

**DISEÑO ESTRUCTURAL Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA
CARRERA 19 (Av. EL PROGRESO) DESDE LA TRONCAL DE
OCCIDENTE (K0 + 000) HASTA EL K1 + 358.2 EN EL MUNICIPIO DE
SINCELEJO.**

**WALTER ANDRÉS LONDOÑO BUSTAMANTE
ANDRÉS ALBERTO MONTERROZA GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SINCELEJO – SUCRE
2007**

**DISEÑO ESTRUCTURAL Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA
CARRERA 19 (Av. EL PROGRESO) DESDE LA TRONCAL DE
OCCIDENTE (K0 + 000) HASTA EL K1 + 358.2 EN EL MUNICIPIO DE
SINCELEJO.**

**WALTER ANDRÉS LONDOÑO BUSTAMANTE
ANDRÉS ALBERTO MONTERROZA GONZÁLEZ**

Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil.

**Director de Proyecto
DAVID EDUARDO DÍAZ
Ingeniero Vías y Transporte**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SINCELEJO – SUCRE
2007**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Sincelejo, Junio 2.007

**“ÚNICAMENTE LOS AUTORES SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS
EXPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO”**

ARTICULO 12, RESOLUCIÓN 023 DEL 2000

RESUMEN

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por esto, fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, los cuales han ido evolucionando desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Dadas las condiciones de COLOMBIA, el sistema de transporte por carretera hace patente la necesidad de una red eficiente, segura y cómoda, tanto para usuarios como para vehículos, dentro de principios de compatibilidad entre la oferta y la demanda.

Es por esto, que el proyecto de grado que se presenta, desarrollará el tema sobre uno de estos métodos, el cual se refiere al trazo y construcción de una carpeta a base de un pavimento rígido; este describirá las definiciones de carretera y todas aquellas necesarias para su comprensión, sus características y método de diseño, así como todas las especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos de la comunicación y el transporte, también se describirán otras consideraciones que intervienen en el diseño de un pavimento, los cuales varían dependiendo de las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

ABSTRACT

From the beginning of the human being existence their necessity has been observed to communicate, for this reason, it was developing diverse methods for the construction of roads, which have gone evolving from the roads with the help of stone and aglomerant until our time with sophisticated methods being based on the experience that you/they lead to big freeways of flexible or rigid pavement.

Given the conditions of COLOMBIA, the system of transport by lorry makes patent the necessity of an efficient, sure and comfortable net, so much stops users as for vehicles, inside principles of compatibility between the offer and the demand.

It is for this reason that the degree project that is presented, will develop the topic on one of these methods, which refers to the line and construction of a portfolio with the help of a rigid pavement; this it will describe the highway definitions and all those necessary ones for their understanding, their characteristics and design method, as well as all the necessary specifications to be able to fulfill the requirements of the communication and the transport, other considerations will also be described that intervene in the design of a pavement, which vary depending on the characteristics of the place, floor and climatological conditions.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Sincelejo presenta la característica de haberse expandido muy rápidamente y en proporción significativa sin ninguna planificación. La incapacidad del estado para responder a las necesidades básicas de los miles de inmigrantes que llegaban a la ciudad, huyendo de la violencia y la difícil situación socioeconómica, obligó a las comunidades urbanas dar una solución a sus problemas de alojamiento por fuera de los mecanismos legales, bajo la forma de invasión de terrenos y de urbanizaciones ilegales, de esta manera, se amplió el perímetro urbano con asentamientos subnormales desintegrados, carentes de las condiciones mínimas de habitabilidad requeridas por cualquier ciudadano.

Teniendo en cuenta que cerca del 25% del área urbana requiere una atención integral para mejorar las condiciones de los servicios públicos, sociales y de la vivienda que se concentra en gran parte en la zona sur de la ciudad, el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sincelejo estableció el Plan Parcial de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9 que busca consolidar la estructura urbana de estas comunas que ocupan 256,90 hectáreas, mejorando sus condiciones físicas, la infraestructura de servicios públicos domiciliarios, los servicios sociales básicos, procurando la disminución del déficit de vivienda, mediante estrategias como: a) habilitar el espacio público construido y natural de las vías, andenes, zonas recreativas; b) recuperar y definir las áreas de cesión entregadas al Municipio por los urbanizadores y c) la construcción del equipamiento social educativo, de salud y cultural requerido.¹

¹ Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Sincelejo. Componente Urbano.

Se establece fundamentalmente para el área de acción del Plan Parcial de Mejoramiento de las Comunas 8 y 9, la solución de programas viales y de tránsito que faciliten el acceso y la salida del tráfico a través de soluciones que permita desarrollarse, complementado con terminales de transporte del servicio público y el plan de estacionamientos.

Los programas de la red vial local de las comunas 8 y 9, tienen por objeto establecer las acciones a realizarse en las actividades organización del tráfico y transporte, construcción de nuevas vías, recuperación, rehabilitación y mejoramiento de la malla vial propuesta como solución a la movilidad de la comuna en corto, mediano y largo plazo.

Por tanto es conveniente que desde la Universidad de Sucre y por medio de su Departamento de Ingeniería Civil se desarrollen proyectos o programas enmarcados dentro de un Plan Parcial de Mejoramiento Integral de una comunidad que se enlace con los sistemas estructurantes definidos en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sincelejo para poder alcanzar los ideales de tener una ciudad amable, acogedora, ambiental y urbanísticamente ordenada.

2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de los Planes Parciales de Mejoramiento Integral en algunos sectores de la ciudad deben realizarse de manera tal que se garantice la consecución de los objetivos y metas propuestos por el P.O.T., entre estos Planes Parciales contemplados en el Plan de Ordenamiento se cuenta con el Plan de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9 del Municipio de Sincelejo.²

Este Plan de Mejoramiento Integral de las Comunas del sur de la ciudad busca consolidar la trama urbana de este sector, para mejorar las condiciones físicas, la infraestructura de servicios públicos domiciliarios, los servicios sociales básicos.

La Avenida El Progreso es el sistema vial que entrelaza las actividades cotidianas entre las Comunas 8, 9 y el resto de la zona urbana del Municipio, pero además es el eje conductor que permite la circulación entre la cabecera municipal y los Corregimientos de Chochó, Las Palmas, Segovia (Municipio de Sampués), entre otros, desde donde vienen personas a realizar actividades diarias y productos básicos de la canasta familiar.

Por esto se hace necesario que la Universidad de Sucre en su proyección social y desde su Departamento de Ingeniería Civil, posibilite proyectos que planteen soluciones a la problemática social, necesidades y propiedades del entorno.

La elaboración del proyecto DISEÑO ESTRUCTURAL Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRERA 19 (Av. EL PROGRESO) DESDE LA

² Acuerdo N° 007 de Julio 29 del 2000. Artículo 66, Planes Parciales de Mejoramiento Integral, Inciso 1.

TRONCAL DE OCCIDENTE (K0 + 000) HASTA EL K1 + 358.2 EN EL MUNICIPIO DE SINCELEJO, permite vincular a la Universidad de Sucre con la comunidad, permitiéndole ser participe en la dinámica de procesos de desarrollo urbano a través de la planeación y el diseño de obras civiles ajustadas a las condiciones socio-económicas, ambientales y a los sistemas de regulación vigentes.

El proyecto ayudará a identificar factores que impiden un buen funcionamiento del tramo vial y a su vez que se planteen las soluciones que desde la formación académica se puedan ejecutar, de forma que se garantice la buena utilización de la vía, la fluidez del tránsito, la seguridad de conductores y peatones, entre otros factores adicionales.

De otra parte el proyecto permite beneficiar a las comunidades que se encuentran en el área de influencia del corredor vial, estimada en 40.382 personas³, se mejorarían las condiciones del tránsito, se adquirirán experiencias y habilidades en el desarrollo de las obras propuestas y proyectando soluciones a la comunidad. Dentro de las eventuales dificultades, se debe tener presente la toma de la información de campo básica para elaborar el estudio y diseñar las soluciones, es decir la topografía del corredor vial.

³ Población Proyectada para el 2.005 en las Comunas 8 y 9.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

3.1.1. Diseñar la sección transversal y la señalización de la Carrera 19 o Avenida El Progreso desde la Troncal de Occidente (K0 + 000) hasta el K1+358.2 y diseño estructural del K0 + 934.6 hasta el K1+358.2 en el Municipio de Sincelejo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1. Realizar un levantamiento topográfico de la Avenida El Progreso desde el K0 + 000 hasta el K1 + 358.2 para obtener información básica de diseños horizontal y vertical.

3.2.2. Ajustar los diseños propuestos para la Avenida El Progreso con lo planteado en el Plan de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9 de la ciudad de Sincelejo.

3.2.3. Diseñar la señalización horizontal y vertical de la Avenida El Progreso del Municipio de Sincelejo, para garantizar la fluidez del tránsito, evitando congestionamientos y situaciones riesgosas

3.2.4. Hacer un estudio de volúmenes de tránsito, como argumento técnico para los diseños.

3.2.5. Realizar los estudios de mecánica de suelo para el diseño estructural del sector correspondiente.

3.2.6. Integrar los conocimientos adquiridos en la formación universitaria y destrezas en el ejercicio profesional, en cumplimiento de un requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad de Sucre.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.1.1. LOCALIZACIÓN

El Departamento de Sucre se encuentra ubicado en la parte intermedia de la región de la llanura del caribe, su localización se extiende en latitud norte entre los 10° 08' 03'' en las intermediaciones del sitio Pueblo Nuevo y el Caño Sangre de Toro (Municipio de San Onofre) correspondiente al punto norte mas extremo, y los 08° 16' 46'' en el sitio de concurrencia con los Departamentos de Córdoba y Bolívar correspondiente la punto sur mas extremo; en longitud oeste, se extiende entre los 74° 32' 35'', a orillas del río Cauca y cerca de la cabecera municipal de Guaranda, y los 75° 42' 25'', en la punta de San Bernardo al occidente (Municipio de San Onofre)⁴

El Departamento de Sucre cuenta con una extensión de 10.523 Km² distribuidos en 25 municipios, posee clima cálido, con una temperatura que supera los 26°C pero de acuerdo a la humedad y precipitación, el clima se divide en Clima de Bosque Tropical, Clima de Sabana Xerófito, y Clima de Sabana Tropical, se distinguen dos épocas fluviales, una de sequía (Diciembre hasta Abril) y otra de lluvia (Mayo a Noviembre).

El Municipio de Sincelejo, capital del Departamento de Sucre, Centro Subregional del sistema urbano del caribe Colombiano, se encuentra ubicado al nordeste del país a 9° 18" latitud norte, 75° 23" latitud oeste del meridiano de Greenwich; tiene una extensión total de 28.134 has, con una altura sobre el nivel del mar de 213 metros y limita al sur con el Municipio de Sampués y con el Departamento de Córdoba; por el oeste con los Municipios de Palmito

⁴ Fuente. IGAC 2.003

y Tolú; por el norte con los Municipios de Tolú y Tolúviejo y por el este con los Municipios de Corozal y Morroa. (Ver Figura N° 1)

El área urbana del Municipio de Sincelejo ocupa un total de 2.143,1 has y el perímetro urbano tiene una longitud total de 39,79 Km

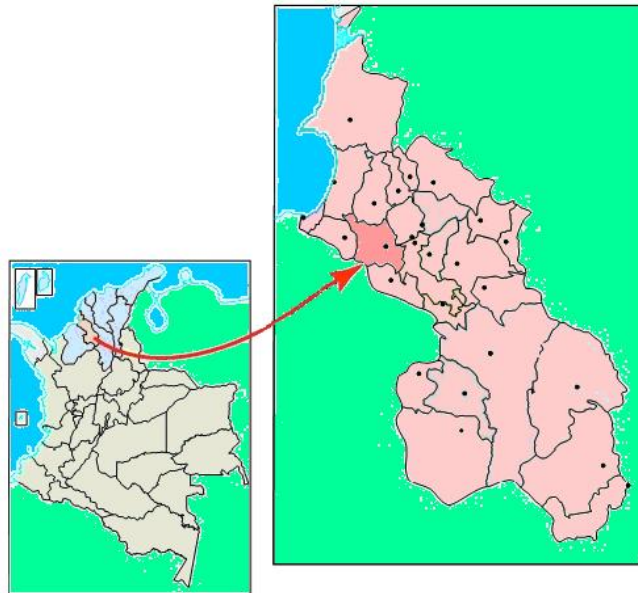


FIGURA N°1. Localización (IGAC, 2003)

4.1.2. DIVISIÓN POLÍTICO – ADMINISTRATIVA

El Municipio de Sincelejo según el Acuerdo N°007 de Julio 29 del 2000 se encuentra dividido Político y Administrativamente en 9 comunas urbanas conformadas por 207 barrios, y el suelo rural en 4 áreas corregimentales conformadas por 21 corregimientos y éstos a su vez conformados por 17 veredas y 6 asentamientos humanos de menor tamaño.

4.1.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Según proyección del censo del DANE, el Municipio de Sincelejo cuenta con 261.993 habitantes para el año 2.004, a la espera de los resultados del censo

realizado en el 2005 y 2006 en todo el país, aumentando anualmente en un 2.68% en promedio, con una densidad de 9.22 habitantes por hectáreas.

Actualmente el 95% de la población se encuentra establecida en el territorio de la cabecera municipal, el desplazamiento es factor primordial en el crecimiento de la población flotante debido al conflicto armado, lo anterior obedece a la presencia de cordones de miseria, asentamientos humanos en zonas de alto riesgo y urbanización no planificada.

4.1.4. EL CLIMA

El clima es importante, desde el punto de vista físico – biótico por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. Además por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de los riesgos naturales y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos.

Precipitación Media Anual.

El Municipio de Sincelejo se caracteriza por presentar un promedio de precipitación de 1.192,98 mm anuales, distribuidos en dos periodos secos que se inician a comienzos de Diciembre y es extremadamente riguroso durante los meses de Enero, Febrero y Marzo; en Junio y Julio se presenta un veranillo y a partir de Abril y Mayo se da inicio a la estación lluviosa, las cuales se generalizan en Agosto, Septiembre y Octubre que es el mes en que se presenta la mayor concentración de las precipitaciones.

Temperatura media Anual.

La temperatura media anual está cercana a los $27,15^{\circ} \text{C} \pm 0,4^{\circ}$; con una mínima promedio anual de $19,7^{\circ} \text{C}$. y una máxima de $35,3^{\circ} \text{C}$. Se aprecia un mayor rango durante el verano donde hay marcados efectos ocasionados por

bajas temperaturas en la madrugada y fuertes calores en las horas de la tarde.

4.1.5. HIDROGRAFÍA.

El Municipio de Sincelejo, no cuenta con fuentes de aguas superficiales permanentes; los arroyos que lo surcan son en su gran mayoría cortos y permanecen secos buena parte del año. Existen alrededor de 21 arroyos y buena parte de ellos son canales de escorrentía durante el período invernal. Algunos arroyos como el Pintao, Colomuto, La Mula, El Paso y El Caimán, conducen aguas residuales domésticas permanentemente y pertenecen a la micro cuenca del Arroyo Grande de Corozal.

4.1.6. TOPOGRAFÍA

La topografía de la zona sur del Municipio de Sincelejo, se caracteriza por presentar un relieve ligeramente plano a ligeramente ondulado, y con pendientes suaves entre 0 y 3%, que incluyen cuencas u hondonadas en forma de valles estrechos por donde corren los arroyos, con apariciones de domos amplios y elevaciones pronunciadas en algunas áreas, con pendientes entre 10 a 15 grados.

Por otra parte, las curvas de nivel de la zona sur se vienen dando en forma descendente desde la Calle 38 (Troncal de Occidente), más específicamente en los barrios La Campiña, El Cocuelo, Simón Bolívar y Bogota, hacia la parte limítrofe con los cerros Romero y Santa Elena.

4.2. MARCO JURÍDICO

El ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político - administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los Municipios o Distritos y Áreas Metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados

por la Constitución Política de Colombia, las leyes y los decretos reglamentarios, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.⁵

En la Constitución Política de Colombia, en el Capítulo 3, De los derechos colectivos y del ambiente, asegura que “es deber del Estado, velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular”.

El artículo 6º de la Ley 388 de 1997 establece: “El ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, mediante:

1. La definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales;
 2. El diseño y adopción de los instrumentos y procedimientos de gestión y actuación que permitan ejecutar actuaciones urbanas integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio municipal o distrital;
 3. La definición de los programas y proyectos que concretan estos propósitos.
- (...)”

El Decreto 1504 de 1998, por el cual se reglamenta el manejo del espacio público, en los planes de ordenamiento territorial, se definen los elementos

⁵ Ley 388 de 1.997. Capítulo II. Artículo 5 “Concepto”

constitutivos del espacio público, y se le relaciona con temas importantes, como el patrimonio, entre otros aportes.

Se hace énfasis en la condición del espacio público, como elemento estructurante, y a la vez como regulador de las condiciones ambientales de las ciudades, y sobre todo, se define en qué consiste el déficit cualitativo del espacio público, como una determinante a trabajar, por parte de las administraciones, a través de los planes reordenamiento.

El déficit cualitativo, está definido por las condiciones inadecuadas para el uso, goce y disfrute de los elementos del espacio público, que satisfacen necesidades colectivas, por parte de los residentes y visitantes del territorio, con especial énfasis, en las situaciones de inaccesibilidad, debida a condiciones de deterioro, inseguridad o imposibilidad física de acceso, cuando éste se requiere y al desequilibrio generado por las condiciones de localización de los elementos, con relación a la ubicación de la población que los disfruta (Artículo 13, Capítulo Segundo, Decreto 1504 de 1998).

El Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sincelejo, aprobado mediante el Acuerdo N° 007 del 29 de Julio del año 2000, determina los parámetros físico – espaciales que direccionan el ordenamiento y la planificación urbana, teniendo en cuenta las restricciones topográficas y los aspectos ambientales, tales como la protección de los recursos naturales, especialmente el agua, los sitios de belleza natural, los de sensibilidad ambiental y los de valor patrimonial y étnico.

Por esto los planes parciales son los instrumentos mediante los cuales se desarrollan y complementan las disposiciones de los Planes de Ordenamiento, para áreas determinadas del suelo urbano (...), además de las que deban desarrollarse mediante unidades de actuación urbanística,

macroproyectos u otras operaciones urbanas especiales, de acuerdo con las autorizaciones emanadas de las normas urbanísticas generales, en los términos previstos en la ley.⁶

Un plan parcial es la delimitación tentativa que determina el Plan de Ordenamiento de las áreas del territorio que deben ser objeto de una planificación más detallada para realizarla posteriormente, mediante la instrumentación de planes, a partir de la formulación de directrices y parámetros de ordenamiento, incluyendo las acciones y actuaciones urbanísticas y los posibles instrumentos de gestión que serían aplicables para el desarrollo y ordenamiento físico de dichos ámbitos espaciales.⁷

Los planes parciales de mejoramiento integral son los aplicables a sectores de la ciudad que han sido desarrollados de forma incompleta o con condiciones deficitarias en la provisión de equipamientos, zonas recreativas, servicios públicos, etc. y que requieren de acciones integrales para su articulación a la estructura urbana de la ciudad.

Un plan parcial o local incluirá por lo menos los siguientes aspectos:

1. La delimitación y características del área de la operación urbana o de la unidad mínima de actuación urbanística contemplada en el plan parcial o local.
2. La definición precisa de los objetivos y las directrices urbanísticas específicas que orientan la correspondiente actuación u operación urbana, en aspectos tales como el aprovechamiento de los inmuebles; el suministro, ampliación o mejoramiento del espacio público, la calidad del entorno, las alternativas de expansión, el mejoramiento integral o renovación consideradas; los estímulos a los propietarios e inversionistas para facilitar

⁶ Ley 388 de 1.997. Capítulo II. Artículo 19 “Planes Parciales”

⁷ Artículo 65°. Definición De Planes Parciales. Acuerdo N° 007 del 2000.

procesos de concertación, integración inmobiliaria o reajuste de tierras u otros mecanismos para garantizar el reparto equitativo de las cargas y los beneficios vinculados al mejor aprovechamiento de los inmuebles; los programas y proyectos urbanísticos que específicamente caracterizan los propósitos de la operación y las prioridades de su desarrollo, de acuerdo con la escala y complejidad de la actuación o de la operación urbana contemplada.

3. Las normas urbanísticas específicas para la correspondiente unidad de actuación o para el área específica de la operación urbana objeto del plan: definición de usos específicos del suelo, intensidades de ocupación y construcción, retiros, aislamientos, empates y alturas.

4. La definición del trazado y características del espacio público y las vías y, especialmente en el caso de las unidades de actuación, de la red vial secundaria; (...) la localización de equipamientos colectivos de interés público o social como templos, centros docentes y de salud, espacios públicos y zonas verdes destinados a parques, complementarios del contenido estructural del plan de ordenamiento.

5. Los demás que sean necesarios para complementar los planeamientos de las zonas determinadas, de acuerdo con la naturaleza, objetivos y directrices de la operación o actuación respectiva.

4.3. MARCO TEÓRICO

La carretera es una infraestructura de transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas con uno o más sentidos de circulación, con un carril o multicarril en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en distintos lugares del mundo, ya sea con arreglo al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.

En la práctica vial se pueden distinguir varias clasificaciones, entre ellas: clasificación por transitabilidad, clasificación por su aspecto administrativo y clasificación técnica.

4.3.1. CARACTERÍSTICAS

Como integrantes del "sistema de transporte" las carreteras forman parte de la infraestructura económica del país y contribuyen a determinar su desarrollo e intervienen en planes y programas a través de los proyectos. Estos, por tanto, deben responder a un contexto general de orden macroeconómico en el modelo de desarrollo para maximizar su contribución al desarrollo del país.

Hay diversos factores básicos que definen una carretera respecto a importancia, categoría y requerimientos técnicos, para incorporarla al sistema vial, tales son: Institucionales, Operacionales, Físicos, Humanos, ambientales y Costos.

Los operacionales, se relacionan con el servicio para el cual la carretera debe ser proyectada, en armonía con las políticas oficiales como: funciones, volumen y características del tránsito inicial y futuro, velocidad de operación, seguridad para el usuario y la comunidad, lugar dentro de la jerarquización del sistema vial, relación con otras vías y con la propiedad privada; los físicos, son los relacionados con la naturaleza, que imponen limitaciones al diseño por considerar, como relieve, hidrografía, geología y climatología. Los factores humanos y ambientales, se relacionan con los rasgos distintivos de la comunidad que se quiere servir y el ambiente circundante; los principales

son: actividad económica de la zona de influencia, uso de la tierra, idiosincrasia de usuarios y peatones, impacto estético y efectos ambientales.

4.3.2. CLASIFICACIÓN

Autopistas: Es una vía de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de acceso y salida. La autopista es el tipo de vía que proporciona un flujo completamente continuo. No existen interrupciones externas a la circulación, como intersecciones semaforizadas o controladas por señal de PARE. El acceso y salida desde la vía se produce únicamente en los ramales, que están proyectados para permitir las maniobras de confluencia y bifurcación a altas velocidades y por lo tanto, minimizando las alteraciones del tránsito de la vía principal.

Carreteras multicarriles: Son carreteras divididas, con dos o más carriles por sentido, con control parcial o total de acceso y salida.

Carreteras de dos carriles: Constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes.

Para Colombia la clasificación de acuerdo al tipo de terreno es carreteras en terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado, de acuerdo con parámetros que se indican en la Tabla N° 1.

TABLA N° 1. TIPOS DE TERRENOS

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Carretera típica de terreno plano: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

Carretera típica de terreno ondulado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo.

Carretera típica de terreno montañoso: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados circular

a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o intervalos frecuentes.

Carretera típica de terreno escarpado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.

4.3.3. EL PAVIMENTO

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazado horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que constituyen un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo

es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior.

La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo, siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

4.3.3.1. Clasificación de los Pavimentos

En nuestro medio los pavimentos se clasifican en pavimentos flexibles, pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Aunque los pavimentos semi-rígidos guardan básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no serían aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encontrarían a distancias que encarecerían notablemente los costos de construcción.

Los pavimentos rígidos son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la

subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la gran rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos de tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aún cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa adecuada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por el pavimento.

4.3.3.2. Factores para Considerar En El Diseño De Pavimentos

El Tránsito

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje simple, tándem o tridem, esperadas en el carril de diseño, que determinará la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales como curvas, zonas de frenado y aceleración, etc., las

velocidades de operación de vehículos, en especial de estacionamiento de vehículos pesados, la canalización del tránsito, etc.

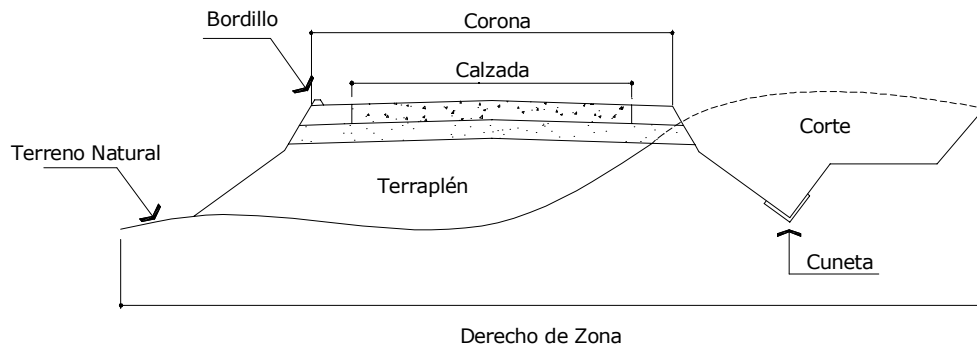


FIGURA N° 2. Sección Típica de un Pavimento

eje simple, tándem o tridem, esperadas en el carril de diseño, que determinará la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales como curvas, zonas de frenado y aceleración, etc., las velocidades de operación de vehículos, en especial de estacionamiento de vehículos pesados, la canalización del tránsito, etc.

La Subrasante

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento – retracción).

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre estos suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura.

Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización con algún aditivo; en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.

El Clima

Los factores que en nuestro medio afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante, especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos de rígidos ocasionan en éstas esfuerzos muy elevados, que en algunos casos puede ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas.

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirán en el nivel de servicio de la vía.

4.3.3.3. Obras de Drenaje y Subdrenaje en las Vías

Obras De Drenaje

Las obras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía y la afectan por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o fuera de la vía. Las obras de drenaje más comunes son:

El bombeo: es la pendiente transversal que se da en las carreteras y en las aeropistas para permitir que el agua que cae directamente sobre ellas escurra hacia sus dos hombros. En las carreteras con pavimento rígido el bombeo puede ser un poco menor, del orden de 1.5%, al igual que en las aeropistas.

Los Bordillos: son pequeños bordos que forman una barrera para conducir el agua hacia los lavaderos o bajantes, evitando erosiones en los taludes y saturación de éstos por el agua que cae sobre la corona de la vía.

Los Lavaderos: son canales que se conectan con los bordillos y baja transversalmente por los taludes, con el objeto de conducir el agua lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, en donde ya sea inofensiva.

Las Cunetas: son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía y paralelamente al eje longitudinal de la misma. El objetivo de esta estructura es la de recibir el agua superficial proveniente del talud y de la superficie de rodamiento.

Las Alcantarillas: este tipo de estructuras es la responsable del drenaje transversal es decir, del paso del agua a través de la obra, en una dirección más o menos perpendicular a ella.

Obras De Subdrenaje

El subdrenaje en las carreteras permite reducir los efectos desfavorables del agua interna sobre la estabilidad de las calzadas y de las explanaciones. El agua de lluvias no se evacua totalmente por los dispositivos de drenaje superficial, parte se infiltra a través de los taludes, de las bermas u ocasionalmente del pavimento.

Los objetivos del drenaje interno de las carreteras son: Facilitar la ejecución de las explanaciones durante la fase de construcción de la carretera; Aumentar la capacidad portante de la subrasante y reducir el espesor del pavimento y Contribuir en la estabilidad de los taludes mediante la orientación más favorable de los flujos de agua interna, la reducción de las presiones intersticiales y en consecuencia el mejoramiento de las propiedades geotécnicas.

Subdrenes Longitudinales: En la fase de modernización de una carretera existente, como en la fase de construcción inicial, los subdrenes longitudinales son los dispositivos básicos de drenaje interno en zonas de corte (Ver Figura N° 3) y sus principales funciones son:

- ☞ Abatimiento de un nivel freático.
- ☞ Eliminación de aguas de filtración.
- ☞ Derivación de fuentes de agua situadas debajo de la subrasante.

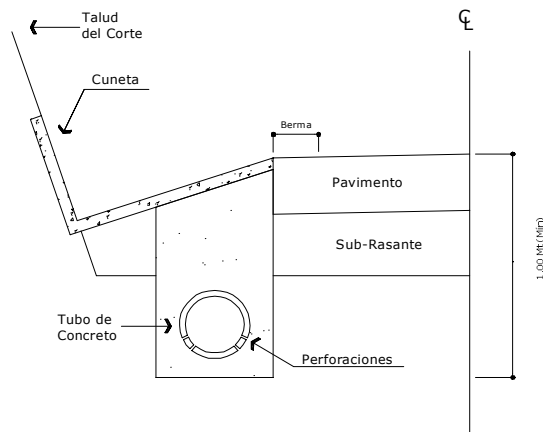


FIGURA N° 3. Sección Transversal de un Subdren Longitudinal

En zona de terraplén, puede preverse la interposición de una capa drenante entre el terreno natural y el cuerpo del terraplén, especialmente en el caso de construcción de un terraplén sobre suelos compresibles; en algunos casos se completa este sistema de aceleración de la consolidación con pozos verticales, llenados con arena y unidos en su parte superior con la capa drenante.

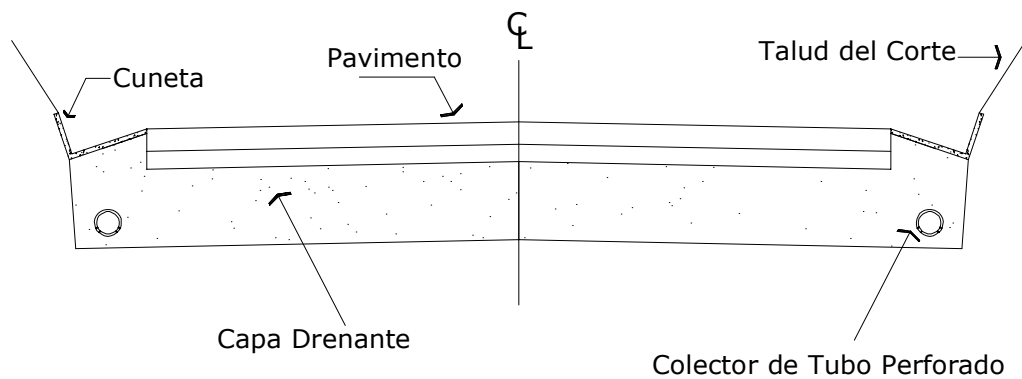


Figura N° 4. Capas Drenantes

4.3.4. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS.

El dimensionamiento de la estructura de un pavimento es un tema que ha preocupado a los técnicos de carreteras desde el comienzo del siglo XX. Durante mucho tiempo, se han utilizado métodos que tienen gran correlación experimental y considerable tiempo de uso para su verificación.

4.3.4.1 Método de la *Pórtland Cement Association (PCA)* para el Diseño de Pavimentos Rígidos.

El propósito de este método es de hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentará buen comportamiento con bajos costos del mantenimiento, pero el costo inicial será muy elevado. Ahora, si por el contrario, el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por tanto, un criterio sano de ingeniería, implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento.

El método de la PCA, es aplicable a los diversos tipos de pavimentos rígidos: de concreto simple, de concreto simple con varillas de transferencia de carga (pasadores), de concreto reforzado y con refuerzo continuo.

Los procedimientos de diseño que brinda la PCA, tienen en cuenta algunas condiciones que antes no se habían cubierto por algún método, incluyen el reconocimiento de:

- ☞ El grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales, por los diferentes tipos de pavimentos descritos.

- ☞ El efecto de usar bermas de concreto, adyacentes al pavimento, las cuales reducen los esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas de los vehículos.
- ☞ El efecto de usar una subbase de concreto pobre, la cual reduce los esfuerzos y las deflexiones, proporciona un soporte considerable cuando los camiones pasan sobre las juntas y además proporciona resistencia a la erosión que se produce en la subbase a causa de las deflexiones repetidas del pavimento, entre otros.

La elección de un espesor adecuado de diseño por este método depende consecuentemente, de la elección de factores adicionales a los tradicionalmente utilizados, como el sistema de juntas y el tipo de bermas.

4.3.4.2. Factores de Diseño.

Luego de elegir el tipo de pavimento por construir, el tipo de subbase y el tipo de berma, el diseño se realiza a partir de los siguientes factores:

- ☞ Resistencia a la flexión del concreto, Modulo de Rotura (MR).
- ☞ Resistencia de la subrasante o del conjunto subrasante subbase (K).
- ☞ Los tipos, frecuencias y magnitudes de las cargas por eje esperadas.
- ☞ El periodo de diseño, usualmente se toma 20 años.

La resistencia del concreto a la flexión se considera en el procedimiento de diseño por el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo la acción repetida de las cargas de los vehículos pesados.

Las deformaciones que sufre un pavimento de concreto bajo las cargas del tránsito producen tanto esfuerzos de compresión como de tensión. Sin embargo, la relación entre los primeros y la resistencia a la compresión del concreto es demasiado baja, como para afectar el diseño del espesor de la losa. La relación entre los segundos y la resistencia a la flexión es mayor,

llegando frecuentemente a valores mayores de 0.5. Como resultado de ello los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los factores que se deberán considerar en el diseño del pavimento.

La resistencia de la subrasante se mide en términos del Modulo de Reacción (K), determinado por pruebas de placa directo. Teniendo en cuenta que estas pruebas son complejas y costosa, el valor K se estima generalmente por correlación con pruebas que permitan obtener este valor. Este procedimiento es válido puesto que no es necesario el conocimiento del valor exacto del Modulo K, ya que variaciones no muy grandes de él, prácticamente no afecta los espesores necesarios de pavimento.

Por otra parte y dado que es difícil predecir el transito con suficiente aproximación para un termino demasiado largo, comúnmente se toma un periodo de diseño de 20 años, sin olvidar que indeterminados casos puede resultar económicamente justificado el empleo de periodos menores o mayores.

Los principales factores del tránsito que inciden en el diseño de un pavimento rígido, son el número y la magnitud de las cargas por eje más pesadas, que se esperan durante el periodo de diseño. Estos valores se obtiene a partir de estimativos de:

- ☞ TPD (Tránsito promedio diario en ambas direcciones).
- ☞ TPDVC (Tránsito promedio diario en vehículos comerciales en ambas direcciones).
- ☞ Cargas por eje de los vehículos comerciales.

Para propósitos de diseño, debe calcularse el número total esperado de vehículos comerciales (Buses y Camiones) durante el periodo de diseño.

