Sin Sismo.
- Sin Agua y Con Sismo.
- Con Agua y Sin Sismo.
- Con Agua y Con Sismo.

Los parámetros utilizados para el análisis de estabilidad fueron los valores sensiblemente inferiores al promedio de las propiedades de cada uno de los suelos involucrados encontradas en los ensayos, debido al tipo de ensayo de corte (No consolidado No drenado)

El parámetro de presión de poros se calculó en función de la forma como aflora el agua sobre la cara del talud mediante la siguiente expresión:

$$ru = (PUW / PUT) \times (1 / (1 + \tan(\beta) \times \tan(\theta)))$$



Donde:

r_u = Parámetro de presión de poros
 PUW = Peso unitario del agua
 PUT = Peso unitario del suelo
 β = Inclinación del plano correspondiente a la superficie de falla.
 θ = Angulo que tienen las líneas de flujo con respecto a la horizontal si el flujo va hacia la cara del talud.

La aceleración sísmica utilizada para el análisis es de 250 gals. Con este valor se puede calcular el coeficiente de aceleración.

$$A_h = (A_c/g)$$

Donde:

A_h = Coeficiente de Aceleración Sísmica
 A_c = Aceleración del sismo promedio de la región
 g = Aceleración de gravedad

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Debido a que las características de las formaciones superficiales son homogéneas en el área de influencia del proyecto, el análisis de estabilidad tiene validez tanto para los taludes naturales como para los taludes antrópicos.

4.1.1 ESPESOR DEL DEPÓSITO POTENCIALMENTE INESTABLE 2 M:

4.1.1.1 No Agua No Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 60 grados

4.1.1.2 No Agua y Si Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 60 grados.



4.1.1.3 Si Agua y No Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 60 grados.

4.1.1.4 Si Agua y Si Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 60 grados.

4.1.2 ESPESOR DEL DEPÓSITO POTENCIALMENTE INESTABLE 3 M.

4.1.2.1 No Agua No Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 50 grados

4.1.2.2 No Agua y Si Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 50 grados.

4.1.2.3 Si Agua y No Sismo

Los factores de seguridad son superiores a la unidad para todas las inclinaciones analizadas. El menor valor se presenta para inclinaciones de 50 grados.

4.1.2.4 Si Agua y Si Sismo

Los factores de seguridad son inferiores a la unidad para taludes comprendidos entre 35 y 80 grados. El menor valor se presenta para inclinaciones de 50 grados.



4.2 PROCESOS EROSIVOS

Estos procesos se caracterizarán de acuerdo a la tabla 5.1 Lista de chequeo para caracterización de procesos erosivos CORPOCALDAS, (2002).

4.2.1 PROCESOS DE EROSIÓN SUPERFICIAL

Erosión remontante. Este proceso se origina por el progreso gradual hacia la cabecera de una cuenca fluvial como consecuencia del afloramiento de manantiales. Este fenómeno es observado 100 mts antes del Hotel Termal del Ruiz.

4.2.2 PROCESOS DE EROSIÓN PROFUNDA O MOVIMIENTO DE MASA

En la zona en estudio únicamente encontramos un proceso de movimiento de masa el cual se clasifica como DESLIZAMIENTO ROTACIONAL . (FIGURA 4.1).



FIGURA 4.1 Deslizamiento rotacional



Tabla 4.1. Lista de chequeo para caracterización de procesos erosivos CORPOCALDAS, (2002).

| Fecha | Localización | Clima: Soleado () Lluvioso () | Fecha de ocurrencia del evento | | | | |
|---------------------------|----------------------------|--|--|--|--|---|--|
| 1. TIPO | 4. MATERIAL | 9. VARIABLE DETERMINANTE DE LA INESTABILIDAD | 10. HIDROLOGIA | | 17. MORFOMETRIA | 23. RECOMENDACIONES | |
| | | | 10a. Contenido de agua de los materiales | 10b. Altura del nivel freático | | | |
| 0. Desconocido | 1. Suelo orgánico | 0. Desconocido | 0. Desconocido | A. Normal | B. Nivel de carga y descarga | 1. Longitud | 1. Evacuación |
| 1. Deslizamiento | 2. Suelo residual | 1. Pérdida de soporte lateral natural | 1. Seco | 0. Desconocido | 0. Desconocido | 2. Amplitud: a. Corona, b. En la mitad del cuerpo, c. Base del cuerpo | 2. Demolición |
| 2. Caída-desprendimiento | 3. Secuencia piroclástica | 2. Pérdida de soporte en la base | 2. Húmedo | 1. Por encima de la corona | 1. Por encima de la corona | 3. Profundidad | 3. Recubrir con plásticos áreas afectadas (corona) |
| 3. Flujo | 4. Rocas metamórficas | 3. Pérdida de soporte en la base por socavación | 3. Mojado | 2. Por debajo de la corona | 2. Por debajo de la corona | 4. Az/Buz | 4. Sellamiento de grietas |
| 4. Volamiento | 5. Rocas sedimentarias | 4. Sobresaturación por lluvia | 4. Empozado | 3. En la corona | 16. EFECTOS | 5. Altura del escarpe principal | 5. Reparación de acueducto |
| 5. Reptación | 6. Rocas volcánicas | 5. Presión lateral | 5. Escurrimiento | 4. En el cuerpo | 0. Ninguno | 6. Altura del escarpe lateral | 6. Reparación de alcantarillado |
| 6. Sagging | 7. Rocas intrusivas | 6. Esfuerzo o vibración temporal (sismo) | 6. Flujo | 5. En la base del cuerpo | 1. Sistema de alumbrado | 7. Material infrayacente al superficie de ruptura | 7. Revisión de acueducto y/o alcantarillado |
| 7. Subsistencia | 8. Rocas cataclásticas | 7. Elevación del NAF (Nivel de aguas freáticas) | 11. SUELO RURAL | 13. TIPO DE VEGETACIÓN | 2. Cultivos | 8. Volumen | 8. Desvío temporal de aguas lluvias |
| 8. Avalancha | 9. Dep. coluviales | 8. Humedad y secamiento | 1. Agrícola | 1. Sin vegetación área improductiva | 3. Bosques naturales | 9. Posición en la ladera: a. Baja, b. Media, c. Alta | 9. Limpiezas de obras |
| 9. Complejo | 10. Dep. aluviales | 9. Mal manejo de aguas lluvias y escurrimiento | 2. Pecuario | 2. Vegetación rastrera (pastos) | 4. Plantaciones | 19. GRIETAS | 10. Captación de afloramiento de aguas |
| 10. Propagación lateral | 11. Dep. glaciares | 10. Sobrecarga en la corona | 3. Industrial | 3. Rastrojo bajo (menor 0,4m) Brinzal | 5. Carreteras | 0. Desconocido | 11. Monitoreo visual |
| 11. Terracetas | 12. Rellenos | 11. Remolde del suelo | 4. Minero | 4. Rastrojo medio (0,4) Latizal | 6. Carreteable | 1. Sobre la corona | 12. Perfilado del talud |
| 12. Socavación de orillas | 13. Dep. fluvio volcánicos | 12. Cambio del uso del suelo | 5. Forestal | 5. Rastrojo bajo (mayor de 1,0) Fustal | 7. Sistema de acueducto y alcantarillado | 2. Sobre los escarpes laterales | 13. Evitar remover materiales en la base |
| 2.SUBTIPO | 14. Otros | 13. Tipo de cobertura vegetal | 6. Recreacional | 6. Cultivos permanente (café, plátanos, cítricos, etc) | 8. Puentes | 3. En el cuerpo transversales | 14. Construir drenes en zanja |
| 0. Desconocido | 5. TALUD O LADERA | 14. Defectos en el sistema de acueducto y alcantarillado | 7. Agroforestal | 7. Cultivos transitorios (frijol, maíz, tomates, etc) | 9. Bocas toma | 4. En el cuerpo longitudinales | 15. Construir drenes sub horizontales |
| 1. Rotacional | 0. Desconocido | 15. Deficiencia en el control y entrega de aguas lluvias | 8. Condominios | 8. Bosque productor | 10. Viviendas, edificaciones | 20. FORMAS DE LAS GRIETAS | 16. Construir acequias |
| 2. Traslacional | 1. Natural | 16. Disposición inadecuada de residuos sólidos | 9. Suburbano | 9. Bosque protector | 11. Pérdidas de vida | 1. Continuas | 17. Construir cunetas |
| 3. Diédrico | 2. Antrópico | 17. Materiales cizallados, fracturados, meteorizados o sensibles | 10 Ganadero | 12. EROSIÓN SUPERFICIAL AL INTERIOR DEL MOVIMIENTO | 12. Obras de estabilización | 2. Discontinuas | 18. Construir zanjas colectoras |
| 4. Compuesto | 3. Ambos | 18. Discontinuidad a favor de la pendiente | 12. EROSIÓN SUPERFICIAL AL INTERIOR DEL MOVIMIENTO | 14. CARACTERISTICAS DE LA VEGETACIÓN | 13. Campos deportivos | 21. MEDIDAS DE TRATAMIENTO EXISTENTES | 19. Construir canales de bajada |
| 5. Lahar | 6. PROFUNDIDAD | 19. Angulo de la pendiente | 0. Desconocido | 0. Desordenada, parcialmente muerta | 14. Manantiales | 1. Terrazas | 20. Señalizar |
| 6. Flujo de lodo | 0. Desconocido | 20. Longitud de la pendiente | 1. Erosión laminar | 1. Sin ella en la pendiente | 15. Drenaje | 2. Canales | 21. Descopar árboles (previa solicitud permiso) |
| 7. Flujo de escombros | 1. Superficial | 21. Cambio de permeabilidad | 2. Erosión en surcos | 2. Baja densidad | 16. Potreros | 3. Muros de contención | 22. Erradicar árboles (Prevía solicitud permiso) |
| 8. Solifluxión | 2. Profundo | 22. Sobrecarga de material sólido en corrientes hídricas | 3. Erosión en cárcavas | 3. Contraste en y fuera del deslizamiento | 17. Terreno naturales | 4. Zanjas colectoras | 23. Aprovechamiento forestal (Prevía permiso) |
| 3. ACTIVIDAD | 7. ESCARPE | 23. Minería | 4. Pipas o tubificaciones | 4. Cambios por el drenaje | 18. Otros | 5. Box culvert y/o transversales | 24. Destapar cauce represado |
| 0. Desconocido | 0. Desconocido | 24. Cambios de permeabilidad | 5. Ravines | 15. DRENAJE | 18. SUPERFICIE DE RUPTURA | 6. Otros | 25. Construir barreras de protección |
| 1. Activo | 1. Principal | 25. Cambios litológicos | 6. Terracetas | 0. Desordenada | 0. Desconocida | 7. Ninguno | 26. Estudio geológico-geotécnico |
| 2. Inactivo | 2. Lateral | | 7. Tierras malas | 1. Anómala | 1. Única | 22. PENDIENTES MORFOLOGICAS | 27. Instrumentación topográfica |
| 8. CUERPO | 3. Ambos | | 8. Caminos de ganado | 2. Acumulación de aguas | 2. Múltiple | 0. Desconocida | 28. Instrumentación geotécnica |
| 0. Desconocido | 4. Múltiple | | 9. Antrópico | 3. Fuentes | 3. Discontinua | 1. Cóncava | 29. Reubicación viviendas |
| 1. Existente | | | 10. Socavamiento de fondos lateral | 4. Excesivo drenaje | 4. Continua | 2. Convexa | 30. Revegetalización |
| 2. Inexistente | | | | | | 3. Recta | 31. Reforestación |
| | | | | | | 4. Nichos | 32. Obras bio ingenieriles |
| | | | | | | 5. Escalonadas | 33. Obras de contención |
| | | | | | | 6. Bloques rotados | 34. Canalización abierta |
| | | | | | | | 35. Canalización cerrada |
| | | | | | | | 36. Barras transversales (diques) |
| | | | | | | | 37. Construir pavimento |
| | | | | | | | 38. Construir peatonal |
| | | | | | | | 39. Construir transversal |
| | | | | | | | 40. Otras |
| | | 24. ESQUEMA | | | | | |
| | | | | | | | 25. PERFIL INTERPRETATIVO |



TABLA 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS

| N° | TIPO | SUBTIPOO | ACTIVIDAD | MATERIAL | TALUD O LADERA | PROFUNDIDAD | ESCARPE | CUERPO | VARIABLE DE INESTABILIDAD | HIDROLOGIA | SUELO | EROSION | TIPO DE VEGETACION | DRENAJE | EFFECTOS | SUPERFICIE DE RUPTITA | LONGITUD | AMPLITUD | GRIETAS | FORMA DE LAS GRIETAS | MEDIDAS DE TRATAMIENTO | PENDIENTE MORFOLOGICA | RECOMENDACIONES |
|-------|------|----------|-----------|----------|----------------|-------------|---------|--------|---------------------------|------------|-------|---------|--------------------|---------|----------|-----------------------|----------|----------|---------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| 5.3.1 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 19 | 3 | 5 | 0 | 4 | 2 | 6 | 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | 7 | 5 | 31 |
| 5.3.2 | 1 | 1 | 2 | 11 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 19 | 2 | 5 | 2 | 4 | 3 | 6 | 1 | 8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 3 | 31 |



4.3 ESTUDIO GEOTECNICO

4.3.1 Prospección Geotécnica

Para la caracterización de la vía se programaron una serie de perforaciones con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades superficiales. Los ensayos de laboratorio programados fueron: para cada uno De cada perforación fueron extraídas muestras para realizar Granulometría por lavado, límites de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico), humedad natural, Peso unitario húmedo y Peso unitario seco.

Los demás parámetros serán tomados de la literatura mediante correlaciones empíricas.

4.3.2 Columna Estratigráfica:

La columna estratigráfica en el área de estudio se describe de la siguiente manera:

Material heterogéneo de textura limo arcillosa y limo arenosa color pardo oscuro proveniente de antiguas explanaciones sobre la parte alta de ladera con espesor promedio de 0.3 m.

Debajo de los depósitos heterogéneos se encuentran los depósitos de caída piroclástica formados por intercalaciones de limos Arenosos y mantos de lapili color pardo oscuro y gris amarillento, con un espesor que varía desde unos cuantos centímetros hasta 3 metros, dependiendo de la topografía de la zona.

Infrayaciendo los depósitos de caída piroclástica se presentan las rocas ígneas porfíricas.

Cada una de las perforaciones se describe en el anexo 1.



4.3.3 Propiedades Geotécnicas de los Materiales

4.3.3.1 Carta de Plasticidad

Textura: limo arcillosa y limo arenosa

Color: Pardo oscuro y gris, en algunos sectores se aprecian óxidos de hierro color marrón.

Clasificación sistema unificado arenas limosas (SM), gravas bien y mal gradadas (GP, GM).

4.3.3.2 Pasante del tamiz 200

Las arenas limosas presentan valores promedio de 18.16 % indicando que la fracción gruesa predomina en estos materiales. Para las gravas el valor es menor a 14%.

4.3.3.3 Limite Líquido

En las arenas el límite líquido presenta valores promedio de 62.83 % Este valor indica que los materiales presentan una plasticidad alta. Para las gravas no se pudo determinar.

4.3.3.4 Humedad Natural

El valor promedio para las arenas es de 55.12 %; para las gravas el valor es de 19,80 %.

4.3.3.5 Índice de plasticidad

Los valores encontrados son superiores al 7%. Con este valor se considera que el potencial de expansión es bajo. Para las gravas no se pudo determinar esta propiedad.



4.3.3.6 Peso Unitario

El valor promedio para los depósitos arenosos es de 1,80 Ton/m³. Para las gravas es sensiblemente mayor.

4.3.3.7 Angulo de Fricción Interno

33 Grados; este valor de ángulo de fricción se considera alto para los suelos de la región.

4.3.3.8 Cohesión

El valor de esta propiedad es de 2 Ton/m², este valor se considera bajo.

4.3.3.9 Resistencia a la Compresión Inconfinada

El valor de esta propiedad es de 11 Ton/m², valor considerado alto y siendo un indicativo de la buena consistencia de los materiales.

4.3.4 Ensayos de Laboratorio y Campo

En el anexo 1 de ensayos de laboratorio se presentan cada uno de los ensayos realizados para la caracterización geotécnica de los materiales detectados en la zona de estudio.

4.4 OBRAS DE CONTROL DE AGUA.

Para realizar el prediseño de las obras de control de agua necesarias para garantizar un mejor desempeño del pavimento que se construya se realizó el estudio hidrológico y la evaluación hidráulica de las obras de la zona.



4.4.1 ESTUDIO HIDROLOGICO Y EVALUACION HIDRAULICA

El área de estudio se localiza en el parque Nacional de los Nevados, a una altura de 3500 msnm. La zona corresponde a un relieve montañoso, donde predominan los pastos; los efectos naturales como el clima húmedo y artificiales como lo es el sobrepastoreo genera la degradación de la estructura del suelo favoreciendo la formación de terracetos y procesos erosivos.

El clima se desarrolla en condiciones de frío y alta irradiación, con ciclos diarios de extremas temperaturas, comprende bosque andino caracterizado por vientos fuertes, alta nubosidad, nieblas frecuentes y sistemas de aguas termales sulfatadas y alcalinas.

En la zona de estudio se observan una serie de líneas de drenaje que hacen parte de la Cuenca del Ríoclaro.

4.4.1.1 Cuenca del Ríoclaro

Nace en los arenales del Nevado Santa Isabel a 4400 msnm, en una zona de características de páramo. Presenta áreas boscosas protectoras, recibe las aguas de la quebrada Nereidas a 2300 msnm, originada del deshielo del glaciar Nereidas a los 5000 msnm y la quebrada molinos a los 1900 msnm, las dos quebradas se integran en una sola corriente denominada Ríoclaro que confluye en el río Chinchiná.

4.4.1.2 Cuenca del río Chinchiná

Esta cuenca abarca la región central del departamento de Caldas, con un área de 113.263 Ha que comprende parte del territorio de los municipios de Manizales, Neira, Villamaría, Chinchiná, Palestina.

Su principal fuente hídrica es el río Chinchiná que nace a una altura de 3600 msnm en la laguna la negra localizada en el páramo de letras, en inmediaciones de los municipios de Manizales (Vereda la Esperanza) y Villamaría (Vereda Frailes), corre en sentido este oeste, posteriormente en la parte oeste del municipio de Manizales cambia su dirección al norte, para entregar sus aguas al río Cauca a una altura de 800 msnm en la hacienda el Retiro municipio de Palestina; entre sus principales afluentes se encuentran las quebradas el Mangón, la Zulia, la María, California, Chupaderos, Chupaderitos, el Perro, Manizales, río Claro, El Rosario, Manzanares, Purgatorio y el río Guacaica.



4.4.1.3 Microcuencas de la zona de estudio

Se encuentra interceptando la vía en diferentes puntos, las cuales la salvan por medio de Pontones, alcantarillas de cajón o simplemente la atraviesan, corresponden a corrientes menores por el caudal que transita por ellas.

El estado general de estas obras para el manejo de agua es regular debido al mantenimiento que se les hace y las condiciones climatológicas de la zona de estudio.

En el anexo chequeo de las obras hidráulicas se pudo observar los caudales de estas líneas de drenaje y la capacidad hidráulica de las estructuras que atraviesan.

4.5 PREDISEÑO DE LAS OBRAS GEOTECNICAS

En el tramo de estudio se tienen como principal problema el deficiente manejo de las aguas de escorrentía y de las aguas provenientes de nacimientos que en algunos casos son de origen termal. Las obras propuestas en cada uno de los sitios detectados como críticos se presentan a continuación:

4.5.1 Abscisa K18 + 060

Al igual que para el caso anterior, los problemas se asocian a la falta de obras de manejo de aguas en el corredor. Las obras requeridas en este tramo son:

Canal rectangular desde K18+050 al K18+100

Poceta

Canal trapezoidal mayor Tipo I

4.5.2 Abscisa K18 + 500

Los problemas de estabilidad se asocian a la falta de obra de manejo de aguas.

Las obras requeridas en este tramo son:

2 Transversales una en el K18+460 y la segunda en el K18+520

2 Pocetas

Canal trapezoidal tipo II

Canal trapezoidal tipo I, este se une al canal trapezoidal anterior.



4.5.3 Abscisa K 18 + 720 al 18+ 735

Las obras propuestas en este sector consideran el mejoramiento de un talud, en este caso se plantean una serie de obras bioingenieriles tales como:

Trinchos en guadua

Abancalamiento

Perfilamiento de negativos

Revegetalización con especies nativas.

4.5.4 Abscisa K 19 + 030 al 19+ 080

En este sector se requieren obras de manejo de aguas principalmente a continuación se hace un listado de cada una de ellas:

Poceta

Canal trapezoidal Tipo II

NOTA: La localización, el detalle de los canales y de las obras de contención se encuentran en los planos DIPLA-LOCOBRA 5 Y DIPLA-DETALLES 7.

4.6 EVALUACION HIDRAULICA.

4.6.1 CALCULO CAUDALES LINEAS DE DREANAJE

Para el cálculo de los tiempos de concentración de la microcuenca se utilizo la ecuación de:

CALIFORNIA CULVER PRATICE (minutos)

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal (m)

H = Desnivel máximo en el cauce (m)

Tc = Tiempo de Concertación (min)



| LINEA DE DRENAJE | ABSCISA | AREA | LONGITUD | ESTRUCTURA |
|------------------|----------|------|----------|------------|
| 1 | K 19+520 | 0.8 | 400 | Box |
| 2 | K 19+460 | 0.4 | 200 | Box |
| 3 | K 18+640 | 0.2 | 130 | Box |
| 4 | K 18+560 | 0.3 | 150 | Box |
| 5 | K 18+080 | 0.6 | 200 | Canal |
| LINEA DE DRENAJE | L | | H | Tc |
| 1 | 400 | | 100 | 3.35 |
| 2 | 200 | | 100 | 1.51 |
| 3 | 130 | | 40.3 | 1.30 |
| 4 | 150 | | 49.5 | 1.42 |
| 5 | 200 | | 20 | 2.80 |

Para el cálculo de los caudales utilizamos la formula por el método racional:

$$Q = \left(\frac{C * i * A}{360} \right)$$

Donde:

Q = Caudal (m³/sg)

A = Area de la cuenca (hectáreas)

C = Coeficiente (0,45) corresponde a suelos con vegetación ligera y pendientes entre el 50% y el 20%

i = Intensidad de lluvia (mm/hora)