4.3.4.3. Procedimiento Simplificado de Diseño

Para aquellos casos que no se dispongan de la información detallada sobre el consumo de fatiga y daño por erosión, la distribución de cargas por eje a partir de pesajes en basculas u otra fuente aceptable, la PCA ha preparado unas sencillas tablas de diseño, basadas en distribuciones de carga por eje, representativas de las diversas clases de calles y carreteras que muestra la Tabla N° 2.

TABLA N° 2. Categorías de carga por Eje

Categorías de Carga por Eje	Descripción
1	- Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)
2	- Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). - Calles, arterias y carreteras (bajo)
3	- Calles arterias y carreteras primarias (medio) - Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio)
4	- Calles arterias, carreteras primarias y vías expresas (alto). - Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto)

En este caso el diseñador no emplea directamente los datos de carga por eje, por cuanto los diseños han sido realizados por la PCA.

Los pasos a seguir en el diseño son:

- 🚚 Estimar el TPD-C (Transito promedio diario de vehículos comerciales, en ambas direcciones) deben excluirse todos los camiones de 2 ejes y 4 llantas.
- 🚚 Elegir la categoría de carga por eje.
- 🚚 Determinar el espesor de losa necesario.

4.3.4.4. Características del Método Simplificado.

El concreto utilizado debe ser de buena calidad con resistencias a la flexión dentro del rango de 4.1 a 4.4 MPa. Se permite usar un concreto de menor resistencia en zonas donde las características de los agregados pétreos no permitan la elaboración de concretos con resistencias superiores.

Los valores de TPD-C que se usan en la simplificación del diseño, establecen un periodo de diseño de 20 años. Si se desea otro diferente, deberá multiplicarse el TPD-C estimado, por un factor apropiado de manera que se pueda obtener un valor ajustado que pueda usarse en este método.

El método plantea el uso de dos tipo de juntas, con pasadores y por trabazón de agregados.

En condiciones de tráfico pesado y/o clima severo, es necesario complementar la eficiencia de la trabazón de agregados mediante el empleo de barras de acero liso, denominadas pasadores, que conectan entre sí las losas separadas por juntas. Este tipo de mecanismo transmite tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, pero debe permitir el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual al menos una mitad del pasador debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el concreto que lo rodea. Así mismo esta libertad de movimiento horizontal exige que los pasadores de una junta sean todos paralelos al eje de la calzada.

Cuando se produce la ruptura de la sección del pavimento debido a una reducción del espesor de la losa (por corte a edad temprana), por una hendidura sobre el concreto fresco, o por una fisura espontánea (debido a un retraso en la ejecución de los cortes o a un incorrecto diseño de la disposición de las juntas), se presenta transmisión de cargas entre los tramos

de losa o las losas vecinas, debido a la trabazón de agregados, siempre y cuando la fisura no tenga un ancho superior a un milímetro.

Este mecanismo de transmisión de cargas es adecuado en pavimentos en los que la longitud de las losas sea menor a cinco metros y su soporte no sea susceptible de ser sometido al fenómeno de bombeo, además, el número de camiones que se espera que circulen por día sea inferior a 175 en cada carril y que las condiciones climáticas sean favorables.

5. METODOLOGÍA

5.1. RECOLECCIÓN Y REVISIÓN DEL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

La presente investigación se realizó mediante una debida revisión bibliográfica y documental, primeramente una recolección de la información existente necesaria para la investigación, contenidos en Documentos realizados tanto a nivel Municipal como lo es el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sincelejo, y a nivel local como el Plan de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9; luego la revisión de Libros sobre Geotecnia, Ingeniería de tránsito, Pavimentos; y otros documentos que permitieron analizar la información de una forma practica y veraz.

5.2. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

Con el fin de tener una visión general se realizó un reconocimiento preliminar de la zona objeto del proyecto, en este reconocimiento se identificaron los puntos críticos de la zona como lo son la invasión del derecho de vía, la fracturas en el pavimento, las zonas de recreación, los espacios con los que se cuenta, etc.



Fotografia N° 1a y N° 1b. Izquierda, nótese al fondo parte de la zona del parque recreacional y zona social a la altura de la Carrera 19 entre Calles 41A y 42. Derecha, Parroquia del Santísimo Sacramento en la Carrera 19 entre Calles 43B y 44B. En las fotografías se puede notar la carencia de la zona de derecho de la vía que se presenta en estas zonas de la Avenida.



Fotografía N° 1c y N° 1d. Izquierda, Monasterio en la Carrera 19 entre Calles 43B y 44B. Derecha, Sede de la Escuela Urbana El Progreso localizada en la Carrera 19 entre Calles 44 y 46.



Fotografía N° 1e. Invasión del Derecho de la Vía y Rotura del Pavimento

Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico que ayudó a identificar las pendientes existentes y las secciones transversales del eje vial, las zonas de escorrentías naturales y artificiales.

Este reconocimiento se llevó a cabo con el fin de obtener toda la información cuantitativa y cualitativa necesaria para el proyecto.

5.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

Teniendo en cuenta el estudio topográfico, se pudo establecer la ubicación de los escenarios recreativos y educativos, las zonas de estacionamiento, la zona de tránsito peatonal y las zona de derecho de la vía libre e invadida, con el fin de tener mas claridad al momento de realizar el diseño de la calzada de la vía.



Fotografía N° 2. Al fondo, esquina superior derecha, Zona Recreativa. Primer Plano, Zona de Estacionamiento.

5.4. ESTUDIO DEL CONTEXTO NORMATIVO

Con el fin de conocer las normas que regulan los procesos urbanísticos en la ciudad, se realizó un estudio del contexto normativo el cual sirve como soporte a las actuaciones urbanísticas que puedan plantearse en el diseño del proyecto.

Tal como se establece en el Marco Jurídico, las normas estudiadas son en su orden: Constitución Política de Colombia de 1.991, actualizada con los actos legislativos a 2.004; la Ley 388 de 1.997; el Acuerdo N° 007 del 2000, por el cual se adopta el P.O.T. del Municipio de Sincelejo

5.5. DETERMINAR LAS VARIABLES DE DISEÑO

Con el fin de poder realizar un diseño acertado, se realizaron estudios que permitieron obtener características propias de la vía, como:

- ⇒ El Tránsito por la Avenida El Progreso, incluyendo de las motocicletas.



Fotografía N° 3. Tránsito vehicular sobre la Avenida El Progreso.

- ⇒ Las condiciones climáticas como la temperatura, intensidad de las precipitaciones, entre otras.
- ⇒ Las características físicas del suelo de la subrasante bajo estudio tales como granulometría, límites de plasticidad, etc. datos que permitieron obtener a través de correlaciones de la ASTM otros factores como la Capacidad de Soporte del Suelo y el Modulo de Reacción, K.



Fotografía N° 4 y 5. Puntos de Apiques para el Estudio de Suelo.

5.6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se analizó toda la información recopilada y se logró extraer los datos necesarios para la realización del diseño de las obras principales y complementarias de la vía.

5.7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SECCIÓN TRANSVERSAL

Luego de analizar todos los datos obtenidos en los diferentes estudios realizados, se finalizó con el diseño de la estructura del pavimento, utilizando el método de la Portland Cement Association – PCA y también de la sección transversal y obras complementarias, como andenes, cunetas y otros, obras carentes en algunos tramos de la Avenida El Progreso; estas ayudaran con el drenaje y subdrenaje de las aguas, evitando la infiltración en la estructura del pavimento.



Foto N° 6. Zonas carente de Obras de Drenajes Superficial

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. ESTUDIO DE SUELO

Una vez finalizados los ensayos de laboratorio que permitirían clasificar los suelos, se constataron las características iniciales que le fueron dadas en el momento de la realización de los apiques para la obtención de las muestras. Ver anexos Estudios de Suelo.

En base a los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la granulometría y los Límites de Atterberg, y de acuerdo a la clasificación ASTM se tiene los siguientes tipos de suelo.

1. Suelo Arcilloso – Abscisa del apique K0 + 980 – 18 metros a la Izq.
Para un % Pasa 200 = 84.03% > 50 %, ASTM clasifica el suelo como suelo de grano fino.

De acuerdo a los límites de plasticidad, se tiene:

$$L.L.= 78.45\%$$

$$I.P.= 0.73(L.L. - 20) \rightarrow I.P.= 0.73*(78.45 - 20) = 42.67\%$$

Para un L.L= 78.45% y I.P.= 42.67 y entrando al gráfico de Plasticidad, el suelo se clasifica en CH, el cual es un suelo arcilloso de alta plasticidad. Las condiciones de drenaje de estos suelos se considera de aceptable a mala; la capacidad de compresibilidad e hinchamiento es alta; y presentan una capacidad de soporte de suelo, CBR, menor de 15 y un Módulo de Reacción K, de 10 a 40 MN/m³. Ver anexos Estudios de Suelo.

Para los proyectos viales a estos suelos se le mejoran sus características debido a los problemas que puedan ocasionar, por tanto, es indispensable la utilización de algún método de estabilización de suelo con cemento o cal; en la Tabla N° 3, se presenta una guía para la selección de estabilizantes, la cual fue elaborada con base en experiencias y se precisan las posibilidades del cemento y de la cal como materiales estabilizantes.

Tabla N° 3. Guía para la selección de estabilizantes

Tipo de Estabilización	Más de 25% pasa el Tamiz N° 200			25% o menos pasa el Tamiz N° 200		
	IP ≤ 10	10 < IP ≤ 20	IP > 20	IP ≤ 6 PP ≤ 60	IP ≤ 10	IP > 10
Cemento	SI	SI	+	SI	SI	SI
Cal	+	SI	SI	NO	+	SI
Cal – Puzolana	SI	+	NO	SI	SI	+

+ Indica que el producto puede tener efectividad marginal

PP = Producto plástico

Entonces, se tiene que para un suelo con un porcentaje de Pasa N° 200 < 25% y un IP >20, se recomienda que la estabilización se realice con Cal. El tratamiento con cal permite bajar el nivel de agua y el Índice Plástico.⁸

La anterior solución va acompañada con la construcción de obras de drenaje y subdrenaje que le permita a la estructura tener un comportamiento satisfactorio ante la presencia del agua.

2. Suelo Arenisca Abscisa del apique K0 + 520 – 6 metros a la Der.

Para un % Pasa 200 = 25.74% < 50 %, ASTM clasifica el suelo como suelo de grano grueso; además para un Pasa N° 4 = 89.98% > 50% y un Pasa 200 = 25.74% > 12 % se clasifica en una arena con finos.

De acuerdo a los límites de plasticidad, se tiene:

$$L.L. = 24.57\%$$

$$I.P. = 0.73(L.L. - 20) \rightarrow I.P. = 0.73*(24.57 - 20) = 3.34\%$$

Para un I.P. = 3.34% < 4 se clasifica la fracción fina como limosa, por tanto el suelo es un SM o una arena limosa, mezcla de arena y limo. Las condiciones de drenaje de estos suelos se considera de mala a impermeable; la

⁸ Montejo, F. Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Capítulo 4 Estabilización de Suelos

capacidad de compresibilidad e hinchamiento es de ligero a medio; y presentan una capacidad de soporte de suelo, CBR, de 10 a 20, y un Módulo de Reacción K, de 20 a 80 MN/m³. Ver anexos Estudios de Suelo.

Este es un suelo cuyas características permiten su utilización siempre que se tengan en cuenta el porcentaje de material fino que presentan y las condiciones de drenaje.

6.2. ESTUDIO DEL TRANSITO

Realizado un estudio preliminar del tránsito en la zona, al aforar durante dos horas diarias a largo de una semana, se pudo determinar el día de mayor volumen de tránsito.



Fotografía N° 7 y 8. Tipología vehicular sobre la Avenida El Progreso. Izquierda, nótese en el tráfico la presencia de semovientes y otras carretas para el transporte de agua, lo que hace mas traumático el transito durante ciertas horas del día; Derecha, presencia de camiones recolectores de basura de forma constante durante gran parte del día.

A continuación se presenta en la Tabla N° 4, la variación diaria del volumen de transito, el cual fue realizado durante toda la semana desde las 7:00 hasta las 9:00 horas.

Tabla N° 4. Variación Diaria del Volumen de Tránsito

Variación Diaria del Volumen de Tránsito				
Dirección: Carrera 19 – Av. El Progreso				
Hora: 7:00 – 9:00 A.M.			Fecha: Mayo 22 – Mayo 28 de 2.006	
Día de la Semana	Vehículos Ambos Sentidos			
	Automóviles	Buses	Camiones	Total
Lunes	208	9	21	238
Martes	202	7	26	235
Miércoles	191	8	19	218
Jueves	206	8	20	234
Viernes	219	7	14	240
Sábado	207	7	11	225
Domingo	151	5	4	160
Total	1384	51	115	1550

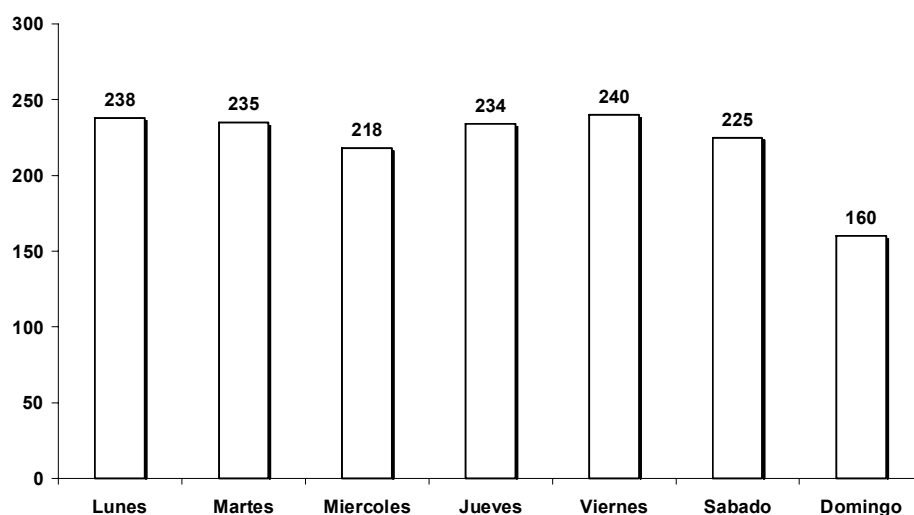


Figura N° 5. Variación Diaria del Volumen de Tránsito

Como se observa en la Figura N° 5 el mayor volumen ocurre el día viernes con poca diferencia entre el resto de días de la semana; tomando como base los resultados de esta Tabla se establece el viernes como el día para el estudio de la variación horaria.

De este modo al obtener los resultados del aforo semanal se efectuó un nuevo estudio el día de mayor variación de volumen de tránsito, ejecutado durante doce horas y tomando los datos en periodos de 15 minutos para encontrar la variación horaria del volumen del tránsito en la zona del proyecto.

En la Tabla N° 5 se muestran los resultados de los estudios para la Avenida El Progreso en el Municipio de Sincelejo, realizado el día Viernes 2 de Junio de 2006, y tomando los datos de variación en periodos de 15 minutos.

Adicional a este aforo vehicular se realizó un muestreo de las velocidades de circulación de los vehículos en la zona del proyecto a través del método de la velocidad de punto tomando como distancia entre los observadores una longitud de 80 metros en línea recta y aparentemente plana. Ver anexos Velocidad de Punto.



Fotografía N° 9. Estudio de Velocidad, Punto de Observación

Este estudio, permitirá encontrar los volúmenes totales del tránsito, las velocidades de operación y la composición vehicular con el objetivo de diseñar la estructura del pavimento y la señalización horizontal y vertical,

respectivamente, teniendo en cuenta los requerimientos establecidos para ambos casos.

Tabla Nº 5. Variación Horaria del Volumen de Tránsito

Variación Horaria del Volumen de Tránsito				
Dirección: Carrera 19 – Av. El Progreso				
Hora: 7:00 A.M. – 7:00 P.M.			Fecha: Viernes, Junio 2 de 2.006	
Hora	Automóviles	Buses	Camiones	Total
7:00 – 7:15	21	7	3	31
7:15 – 7:30	24	7	1	32
7:30 – 7:45	22	3	0	25
7:45 – 8:00	31	9	1	41
8:00 – 8:15	33	9	3	45
8:15 – 8:30	28	6	3	37
8:30 – 8:45	22	5	2	29
8:45 – 9:00	25	6	3	34
9:00 – 9:15	23	3	2	28
9:15 – 9:30	22	7	4	33
9:30 – 9:45	27	6	2	35
9:45 – 10:00	30	6	4	40
10:00 – 10:15	25	6	4	35
10:15 – 10:30	29	6	2	37
10:30 – 10:45	28	5	4	37
10:45 – 11:00	22	3	3	28
11:00 – 11:15	15	7	1	23
11:15 – 11:30	22	9	2	33
11:30 – 11:45	21	6	5	32
11:45 – 12:00	26	6	3	35
12:00 – 12:15	19	4	4	27
12:15 – 12:30	25	2	2	29
12:30 – 12:45	20	2	1	23
12:45 – 13:00	23	2	3	28
13:00 – 13:15	26	3	4	33
13:15 – 13:30	19	1	4	24

Variación Horaria del Volumen de Tránsito				
Dirección: Carrera 19 – Av. El Progreso				
Hora: 7:00 A.M. – 7:00 P.M.			Fecha: Viernes, Junio 2 de 2.006	
Hora	Automóviles	Buses	Camiones	Total
13:30 – 13:45	19	3	5	27
13:45 – 14:00	24	3	5	32
14:00 – 14:15	32	7	6	45
14:15 – 14:30	26	4	3	33
14:30 – 14:45	19	2	4	25
14:45 – 15:00	18	9	3	30
15:00 – 15:15	20	8	1	29
15:15 – 15:30	20	5	3	28
15:30 – 15:45	20	5	4	29
15:45 – 16:00	18	6	2	26
16:00 – 16:15	16	5	4	25
16:15 – 16:30	20	8	2	30
16:30 – 16:45	23	6	4	33
16:45 – 17:00	14	8	4	26
17:00 – 17:15	36	5	2	43
17:15 – 17:30	24	13	1	38
17:30 – 17:45	33	3	1	37
17:45 – 18:00	34	11	0	45
18:00 – 18:15	19	8	1	28
18:15 – 18:30	24	12	1	37
18:30 – 18:45	25	5	0	30
18:45 – 19:00	23	7	1	31
Total	1135	279	127	1541
%	74%	18%	8%	100%

6.2.1. OBTENCIÓN DEL VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA - *VHMD*

Teniendo como base el aforo vehicular realizado durante todo el día podemos llegar a la obtención del Volumen Horario de Máxima Demanda – *VHMD*.

En la siguiente tabla se presentan los datos de forma resumida para identificar el *VHMD*. Ver anexos Estudio del Transito

Tabla N° 6. Variación Horaria de Máxima Demanda

HORA		Σ FLUJO	HORA		Σ FLUJO
INICIO	FINAL	15 Min	INICIO	FINAL	15 Min
7:00	8:00	879	13:00	14:00	1016
8:00	9:00	815	14:00	15:00	993
9:00	10:00	716	15:00	16:00	727
10:00	11:00	794	16:00	17:00	729
11:00	12:00	961	17:00	18:00	1038
12:00	13:00	1117	18:00	19:00	1229

Como se observa en la tabla anterior el volumen horario de máxima demanda se presenta entre las 18:00 y las 19:00 horas con un *VHMD* igual a 1.229 vehículos mixtos/hora.

Para este caso el FHMD (Factor de la Hora de Máxima Demanda) es:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4 * (q_{MAX})} \quad (Ec. - 1)$$

$$FHMD_{15} = \frac{1229}{4 * (350)} = 0.878$$

El FHMD es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores cercanos a cero indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.⁹

Los volúmenes horarios de máxima demanda, *VHMD*, deben ser convertidos a tasas de flujo, *q*, a través del factor *FHMD*, para esto se hace necesario convertir los volúmenes horarios mixtos a un valor en el cual intervengan factores de automóviles equivalentes por cada camión o vehículo pesado, incluyendo aquí los efectos de las motocicletas en el tránsito de la Avenida El Progreso, los cuales también deben ser convertidos a vehículos equivalentes.

El flujo de automóviles equivalentes por hora y que no giran, viene dado por la siguiente expresión:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right); \text{ donde } \square \quad (\text{Ec. - 2})$$

f_{VP} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados y motocicletas y se expresa por:

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P_C (E_C - 1) + P_B (E_B - 1) + P_M (E_M - 1)}; \text{ donde } \square \quad (\text{Ec. - 3})$$

P_C = Porcentaje de Camiones

E_C = Automóviles equivalentes a un Camión

P_B = Porcentaje de Autobuses

⁹ Cal y Mayor, Rafael. Cárdenas, James. Ingeniería de Tránsito – Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Ed. Capítulo 8. Página 164

E_B = Automóviles equivalentes a un Autobús

P_M = Porcentaje de Motos

E_M = Automóviles equivalentes a una Moto

Los automóviles equivalentes comúnmente utilizados tanto para camiones E_C , como para autobuses, E_B , varían de 1.4 a 1.6, tomándose un valor medio de 1.5 que supone casos con pendientes cercanas a 0% y predominio de camiones livianos o medianos.¹⁰

En cuanto al valor de automóviles equivalentes a una moto, E_M , se realizará a continuación una serie de comparaciones entre los tiempos de recorridos de los autos, camiones y motos, lo que nos permitirá aproximarnos a este valor y para el cual se espera un valor menor a la unidad oscilando entre 0.55 y 0.7.

En la Tabla A-3 N°1, se presentan los tiempos de recorrido para autos, camiones y motos, teniendo como base los promedios de recorrido por cada tipo de vehículo, a continuación se detalla el procedimiento de análisis.

Tabla N° 7. Promedio de los tiempos de recorrido por vehículo.

Tipo de vehículo	Promedio (Sg)
Autos	8.87
Camiones	9.74
Motos	8.07

Dado que la variación de estos datos no es lineal, se establece una relación de tipo exponencial que permita encontrar, de cierta forma, el valor de E_M

¹⁰ Cal y Mayor, Rafael. Cárdenas, James. Ingeniería de Transito – Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Ed. Capítulo 13. Página 402

para un tiempo de recorrido de las motos. Las variables que se involucran en este análisis son E_i y $t(s)$. La relación se establece con ayuda del siguiente grafico:

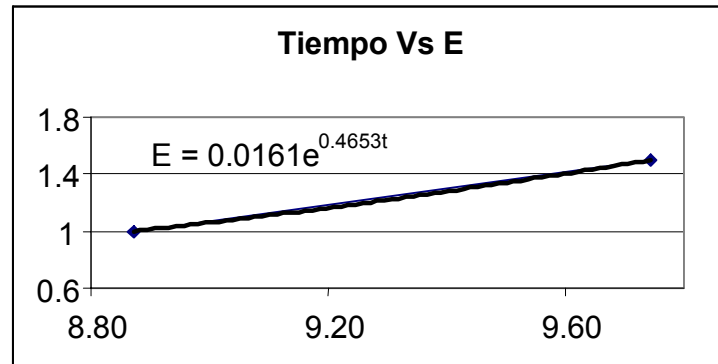


Figura N° 6. Variación del E con respecto a Tiempo para autos y camiones.

De la Figura N° 6 se toma la ecuación mostrada $E = f(t)$ y en la cual se reemplaza el valor del tiempo promedio recorrido por motos para encontrar el valor de automóviles equivalentes a una moto E_m

$$E_M = 0.0161 * (e^{0.4653t}) \rightarrow E_M = 0.0161 * (e^{0.4653 * (8.07)}) \rightarrow E_M = 0.688 \approx 0.7$$

Como se dijo anteriormente, el valor de E_M debía ser menor de la unidad, con este análisis simplificado se obtuvo un valor de 0.7 lo que indica que una moto equivale a 0.7 automóviles.

Retomando nuevamente el Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados y motocicletas, f_{VP} , y para un flujo total de vehículos en ambos sentidos durante el periodo de análisis de 11.014, se tienen los siguientes porcentajes de clasificación del tránsito:

% A = 10.31 %

% B = 2.53 %

% C = 1.15 %

% M = 86.01%

Entonces, retomando nuevamente la Ec. – 3, se tiene:

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_M(E_M - 1)}$$

Reemplazando valores:

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + 2.53*(1.5-1) + 1.15*(1.5-1) + 86.01*(1-0.7)}$$

$$f_{VP} = 0.783$$

Retomando nuevamente el flujo de automóviles equivalentes por hora y que no giran, el cual viene dado por la Ec. - 2:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right)$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$q_{ADE} = \frac{1229}{0.878} \left(\frac{1}{0.783} \right)$$

$$q_{ADE} = 1788 \text{ automóviles equivalentes / Hora}$$

6.2.2. CALCULO DEL TPD DE DISEÑO

Con base en los datos de campo para el estudio de tránsito se obtuvo un TD_i *Tránsito diario*; es necesario establecer factores de ajuste mensual y diario para transformar el TD_i en TPD_i *Tránsito Promedio Diario*, lo cual se consigue mediante la siguiente relación:

$$TPD_i = TD_i * f_m * f_d \quad (\text{Ec. – 4})$$

Donde f_m = factor de ajuste mensual

f_d = factor de ajuste diario

Para calcular estos factores, se tiene:

$$f_m = TPDA / TPDM \quad (\text{Ec. - 5})$$

$$f_d = TPDS / TD \quad (\text{Ec. - 6})$$

De acuerdo a información de INVIAS Seccional Sucre sobre Variación Mensual del tránsito para una carretera del Departamento con características similares a la Avenida El Progreso, se presenta a continuación la Tabla N° 8.

Tabla N° 8. Variación Mensual del Tránsito

Mes del Año	TPDM (Veh./ día)
Enero	3197
Febrero	1924
Marzo	2216
Abril	2217
Mayo	1985
Junio	1972
Julio	2106
Agosto	1846
Septiembre	1834
Octubre	1924
Noviembre	1821
Diciembre	2759
Total	25801

$$TPDA = \frac{\sum_{m=1}^{12} TPDM_m}{12} \quad (\text{Ec. - 7})$$

$$TPDA = \frac{25801}{12} = 2150 \text{ vehiculos/día}$$

Calculamos f_m para cada mes y se tabula, como se presenta a continuación:

Tabla N° 9. Factor de ajuste mensual f_m

Mes del Año	Factor Mensual f_m
Enero	0.67
Febrero	1.12
Marzo	0.97
Abril	0.97
Mayo	1.08
Junio	1.09
Julio	1.02
Agosto	1.16
Septiembre	1.17
Octubre	1.12
Noviembre	1.18
Diciembre	0.78

Basados en el estudio de tránsito realizado sobre la Avenida El Progreso se procede a calcular el Factor de Ajuste Diario f_d , el cual se determina así:

Tabla N° 10. Variación Diaria del Tránsito

Día de la semana	TD (Veh./ día)
Lunes	238
Martes	235
Miércoles	218
Jueves	234
Viernes	240
Sábado	225
Domingo	160
Total	1550

$$TPDS = \frac{\sum TD}{7} \quad (\text{Ec. - 8})$$

$$TPDS = \frac{1584}{7} = 226 \text{ vehiculos/día}$$

Calculamos f_d para cada día de la semana y se tabula, como se presenta a continuación:

Tabla N° 11. Factor de Ajuste Diario f_d

Día de la semana	Factor Diario f_d
Lunes	0.93
Martes	0.94
Miércoles	1.02
Jueves	0.95
Viernes	0.92
Sábado	0.98
Domingo	1.38

Como el estudio se realizó el día 2 de junio de 2006, de las Tablas N°9 y N°11, se tiene que:

$$f_m \text{ JUNIO} = 1.09; \quad f_d \text{ VIERNES} = 0.92$$

De la Ec. - 4 el TPD se estima como:

$$\text{TPD} = \text{TD}_{\text{VIERNES}} * f_m \text{ JUNIO} * f_d \text{ VIERNES}$$

Reemplazando,

$$\text{TPD} = 1788 * 1.09 * 0.92$$

$$\text{TPD} = 1793 \text{ vehículos / día} \approx 1800 \text{ vehículos / día}$$

6.2.3. OBTENCIÓN DE LAS VELOCIDADES DE DISEÑO Y DE OPERACIÓN

El muestreo de las velocidades de circulación en la Av. El Progreso ayudara a la obtención de las velocidades de operación máximas y mínimas permitidas al igual que la velocidad de diseño para la Avenida.

A continuación se presenta el análisis estadístico que permite llegar a estos valores para entrar a diseñar.

Tabla N° 12. Distribución de las Velocidades de Punto

Velocidades (Km./Hora)	N° de vehículos Observados	Velocidades (Km./Hora)	N° de vehículos Observados
46	1	34	6
45	2	33	1
44	3	32	7
43	0	31	3
42	2	30	5
41	5	29	3
40	2	28	6
39	2	27	2
38	3	26	2
37	7	25	1
36	4	24	1
35	3	23	2

6.2.3.1. Distribución de Frecuencia: teniendo en cuenta el tamaño de la muestra n , se establece que el número de intervalos de clase sea de 8.

Tabla N° 13. Número de Intervalos de Clase por tamaño de la muestra.

Tamaño de Muestra N	Número de Intervalos m
50-100	7-8
100-1.000	10-11
1.000-10.000	14-15
10.000-100.000	17-18
Mayor de 100.000	$1 + 3.3\text{Log}_{10}(n)$

6.2.3.2. Cálculo del Ancho del Intervalo de Clase: Es la relación entre la amplitud total de la muestra y el número de intervalos, esto es:

$$\text{Ancho del Intervalo} = \frac{\text{Amplitud Total}}{m} \quad (\text{Ec.} - 9)$$

$$\text{Ancho del Intervalo} = \frac{46 - 23}{8} = 3 \text{ Km/H}$$

6.2.3.3. Tabla de Distribuciones de Frecuencia de velocidad de punto.

Intervalos de Clase		Punto Medio	Frecuencia Observada		Frecuencia Observada		V_i^2	$f_i \cdot V_i$	$f_i \cdot V_i^2$
Grupos de Vel (Km/H)		V_i (Km/H)	Abs. f_i	Relativo $(f_i/n) \cdot 100$ %	Abs. f_{ia}	Relativo $(f_{ia}/n) \cdot 100$ %	$2 \cdot 2$	$2 \cdot 3$	$3 \cdot 7$
23	26	24.5	4	5.48	4	5.48	600.25	98.0	2401.00
26	29	27.5	10	13.70	14	19.18	756.25	275.0	7562.50
29	32	30.5	11	15.07	25	34.25	930.25	335.5	10232.75
32	35	33.5	14	19.18	39	53.42	1122.25	469.0	15711.50
35	38	36.5	14	19.18	53	72.60	1332.25	511.0	18651.50
38	41	39.5	7	9.59	60	82.19	1560.25	276.5	10921.75
41	44	42.5	7	9.59	67	91.78	1806.25	297.5	12643.75
44	47	45.5	6	8.22	73	100.00	2070.25	273.0	12421.50
Total			73	100.00				2535.50	90546.25

6.2.3.4. Representación Grafica de los datos de velocidad de punto.

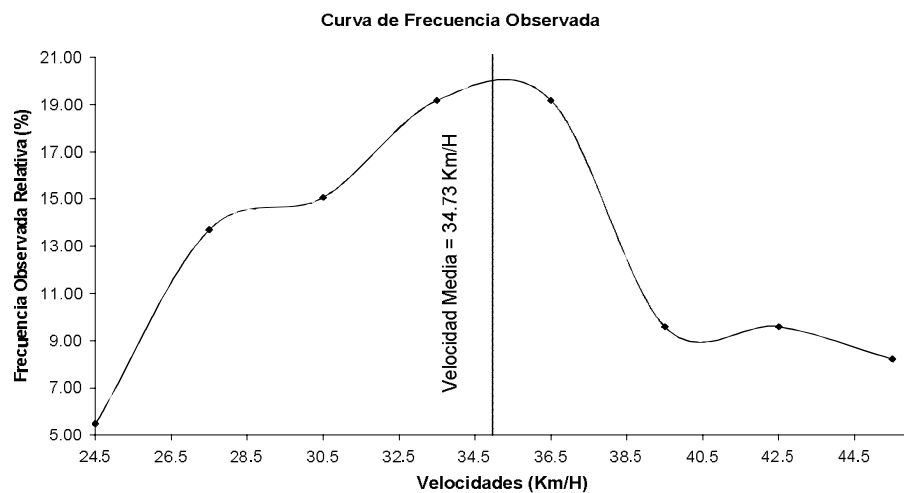


Figura N° 7. Curva de Frecuencias Observadas de Velocidades de Punto

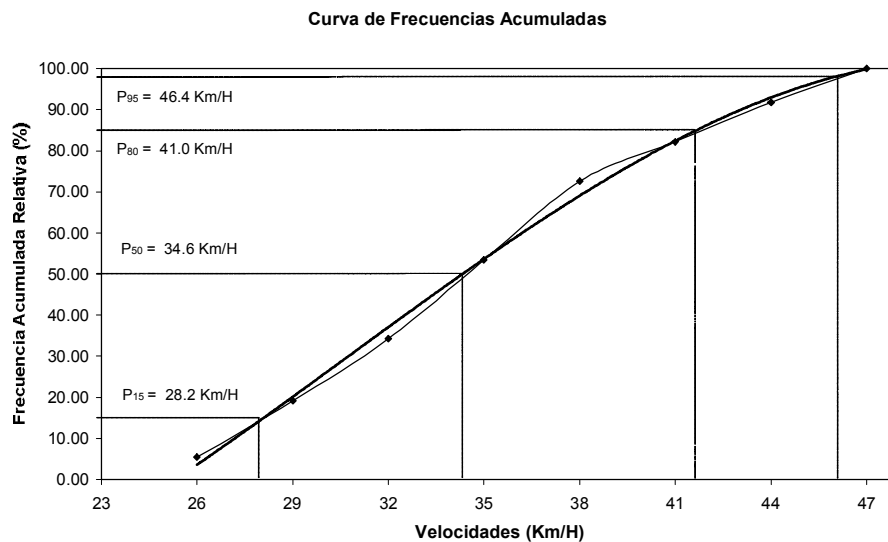


Figura N° 8. Curva de Frecuencias Acumuladas de Velocidades de Punto

6.2.3.5. Cálculo de la Velocidad media de Punto, V_t (Ec. – 10):

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i \cdot v_i)}{n}; \quad \longrightarrow \quad V_t = \frac{\sum_{i=1}^8 (2535.50)}{73};$$

$$V_t = 34.73 \text{ Km/Hora}$$

6.2.3.6. Cálculo de la Desviación Estándar y Error estándar de la media: Ver Anexos Estadística

6.2.3.7. Obtención de los Percentiles.

Teniendo como base la Figura N° 8 Curva de Frecuencias Acumuladas de Velocidades de Punto, se han obtenido los percentiles P_{98} , P_{85} , P_{50} y P_{15} , los cuales equivalen a:

P_{98} : 46.4 Km/Hora → Vel. Diseño = 60 Km/Hora

P_{85} : 41.0 Km/Hora → Vel. Máxima de Operación = 40 Km/Hora

P_{50} : 34.6 Km/Hora → Vel. de la calidad de flujo = 35 Km/Hora

P_{15} : 28.2 Km/Hora → Vel. Mínima de Operación = 30 Km/Hora

La velocidad correspondiente al percentil 98, P_{98} , es utilizada para establecer la velocidad de proyecto; el percentil 85, P_{85} , se refiere a la velocidad crítica a la cual debe establecerse el límite máximo de velocidad en conexión con los dispositivos del control de tránsito que la deben restringir; el percentil 50, P_{50} , es utilizada como una medida de la calidad del flujo vehicular, y es aproximadamente igual la velocidad media; el percentil 15, P_{15} , se refiere al límite inferior de la velocidad.