Para hallar la intensidad se utilizó la ecuación de las curvas del IDF (mm/hr):

$$I = \frac{\left\{ 456 + \left[- \ln \left[- \ln \left[1 - \frac{1}{Tr} \right] \right] - 0.53 \right] \frac{96.2}{1.05} \right\}}{(t + 5)^{0.62}}$$



| No. | Tc | i (Tr 2) | i (Tr 10) | i (Tr 20) | i (Tr 50) | i (Tr 100) | Area |
|-----|------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------|
| 1 | 3.35 | 127 | 152 | 161 | 173 | 182 | 0.80 |
| 2 | 1.51 | 148 | 177 | 188 | 202 | 213 | 0.40 |
| 3 | 1.30 | 151 | 181 | 192 | 206 | 217 | 0.20 |
| 4 | 1.42 | 150 | 179 | 190 | 204 | 215 | 0.30 |
| 5 | 2.80 | 133 | 158 | 168 | 181 | 190 | 0.60 |

| C | Q(2) (M ³ /Sg) | Q(10) (M ³ /Sg) | Q(20) (M ³ /Sg) | Q(50) (M ³ /Sg) | Q(100) (M ³ /Sg) |
|------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0.45 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.18 |
| 0.45 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.11 |
| 0.45 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 0.45 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 |
| 0.45 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.14 |

4.6.2 CAPACIDAD HIDRAULICA DE LAS OBRAS

Para cada una de las obras existentes en las líneas de drenaje hallaremos su capacidad hidráulica:

La capacidad para estas obras se determinada por la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Donde:

Q = Caudal (m³/sg)

n = Coeficiente de rugosidad (Concreto = 0.013)

S = pendiente %

R = Radio hidráulico

A = Area



4.6.2.1 BOX CULVERT K 19+520 Y K 19+460

| VARIABLES | DATOS | S (%) |
|------------------|-------|-------|
| n | 0.013 | 1 |
| Base menor | 1.00 | 2 |
| Base mayor | 1.00 | 3 |
| Altura | 2.00 | 4 |
| Lamina | 1.90 | 5 |
| (B-b)R/2 | 0.00 | 6 |
| Area | 1.90 | 7 |
| Perímetro | 4.80 | 8 |
| radio hidráulico | 0.40 | 9 |

**TABLA 4.3 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m³/ seg.
 Según la pendiente**

| 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q |
| 7.879 | 11.143 | 13.647 | 15.759 | 17.619 | 19.300 | 20.847 | 22.286 | 23.638 |

4.6.2.2 CANAL K 19+080 PROPUESTO

| VARIABLES | DATOS | S (%) |
|------------------|-------|-------|
| n | 0.020 | 1 |
| Base menor | 0.40 | 2 |
| Base mayor | 1.00 | 3 |
| Altura | 0.60 | 4 |
| Lamina | 0.50 | 5 |
| (B-b)R/2 | 0.25 | 6 |
| Area | 0.33 | 7 |
| Perímetro | 1.52 | 8 |
| radio hidráulico | 0.21 | 9 |



**TABLA 4.4 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m³/ seg.
Según la pendiente**

| 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q |
| 0.582 | 0.822 | 1.007 | 1.163 | 1.300 | 1.425 | 1.539 | 1.645 | 1.745 |

4.6.2.3 Tubería 27" en concreto K 18+500 PROPUESTA

| VARIABLES | DATOS |
|-----------|-------|
| n | 0.013 |
| Diámetro | 27" |

**TABLA 4.5 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m³/ seg.
Según la pendiente**

| 1% | 2% | 3% | 4% | 5% |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| v | v | v | v | v |
| 5.30 | 4.74 | 4.11 | 3.35 | 2.37 |
| Q | Q | Q | Q | Q |
| 1.960 | 1.753 | 1.516 | 1.240 | 0.897 |



4.6.2.4 Box K 18+640 y K 18+560

| VARIABLES | DATOS | S (%) |
|------------------|-------|-------|
| n | 0.013 | 1 |
| Base menor | 2.00 | 2 |
| Base mayor | 2.00 | 3 |
| Altura | 1.00 | 4 |
| Lamina | 0.90 | 5 |
| (B-b)R/2 | 0.00 | 6 |
| Area | 1.80 | 7 |
| Perímetro | 3.80 | 8 |
| radio hidráulico | 0.47 | 9 |

**TABLA 4.6 Resumen de capacidad hidráulica del elemento en m³/ seg.
Según la pendiente**

| 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q | Q |
| 8.414 | 11.899 | 14.573 | 16.828 | 18.814 | 20.609 | 22.261 | 23.798 | 25.241 |

4.6.3 CHEQUEO OBRAS HIDRULICAS

El chequeo de las obras se realizara para un periodo de retorno de 50 años, así:

TABAL 4.7 CHEQUEO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS

| LINEA DE DRENAJE | ESTRUCTURA | CAUDAL DRENAJE TR = 50 años (m3/sg) | CAPACIDAD HIDRAULICA (m ³ /seg.) | CALIFICACIÓN |
|------------------|------------|-------------------------------------|---|--------------|
| 1 | Box | 0.17 | 7.8 | OK |
| 2 | Box | 0.10 | 7.8 | Ok |
| 3 | Box | 0.05 | 8.4 | Ok |
| 4 | Box | 0.08 | 8.4 | Ok |
| 5 | Canal | 0.14 | 0.58 | OK |



4.6.4 INVENTARIO DE OBRAS EXISTENTES Y POR CONSTRUIR

| Abscisa | Tipo de obra | | | | | | Descole | | Talud Sup. | | Agua | | Cunetas | | Observaciones |
|---------|--------------|-----|--------|-------|-------------|----------------|---------|---------|------------|-----|-------|-------|---------|--------|--|
| | Cabezote | | Poceta | | Transversal | | Tierra | Revest. | Izq | Der | Perm. | Temp. | Revest | Tierra | |
| | Izq | Der | Obst. | Buena | T # | Diámetro (plg) | | | | | | | | | |
| 17+970 | | | | X | T49 | BOX | Gavión | | | | | | | | En general esta en buen estado (igual a la 18+080) |
| 18+000 | | X | | | T48 | 24" | Fall | | | | X | | | I-D | Transversal en mal estado y descole fallado |
| 18+040 | | | | | | | Cuneta | | X | | | | | | FALTA OBRA |
| 18+090 | | | | | T47 | | Fall | | X | | | | | | Tanques en mal estado y descole fallado |
| 18+080 | | | | | | | Cuneta | | X | | X | | | | FALTA OBRA dirigir el agua a la 18+090 |
| 18+080 | Obs | Obs | X | | T46 | - | X | | X | | X | | | I-D | Tranversal obstruida |
| 18+160 | X | X | | X | T45 | 24" | X | | X | | | X | | I-D | Transversal |
| 18+285 | X | | X | | T44 | 18" | X | | | X | | X | | I-D | Transversal |
| 18+300 | X | | | X | T43 | 24" | X | | | X | | X | | I-D | Transversal |
| 18+345 | Obs | Obs | X | | T42 | 24" | X | | | X | X | | | I-D | Transversal |
| 18+375 | Obs | Obs | X | | T41 | 18" | X | | | X | X | | | I-D | Transversal |
| 18+440 | X | Obs | | X | T40 | 24" | X | | | X | X | | | I-D | Transversal - Capta la mayor parte de la 18+445 |
| 18+445 | | | | | | | Vía | | | X | X | | | I-D | FALTA OBRA dirigir el agua a la 18+440 (igual a la 18+620) |
| 18+470 | X | Obs | X | | T39 | 24" | X | | | X | X | | | I-D | Línea de drenaje (igual a la 18+560)- Transversal |
| 18+560 | | | | | T38 | BOX | | | X | | X | | | D | Línea de drenaje - Transversal |
| 18+640 | | | | | T37 | BOX | | | X | | X | | | D | Línea de drenaje - Transversal |
| 18+665 | X | X | | X | T36 | 18" | X | | X | | | X | | D | Transversal |
| 18+730 | Obs | Obs | | X | T35 | 24" | X | | X | | | X | | D | Transversal |



| Abscisa | Tipo de obra | | | | | | Descole | | Talud Sup. | | Agua | | Cunetas | | Observaciones |
|---------|--------------|-----|--------|-------|-------------|----------------|---------|---------|------------|-----|-------|-------|---------|--------|--|
| | Cabezote | | Poceta | | Transversal | | Tierra | Revest. | Izq | Der | Perm. | Temp. | Revest | Tierra | |
| | Izq | Der | Obst. | Buena | T # | Diámetro (plg) | | | | | | | | | |
| 18+745 | | | | | | | | | X | | | | | | Deslizamiento menor |
| 18+810 | X | X | | X | T34 | 24" | X | | X | | | X | | D | Transversal |
| 18+970 | Obs | Obs | | X | T33 | 18" | Obst. | | X | | | X | | D | Transversal obstruida |
| 19+080 | | | | | | | Vía | | | X | X | | | | FALTA OBRA para captar la línea de drenaje |
| 19+090 | | | | | | | | | | X | | | | | Deslizamiento menor |
| 19+165 | X | X | X | | T32 | 18" | | X | | X | | X | | I-D | Transversal - Zona de caída de rocas y escorrentía superf. |
| 19+380 | X | X | | X | T31 | 18" | Obst. | | | X | | X | | I-D | Transversal obstruida |
| 19+400 | | | | | | | | | | | | | | | Deslizamiento menor |
| 19+460 | X | X | | | T30 | BOX 1x2 | | X | | X | X | | | I-D | Línea de drenaje - Transversal |
| 19+520 | X | X | | | T29 | BOX 1x2 | | X | | X | X | | | I-D | Línea de drenaje - Transversal |
| 19+590 | | | | | | | | | | X | X | | | I-D | Talud erosionado por escorrentía superficial |
| 19+600 | | X | X | | T28 | 24" | X | | | X | X | | | I-D | Transversal |
| 19+700 | X | Obs | X | | T27 | 24" | X | | | X | | X | | I-D | Transversal obstruida |
| 19+840 | X | X | | X | T26 | 24" | X | | | X | | X | | I-D | Transversal |
| 19+935 | | X | | X | T25 | 18" | X | | | X | X | | | I | Transversal - Capta agua de la casa y del talud |
| 19+970 | | | | | | | | | | X | X | | | | FALTA OBRA - Casa Roja - Descola agua limpia |



5 PREDISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1 PARAMETROS Y FACTORES DE DISEÑO

5.1.1 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

La mayoría de métodos utilizados para el diseño de pavimentos consideran el tránsito en términos de repeticiones de ejes patrones de diseño. Para este diseño utilizaremos ejes sencillos equivalentes de 8.2 Toneladas, cuya valoración exige el conocimiento de la magnitud de las cargas pesadas circulantes, a efectos de establecer su respectiva equivalencia con el eje patrón de diseño.

5.1.2 ANÁLISIS DE LA SERIE HISTÓRICA

En el proceso de recopilación de la información de la vía en estudio no se encontraron datos de conteo. Pero en la publicaciones del INVIAS se halló una serie históricas desde el año 1998 hasta el 2002 de la estación 442 que contabiliza los vehículos que transitan desde el puente la libertad hasta el sector de la esperanza. De allí tomamos que un 2% de estos vehículos son los que transitan por la vía en estudio; este no deja de ser un valor muy conservador pero nos puede dar una buena aproximación al tránsito por esta vía en temporada alta de turismo.

De la serie histórica del INVIAS tenemos que el TPDs en el año 2002 para la vía puente la libertad la esperanza es de 1346 veh/día; de este valor tomamos el 2% y obtenemos el tránsito de la vía del proyecto en el año 2002 así: $1345 \times 2\% = 27$ veh/día

5.1.3 PERÍODO DE DISEÑO

De acuerdo al Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del INVIAS, de acuerdo al TPD del año 2004 (estimado mediante una proyección geométrica de los datos de la estación 442 nos da un TPDs de 29 veh/día), la vía en estudio, presenta la siguiente categoría:



Tabla 5.1 CATEGORIA DE LA VIA

| | III |
|---------------------------------|--|
| Descripción | Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos |
| Importancia | Medianamente Importante |
| Tránsito Promedio Diario | < 1.000 |

Según la clasificación anterior, el manual recomienda un período de diseño estructural en un rango de 10 a 20 años, para este proyecto calcularemos una estructura de pavimento para un período de servicio mínimo a 10 años.

5.1.4 PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO PARA EL AÑO DE PUESTA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO.

Los volúmenes de tránsito al realizar el proyecto estará compuesto por el Tránsito Existente (TE) y el Tránsito Atraído (TAt).

$$TA = TE + TAt$$

El tránsito existente es el que se moviliza en la vía en condiciones normales de operación y cuando no se ha efectuado ningún tipo de mejora o rehabilitación vial.

El tránsito atraído se considera siempre y cuando se realice una mejora a la vía en estudio. Como a la fecha no se ha llevado a cabo ninguna mejora completa, el tránsito atraído se considera igual a cero.

Tránsito actual; Para determinar el transito actual el se tomó la base histórica mencionada.

El tránsito promedio diario (TPDs) que se obtuvo fue de 29 vehículos/día, distribuidos de la siguiente manera:

- Vehículos pesados (B + C) = 15, correspondientes a un 52%
- Vehículos livianos (A) = 14, correspondientes a un 48%.

Transito futuro: El proyecto se llevará a cabo en menos de un año por esta razón la proyección del transito se debe hacer para este mismo periodo. A partir de la puesta en funcionamiento del nuevo pavimento aparece el transito atraído; por lo tanto se debe tener en cuenta. Tenemos que:



$$(1) TF = TA + ITE$$

$$(2) TA = TE + TAt$$

$$(3) ITE = CNT + TD + TG$$

Reemplazando (2) y (3) en (1) tenemos:

$$TF = TE + TAt + CNT + TD + TG$$

Donde:

TF = tránsito futuro

TA = tránsito actual

ITE = incremento del tránsito esperado

TE = tránsito existente estimado = 27 vehículos/día

TAt = tránsito atraído

CNT = crecimiento normal del tránsito

TD = tránsito desarrollado

TG = tránsito generado

Transito atraído: se hicieron las siguientes consideraciones:

$$TAt = TE \times (\% \text{ de condiciones locales} + \% \text{ alternabilidad vial})$$

Condiciones locales (5%): asumimos el 5% del transito actual. Esto basado en el mejoramiento de la carretera una vez terminado el proyecto.

$$TE \times 0.05 = 27 \times 0.05 = 2 \text{ vehículos/día}$$

Alternabilidad vial (3%): Una vez terminada la pavimentación de este tramo de carretera, y dependiendo los entes gubernamentales pueden se pueden ver incentivados a pavimentarla completamente para incrementar el atractivo turístico gracias a la mejora de los tiempos de viaje.

$$TE \times 0.03 = 27 \times 0.03 = 1 \text{ vehículos/día}$$

Luego:

$$TAt = 2 + 1 = 3 \text{ vehículos/día}$$

$$TA = TE + TAt = 27 + 3 = 30 \text{ vehículos/día}$$



Crecimiento vehicular de la zona: se tomo del 3% de acuerdo con los conteos de la serie histórica de la estación 442

$$\text{CNT} = \text{TE} \times 0.03 = 27 \times 0.03 = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El tr\u00e1nsito desarrollado (TD): se estableci\u00f3 en un 5% basados en el incremento generado por el desarrollo econ\u00f3mico de la regi\u00f3n y las mejoras del suelo aleda\u00f1o al tramo a mejorar. El tr\u00e1nsito adicional desarrollado ser\u00e1:

$$\text{TD} = \text{TE} \times 0.05 = 29 \times 0.05 = 2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El tr\u00e1nsito generado (TG): este transito es la suma de todos los veh\u00edculos que transitar\u00edan por el sector gracias a la mejor\u00eda de la v\u00eda, basados principalmente en los atractivos tur\u00edsticos de la regi\u00f3n. El porcentaje asumido es del 15% esto debido al potencial tur\u00edstico de la zona en la cual esta ubicado el proyecto.

$$\text{TG} = \text{TA} \times 0.10 = 29 \times 0.15 = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Por lo tanto:

$$\text{ITE} = \text{CNT} + \text{TD} + \text{TG} = 1 + 2 + 5 = 8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El tr\u00e1nsito proyectado a un a\u00f1o ser\u00e1 de:

$$\text{TF} = \text{TA} + \text{ITE} = 32 + 8$$

$$\text{TF} = 40 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda (en el a\u00f1o de base)}$$

5.1.5 PROYECCI\u00d3N DEL VOLUMEN TOTAL DEL TR\u00c1NSITO EN EL PER\u00cdODO DE DISE\u00d1O

Despu\u00e9s de calculado el TPDs para el a\u00f1o de puesta en funcionamiento la v\u00eda el cual es de 40 veh/d\u00eda, se procedi\u00f3 a calcular el volumen de tr\u00e1nsito para cada a\u00f1o de la vida de dise\u00f1o de acuerdo al modelo de Regresi\u00f3n Geom\u00e9trica:



Tabla 5.2 Volumen Total del Tránsito en el Período de Diseño
 Vía Puente La Libertad - El Arbolito (estación 442)

| AÑO | TPDs | | V(en el año de funcionamiento) | V Total |
|--------------------|------|---|--------------------------------|----------------|
| 1992 | 19 | 1 | | 6.935 |
| 2002 | 27 | 2 | | 9.855 |
| 2004 | 29 | | | 10.585 |
| 2005 | 40 | 3 | | 14.600 |
| 2006 | 41 | | V1 = | 15.123 |
| 2007 | 43 | | V2 = | 15.664 |
| 2008 | 44 | | V3 = | 16.225 |
| 2009 | 46 | | V4 = | 16.806 |
| 2010 | 48 | | V5 = | 17.407 |
| 2011 | 49 | | V6 = | 18.031 |
| 2012 | 51 | | V7 = | 18.676 |
| 2013 | 53 | | V8 = | 19.345 |
| 2014 | 55 | | V9 = | 20.037 |
| 2015 | 57 | | V10= | 20.754 |
| 2016 | 59 | | V11= | 21.497 |
| 2017 | 61 | | V12= | 22.267 |
| 2018 | 63 | | V13= | 23.064 |
| 2019 | 65 | | V14= | 23.890 |
| 2020 | 68 | | V15= | 24.745 |
| SUMATORIA = | | | | 308.131 |

(1) = Tránsito Promedio Diario registrado en conteo vehicular anterior.

(2) = Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDs) durante último conteo vehicular.

(3) = Tránsito Promedio Diario que circulará por el carril de diseño en el año de puesta de servicio del pavimento.

$$V_t = 365 \times TPDs \times [(1+i)^n - 1]/i$$



5.1.6 VOLUMEN DE VEHÍCULOS PESADOS ESPERADOS EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO PARA EL CARRIL DE DISEÑO

El tránsito promedio diario semanal calculado que circulará en el año de puesta en servicio del pavimento es de 40 veh/día. De acuerdo a esto y teniendo en cuenta que el porcentaje de camiones según INVIAS es del 33% (13 camiones) y de buses es del 17% (7 buses), en el año de puesta en servicio del proyecto (2005) circularan 20 vehículos livianos por día.

De acuerdo a los dato de la estación de conteo los vehículos pesados se distribuyen de la siguiente manera: C2P=23.7%, C2G=45.0%, C3-4=11.5%.

5.1.7 CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Tn.

El daño producido por los diferentes tipos de vehículos que circulan por la carretera es proporcional al que genera un eje patrón. Por esta razón se calcula un factor equivalente de carga el cual al multiplicarse por el numero de cargas de cada tipo de vehículo se vuelven cargas equivalentes del eje patrón de 18.2 Tn.

Para este cálculo se debe tener en cuenta que el tránsito promedio diario semanal que circulará en el año 10 del proyecto será de 57 veh/día y de acuerdo al porcentaje de camiones según INVIAS que es del 33% (19) y de buses es del 17% (10), en el año 2015 transitarán 29 vehículos comerciales/día aproximadamente, con la siguiente distribución: C2P=23.7% (5), C2G=45.0% (9) y C3-4=11.5% (2).

Teniendo en cuenta los factores de equivalencia de carga por eje (AASHTO) para los diferentes tipos de vehículos, se calculó el número de repeticiones de ejes de 8.2 Tn en el carril de diseño así:

Tabla 5.3 Cálculo de los Factores de Carga

| Tipo de Vehículo | | Factor de Equivalencia | TPDs ₂₀₀₄ | Ejes Equivalentes A 8.2 TN |
|--|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|
| Buses | Bus Metropolitano | 1.0 | 10 | 10 |
| Camiones | C2P | 1.14 | 5 | 6 |
| | C2G | 3.44 | 9 | 31 |
| | C3-4 | 3.76 | 2 | 8 |
| Total Ejes Equivalentes de 8.2 Ton. = | | | | 55 |



Dado que estos volúmenes fueron contabilizados en los dos sentidos de circulación, de acuerdo al comportamiento vehicular de la zona se tomó el 50% del conteo para el carril denominado de diseño ($55/2 \approx 28$), así el número total de ejes equivalentes de 8.2 Ton, se obtiene multiplicando las repeticiones de ejes en el período de diseño así:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de Ejes Equivalentes de 8.2 Ton.} &= 28 \text{ ejes/día} \times 365 \text{ días} \times 10 \text{ años} \\ &= 102200 \text{ Ejes Equivalentes de 8.2 Ton. en el Período de Diseño} \end{aligned}$$

La variable de tránsito se puede caracterizar por medio del parámetro NDT (Número de Diseño con el Tránsito); el cual se obtiene a partir de convertir, el efecto producido por los diferentes tipos de ejes que circulan por la vía en el daño que generará un eje patrón; para tal fin se calcula el Factor de Equivalencia de Cargas (AASHTO) y se multiplica por los diferentes números de ejes de cargas para volverlos ejes simples de 8.2 toneladas.

Por definición:

$$\text{NDT} = \text{Ejes Equivalentes de 8.2 Ton} / 7300$$

$$\text{NDT} = 14$$

De acuerdo con el valor de NDT, el tipo de tránsito que circulará por la vía se clasifica como tránsito bajo.

5.1.8 CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE

La capacidad portante o resistencia de la subrasante se obtendrá mediante la correlación del ensayo PDC con el CBR (tabla 6.4), obtenidos de los ensayos de laboratorio.



TABLA 5.4 CBRs DE DISEÑO OBTENIDOS POR LA CORRELACION CON CBRs DE DISEÑO OBTENIDOS POR LA CORRELACION CON EL ENSAYO PDC

| ABSCISA | PROFUNDIDAD (cm.) | CBRs DE DISEÑO |
|-----------|-----------------------|----------------|
| K17 + 970 | De 0 a 44 | 1,4 |
| K18 + 170 | De 14 a 33 | 2,8 |
| K18 + 370 | De 15 a 38 | 5,4 |
| K18 + 570 | De 10 a 94 | 2,0 |
| K18 + 770 | De 0 a 81 | 16,6 |
| K18 + 970 | De 37 a 93 | 6,8 |
| K19 + 170 | De 0 a 2 (sigue roca) | 7,9 |
| K19 + 370 | De 30 a 92 | 2,2 |
| K19 + 570 | De 12 a 53 | 2,8 |
| K19 + 770 | De 0 a 80 | 3,7 |
| K19 + 970 | De 8 a 34 | 1,7 |

Nota: Se tomaron los CBRs de diseño más críticos de los Ensayos de Penetración Dinámica de Cono (PDC), anotando que se tomaron prácticamente del estrato 2 identificado en los ensayos.