6.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La información obtenida en el levantamiento topográfico, ha sido recopilada en los planos para lograr una mejor comprensión de ésta; en cuanto a las curvas horizontales estas varían entre valores que van de los 160° a 172° , ángulos comprendidos entre las intersecciones de las líneas del eje de la carretera; estas amplitudes de valores hace que las curvas horizontales sean suaves. En lo referente al perfil de la vía, en esta se presenta una variación de cotas en sentido descendente desde la Calle 38 (Carretera Troncal) con una cota de 206.265 metros sobre el nivel del mar¹¹ hasta unos 179.413 M.S.N.M al final de la vía. Ver Fotos N° 10 y 11



¹¹ Fuente: Aguas de la Sabana S.A. E.S.P.

Fotografía N° 10. Izquierda, Punto Inicial Entrada hacia la Avenida El Progreso, intersección con la Troncal de Occidente .**Fotografía N° 11.** Derecha, Punto Final (Puente sobre Arroyo)

En las curvas verticales se presenta poca variación de las pendientes. Como es de notar, existe un gran número de viviendas que se encuentran ubicadas en la zona de derecho de la vía las cuales son notablemente visibles tanto en la parte inicial (a la altura de la Calle 38) como en la parte final (un poco mas adelante del Monasterio), también existen zonas en las cuales se presenta un gran espacio en el paramento consolidado por los habitantes. Ver Fotos N° 12 y 13.



Fotografía N° 12 y Fotografía N° 13. Izquierda, Derecho de vía invadida. Derecha, Derecho de vía Libre

La Avenida El Progreso puede presentar un factor de accidentalidad potencialmente alto, debido a la mala utilización de ésta por parte de los conductores, peatones y el paso de carretillas y vehículos de tracción animal (estos últimos se presentan en un mayor porcentaje de utilización de la vía), adicional a la insuficiente señalización vertical que solo consta de 3 señales.

Las dos primeras señales están ubicadas en las proximidades de la Escuela Urbana del Progreso consiste en una reglamentaria (SR - 30) y otra

preventiva (SP- 47), que indica la velocidad máxima de 30 Km/H y la proximidad de una zona escolar, respectivamente. Ver Foto N° 14.

Estas señales están ubicadas en un sitio con poca visibilidad para los vehículos que circulan en sentido Chochó – Sincelejo.

La otra es una señal Reglamentaria, un Pare (SR - 01), localizada a la altura de la Intersección con la Calle 38, Ver Foto N° 15; para el flujo vehicular que se desplaza desde la Calle 38 hacia la parte final de la Avenida no existe ninguna señalización vertical, así como tampoco a lo largo de toda la vía no hay ninguna marca en el pavimento.



Fotografía N° 14 Izquierda. Señal de Tránsito Preventiva *SP-47 Zona Escolar* y Señal de Tránsito Reglamentaria –*SR-30 Velocidad Máxima de 30 Km/H.* **Fotografía N° 15 Derecha.** Señal de Tránsito Reglamentaria– *SR-01 Pare*, a la altura de la intersección con la Troncal de Occidente

Todo lo anterior hace que en la Avenida El Progreso se presente un flujo con poca funcionalidad haciendo que el tránsito vehicular y peatonal se considere inseguro, como lo confirma el estudio de velocidad de punto donde indica la baja velocidad de operación según el percentil 50.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Como se dijo anteriormente el método por el cual se realizará el diseño del pavimento será el Método simplificado de la Portland Cement Association – PCA, a continuación se presentan de forma resumida los resultados de cada uno de los factores que intervienen en el diseño del pavimento.

7.1. MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO

El concreto utilizado para el diseño de la estructura del pavimento tendrá una resistencia a la flexión de 4.4 MPa. Dadas las características que presentan los agregados de la región no es permitido la utilización de un concreto con resistencia a la flexión por debajo de los 4.1 Mpa.

7.2. PERIODO DE DISEÑO

Se tomará como periodo de diseño o vida útil del pavimento un tiempo de 20 años ya que los valores de TPD-C que se usan en la simplificación del diseño establecen este periodo de diseño.

7.3. SOPORTE DE LA SUBRASANTE

Como se dijo en los resultados de los estudios de suelos se presentan dos tipos de suelos sobre los cuales se soportará la estructura del pavimento, para lo cual a continuación se presentan las alternativas de diseño.

7.3.1. Alternativa N° 1

Según el estudio de suelo realizado en la zona del proyecto, se tiene que desde el K0+000 hasta el K0+860, el suelo sobre el cual se establecerá la estructura del pavimento es una arena limosa (SM) cuyo Modulo de Reacción, K , presenta valores de 20 a 80 MN/m^3 y para la parte final, es decir, desde el K0+ 860 hasta el K1+358.2 se presenta un suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) con valores del Modulo de Reacción entre 10 y 40 MN/m^3 , este suelo arcilloso se estabilizará con cal para mejorar sus propiedades y comportamiento estructural.

De todo lo anterior se escoge un $K = 45 \text{ MN/m}^3$ para la arena limosa y un $K = 25 \text{ MN/m}^3$ para la arcilla.

7.3.2. Alternativa N° 2

Para esta alternativa de diseño se recomienda la utilización de una sub-base de suelo cemento de 100mm de espesor para mejorar la capacidad de soporte del suelo arcilloso, esto aumenta el valor de K el cual será aprovechado para el diseño estructural.

De la Tabla N° 14 se tiene que para una subrasante con K igual a 20 Mpa y una sub-base de suelo cemento de 100 mm, el valor de K para la combinación aumenta a 60 Mpa, la cual es considerada como una resistencia alta.

Tabla N° 14. Valores de diseño para Sub-base tratada con cemento.

Valor de K para Subrasante Mpa/m	Valor de K para Sub-base Mpa/m			
	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	-

En cuanto al suelo de la parte inicial (Arena Limosa), se establece su utilización en iguales condiciones a la Alternativa N° 1 con un valor de $K = 50 \text{ MN/m}^3$

7.4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

7.4.1. Tránsito Promedio Diario de Vehículos Comerciales (Tpd – C)

Del estudio del tránsito se tiene que el tránsito promedio diario TPD es de 1800 vehículos / día, con un porcentaje de vehículos comerciales de 26% (A= 74%; B= 18%; C= 8%), para lo cual el tránsito promedio diario de vehículos comerciales TPD-C es de 468 vehículos / día

7.4.2. Categoría de Carga por Eje

De la Tabla N° 15, se considera adecuado escoger la categoría 3, la cual se establece para calles arterias y carreteras primarias y 4 carriles o más en la calzada de la vía, con un TPD-C entre valores de 500 – 5000+

7.4.3. Espesor de la Losa de Concreto

Teniendo en cuenta la Categoría N° 3, se procede a analizar las alternativas de diseño para el espesor de la losa de concreto teniendo en cuenta que el pavimento tendrá juntas de trabazón de agregados.

Alternativa N° 1

Para la clase de soporte que ha sido considerada en esta alternativa con valores de Modulo de Reacción $K = 45 \text{ Mpa/m}$ para la arena limosa y $K = 25 \text{ Mpa/m}$ para el suelo arcilloso, un TPD – C Admisible de 530 Vehículos/día y un Modulo de Rotura del concreto de 4.4 Mpa, se establece dentro de las tablas de diseño presentadas por la PCA la siguiente:

Tabla N° 16. Espesor de Losa de Pavimento

TPD-C Admisible – Categoría 3 de Cargas por Eje – Pavimentos con Juntas de Trabazón de Agregados Con Berma o Sardinell de Concreto						
MR = 4.4 Mpa	Espesor de Losa (mm)	Soporte de Subrasante Sub-base (MPa/m)				
		Bajo (20-34)	Medio (35-49)	Alto (50-60)	Muy Alto (70 +)	
	160	24			100	
	170	46			120	460
	180	50	210	530	830	
	190	210	620	870	1.400	
	200	540	930	1.300	2.200	
	210	770	1.400	2.100	3.500	
	220	1.100	2.100	3.200	5.700	
	230	1.500	3.000	4.900	9.300	
	240	2.200	4.500	7.500		
	250	3.000	6.600			
	260	4.200	9.800			
	270	5.900				
	280	8.200				

De donde para la arena limosa el espesor de la losa de concreto recomendado es de 190mm y para el suelo arcilloso de 200mm.

De esta forma la estructura del pavimento para la Alternativa N°1 queda conformada por una Subrasante de suelo arena limosa, $K = 45 \text{ MPa/m}$, una losa de concreto de 4.4 MPa y espesor de 190mm en el tramo comprendido entre el K0+000 hasta el K0+860 y una suelo arcilloso estabilizado con Cal, K

= 25 MPa/m y una Losa de Concreto de 4.4 MPa de 200 mm. de espesor para el tramo desde el K0+860 al K1+358.2.

Alternativa N° 2

Como se estableció con antelación el suelo de la parte inicial se mantiene en iguales condiciones a la alternativa N°1 con un valor del Modulo de Reacción igual a 50 MPa/m, en cuanto al suelo arcilloso se recomendó la utilización de una sub-base de suelo-cemento de 100mm de espesor lo cual incremento notablemente el valor de K a magnitudes de 60 MPa/m, ingresando en la tabla de diseño N°16 se tiene que, para la arena limosa el espesor de la losa de concreto de 4.4 MPa recomendado es de 180mm y para el suelo arcilloso con una sub-base de suelo-cemento de 100mm el espesor de la losa de concreto de 4.4 MPa recomendado es de 180mm.

A continuación se representa gráficamente cada una de las alternativas de diseño para su mejor comprensión:

Alternativa N° 1

<table><tr><td>Losa de concreto</td><td>e = 190 mm</td></tr><tr><td colspan="2">SR</td></tr></table>	Losa de concreto	e = 190 mm	SR		<table><tr><td>Losa de concreto</td><td>e = 200 mm</td></tr><tr><td colspan="2">SR + Cal</td></tr></table>	Losa de concreto	e = 200 mm	SR + Cal	
Losa de concreto	e = 190 mm								
SR									
Losa de concreto	e = 200 mm								
SR + Cal									
<i>Suelo Arena SM</i> <i>K=45 MPa/m</i> <i>(K0+000 – K0+860)</i>	<i>Suelo Arcilla CH</i> <i>K=25 MPa/m</i> <i>(K0+860 – K1+358.2)</i>								

Alternativa N° 2

Losa de concreto	e = 180 mm
SR	

*Suelo Arena **SM***
K=50 MPa/m
(K0+000 – K0+860)

Losa de concreto	e = 180 mm
Suelo-Cemento	e = 100 mm
SR	

*Suelo Arcilla **CH***
K=60 MPa/m
(K0+860 – K1+358.2)

7.5. TIPO DE JUNTAS

Como este método contempla la utilización de dos tipos de juntas, trabazón de agregados y pasadores, se establece la utilización de la trabazón de agregados, debido a que por día en la Avenida El Progreso no circulan mas de 175 camiones por carril, además las condiciones climáticas no son tan variables y por ultimo se restringe a 4,50 metros como la longitud máxima de las losas de concreto; por otra parte se deberá garantizar que el soporte no sea sometido al fenómeno de bombeo.¹²

Las clases de juntas que se necesitan para el buen comportamiento del pavimento son: juntas Longitudinales, juntas transversales, juntas de contracción y juntas de dilatación.

7.5.1 JUNTAS LONGITUDINALES

¹² Montejo, F. Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Capítulo 6.3 Página 358

Estas juntas controlan las fisuras que se presentan en el pavimento, no es necesario la utilización adicional de pasadores de carga debido a que la transmisión de carga será por la trabazón de agregados, sin embargo se colocaran unas barras de anclaje que mantengan unidas las caras de las juntas y garanticen su eficiencia, estas juntas longitudinales se convertirán en juntas de construcción.

La sección transversal por unidad de longitud de junta se calculará con base en la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot W}{f_s} \quad (\text{Ec.} - 11)$$

Donde A_s = área de acero por unidad de longitud de junta (cm^2/m)

b = distancia entre las juntas en consideración y el borde libre del pavimento (m)

f = Coeficiente de fricción entre losa y suelo (Usualmente 1.5)

W = Peso de la losa por unidad de área

f_s = Esfuerzo de trabajo del acero (Kg/cm^2); normalmente se toma igual a $0.67 F_y$

La longitud de barras de anclaje debe ser tal que el esfuerzo de adherencia a cada lado de la junta iguale el esfuerzo de trabajo del acero.

Agregando 7.5 cm para compensar defectos de colocación de la varilla la longitud total de esta puede calcularse por medio de la siguiente formula:

$$L = \frac{2 \cdot A \cdot f_s}{a \cdot p} + 7.5 \quad (\text{Ec.} - 12)$$

Donde: L = longitud total de la barra de anclaje (cm)

A = área transversal de una barra de anclaje (cm^2)

f_s = Esfuerzo de trabajo del acero (Kg/cm^2); normalmente se toma igual a $0.67 F_y$

a = Esfuerzo de trabajo por adherencia. Para acero corrugado se permite usar el 10% del valor de la resistencia a compresión del concreto; sin embargo, no debe exceder de $24.6 \text{ Kg}/\text{cm}^2$

p = Perímetro de una varilla (cm)

Las formulas anteriores han sido resumidas en la siguiente tabla, para barras de acero de 40.000 p.s.i. con $\Phi = 3/8"$, se tiene:

Tabla N° 17. Selección de las Barras de anclaje para $\Phi = 3/8"$

Espesor de Losa (cm)	Longitud (cm)	Separación entre Barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m
15	45	80	75	65
17.5		70	60	55
20		60	55	50
22.5		55	50	45
25		45	45	40

Nota: Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la tabla se multiplicaran por 1.5

De la tabla anterior, para un espesor de losa de 20 cm y un ancho de carril de 3.05 m se debe espaciar las barras de $\Phi = 3/8"$ $F_y = 40.000$ p.s.i. una distancia de 60 cm y una longitud de barra de 45 cm.

7.5.2 JUNTAS DE CONTRACCIÓN

Las juntas de contracción también son juntas de alabeo, estas controlan las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto y por alabeo del pavimento.

Se establece una separación máxima entre juntas de 6.0 mts, en cuanto al sistema de transmisión de carga la PCA recomienda que para tráfico liviano (calles residenciales, vías secundarias, etc.), la trabazón funciona eficazmente con juntas espaciadas a 4.50 mts y también establece que en zonas no sometidas a heladas, la colocación de una subbase de suelo-cemento permite construir juntas de contracción sin pasadores, con excelente comportamiento.

Por todo lo anterior se establece para la Avenida El Progreso un sistema de transmisión de cargas de trabazón de agregados con juntas espaciadas a 4.50 mts.

7.5.3 JUNTAS DE DILATACIÓN

Estas últimas se recomiendan solamente contra construcciones fijas y en intersecciones asimétricas, siempre que el pavimento no se construya con materiales expansivos, la temperatura durante la construcción no sea muy baja y la longitud de las losas no sea muy grande. La transferencia de carga usualmente se realiza a través de varilla lisas lubricadas en una de sus mitades, las dimensiones de estas varillas son 45 cm. de longitud, una separación de 30 cm. y diámetro de 1/8 de espesor de la losa, para lo cual se tiene un $\Phi = 1"$

7.6. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito,

las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento, de tal manera que la sección típica adoptada influya en la capacidad de la carretera, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad para la circulación vehicular sobre la Avenida.

En el Plan Parcial de Mejoramiento Integral para las Comunas 8 y 9 del Municipio de Sincelejo se establece como estrategia de acción habilitar el espacio público construido y natural de las vías, andenes, zonas recreativas, la recuperación y definición de las áreas de cesión entregadas al Municipio por los urbanizadores, la construcción del equipamiento social educativo, de salud y cultural requerido.

Por esta razón se ha propuesto en este Plan Parcial en lo que respecta al mejoramiento de la malla vial de la zona sur del Municipio y especialmente lo referente a la Avenida El Progreso, se plantea una ampliación en la sección transversal de esta avenida a un perfil vial denominado V 4B, que de acuerdo al Acuerdo 007 del 2000 por el cual se adopta el POT del Municipio de Sincelejo, en el Artículo 21. “Suelo de Protección” inciso 2 Área de protección de redes viales se estipula un ancho mínimo de 18.50 metros de paramento a paramento para esta clasificación vial, distribuida de la siguiente manera: Ancho de Calzada 10.50 metros, Zona de Protección 0.80 metros, Zona de Anden 1.20 metros y Zona de Antejardín 2.00 metros. Ver Planos Anexos

7.7. OBRAS COMPLEMENTARIAS

Las obras que complementan el pavimento, como andenes, cunetas, bordillos, entre otros, ayudaran con el drenaje y subdrenaje de las aguas, de manera que se evite la filtración en la estructura del pavimento.

7.7.1. CUNETAS

La función de las cunetas es la de recoger y canalizar longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, etc.

En general por razones de seguridad son deseables cunetas de sección triangular con taludes suaves y fondos amplios.