Se recomienda en el Km 19 + 570, la substitución del material a una profundidad de 50 cm. (en una franja de 30 m de vía)

Para determinar el valor de diseño de la subrasante utilizamos el percentil 75 el cual es crítico aun comparado con los resultados de los ensayos efectuados a las muestras tomadas. De acuerdo a lo anterior obtenemos.

TABLA 5.5 CUADRO RESUMEN CBRs & Módulos Resilientes

| PERCENTIL | CBR | Módulo Resiliente (Kg/cm ²) |
|-----------|-----|---|
| 50 | 3.7 | 330 |
| 75 | 2.1 | 220 |
| 87.5 | 1.8 | 200 |



5.2 DISEÑO POR EL MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES

El procedimiento de diseño desarrollado en este Manual es aplicable a pavimentos de carreteras interurbanas y tienen en cuenta el bajo nivel de tránsito de algunas vías. El diseño exige la valoración del tránsito pesado previsto durante el primer año de servicio (estimado en el numeral 6.1.6) y de la resistencia de la subrasante; veamos:

TABLA 5.6 TRANSITO

| Designación | Rango de tránsito acumulado por carril de diseño |
|-------------|--|
| T2 | 11 < 20 < 25 |

TABLA 5.7 CATEGORÍA DE LA SUBRASANTE

| Clasificación de la Subrasante | CBR % |
|--------------------------------|-------|
| S1 | 2.1 |

5.2.1 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA ESTRUCTURA BAJOS VOLUMENES:

Con la información obtenida Niveles de Tránsito (T2) y Condiciones de Resistencia de los Suelos de Subrasante (S1), se obtuvo el siguiente diseño:

TABLA 5.8 ESPESORES OBTENIDOS

| Capa | H (cm.) |
|-------------------------|---------|
| Carpeta Asfáltica | 5 |
| Base Granular (BG1) | 15 |
| Subbase Granular (SBG1) | 20 |



5.2.2 Especificaciones:

BG1 = Debe cumplir con la norma INV 330.

SBG1 = Debe cumplir con la norma INV 320.

5.3 DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO

5.3.1 PARÁMETROS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

Para el diseño se tuvo en cuenta los siguientes criterios de pavimento flexible:

Factor de equivalencia de carga. El cual fue calculado anteriormente.

El tránsito estimado fue de 102200 ejes en el período de diseño.

El Módulo Resiliente según la ecuación que lo correlaciona con el valor de CBR, formulada por HEUKELOM Y KLOMP ($MR \text{ (psi)} = 1,500 \times CBR$) equivale a $MR=3150 \text{ psi}$.

Para ajustar el cálculo del tránsito utilizamos con los factores equivalentes AASHTO. Utilizamos la ecuación para el diseño de pavimentos flexibles de donde calculamos el número estructural.

ECUACIÓN 5.1.

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) + 0,20 + \dots$$
$$\dots + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1.094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R + 8,07$$

La confiabilidad en el desempeño del pavimento para las condiciones de tránsito y medio ambiente sugerida de acuerdo a la clasificación funcional de la vía es $R=95\%$ ($Z_R=-1.645$) Y $S_0=0.49$.

La serviciabilidad inicial, p_0 , se asumirá en 4.2 y la final, p_t , en 2.0, para obtener un $\Delta PSI = 2.2$.



En la tabla 6.9 se observan los valores de módulos y coeficientes de capa que se utilizaron. Estos valores corresponden a los valores típicos más utilizados.

TABLA 5.9 VALORES DE RESISTENCIA PARA LOS MATERIALES

| Material | CBR | Módulo (ksi) | Coefficiente |
|--------------------|-----|---------------------------------|--------------|
| Concreto Asfáltico | --- | 30.500 kg/cm ² = 435 | a1 = 0.440 |
| Base | 80 | 2.000 kg/cm ² = 28 | a2 = 0.130 |
| Subbase | 25 | 950 kg/cm ² =14 | a3 = 0.100 |

5.3.2 Cálculo del número estructural y análisis de capas

Se asumió un número estructural inicial (SN) de 4; según la ecuación 1 se obtuvo:

| SN _{ALL} | W ₁₈ |
|-------------------|-----------------|
| 3.5 | 111.919 |
| 3,4 | 92.043 |
| 3,46 | 103.556 |

Se determina el número estructural necesario, SN₁, sobre la capa de base, y se deduce el espesor real de la capa de rodadura en concreto asfáltico, D1:

$$\frac{SN_1}{BG}$$

| W ₁₈ | SN ₁ |
|-----------------|-----------------|
| 104.904 | 1.54 |

$$D1 = SN_1 / a1 = 1.54 / 0.44 = 3.5 \text{ plgs}$$

$$D1 = 3.5" > 2.5" \text{ CUMPLE}$$

Por lo tanto

$$SN_1 = D1 \times a1 = 2.5 \times 0.44 = 1.10$$

Los coeficientes de drenaje de las capas de base y subbase se tomaran iguales a 1.0



Se determina el número estructural necesario, SN₂, sobre la capa de subbase y se calcula el espesor real de la capa de rodadura, D₂ ,:

$$\frac{SN_2}{SBG}$$

| | |
|------------|-----------------------|
| W18 | SN₂ |
| 103.086 | 2.02 |

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 \times m_2) = (2.02 - 1.10) / (0.130 \times 1.0) = 7 \text{ plgs}$$

$$D_2' = 7 \text{ plgs} > 4 \text{ plgs CUMPLE.}$$

Por lo tanto.

$$SN_2' = D_2' \times (a_2 \times m_2) = 6 \times (0.130 \times 1) = 0.38$$

El número estructural necesario, SN₃, es igual al número estructural total establecido para el diseño, SN, y así se determina el espesor real de la capa de subbase D₃' :

$$D_3 = (SN_3 - SN_1' - SN_2') / (a_3 \times m_3) = (3.46 - 1.10 - 0.38) / (0.100 \times 1.0) = 19.8 \text{ plgs}$$

$$D_3' = 20 \text{ plgs}$$

El número estructural suministrado es:

$$SN = (2.5 \times 0.44) + (6 \times 0.130 \times 1.0) + (20 \times 0.100 \times 1.0) = 3.88 > 3.46 \text{ OK!}$$

Los espesores definitivos son:

TABLA 5.10 ESPESORES OBTENIDOS AASHTO

| Capa | H (cm.) |
|-------------------|--------------|
| Carpeta Asfáltica | 2.5" = 6 cm. |
| Base Granular | 6" = 15 cm. |
| Subbase Granular | 20" = 50 cm. |



5.4 DISEÑO POR EL MÉTODO EMPÍRICO DE LA ROAD NOTE 31/1993

Esta versión conserva la caracterización del tránsito como repeticiones de ejes equivalentes a ejes estándar de 8.200 kilogramos y la caracterización de la resistencia de la subrasante mediante el CBR.

Se tomará como valor de diseño, el valor de resistencia que sea menor que el 75% de los resultados obtenidos, o sea, un percentil de diseño del 75%; lo que equivale a un valor de CBR del 2,1%.

Este valor de CBR se le asigna a uno de los rangos determinados por la Nota Vial para la clase de resistencia de la subrasante, que para este caso arrojó la clase **S1** dentro del rango de CBR (%) = 2

Este método recomienda que la vida de diseño sea igual al período de análisis con el fin de minimizar la vida residual del pavimento, y para este caso se recomienda una vida de 15 años debido a la incertidumbre de la proyección.

El diseño de espesores es relativamente insensible al número de repeticiones de carga, por lo cual se maneja dentro de una serie de clases, que para este caso fue de:

| CLASE DE TRANSITO | RANGO (10 ⁶ ejes estándar equivalentes) |
|-------------------|---|
| T1 | < 0.3 |

La opción de espesores de diseño arrojados por el método de la Nota Vial 31 de 1993, es la siguiente:

Capa de Rodadura = Tratamiento superficial doble

Base granular = 150 mm = 15 cm.

Sub-base granular = 175 mm = 17.5 cm.

Relleno seleccionado = 300 mm = 30 cm.

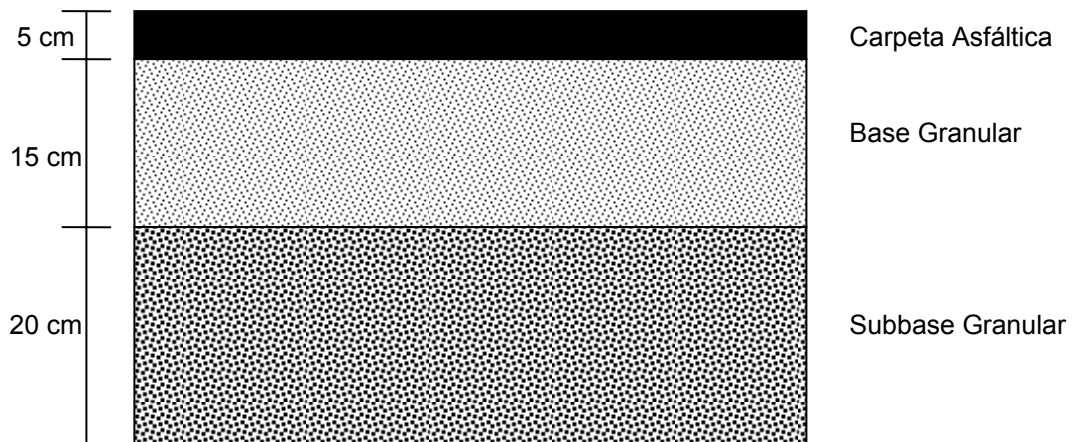
NOTA = Es de anotar que el método define que si la capa de rodadura se construye con 5 cm. de material bituminoso flexible (asfalto), 15 cm de base granular, 20 cm de subbase granular y 30 cm de relleno seleccionado; la vida de diseño puede verse incrementada y/o un número admisible de repeticiones de carga mayor (de hasta 1.000.000 de ejes en un período de 15 años).



5.5 ESQUEMAS DE LAS ALTERNATIVAS OBTENIDAS

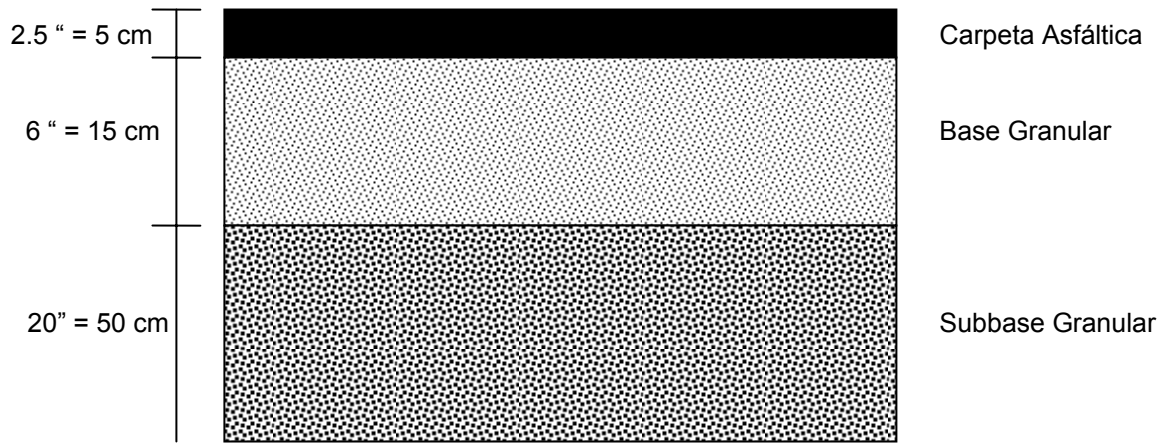
5.5.1 MÉTODOS EMPIRICOS (Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Bajos Volúmenes)

Se tomó el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito de INVIAS



5.5.2 MÉTODO AASHTO

De este método se obtuvo el siguiente diseño:

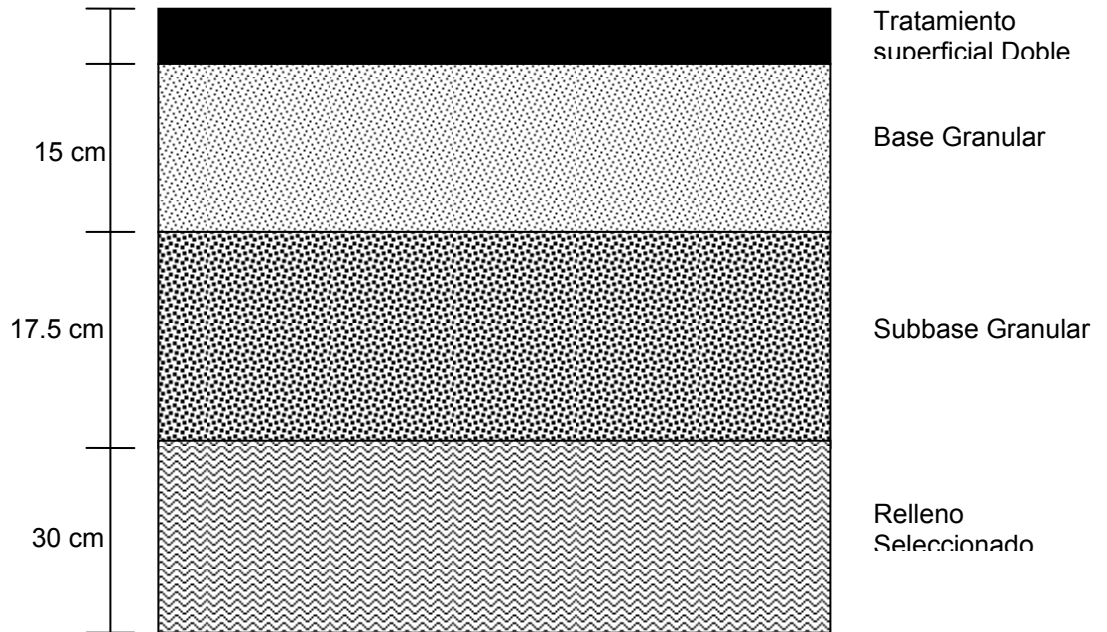




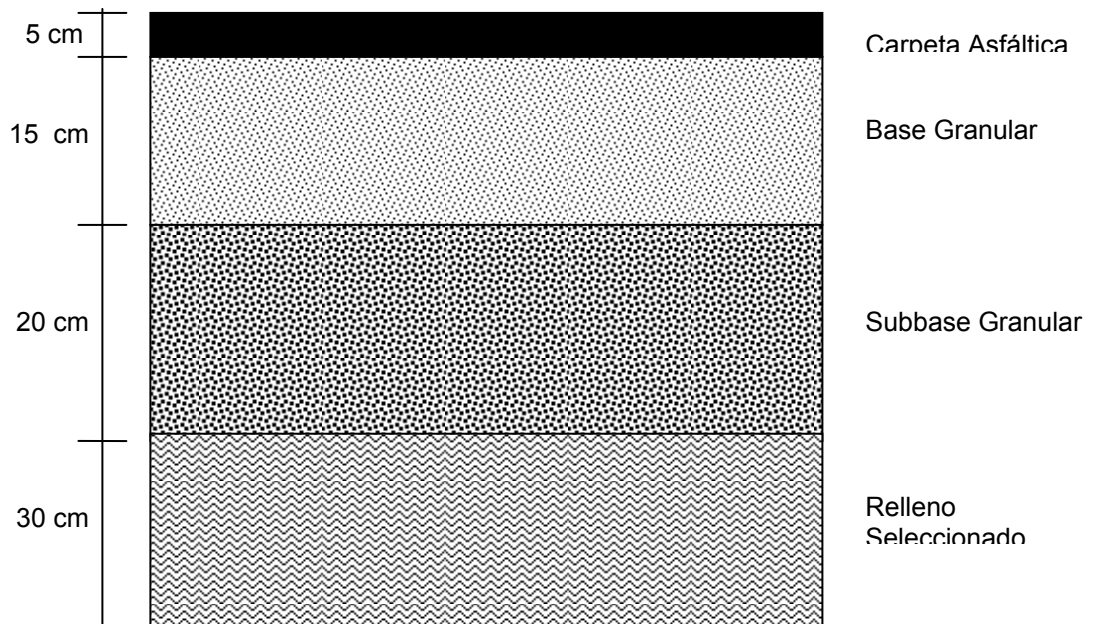
5.5.3 MÉTODO ROAD NOTE 31 DE 1993

El método de diseño contempla las variables de diseño tales como: la estimación del tránsito en repeticiones de ejes, determinación de la resistencia de la subrasante, selección de la combinación de materiales y espesores más económica. Se muestran dos opciones.

OPCION 1



OPCION 2





6 PLAN BASICO DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental elaborado para este proyecto pretende minimizar los impactos negativos en cada una de las actividades del proceso de construcción de la obra. Para lo cual se desarrollarán los siguientes programas:

6.1 Programa de educación ambiental.

6.1.1 Justificación

Mediante la implementación de este programa se pretende educar a todo el personal que forme parte del proyecto en la importancia de proteger el medio ambiente.

6.1.2 Objetivos

Procurar que todo el personal que intervenga en el desarrollo del proyecto se comprometa con la tarea de proteger el medio ambiente.

6.1.3 Impactos a controlar

Con la educación del personal se pretende mitigar aquellos impactos causados por la falta de conocimiento de las normas o de las propiedades de los materiales a utilizar. Enseñando las formas correctas de almacenamiento, la forma de disponer los desechos sin que estos generen un impacto negativo, entre otros.

Descripción de actividades

Este programa se desarrollara mediante conferencias dictadas al personal que se va vinculando a la obra en las cuales se les darán las pautas necesarias para cuidar el medio ambiente.

Participantes

Todo el personal de la obra.



6.1.4 Tiempo de ejecución

Este programa debe desarrollarse durante la etapa de contratación del personal antes de iniciar la obra al igual que cuando ingrese personal nuevo durante el transcurso de la obra.

6.1.5 Costos

Este programa no debe generar costos adicionales al proyecto por lo cual se debe incluir en la administración por parte del contratista.

6.2 Programa de señalización nocturna y diurna de la obra.

6.2.1 Justificación

En el proceso de construcción de obras de rehabilitación es necesario instalar señales preventivas con el fin de proteger a los usuarios de la vía. Además se hace necesario en las horas del día y en las zonas donde se encuentre personal trabajando contar con personal con señales de pare o siga para dar el derecho de vía a los autos que circulen por el sector.

Por otro lado es necesario en horas de la noche instalar señales luminosas en las zonas donde se requiera.

6.2.2 Objetivos

Indicar al contratista de la obra que debe dar cumplimiento a las normas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte de acuerdo con la resolución 1937 del 30 de marzo de 1994.

6.2.3 Impactos a controlar

Evitar los accidentes de tránsito en la etapa de construcción del proyecto.



6.2.4 Descripción de actividades

De acuerdo con la resolución 1937/94 se deben establecer como mínimo seis (6) señales en cada frente de trabajo y por lo menos cinco (5) señales en los sitios considerados como peligrosos. Estas señales deben estar localizadas a 200 m antes de cada uno de estos sitios, con avisos sucesivos a medida que se vaya aproximando al sitio de labores, en zonas de curvas la señalización se debe localizar previamente a la obra, desde el inicio de la curva.

La señalización debe estar complementada con conos de colores, canecas y barricadas, de acuerdo con las circunstancias de cada sitio.

Se deben localizar antorchas en la noche, en los frentes de trabajo y puntos donde se presente algún tipo de riesgo para los transeúntes o los conductores; estas antorchas deben permanecer encendidas desde las 18 horas hasta las 6 horas del día siguiente.

Las áreas de trabajo deben estar debidamente demarcadas con cinta reflectiva durante el tiempo que duren las obras del proyecto.

Durante el día se deben localizar dos obreros uno a la entrada del proyecto y otro a la salida, los cuales estarán encargados de dirigir el tráfico vehicular.

6.2.5 Participantes

Para el desarrollo de este programa se elegirán algunos de los obreros para que sean los encargados de ir moviendo las señales a medida que la obra avance. También se realizara un entrenamiento especial a las personas encargadas de otorgar el derecho de vía a los automóviles que transiten por los sitios donde se estén llevando a cabo los trabajos.

6.2.6 Tiempo de Duración

Este programa se debe desarrollar durante todo el proceso de construcción de la obra.



6.2.7 Costos del Programa

Este programa tiene un costo aproximado de cuatro millones cuatrocientos ochenta mil pesos (\$4'480.000,00).

6.2.8 Responsable

El directo responsable deberá ser el contratista, pero con la supervisión de una Interventoría ambiental contratado por la entidad ejecutora del proyecto.

6.3 Programa de acercamiento y comunicación de la realización del proyecto.

6.3.1 Justificación

El programa de acercamiento y comunicación a la población es indispensable para el desarrollo de del proyecto tanto en la parte de consecución de la mano de obra como en la colaboración que pueda prestar la comunidad.

6.3.2 Objeto

Dar a conocer el proyecto a la comunidad en general.

6.3.3 Impactos a controlar

La generación de falsa expectativas en el desarrollo del proyecto.

6.3.4 Descripción de actividades

Realizar reuniones informativas con la comunidad en general con el fin de enterarla sobre el proyecto, el personal que va ha estar a cargo entre otros.



6.3.5 Participantes

La firma constructora designara una persona encargada de las reuniones con la comunidad. La cual actuara en coordinación con la interventoría.

6.3.6 Tiempo de ejecución

Se deben desarrollar charlas durante toda la ejecución del proyecto para que la comunidad conozca en que etapa se encuentre.

6.3.7 Costo del programa

El programa no debe generar ningún costo adicional al proyecto y su costo deberá ser asumido en su totalidad por el contratista.

6.3.8 Responsable

La responsabilidad recaerá directamente sobre el contratista.

6.4 Programa de rocería y limpieza.

6.4.1 Justificación

Para el buen desarrollo de las actividades del proyecto se hace necesario rozar y limpiar la vía antes de iniciar las demás actividades de este.

6.4.2 Objetivos

Limpiar la vía a rehabilitar para mejorar las condiciones de trabajo.



6.4.3 Impactos a controlar

Incremento de los accidentes en la etapa de construcción.

6.4.4 Descripción de actividades

Esta actividad consiste en limpiar la vía en los sitios donde el pasto este muy alto y obstaculice el buen funcionamiento de la vía durante su rehabilitación.

6.4.5 Tiempo de ejecución

Al iniciar la ejecución del proyecto.

6.4.6 Costo

El costo aproximado de esta actividad es de quinientos ochenta y cuatro mil pesos aproximadamente.

6.4.7 Responsable

El contratista con la supervisión del interventor ambiental.

6.5 Programa de empradización

6.5.1 Justificación

Este programa es parte fundamental en la estabilización de las laderas inestables.

6.5.2 Objetivos

Recuperar las laderas afectadas por la erosión.



6.5.3 Impactos a controlar

Evitar la erosión y el arrastre de material de las laderas.

6.5.4 Tiempo de ejecución

Este programa se desarrollará después de ejecutar las obras de perfilada de taludes y tardara el tiempo que sea necesario para la siembra de las especies.