Teniendo en cuenta los niveles de precipitación en la región (1.192,98 mm anuales) y que en promedio la zona delimitada del proyecto presenta buenas condiciones de escorrentías superficiales debido al nivel de espacios construidos y a las pendientes que se presentan en el sitio, se recomienda la utilización de cunetas en zonas donde la pendiente del terreno resulta insuficiente para evacuar las aguas que llegan al pavimento, para lo cual y de acuerdo a las especificaciones que debe cumplir la sección tipo de la cuneta utilizar en este proyecto, se acuerda una sección triangular con dimensiones detalladas en la siguiente figura de los planos anexos

7.7.2. Bordillos

Se colocaran estos elementos ya que conducen el agua hacia los lavaderos o bajantes, y evitan de esta manera que se produzca erosión en los taludes y saturación de éstos por el agua que cae sobre la corona de la vía; estos son pequeños bordos en concreto macizo que se ubican en la parte externa de la calzada.

7.7.3. Andenes

Su anchura depende del espacio disponible y del volumen de tránsito de peatonal. El módulo de anchura correspondiente a una persona es 0.60 m y

para que se crucen dos personas el ancho total es 1.20 m y su elevación respecto de la corona adyacente va de 10 a 25 cm.

7.7.4. Separadores

Los separadores son por lo general zonas verdes o zonas duras colocadas paralelamente al eje de la calle, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central o mediana) o para separar calzadas destinadas al mismo sentido del tránsito (calzadas laterales).

7.8. GENERALIDADES DE LOS DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO

Es función de los dispositivos para la regulación del tránsito indicar a los usuarios las precauciones que debe tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias.

La velocidad en las vías modernas y el crecimiento del volumen de vehículos que circulan por ellas, son factores que crean situaciones conflictivas en determinados tramos de las vías, en las cuales es preciso prevenir, reglamentar e informar a los usuarios como deben circular con el fin de aumentar la eficiencia, la seguridad, la comodidad de las vías y proporcionar una circulación más ágil. Éstas deben ser de fácil interpretación, suministrando a los conductores y peatones los mensajes claves, sin presentar ambigüedades en la información.

El Ministerio de Transporte, en desarrollo de sus políticas de seguridad vial y ante la necesidad de unificar el criterio de utilización de los diferentes dispositivos para la regulación del tránsito, publicó en el año 2004 el Manual de Señalización Vial *MSV-MT*, en cual se recopilan los diferentes tipos de

dispositivos de regulación del tránsito que se utilizan en Colombia y en muchos otros países, a continuación se presenta un resumen de los dispositivos verticales y horizontales que se implementaran en la Avenida El Progreso con el fin de brindarle seguridad al usuario de esta.

7.8.1. Señales Verticales

Son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías y brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Las señales deben permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aún cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, iluminación nocturna, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en *MSVMT*.

En lo que concierne a la colocación de las señales verticales en la Figura 9 se muestra un esquema general de la ubicación lateral y la altura de las señales.

Todas las señales se colocarán al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90°, con el fin de permitir una óptima visibilidad al usuario, en las zonas urbanas serán instaladas de tal forma que la distancia de la señal medida desde su extremo más sobresaliente hasta el borde del andén no sea menor de 0,30 m.

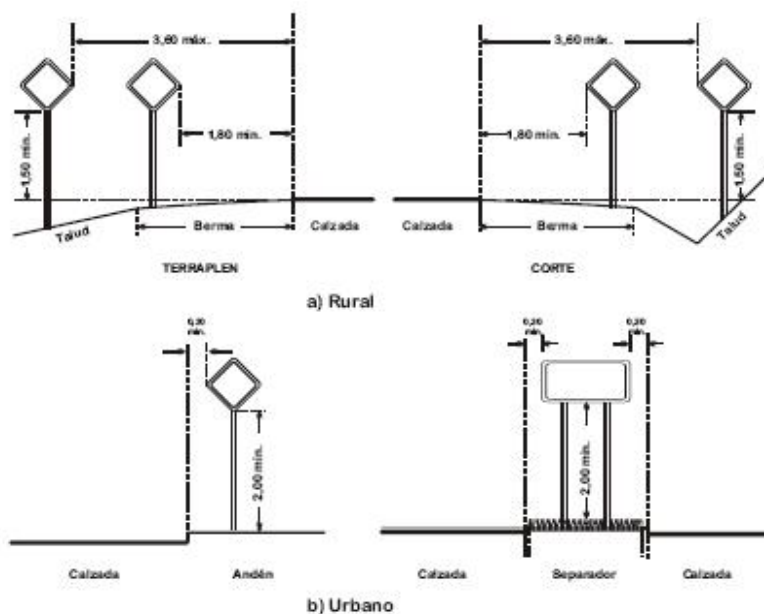


Figura N° 9 Ubicación Señales Verticales

En la sección correspondiente a cada una de las clases de señales verticales, se definen los criterios para la colocación de éstas a lo largo de la vía; en condiciones especiales, en donde no exista la distancia suficiente que permita colocar dos señales verticales individuales separadas, se podrán adosar dos tableros de señales verticales en un solo poste. En este caso, la distancia mínima será el equivalente, en metros a la velocidad de operación de la vía en km/h, por ejemplo: a una distancia de 30m le corresponde una velocidad de operación 30km/h y a una distancia de 80m le corresponde una velocidad de operación 80km/h.

En áreas urbanas, la altura de la señal medida desde su extremo inferior del tablero hasta la cota del borde del andén no debe ser menor de 2,0 m. Las señales elevadas se colocan sobre estructuras adecuadas en forma tal que presenten una altura libre mínima de 5,0 m., sobre el punto más alto de la rasante de la vía.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en: señales preventivas, señales reglamentarias y señales informativas.

Las señales preventivas tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta, se identifican con el código **SP**; deberán ser colocadas antes del riesgo a prevenir y a una distancia que puede variar entre 60 y 80 m.

Las señales reglamentarias tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, estas señales se identifican con el código **SR**, su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre. Los colores utilizados en estas señales son los siguientes: Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro, con algunas excepciones¹³.

Las señales reglamentarias se ubicarán en el sitio mismo a partir del cual empieza a aplicarse la reglamentación o prohibición descrita en la señal. Las señales podrán ser complementadas con una placa informativa situada debajo del símbolo, que indique el límite de la prohibición o restricción. Por ejemplo se podrá incluir una placa con las palabras: en esta cuadra, en ambos costados.

Las señales informativas tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, etc. estas señales se identifican con el código **SI**, son generalmente de color azul con

¹³ Estas excepciones son: SR-01: Pare, cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco, SR-02: Ceda el paso, fondo blanco y orla roja. SR-04: No pase, cuyo fondo es rojo, franja y letras en blanco, SR-38 y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas. La señal SR-27 No parquearse ni detenerse, llevará adicionalmente otra franja diagonal, desde el cuadrante superior derecho hasta el cuadrante inferior izquierdo.

detalles en negro y blanco, como lo especifica el MSV-MT Se ubicarán adyacentes a las señales de destino que identifiquen la ruta a la cual se hace referencia.

7.8.2. Dispositivos Propuesto para la Señalización de La Avenida El Progreso

SP-14. Bifurcación en “T”

Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad de una bifurcación de vías en forma de “T” no canalizada, en la cual se puedan efectuar todos los giros y sin que sea necesario que el ángulo que forman las vías sea de 90°. Esta señal debe complementarse con las señales SR-01. Pare o SR-02. Ceda el Paso y SR-30. Velocidad Máxima. En carreteras urbanas de alta velocidad, también deberá complementarse con la señal SP-29 - Prevención de pare o SP-33 - Prevención de ceda el paso. Si la importancia de la vía que no tiene prelación es menor que la importancia de la vía principal, la rama correspondiente a la vía de menor importancia podrá dibujarse en la señal un 30% más angosta.

SP-47. Zona Escolar

Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una zona de actividad escolar, en la cual puede existir un cruce especial destinado a los escolares. Deberá complementarse con las señales SR-30. Velocidad Máxima y SR-28. que prohíbe el estacionamiento de vehículos frente a la acera de la zona, ya que éstos impiden la visibilidad de los escolares. En lo posible deberán complementarse con marcas y palabras sobre el pavimento.

SP-48. Zona Deportiva

Se empleará para advertir al conductor la proximidad a una zona destinada a campos de juego adyacentes a la vía. Deberá complementarse con la señal SR-30. Velocidad Máxima y SR-28. que prohíbe el estacionamiento de

vehículos frente a la acera, ya que éstos impiden la visibilidad de las personas que ingresan o salen de la zona.

SR-01. Pare

Esta señal se empleará para notificar al conductor que debe detener completamente el vehículo y sólo reanudar la marcha cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente, especialmente en los siguientes casos: 1) En la intersección con una vía de mayor jerarquía; 2) En la intersección de una calle con una carretera; 3) En la intersección de dos vías, en la que no se defina la prelación de paso y 4) En cualquier tipo de intersección donde la combinación de altas velocidades, distancia de visibilidad restringida, registro de accidentes, etc., hace necesario detener el vehículo completamente para evitar accidentes. Esta señal se complementará con la línea de pare.

SR-28. Prohibido Parquear

Esta señal se empleará para notificar al conductor la prohibición para estacionar su vehículo en determinado tramo de la vía.

R-30. Velocidad Máxima

Esta señal se empleará para notificar la velocidad máxima a la que se puede circular, velocidad de operación, expresada en múltiplos de 10 y en km/h, la limitación de velocidad debe aparecer razonable y no innecesariamente restrictiva, pues los límites excesivos perjudican la credibilidad de la señalización, la capacidad de la carretera, o provocan accidentes por alcance o formación de colas. Su utilización deberá estar soportada en un estudio de velocidad de operación.

SI-07. Sitio de Parqueo

Esta señal se empleará para informar a los conductores el sitio mismo, la dirección o la distancia a la cual se encuentra un lugar autorizado para el estacionamiento de vehículos.

SI-20. Iglesia

Esta señal se empleará para informar a los usuarios el sitio mismo, la dirección o la distancia a la cual se encuentra ubicada una iglesia u oratorio. En las señales ubicadas en el sitio mismo, podrá indicarse, mediante placa adosada en la parte inferior de la señal, los horarios de los oficios religiosos.

SI-22. Estación de Servicio

Esta señal se empleará para informar a los usuarios la dirección o la distancia a la cual se encuentra un lugar destinado para el abastecimiento de combustibles.

SI-26. Nomenclatura Urbana

Esta señal se empleará para informar a los usuarios de las vías urbanas acerca de la nomenclatura vial de la ciudad.

7.8.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

La demarcación desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de regulación del tránsito. En algunos casos, son usadas

para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas entendibles. Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere que se tenga una uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

Las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas. En las líneas longitudinales el color blanco se empleará para hacer separación entre tránsito en el mismo sentido y el amarillo entre tránsito de sentido contrario.

Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco, a excepción de las flechas de doble cabeza utilizadas para la demarcación de carriles de contraflujo. Cuando se requiera dar contraste a las líneas blancas o amarillas podrá emplearse líneas negras adyacentes a ellas y de ancho igual a $\frac{1}{2}$ del ancho de la línea, excepto para marcas viales en donde se implementarán líneas negras que sobresalgan 5 cm.

La señalización horizontal se clasifica en Marcas longitudinales y Marcas transversales.

A. MARCAS LONGITUDINALES

Una línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, ni cuando la marca separe los dos sentidos de circulación circular por la izquierda de ella. Una marca longitudinal constituida por dos líneas continuas tiene el mismo significado. Se excluyen de este significado las líneas continuas de borde de calzada.

Líneas centrales

Se emplearán estas líneas de color amarillo, para indicar el eje de una calzada con tránsito en los dos sentidos y de color blanco para separar carriles de tránsito, en el mismo sentido. En circunstancias especiales esta línea puede no estar en el centro geométrico de la calzada, como es el caso de transiciones en el ancho del pavimento, cuando hay un carril adicional para marcha lenta, en la entrada a túneles o puentes angostos, etc.

Las líneas centrales deben usarse en los siguientes casos: en vías secundarias o de jerarquía superior, dentro del perímetro urbano de las poblaciones, en autopistas, carreteras principales y secundarias y en todas las vías en donde un estudio de ingeniería de tránsito así lo aconseje.

Las líneas centrales estarán conformadas por una línea segmentada de 12cm de ancho, como mínimo, con una relación de longitudes entre segmento y espacio de tres (3) a cinco (5) y con las siguientes dimensiones para vías urbanas: Longitud del segmento pintado 3,00 m y Longitud del espacio sin pintar 5,00 m

Líneas del carril

Estas líneas servirán para delimitar los carriles que conducen el tránsito en la misma dirección. También cumplen la función de incrementar la eficiencia del uso de una calle en sitios en donde se presentan congestionamientos. Para indicar que el cambio del carril se puede hacer sin afrontar un riesgo, se usará una línea blanca segmentada de 12 cm de ancho, como mínimo, con relación de longitudes entre segmento y espacio de tres (3) a cinco (5), conforme a las siguientes dimensiones para vías urbanas: Longitud del segmento pintado 3,00 m y Longitud del espacio sin pintar 5,00 m. Cuando el cambio de carril puede acarrear un riesgo, si no se efectúa con precaución, se usará una línea blanca continua de 12 cm de ancho, como mínimo.

Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido

Estas demarcaciones sirven para delimitar longitudinalmente las zonas en las cuales el adelantamiento está prohibido en uno u otro sentido o en ambos a la vez, lo que se indicará por las características especiales de la demarcación central. Deberán demarcarse las zonas de adelantamiento prohibido en tramos de recta, curva horizontal, curva vertical en donde la distancia de visibilidad para efectuar la maniobra de adelantamiento es mayor que la distancia de visibilidad del sector, teniendo en cuenta la velocidad del 85% (percentil 85) de los usuarios, determinada mediante un estudio de ingeniería de tránsito, o la velocidad de diseño del sector.

En perfil: 1. La altura del ojo del conductor y del vehículo que se acerca, se mide a 1,20 m de la superficie del pavimento.

En planta: La visual de los conductores se ubica a 0,50 m a la derecha de la línea de eje de la vía, en cada sentido de circulación.

La distancia mínima de visibilidad de adelantamiento y la longitud mínima de la línea de prohibido adelantamiento, se calcularán de acuerdo con la velocidad de operación, teniendo en cuenta lo establecido en la Tabla 18.

Cuando la distancia en la cual podría ser permitido adelantar, medida entre los extremos de zonas de adelantamiento prohibido es igual o menor que la distancia de visibilidad de adelantamiento, a la velocidad directriz del sector, se debe prohibir el adelantamiento. El resultado del chequeo será:

- a)** Una línea continua amarilla de 12 cm de ancho como mínimo, cuando esté prohibido pasar de un carril a otro. Cuando la situación sea simultánea en ambos sentidos de circulación, no se demarca la línea discontinua.
- b)** Dos líneas separadas por un espacio de aproximadamente 8 cm, una continua y otra segmentada o las dos continuas, para indicar la prohibición de adelantamiento a los vehículos que transitan en el carril adyacente a la

línea continua, cuando se empleen equipos de demarcación de dos pistolas. Cuando se utilicen equipos de tres pistolas, las dos líneas continuas estarán separadas 28 cm, como mínimo.

Tabla N° 18. Distancias mínimas de visibilidad

Velocidad (Km/h)	Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento (m)	Longitud mínima de adelantamiento prohibido (m)
40	140	35
50	150	40
60	170	45
70	210	55
80	240	60
100	324	80
120	400	100

Demarcación de canalización

Las demarcaciones de canalización se harán con líneas blancas continuas de 15 cm de ancho, como mínimo. Esta línea, por su anchura, es un valioso medio de regulación del tránsito, para canalizarlo o encarrilarlo y disminuir los cambios de carril. Estas demarcaciones se emplearán, así: a) para indicar refugios en un área pavimentada, b) para separar carriles exclusivos de giro a los demás carriles de tránsito y c) para demarcar rampas de entrada y salida en autopistas.

El uso de esta demarcación se limita a sitios en donde no es necesario emplear una restricción severa en forma de barrera física.

B. MARCAS TRANSVERSALES

Demarcación de línea de “pare”

Esta demarcación deberá usarse en zonas urbanas y rurales para indicar el sitio de parada de vehículos anterior a una señal de tránsito o un semáforo,

que reglamenta su detención antes de entrar a una intersección. Su color será blanco. Estará ubicada antes de la demarcación de pasos peatonales, cuando existan estos, a una distancia de 120 cm. Se hará empleando una franja blanca continua de 60 cm de ancho, que se extenderá a través de todos los carriles de aproximación que tengan el mismo sentido del tránsito. Estas líneas podrán ser complementadas con la leyenda “PARE”, de color blanco, para cada carril de circulación.

Demarcación de pasos peatonales

Esta demarcación se empleará para indicar la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada de tránsito. Estas marcas serán de color blanco. En calles con bajo volumen de peatones, y sin protección para el cruce de estos, consistirán en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía de circulación del tránsito, con un ancho de 30 cm como mínimo y color blanco, trazadas a una separación que se determinará, generalmente, por el ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas.

8. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN

8.1. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE ADQUISICIÓN DE PREDIOS

Al realizar una intervención urbanística como la que se ha planteado en este proyecto, es necesario que el Municipio adquiera los predios que se ven directamente afectados por el proyecto a través de cualquiera de los procedimientos legales contemplados para tal fin. A continuación se presenta un resumen de las manzanas y predios afectados por el proyecto, así como una aproximación de los costos de adquisición de los mismos por parte del ente Municipal.