6.5.5 Costos

El costo aproximado de este programa es de setecientos un mil novecientos cincuenta y dos pesos (\$ 701.952).

6.5.6 Responsable

El contratista bajo la supervisión de la Interventoría ambiental.

6.6 Programa de manejo y disposición final de sobrantes

6.6.1 Justificación

Las obras de rectificación de una vía existente requieren un mínimo movimiento de tierra. El sobrante de este movimiento debe ser dispuesto adecuadamente en sitios antes elegidos por el interventor o por la entidad contratante con el fin de no generar impactos ambientales negativos.

6.6.2 Objetivos

Minimizar los daños ambientales por la mala disposición de los residuos.



6.6.3 Impactos a Controlar

Cambios abruptos en el uso del suelo.
Daños de la vegetación existente.
Contaminación de las corrientes de agua.

6.6.4 Tiempo de ejecución

Durante toda la ejecución del proyecto, garantizando que al finalizar los trabajos no se encontrará ningún desperdicio en un lugar distinto al dispuesto por la Interventoría o por la entidad contratante.

6.6.5 Costos del programa

El programa tiene un costo aproximado de veintinueve millones seiscientos cuarenta y cuatro mil ochocientos pesos (\$29.644.800,00).

6.6.6 Responsable

El contratista, bajo la supervisión de la Interventoría Ambiental.

6.7 Programa de seguimiento y control de la maquinaria y equipos

6.7.1 Justificación

Se busca evitar que la maquinaria y equipos usados en la ejecución del proyecto causen un impacto ambiental negativo.

6.7.2 Objetivos

Verificar que la maquinaria que se utilizará en la ejecución del proyecto se mantenga en buen estado.



6.7.3 Impactos a controlar

Contaminación de suelo, de las fuentes de agua o de al atmósfera.

6.7.4 Tiempo de ejecución

Este seguimiento se debe realizar durante toda la ejecución del proyecto.

6.7.5 Costos del Programa

El costo de este programa debe ser incluido en el contrato de interventoría ambiental.

6.7.6 Responsable

El contratista bajo la supervisión de la Interventoría Ambiental

6.8 Programa de seguimiento y monitoreo

6.8.1 Justificación

Con la ejecución de este programa se debe asegurar el cumplimiento del presente plan de manejo ambiental.

6.8.2 Objetivos

Este programa pretende dar a la interventoría ambiental las pautas necesarias par hacer cumplir adecuadamente cada uno de los programas del plan.

6.8.3 Impactos a controlar

Todos los mencionados en los anteriores programas.



6.8.4 Tiempo de ejecución

Este programa se debe ejecutar durante toda la ejecución del proyecto.

6.8.5 Costos del programa

Este programa tiene un costo aproximado de nueve millones de pesos (\$9'000.000,00)

6.8.6 Responsable

Interventor Ambiental y/o el contratista, según lo disponga la entidad contratante.



7 PRESUPUESTO Y APU

7.1 VIA PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO en el sector k17+970 AL K19+970

| ITEM | NOMBRE | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | TOTAL |
|------|---|--------|----------|------------|----------------|
| 1 | Replanteo topográfico | ml | 2,000 | \$ 1,046 | \$ 2,092,000 |
| 2 | Excavaciones en material común incluye conglomerado) | m3 | 4,000 | \$ 7,739 | \$ 30,956,000 |
| 3 | Excavaciones en roca | m3 | 1,500 | \$ 31,772 | \$ 47,658,000 |
| 4 | Concreto cunetas revestidas | m3 | 200 | \$ 255,961 | \$ 51,192,200 |
| 5 | Subbase granular | m3 | 2,500 | \$ 25,898 | \$ 64,745,000 |
| 6 | Base granular triturada | m3 | 2,000 | \$ 35,898 | \$ 71,796,000 |
| 7 | Imprimación con emulsión CRL | m2 | 10,000 | \$ 2,029 | \$ 20,290,000 |
| 8 | Mezcla densa en caliente MDC- 2 | m3 | 500 | \$ 235,037 | \$ 117,518,500 |
| 9 | Material filtrante | m3 | 500 | \$ 32,438 | \$ 16,219,000 |
| 10 | Geotextil NT 1600 | m2 | 3,000 | \$ 2,263 | \$ 6,789,000 |
| 11 | Retiro de sobrantes | m3 | 2,000 | \$ 11,580 | \$ 23,160,000 |
| 12 | Enrocado para canal trapezoidal tipo i y ii | m3 | 70 | \$ 133,400 | \$ 9,338,000 |
| 13 | Concreto ciclópeo fundaciones | m3 | 1 | \$ 193,824 | \$ 193,824 |
| 14 | Concreto ciclópeo elevaciones | m3 | 4 | \$ 217,344 | \$ 869,376 |
| 15 | Suministro e instalación tubería de 24 | ml | 30 | \$ 174,081 | \$ 5,222,430 |
| 16 | Concreto canal rectangular | m3 | 200 | \$ 275,214 | \$ 55,042,800 |
| 17 | Transporte material > 40 km (corte subbase base afirmado) | m3-km | 265,000 | \$ 702 | \$ 186,030,000 |
| ITEM | NOMBRE | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | TOTAL |



| | | | | | |
|----|------------------------------|----|--------|---------------|--------------------------|
| 18 | Plan de manejo ambiental | gl | 1 | \$ 3,500,000 | \$ 3,500,000 |
| 19 | Revegetalización con grama | m2 | 120 | \$ 4,570 | \$ 548,400 |
| 20 | Trinchos en guadua | ml | 100 | \$ 23,710 | \$ 2,371,000 |
| 21 | Ensayos de laboratorio | un | 60 | \$ 46,000 | \$ 2,760,000 |
| 22 | Limpieza de obras | un | 30 | \$ 25,391 | \$ 761,730 |
| 23 | Rocería | m2 | 3,000 | \$ 152 | \$ 456,000 |
| | | | | | ===== |
| | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | \$ 719,509,260 |
| | COSTOS INDIRECTOS | | | | |
| | ===== | | | | |
| | Costo Directo | | | | \$ 719,509,260 |
| | ADMINISTRACION | | 16.00% | | \$ 115,121,482 |
| | IMPREVISTOS | | 5.00% | | \$ 35,975,463 |
| | UTILIDAD | | 7.00% | | \$ 50,365,648 |
| | | | | | ===== |
| | TOTAL COSTO OBRAS | | | TOTAL: | \$ 920,971,853.00 |

NOTA: El anterior presupuesto no incluye los costos generados por la INTERVENTORIA DE OBRA, ni los de la INTERVENTORIA AMBIENTAL.



7.2 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA OBRA VIA PUENTE LA LIBERTAD - EL ARBOLITO EN EL SECTOR K17+970 AL K19+970

1 REPLANTEO TOPOGRAFICO

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------|-----------------------|--------|-----|--------------|--------|----------|-------|-------|
| COMIS | Comisión topográfica | 1/3155 | mes | \$ 3,300,000 | | \$ 1,046 | | |
| | DIRECTO: \$ 1046/ ML | | | | | \$ 1,046 | | |
| | +28% AIU: \$ 1339/ ML | | | | | | | |

EXCAVACIONES EN MATERIAL COMUN INCLUYE

2 CONGLOMERADO)

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------|---------------------------|-------|-----|-----------|--------|----------|----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 0.191 | un | \$ 1,000 | \$ 191 | | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 0.37 | día | \$ 20,400 | | | \$ 7,548 | |
| | DIRECTO: \$ 7739/ M3 | | | | \$ 191 | | \$ 7,548 | |
| | +28% AIU: \$ 9906/ M3 | | | | | | | |

3 EXCAVACIONES EN ROCA

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------|---------------------------|-------|------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|
| HER01 | Herramientas menores | 0.727 | un | \$ 1,000 | \$ 727 | | | |
| DIN01 | Dinamita | 0.33 | kg | \$ 12,500 | | \$ 4,125 | | |
| CORD1 | Cordón detonante 3 grs | 3 | ml | \$ 1,000 | | \$ 3,000 | | |
| FUL01 | Fulminante | 2 | un | \$ 1,000 | | \$ 2,000 | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 0.9 | día | \$ 20,400 | | | \$ 18,360 | |
| TRADI | Transporte dinamita | 1 | un | \$ 560 | | | | \$ 560 |
| TALAD | Taladro | 1.5 | hora | \$ 2,000 | | \$ 3,000 | | |
| | DIRECTO: \$ 31772/ M3 | | | | \$ 727 | \$ 12,125 | \$ 18,360 | \$ 560 |
| | +28% AIU: \$ 40668/ M3 | | | | | | | |



4 CONCRETO CUNETAS REVESTIDAS

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|-------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 0.919 | un | \$ 1,000 | \$ 919 | | | |
| CON10 | Concreto 210 kg/cm2 | 1.05 | m3 | \$ 159,880 | | \$ 167,874 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.49 | día | \$ 163,200 | | | \$ 79,968 | |
| FOR04 | Formaleta | 2 | un | \$ 3,600 | \$ 7,200 | | | |
| DIRECTO: \$ 255961/ M3 | | | | | \$ 8,119 | \$ 167,874 | \$ 79,968 | |
| +28% AIU: \$ 327630/ M3 | | | | | | | | |

5 SUBBASE GRANULAR

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-----------------------|----------------------------------|-------|------|------------|----------|-----------|--------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1.341 | un | \$ 1,000 | \$ 1,341 | | | |
| SUBBA | Sub-base granular | 1.25 | m3 | \$ 14,000 | | \$ 17,500 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.003 | día | \$ 163,200 | | | \$ 490 | |
| VIBRO | Vibro compactador autopropulsado | 1/25 | hora | \$ 50,000 | \$ 2,000 | | | |
| MOTON | Motoniveladora | 1/15 | hora | \$ 55,000 | \$ 3,667 | | | |
| CARRO | Carrotanque irrigador agua | 0.04 | hora | \$ 22,500 | \$ 900 | | | |
| DIRECTO: \$ 25898/ M3 | | | | | \$ 7,908 | \$ 17,500 | \$ 490 | |

6 BASE GRANULAR TRITURADA

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|---------------------------------|-------|------|------------|----------|-----------|--------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1.341 | un | \$ 1,000 | \$ 1,341 | | | |
| BASEG | Subbase granular | 1.25 | m3 | \$ 22,000 | | \$ 27,500 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.003 | día | \$ 163,200 | | | \$ 490 | |
| VIBRO | Vibrocompactador autopropulsado | 1/25 | hora | \$ 50,000 | \$ 2,000 | | | |
| MOTON | Motoniveladora | 1/15 | hora | \$ 55,000 | \$ 3,667 | | | |
| CARRO | Carrotanque irrigador agua | 0.04 | hora | \$ 22,500 | \$ 900 | | | |
| DIRECTO: \$ 35898/ M3 | | | | | \$ 7,908 | \$ 27,500 | \$ 490 | |
| +28% AIU: \$ 45949/ M3 | | | | | | | | |



7 IMPRIMACION CON EMULSION CRL

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-----------------------|----------------------------------|-------|------|------------|--------|----------|--------|-------|
| EMULS | Emulsión para imprimación crl | 0.6 | lt | \$ 800 | | \$ 480 | | |
| CARRT | Carrotanque irrigador de asfalto | 0.015 | hora | \$ 31,250 | \$ 469 | | | |
| HER01 | Herramientas menores | 0.427 | un | \$ 1,000 | \$ 427 | | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.004 | día | \$ 163,200 | | | \$ 653 | |
| DIRECTO: \$ 2029/ M2 | | | | | \$ 896 | \$ 480 | \$ 653 | |
| +28% AIU: \$ 2597/ M2 | | | | | | | | |

8 MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC- 2

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|---------------------------------|-------|------|------------|----------|------------|----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 0.745 | un | \$ 1,000 | \$ 745 | | | |
| CONCR | Concreto asfáltico | 1.2 | m3 | \$ 180,000 | | \$ 216,000 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.06 | día | \$ 163,200 | | | \$ 9,792 | |
| VIBRO | Vibrocompactador autopropulsado | 1/20 | hora | \$ 50,000 | \$ 2,500 | | | |
| COMPA | Compactador tandem de llantas | 1/22 | hora | \$ 55,000 | \$ 2,500 | | | |
| TERMI | Finisher | 1/20 | hora | \$ 70,000 | \$ 3,500 | | | |
| DIRECTO: \$ 235037/ M3 | | | | | \$ 9,245 | \$ 216,000 | \$ 9,792 | |
| +28% AIU: \$ 300847/ M3 | | | | | | | | |

9 MATERIAL FILTRANTE

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|------------------------------|-------|-----|------------|--------|-----------|----------|-------|
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-2ayudantes | 0.021 | día | \$ 163,200 | | | \$ 3,427 | |
| PIE01 | Piedra | 1.15 | m3 | \$ 25,000 | | \$ 28,750 | | |
| HER01 | Herramientas menores | 0.261 | un | \$ 1,000 | \$ 261 | | | |
| DIRECTO: \$ 32438/ M3 | | | | | \$ 261 | \$ 28,750 | \$ 3,427 | |
| +28% AIU: \$ 41521/ M3 | | | | | | | | |



10 GEOTEXTIL N.T. 1600

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-----------------------|------------------------------|--------|-----|------------|--------|----------|--------|-------|
| GEOTE | Geotextil n.t 1600 | 1.01 | m2 | \$ 1,600 | | \$ 1,616 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.0039 | día | \$ 163,200 | | | \$ 636 | |
| HER01 | Herramientas menores | 0.011 | un | \$ 1,000 | \$ 11 | | | |
| DIRECTO: \$ 2263/ M2 | | | | | \$ 11 | \$ 1,616 | \$ 636 | |
| +28% AIU: \$ 2897/ M2 | | | | | | | | |

11 RETIRO DE SOBANTES

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|---------------------------|-------|------|-----------|----------|----------|----------|-------|
| VOL01 | Volqueta 6 m3 | 0.22 | hora | \$ 42,000 | \$ 9,240 | | | |
| HER01 | Herramientas menores | 0.708 | un | \$ 1,000 | \$ 708 | | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 0.08 | día | \$ 20,400 | | | \$ 1,632 | |
| DIRECTO: \$ 11580/ M3 | | | | | \$ 9,948 | | \$ 1,632 | |
| +28% AIU: \$ 14822/ M3 | | | | | | | | |

12 ENROCADO PARA CANAL TRAPEZOIDAL TIPO I Y II

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|------|-----|------------|----------|-----------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| CON10 | Concreto 210 kg/cm2 | 0.15 | m3 | \$ 159,880 | | \$ 23,982 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.49 | día | \$ 163,200 | | | \$ 79,968 | |
| FOR04 | Formaleta | 2 | un | \$ 3,600 | \$ 7,200 | | | |
| PIE01 | Piedra | 0.85 | m3 | \$ 25,000 | | \$ 21,250 | | |
| DIRECTO: \$ 133400/ M3 | | | | | \$ 8,200 | \$ 45,232 | \$ 79,968 | |
| +28% AIU: \$ 170752/ M3 | | | | | | | | |



13 CONCRETO CICLOPEO FUNDACIONES

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| CON09 | Concreto ciclópeo | 1.05 | m3 | \$ 105,928 | | \$ 111,224 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.5 | día | \$ 163,200 | | | \$ 81,600 | |
| DIRECTO: \$ 193824/ M3 | | | | | \$ 1,000 | \$ 111,224 | \$ 81,600 | |
| +28% AIU: \$ 248095/ M3 | | | | | | | | |

14 CONCRETO CICLOPEO ELEVACIONES

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| CON09 | Concreto ciclópeo | 1.05 | m3 | \$ 105,928 | | \$ 111,224 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.6 | día | \$ 163,200 | | | \$ 97,920 | |
| FOR04 | Formaleta | 2 | un | \$ 3,600 | \$ 7,200 | | | |
| DIRECTO: \$ 217344/ M3 | | | | | \$ 8,200 | \$ 111,224 | \$ 97,920 | |
| +28% AIU: \$ 278200/ M3 | | | | | | | | |

15 SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA DE 24

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|------|-----|------------|----------|------------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| MOR01 | Mortero 1:3 | 0.05 | m3 | \$ 182,410 | | \$ 9,121 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.3 | día | \$ 163,200 | | | \$ 48,960 | |
| TUB24 | Tubería de 24 | 1 | un | \$ 115,000 | | \$ 115,000 | | |
| DIRECTO: \$ 174081/ ML | | | | | \$ 1,000 | \$ 124,121 | \$ 48,960 | |
| +28% AIU: \$ 222824/ ML | | | | | | | | |



16 CONCRETO CANAL RECTANGULAR

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|------------------------------|------|-----|------------|-----------|------------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| CON10 | Concreto 210 kg/cm2 | 1.05 | m3 | \$ 159,880 | | \$ 167,874 | | |
| CUA02 | Cuadrilla mae-ofi-4ayudantes | 0.5 | día | \$ 163,200 | | | \$ 81,600 | |
| FOR04 | Formaleta | 3 | un | \$ 3,600 | \$ 10,800 | | | |
| ACEBA | Acero de baja 37.000 p.s.i | 20.5 | kg | \$ 680 | | \$ 13,940 | | |
| DIRECTO: \$ 275214/ M3 | | | | | \$ 11,800 | \$ 181,814 | \$ 81,600 | |
| +28% AIU: \$ 352274/ M3 | | | | | | | | |

TRANSPORTE MATERIAL > 40 KM (CORTE SUBBASE BASE 17 AFIRMADO)

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-------------------------|---------------|--------|------|-----------|--------|----------|-------|-------|
| VOL01 | Volqueta 7 m3 | 1/59.8 | hora | \$ 42,000 | \$ 702 | | | |
| DIRECTO: \$ 702/ M3-KM | | | | | \$ 702 | | | |
| +28% AIU: \$ 899/ M3-KM | | | | | | | | |

18 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|--------------------------|-------------------------------|---|----|--------------|--------|----------|-------|--------------|
| OBMTA | Obras de mitigación ambiental | 1 | gl | \$ 3,500,000 | | | | \$ 3,500,000 |
| DIRECTO: \$ 3500000/ GL | | | | | | | | \$ 3,500,000 |
| +28% AIU: \$ 4480000/ GL | | | | | | | | |

19 REVEGETALIZACION CON GRAMA

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|-----------------------|---------------------------|------|-----|-----------|----------|----------|----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 1.05 | un | \$ 1,000 | \$ 1,050 | | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 0.05 | día | \$ 20,400 | | | \$ 1,020 | |
| GRAMA | Grama | 1 | m2 | \$ 2,500 | | \$ 2,500 | | |
| DIRECTO: \$ 4570/ M2 | | | | | \$ 1,050 | \$ 2,500 | \$ 1,020 | |
| +28% AIU: \$ 5850/ M2 | | | | | | | | |



20 TRINCHOS EN GUADUA

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|---------------------------|-----|-----|-----------|----------|-----------|----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 2.5 | un | \$ 1,000 | \$ 2,500 | | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 1/5 | día | \$ 20,400 | | | \$ 4,080 | |
| GUADU | Guadua | 8.5 | ml | \$ 2,000 | | \$ 17,000 | | |
| ALAMB | Alambre galvanizado no 13 | 0.1 | kg | \$ 1,300 | | \$ 130 | | |
| DIRECTO: \$ 23710/ ML | | | | | \$ 2,500 | \$ 17,130 | \$ 4,080 | |
| +28% AIU: \$ 30349/ ML | | | | | | | | |

21 ENSAYOS DE LABORATORIO

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|------------------------|---|----|-----------|----------|----------|-------|-----------|
| ENSAY | Ensayos de laboratorio | 1 | gl | \$ 45,000 | | | | \$ 45,000 |
| HER01 | Herramientas menores | 1 | un | \$ 1,000 | \$ 1,000 | | | |
| DIRECTO: \$ 46000/ UN | | | | | \$ 1,000 | | | \$ 45,000 |
| +28% AIU: \$ 58880/ UN | | | | | | | | |

22 LIMPIEZA DE OBRAS

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|------------------------|---------------------------|--------|-----|-----------|--------|----------|-----------|-------|
| HER01 | Herramientas menores | 0.472 | un | \$ 1,000 | \$ 472 | | | |
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 1.2215 | día | \$ 20,400 | | | \$ 24,919 | |
| DIRECTO: \$ 25391/ UN | | | | | \$ 472 | | \$ 24,919 | |
| +28% AIU: \$ 32500/ UN | | | | | | | | |

23 ROCERIA

| | | | | | Equipo | Material | Gente | Otros |
|----------------------|---------------------------|-------|-----|-----------|--------|----------|--------|-------|
| AYU01 | Ayudante mas prestaciones | 1/200 | día | \$ 20,400 | | | \$ 102 | |
| HER01 | Herramientas menores | 0.05 | un | \$ 1,000 | \$ 50 | | | |
| DIRECTO: \$ 152/ M2 | | | | | \$ 50 | | \$ 102 | |
| +28% AIU: \$ 195/ M2 | | | | | | | | |



8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Por las condiciones topograficas de la zona en la cual se realizara el proyecto, no se pudo cumplir con todas las especificaciones técnicas del INVIAS para este tipo de carreteras, pero el alineamiento tanto horizontal como vertical fue mejorado notablemente.
- Para el diseño del pavimento se utilizaron tres métodos: Bajos Volúmenes de Tránsito del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS –INVIAS-, AASHTO y ROAD NOTE 31 1993. Con los cuales se obtuvieron estructuras similares, pero finalmente se adoptó la estructura de 5 cm concreto asfáltico, 15 de base granular y 20 de subbase, resultante del diseño por el método de Bajos Volúmenes de Tránsito del INVIAS.
- La solución de rehabilitación planteada en este proyecto debe ejecutarse a corto plazo, evitando a si daños mayores en la estructura y por ende sobrecostos al momento de la ejecución de la misma, al igual que la obsolescencia del prediseño.
- Los métodos de construcción y los materiales a utilizar deben regirse por las normas que especifican la construcción de carreteras en nuestro país.
- Para lograr la vida útil de las vías se debe realizar un mantenimiento periódico a lo largo de la vía, lo cual debe incluir no solo arreglos en la estructura del pavimento, sino la ejecución de un mantenimiento preventivo el cual consiste en la limpieza de cunetas, obras transversales, zonas de laderas.
- Toda la vía en estudio carece de señalización horizontal y vertical, por ello se recomienda su demarcación y ubicación de señales verticales en los sitios que contribuye a la seguridad del usuario.
- El patrimonio vial del departamento de Caldas debe ser conservado y mejorado cada día, para tal fin se deben realizar estudios periódicos que permitan diagnosticar problemas en las diferentes vías, al igual que su posible solución.



BIBLIOGRAFÍA

1. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de diseño de geométrico. 1998.
2. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito. 1997
3. CORPOCALDAS, INVIAS. Manual para el control de la erosión. 1999
4. CARDENAS Grisales, James. Diseño Geométrico de Vías. ECOE ediciones 2000.
5. BRAVO Emilio, Paulo. Trazado y Localización de Carreteras. Tercera edición.
6. ROAD NOTE 31 1993.
7. Guía metodológica AASTHO. 1994.