MANZANA	PREDIOS	VALOR DE ADQUISICIÓN
01-0253	0001-0036-0037	\$ 52.677.444
01-0254	0001-0021	\$ 16.313.521
01-0255	0001-0013-0014-0015	\$ 51.493.555
01-0256	0001-0008-0013-0014	\$ 35.807.441
01-0257	0004-0005-0006-0007-0008-0009	\$ 50.828.328
01-0379	0001-0010-0011-0012	\$ 34.154.120
01-0380	0001-0012-0013-0014	\$ 32.000.000
01-0382	0001-0014	\$ 16.000.000
01-0388	0006-0009-0012-0014-0015-0016	\$ 66.179.083
01-0397	0023-0024-0025-0026-0027-0028-0029-0030-0031-0032-0033-0034-0035-0036-0038-0039-0040-0041-0042-0043-0044-0045-0046-0047-0048	\$ 220.547.773
01-0644	0013-0014-0015-0016-0017-0018-0019-0020-0021-0023-0024-0025-0026-0030-0031-0033	\$ 168.198.630

01-0645	0020-0021-0022-0023-0024-0025-0026-0027-0028-0029-0030-0031-0032-0033-0034-0035-0036-0037-0038-0039-0040-0041-0042-0043-0044-0045-0048	\$ 224.197.381
02-0360	0023-0024-0025-0026-0027	\$ 122.263.081
02-0697	0009-0010-0011-0012	\$ 53.205.440
02-0387	0026-0027-0028-0029-0030-0031	\$ 51.425.770
02-1318	0001-0002-0003-0004-0117-0118	\$ 81.959.935
02-0703	0001-0134-0151	\$ 27.139.800
02-1565	0001-0002-0003-0004-0005	\$ 52.020.385
02-1566	0001-0002-0003-0004-0005-0006-0007-0008-0009-0010-0011-0012-0013-0014-0015-0016-0017-0018-0019-0022-0043-0048	\$ 240.452.029
02-1567	0001-0002-0003-0004-0005-0006-0007	\$ 76.244.890
02-0815	0001	\$ 137.434.467
02-0741	0001-0002-0003-0006-0011-0012	\$ 68.518.065
02-0742	0001-0002-0003-0010	\$ 41.722.859
02-0743	0001-0002-0003-0004-0005-0006-0007-0008-0009	\$ 70.724.907
02-0744	0001-0002-0003-0004-0005-0006-0007-0008	\$ 64.979.532
02-1140	0001-0002-0003-0004-0005-0006-0007-0017-0018-0019-0022	\$ 88.656.032
TOTAL		\$ 2.145.144.468

De lo anterior se tiene que el Municipio debe adquirir un total de 198 predios a lo largo de todo el recorrido de la Avenida, cuyo costo asciende a los **\$2.145.144.468**

8.2. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

8.2.1. Alternativa N° 1

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	VR. UNIT. (\$)	VR. PARCIAL (\$)
1	Trazado sobre terreno	M2	16.977,50	1.500	25.466.250
2	Excavaciones varias en material común seco, INVIAS 600.4	M3	8.488,75	12.000	101.865.000
3	Retiro y disposición material sobrante	M3	8.488,75	10.753	91.279.528,75
4	Relleno material seleccionado ejec. Manualmente	M3	3.395,50	27.400	93.036.700
5	Estabilización del suelo con cal desde del K0+860 al K1+358.2	Un	4.608,35	44.500	205.071.575
6	Pavimento en concreto de espesor de 19 cm. Inc. ref	M2	10.750	68.000	731.000.000
7	Pavimento en concreto de espesor de 20 cm. Inc. ref	M2	6.227,50	71.000	442.152.500
9	Bordillos fundidos en sitio con concreto de 3.000 Psi altura > 40cm y espesor de 15 cm	MI	2.716,4	23.850	64.786.140
10	Cuneta en concreto rigido e = 0.07	MI	2.716,4	25.448	69.126.947,2
11	Anden en concreto e = 10 cm. Resistencia 3000 Psi	M2	4.074,6	35.335	143.975.991
Costos Directos					1.967.760.632
Costos Indirectos (AIU 20%)					393.552.126,39
Costos Puesta en marcha (Incluye marcación con pintura en pavimento y suministro e instalación de señales de tránsito)					85.000.000
Costos de Adquisición de predios					2.145.144.468
TOTAL COSTOS ALTERN. 1					4.591.457.226

8.2.2. Alternativa N° 2

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	VR. UNIT. (\$)	VR. PARCIAL (\$)
1	Trazado sobre terreno	M2	16.977,50	1.500	25.466.250
2	Excavaciones varias en material común seco, INVIAS 600.4	M3	8.488,75	12.000	101.865.000
3	Retiro y disposición material sobrante	M3	8.488,75	10.753	91.279.528,75
4	Relleno material seleccionado ejec. manualmente	M3	3.395,50	27.400	93.036.700
5	Estabilización del suelo con cal desde del K0+860 al K1+358.2	Un	4.608,35	44.500	205.071.575
6	Sub-base de 100mm en suelo cemento desde del K0+860 al K1+358.2	M3	9.216,7	67.300	620.283.910
7	Pavimento en concreto de espesor de 18 cm.	M2	16.977,50	65.000	1.103.537.500
9	Bordillos fundidos en sitio con concreto de 3.000 Psi altura > 40cm y espesor de 15 cm	MI	2.716,4	23.850	64.786.140
10	Cuneta en concreto rígido e = 0.07	MI	2.716,4	25.448	69.126.947,2
11	Andén en concreto e = 10 cm. Resistencia 3000 Psi	M2	4.074,6	35.335	143.975.991
Costos Directos					2.518.429.542
Costos Indirectos (AIU 20%)					503.685.908
Costos Puesta en marcha (Incluye marcación con pintura en pavimento y suministro e instalación de señales de tránsito)					85.000.000
Costos de Adquisición de predios					2.145.144.468
TOTAL COSTOS ALTERN. 2					5.252.259.918

Tabla N° 15. Categorías de carga por Eje

Categorías de Carga por Eje	Descripción	Tránsito			Máximas cargas por eje (KN)	
		TPD	TPD-C		Ejes Simples	Ejes Tandem
			%	Diario		
1	- Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200-800	1 - 3	Hasta 25	98	160
2	- Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). - Calles, arterias y carreteras (bajo)	700-5000	5 - 18	40-1000	115	195
3	- Calles arterias y carreteras primarias (medio) - Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio)	3000-12000 (2 carriles) 3000-50000+ (4 carriles o mas)	8 - 30	500-5000+	133	230
4	- Calles arterias, carreteras primarias y vías expresas (alto). - Autopistas urbanas e interestatales (médio a alto)	3000-20000 (2 carriles) 3000-150000+ (4 carriles o mas)	8 - 30	1500-8000+	151	267

9. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el levantamiento topográfico de la Avenida El Progreso desde el K0 + 000 hasta el K1 + 358.2 que ayudó a obtener la información acerca de los diseños horizontal y vertical, se puede concluir que los errores de cierre obtenidos en los sistemas empleados, tanto para la poligonal como para la nivelación, se mantuvieron en su totalidad dentro de los rangos permisibles, lo que permite afirmar que se alcanzó un buen nivel en la aplicación de las técnicas y procedimientos utilizados.

El diseño propuesto en el Plan Parcial de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9, permite solucionar el conflicto de tránsito que se genera actualmente en la zona y le otorga mejor organización urbanística.

Al diseñar la señalización vial de la Av. El Progreso se infiere que la implementación de las señales propuestas para esta avenida reducen la congestión vial que se presenta ayudando a mejorar la seguridad de vehículos y peatones.

Al momento de obtener toda la información suministrada por los estudios del tránsito y determinar la cantidad y la variación porcentual de los vehículos que circulan en un día por la Avenida El Progreso, se puede decir que era necesario encontrar valores reales en condiciones reales del tránsito promedio que circula por una carretera urbana en el Municipio de Sincelejo, más aún cuando se cuenta con una malla vial que se ve sometida diariamente a un constante incremento del flujo vehicular y para lo cual se considera poca eficiente.

Una vez terminados los ensayos de laboratorio, se obtuvieron las características físicas del suelo que soporta la estructura del pavimento existente, se encontró una arcilla altamente plástica y una arena limosa, viendo la necesidad de estabilizar la arcilla con cal dado a los beneficios que esta metodología presenta, por último se proporcionó la información necesaria para el adecuado diseño de la estructura del pavimento para la Avenida El Progreso, la cual es la mas importante de la malla vial del sur de la ciudad de Sincelejo.

Los estudios y análisis efectuados permiten plantear varias alternativas de diseño, donde entrarían a valorarse para su selección, aspectos como la relación costo-beneficio, la viabilidad de ejecución, en cuanto a los mecanismos de construcción, la disponibilidad de materiales, y la oferta de mano de obra calificada y no calificada.

Otro alcance válido de hacer, se refiere al buen nivel que finalmente se alcanzó en la coordinación del trabajo en equipo. En la ejecución de este proyecto, cada uno cumplió con una importante y destacada función, la cual desarrolló con gran motivación y responsabilidad, integrando de manera práctica y ordenada los conocimientos adquiridos en la formación universitaria. Este hecho fue de vital trascendencia para obtener buenos resultados, y de seguro será de utilidad para el futuro.

10. BIBLIOGRAFÍA

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2ª Edición. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 1998.

CAL Y MAYOR, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. Editorial Alfaomega.

REYES LIZCANO, Fredy. Diseño Racional de Pavimentos. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003.

KRAEMER, C. PARDILLO, J. ROCCI, S. ROMANA, M. SANCHÉZ, V. ANGEL DEL VAL, M. Ingeniería de Carreteras. Volumen I y II. Editorial McGraw Hill. Madrid. 2004.

CASTELLANO NIÑO, Víctor. Diseño en Ingeniería: Diseño Vial. Bucaramanga: Ediciones UIS, 1993.

CHOCONTÁ ROJAS, Pedro. Diseño Geométrico de Vías. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.

MUNICIPIO DE SINCELEJO. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sincelejo.

MUNICIPIO DE SINCELEJO. Plan Parcial de Mejoramiento Integral de las Comunas 8 y 9 del Municipio de Sincelejo.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. MANUAL DE SEÑALIZACIÓN:
Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de
Colombia. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2004.

Aplicativo GOOGLE EARTH.

Páginas Web: www.construaprende.com
 www.secretariassenado.gov.co

ANEXOS

A-1 ESTUDIOS DE SUELO					
--	--	--	--	--	--

A continuación se presentaran tabulados los resultados obtenidos para el estudio de suelo de la Avenida El Progreso, con el fin de correlacionarlos con los análisis anteriormente presentados.					

Los ensayos geotécnicos que se realizaron para determinar las características de los suelos, son:					

1. Toma de Muestras: En la cual se identifican inicialmente los suelos al momento de realizar las perforaciones para la obtención de las muestras.					

2. Contenido de Humedad					

3. Peso Unitario					

4. Granulometría					

5. Limites de Atterberg					

Por último se anexa la Tabla de las cPropiedades de los suelos clasificados según la ASTM.					



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO:	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	
PROYECTO:	Carrera 19 (Av. El Progreso)	
LOCALIZACIÓN:	Zona Sur del Municipio de Sincelejo	
PROFUNDIDAD:	1.20 metros	FECHA: Julio del 2006
MUESTRA:	SUELO ARCILLOSO	
PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	OBSERVACIONES
0 - 0.20	Material de relleno para mejorar las condiciones, suelo de color pardo amarillo y de tipo granular.	No existe material orgánico
0.20 - 0.50	Suelo cohesivo de color pardo oscuro, sin presencia de material gravoso.	Toma de Muestra 1A
0.50 - 0.80	Suelo de color pardo oscuro, presenta una mayor cohesividad que en los anteriores estratos.	Toma de Muestra 2A
0.80 - 1.20	Suelo de características arcillosas con presencia de gravas en poca cantidad, de color pardo oscuro.	Toma de Muestra 3A y 4A
MUESTRA:	SUELO ARENISCA	
PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	OBSERVACIONES
0 - 0.30	Material granular del tipo arenisca, presenta un color amarillo.	No existe material orgánico. Toma de Muestra 1B
0.30 - 0.60	El material conserva la característica granular y se torna de un color rojizo.	Toma de Muestra 2B
0.60 - 0.80	El material conserva la característica granular y se torna de un color grisáceo.	Toma de Muestra 3B
0.80 - 1.20	El material conserva las características granulares anteriores y un color amarillo claro.	Toma de Muestra 4B
Realizó:		
Ingeniero a Cargo		

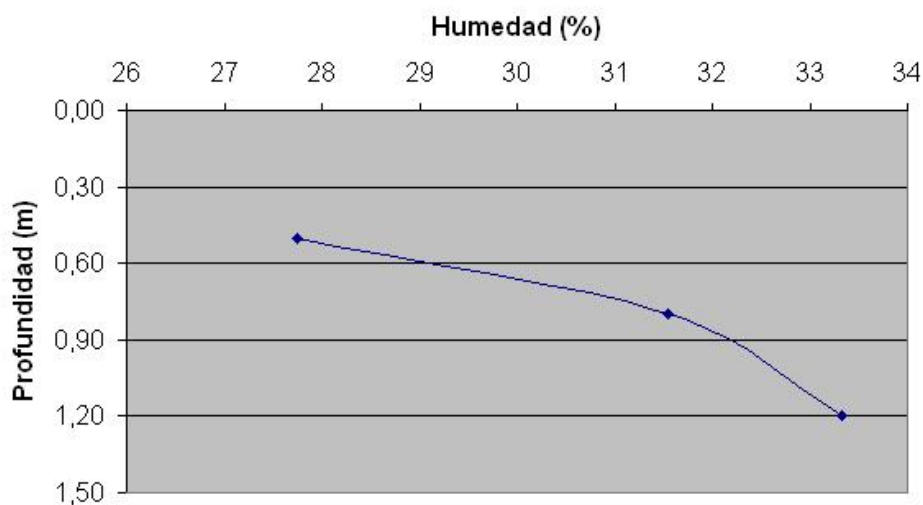


UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD
PROYECTO: Carrera 19 (Av. El Progreso)
LOCALIZACIÓN: Zona Sur del Municipio de Sincelejo
PROFUNDIDAD: 1.20 metros **FECHA:** Julio del 2006

MUESTRA	SUELO ARCILLOSO						
	PROF. (m)	W capsula (Grs)	W capsula + suelo humedo (Grs)	W capsula + suelo seco (Grs)	W suelo humedo (Grs)	W suelo seco (Grs)	% W
1A	0,50	51,1	128,0	111,3	76,9	60,2	27,74%
2A	0,80	49,1	145,0	122,0	96,9	72,9	31,55%
4A	1,20	52,0	120,0	103,0	68,0	51,0	33,33%
3A	1,20	48,7	105,5	92,8	56,8	44,1	28,7982%

GRAFICO HUMEDAD Vs PROFUNDIDAD



Realizó:

Ingeniero a Cargo

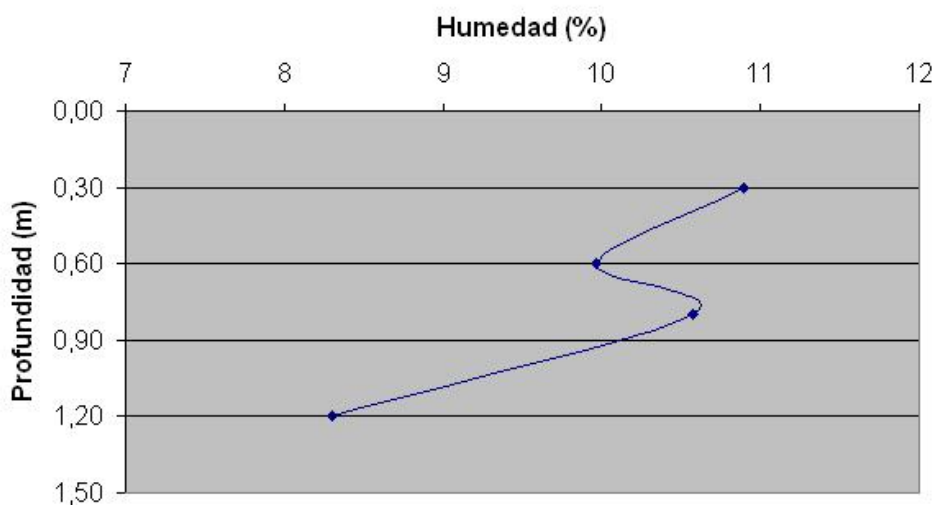


UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD				
PROYECTO:	Carrera 19 (Av. El Progreso)				
LOCALIZACIÓN:	Zona Sur del Municipio de Sincelejo				
PROFUNDIDAD:	1.20 metros			FECHA:	Julio del 2006

MUESTRA	SUELO ARENISCA						
	PROF. (m)	W capsula (Grs)	W capsula + suelo humedo (Grs)	W capsula + suelo seco (Grs)	W suelo humedo (Grs)	W suelo seco (Grs)	% W
1B	0,30	50,1	102,0	96,9	51,9	46,8	10,90%
2B	0,60	49,3	121,0	114,5	71,7	65,2	9,97%
3B	0,80	48,6	174,1	162,1	125,5	113,5	10,57%
4B	1,20	48,8	101,0	97,0	52,2	48,2	8,30%

GRAFICO HUMEDAD Vs PROFUNDIDAD



Realizó:							
Ingeniero a Cargo							



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO: PESO UNITARIO
PROYECTO: Carrera 19 (Av. El Progreso)
LOCALIZACIÓN: Zona Sur del Municipio de Sincelejo
PROFUNDIDAD: 1.20 metros FECHA: Julio del 2006

MUESTRA: SUELO ARCILLOSO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de Material Húmedo, P1:	614	Gramos
Volumen Inicial de la Probeta, Vi:	800	Cm3
Volumen de Beaker, Vb:	800	Cm3
Volumen Final de la Probeta, Vf:	350	Cm3
Densidad de la Muestra, P1 / Vf:	1,75	Gr/Cm3
W Capsula	46,9	Gramos
W Capsula + Suelo Humedo	79,1	Gramos
W Capsula + Suelo Seco	71	Gramos
% W	11,41%	

MUESTRA: SUELO ARENISCA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de Material Húmedo, P1:	84	Gramos
Volumen Inicial de la Probeta, Vi:	300	Cm3
Volumen de Beaker, Vb:	300	Cm3
Volumen Final de la Probeta, Vf:	44	Cm3
Densidad de la Muestra, P1 / Vf:	1,91	Gr/Cm3

Realizó:

Ingeniero a Cargo

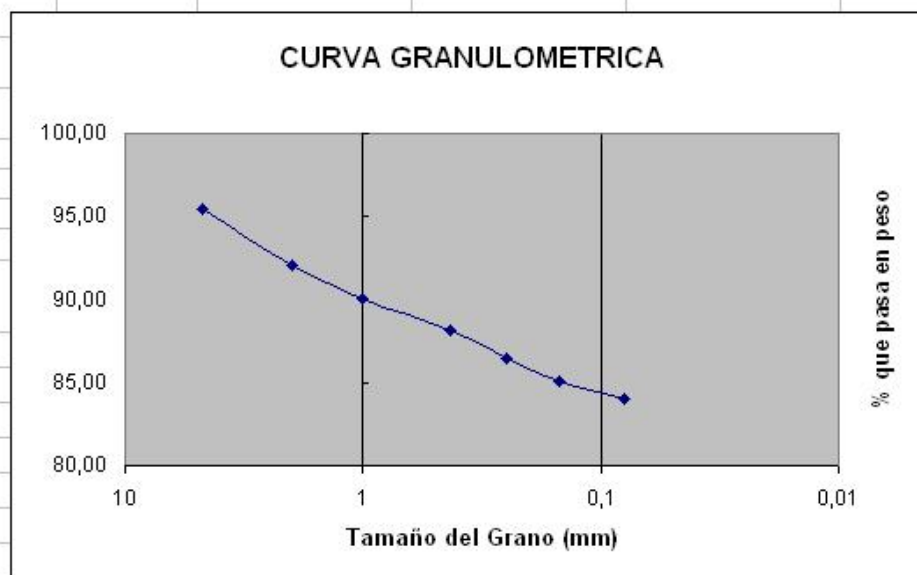


ENSAYO:		GRANULOMETRIA		
PROYECTO:		Carrera 19 (Av. El Progreso)		
LOCALIZACIÓN:		Zona Sur del Municipio de Sincelejo		
PROFUNDIDAD:		1.20 metros	FECHA:	Julio del 2006
MUESTRA:		SUELO ARCILLOSO		
1. W Muestra (Gr) =		300		
2. W Muestra Seca + Recipiente (Gr) =		118,5		
3. W Recipiente (Gr) =		70,9		
4. W Muestra Seca (2 - 3) (Gr) =		47,6		
5. W Material Pasa 200 (1 - 4) (Gr) =		252,4		
6. % Material Fino (5 / 1) =		84,13%		
TAMIZ	DIAM (mm)	Peso Retenido (Gr)	% Retenido	% que pasa
4	4,75	13,6	4,53	95,47
10	2,00	10,2	3,40	92,07
18	1,00	6	2,00	90,07
40	0,43	5,9	1,97	88,10
60	0,25	5	1,67	86,43
100	0,15	4,1	1,37	85,07
200	0,08	3,1	1,03	84,03
Fondo		252,6	84,20	
SUMA =		300,50	100,17	
Diferencia Permitida =		6,00		
Realizó:				
Ingeniero a Cargo				



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO:	GRANULOMETRIA		
PROYECTO:	Carrera 19 (Av. El Progreso)		
LOCALIZACIÓN:	Zona Sur del Municipio de Sincelejo		
PROFUNDIDAD:	1.20 metros	FECHA:	Julio del 2006
MUESTRA:	SUELO ARCILLOSO		



Realizó:

Ingeniero a Cargo



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO: GRANULOMETRIA
PROYECTO: Carrera 19 (Av. El Progreso)
LOCALIZACIÓN: Zona Sur del Municipio de Sincelejo
PROFUNDIDAD: 1.20 metros **FECHA:** Julio del 2006

MUESTRA: SUELO ARENISCA

1. W Muestra (Gr) = 500
 2. W Muestra Seca + Recipiente (Gr) = 429,6
 3. W Recipiente (Gr) = 55
 4. W Muestra Seca (2 - 3) (Gr) = 374,6
 5. W Material Pasa 200 (1 - 4) (Gr) = 125,4
 6. % Material Fino (5 / 1) = 25,08%

TAMIZ	DIAM (mm)	Peso Retenido (Gr)	% Retenido	% que pasa
4	4,75	50,1	10,02	89,98
10	2,00	17,6	3,52	86,46
18	1,00	21	4,20	82,26
40	0,43	90	18,00	64,26
60	0,25	72,2	14,44	49,82
100	0,15	64,4	12,88	36,94
200	0,08	56	11,20	25,74
Fondo		128,4	25,68	
SUMA =		499,70	99,94	
Diferencia Permitida =		10,00		

Realizó:

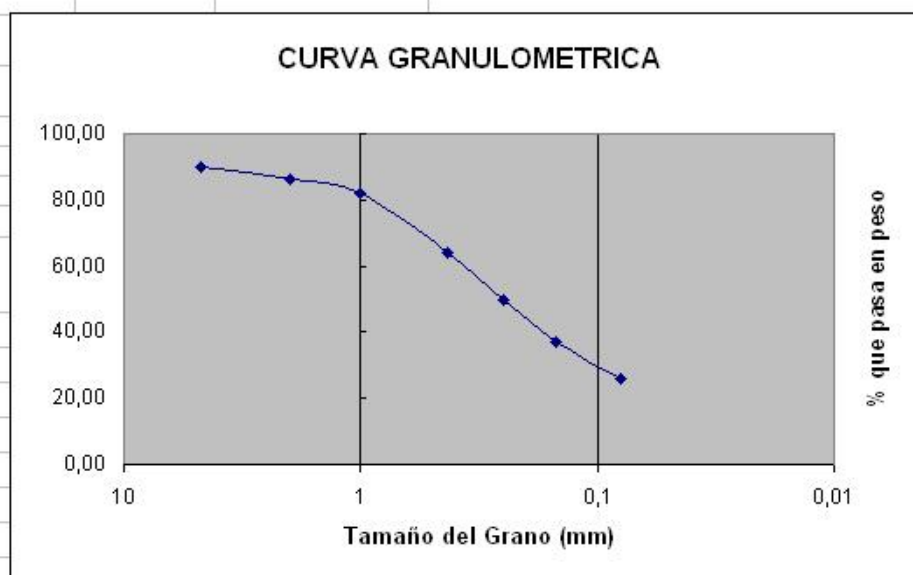
Ingeniero a Cargo



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO: GRANULOMETRIA
PROYECTO: Carrera 19 (Av. El Progreso)
LOCALIZACIÓN: Zona Sur del Municipio de Sincelejo
PROFUNDIDAD: 1.20 metros FECHA: Julio del 2006

MUESTRA: SUELO ARENISCA



Realizó:

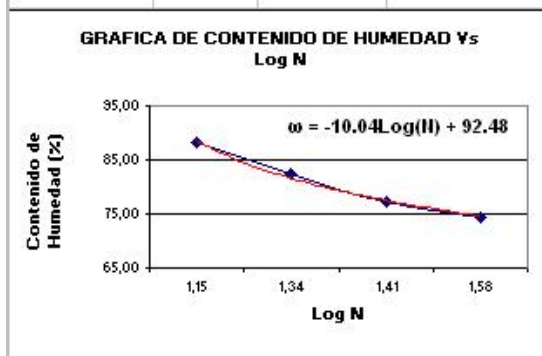
Ingeniero a Cargo



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO:	LIMITES DE ATTERBERG		
PROYECTO:	Carrera 19 (Av. El Progreso)		
LOCALIZACIÓN:	Zona Sur del Municipio de Sincelejo		
PROFUNDIDAD:	1.20 metros	FECHA:	Julio del 2006
MUESTRA:	SUELO ARCILLOSO		

LIMITE LIQUIDO				
Recipiente	4A	3A	1A	2A
W Suelo Humedo + Recipiente	64,8	58	61,2	58
W Suelo seco + Recipiente	58,8	53,8	56,8	54,2
W Recipiente	52	48,7	51,1	49,1
W Suelo seco	6,8	5,1	5,7	5,1
W Agua	6	4,2	4,4	3,8
Contenido de Humedad %	88,24	82,35	77,19	74,51
Nº Golpes, N	14	22	26	38
Log N	1,15	1,34	1,41	1,58



Indice de flujo =	-10,04
Constante =	92,48
N Fijado	25,00
Limite Liquido (%)	78,45

LIMITE PLASTICO		
Recipiente	3B	2B
W Suelo Humedo + Recipiente	56	58,2
W Suelo seco + Recipiente	53,8	55,6
W Recipiente	48,6	49,3
W Suelo seco	5,2	6,3
W Agua	2,2	2,6
Contenido de Humedad %	42,31	41,27
Limite Plastico (%)		
41,79		

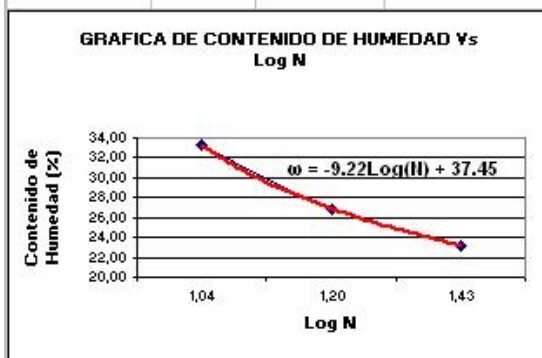
Realizó:			
Ingeniero a Cargo			



UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ENSAYO:	LIMITES DE ATTERBERG		
PROYECTO:	Carrera 19 (Av. El Progreso)		
LOCALIZACIÓN:	Zona Sur del Municipio de Sincelejo		
PROFUNDIDAD:	1.20 metros	FECHA:	Julio del 2006
MUESTRA:	SUELO ARENISCA		

LIMITE LIQUIDO			
Recipiente	58	44	30
W Suelo Humedo + Recipiente	74	81	77
W Suelo seco + Recipiente	67	74,2	72,1
W Recipiente	46	48,9	51
W Suelo seco	21	25,3	21,1
W Agua	7	6,8	4,9
Contenido de Humedad %	33,33	26,88	23,22
Nº Golpes, N	11	16	27
Log N	1,04	1,20	1,43



Indice de flujo =
 Constante =
 N Fijado
 Limite Liquido (%)

LIMITE PLASTICO		
Recipiente	4A	3A
W Suelo Humedo + Recipiente	55,1	60
W Suelo seco + Recipiente	54	58,4
W Recipiente	48,2	50
W Suelo seco	5,8	8,4
W Agua	1,1	1,6
Contenido de Humedad %	18,97	19,05
Limite Plastico (%)	19,01	

Realizó:

Ingeniero a Cargo

TABLA A-1 N°1. Propiedades de los suelos clasificados según ASTM									
Clasificación	Simbolos	Valor como explanada sin acción de la helada	Sensibilidad a la Helada	Compresibilidad e Hinchamiento	Capacidad de Drenaje	d _s máx. (Kg/m ³)	CBR	Módulo de Reacción K (MN/m ³)	
GRAVAS	GW	Excelente	Nula a muy ligera	Casi nulos	Excelente	2.0 - 2.3	40 - 80	80 - 140	d = LL ≤ 25IP ≤ 6 u = Casos Restantes
	GP	Bueno a Excelente	Nula a muy ligera	Casi nulos	Excelente	1.8 - 2.3	30 - 60	80 - 140	
	GM	Bueno a Excelente	Ligera a media	Muy ligeros	Aceptable a mala	2.0 - 2.4	40 - 60	80 - 140	
		Bueno	Ligera a media	Ligeros	Mala a impermeable	1.9 - 2.2	20 - 30	50 - 140	
	GC	Bueno	Ligera a media	Ligeros	Mala a impermeable	2.1 - 2.4	20 - 40	50 - 140	
ARENAS	SW	Bueno	Nula a muy ligera	Casi nulos	Excelente	1.8 - 2.1	20 - 40	50 - 100	
	SP	Aceptable a Bueno	Nula a muy ligera	Casi nulos	Excelente	1.7 - 2.2	10 - 40	40 - 100	
	SM	Aceptable a Bueno	Ligera a media	Muy ligeros	Aceptable a mala	1.9 - 2.2	15 - 40	40 - 100	
		Aceptable	Ligera a media	Ligeros a medios	Mala a impermeable	1.6 - 2.1	10 - 20.	20 - 80	
	SC	Malo a Aceptable	Ligera a media	Ligeros a medios	Mala a impermeable	1.6 - 2.2	5 - 20.	20 - 80	
LIMOS Y ARCILLAS	LL ≤ 50	ML	Malo a Aceptable	Media a muy alta	Ligeros a medios	Aceptable a mala	1.4 - 2.1	≤ 15	20 - 50
		CL	Malo a Aceptable	Media a alta	Medios	Impermeable	1.4 - 2.1	≤ 15	10 - 40
		OL	Malo	Media a alta	Medios a altos	Mala	1.4 - 1.7	≤ 5	10 - 20.
	LL > 50	MH	Malo	Media a muy alta	Altos	Aceptable a mala	1.3 - 1.7	≤ 10	10 - 20.
		CH	Malo a Aceptable	Media	Altos	Impermeable	1.4 - 1.9	≤ 15	10 - 40
		OH	Malo a Muy Malo	Media	Altos	Impermeable	1.3 - 1.8	≤ 5	5 - 20.
SUELOS ORGANICOS	PT	Inaceptable	Ligera	Muy altos	Aceptable a mala				

A-2								
FORMATO DE CAMPO								
CONTEO HORARIO								
DIRECCIÓN: Carrera 19 - Av. El Pr				FECHA: 2 de Junio del 2.006				
CIUDAD: Sincelejo - Sucre								
REALIZÓ: Walter Londoño B. - Andrés Monterroza G.								
SENTIDO 1 - 2								
HORA		A	B	C			MOTOS	TOTAL
INICIO	FINAL			C2 Pequeño	C2 Grande	C3		
7:00	7:15	10	6	1	1	0	130	148
7:15	7:30	13	5	0	0	0	100	118
7:30	7:45	11	1	0	0	0	70	82
7:45	8:00	17	5	0	0	0	90	112
8:00	8:15	16	7	1	1	0	110	135
8:15	8:30	11	4	2	0	0	50	67
8:30	8:45	10	2	0	0	0	90	102
8:45	9:00	17	4	0	2	0	70	93
9:00	9:15	15	2	1	0	0	90	108
9:15	9:30	12	3	2	0	0	100	117
9:30	9:45	15	3	1	1	0	50	70
9:45	10:00	19	2	3	1	0	50	75
10:00	10:15	11	4	2	1	0	60	78
10:15	10:30	14	3	0	1	0	90	108
10:30	10:45	15	3	1	0	0	110	129
10:45	11:00	12	1	0	1	0	130	144
11:00	11:15	7	4	1	0	0	100	112
11:15	11:30	14	6	1	0	0	130	151
11:30	11:45	9	3	1	2	0	110	125
11:45	12:00	12	2	0	0	0	110	124
12:00	12:15	12	2	1	0	0	130	145
12:15	12:30	15	1	1	0	0	140	157
12:30	12:45	11	0	0	1	0	120	132
12:45	13:00	12	1	1	1	0	115	130
13:00	13:15	14	2	1	1	0	120	138
13:15	13:30	10	1	1	2	0	110	124
13:30	13:45	12	2	1	1	0	100	116
13:45	14:00	14	1	2	1	0	120	138
14:00	14:15	18	3	1	2	0	130	154
14:15	14:30	15	2	1	0	0	120	138
14:30	14:45	11	1	1	1	0	110	124
14:45	15:00	9	5	0	0	0	80	94
15:00	15:15	12	6	1	0	0	110	129
15:15	15:30	8	2	0	2	0	80	92
15:30	15:45	12	2	0	1	0	90	105
15:45	16:00	9	4	1	0	0	50	64
16:00	16:15	9	4	1	1	0	60	75
16:15	16:30	15	6	0	0	0	60	81
16:30	16:45	9	5	0	2	1	90	107
16:45	17:00	8	5	0	1	0	70	84
17:00	17:15	19	3	0	0	0	110	132
17:15	17:30	15	9	0	1	0	100	125
17:30	17:45	16	3	1	0	0	110	130
17:45	18:00	22	4	0	0	0	100	126
18:00	18:15	11	6	0	1	0	100	118
18:15	18:30	11	6	1	0	0	130	148
18:30	18:45	13	2	0	0	0	170	185
18:45	19:00	13	4	0	1	0	140	158
TOTAL		615	162	33	31	1	4805	5647

A-2								
FORMATO DE CAMPO								
CONTEO HORARIO								
DIRECCIÓN: Carrera 19 - Av. El Pr				FECHA:		2 de Junio del 2.006		
CIUDAD: Sincelejo - Sucre								
REALIZÓ: Walter Londoño B. - Andrés Monterroza G.								
SENTIDO 2 - 1								
HORA		A	B	C			MOTOS	TOTAL
INICIO	FINAL			C2 Pequeño	C2 Grande	C3		
7:00	7:15	11	1	0	1	0	110	123
7:15	7:30	11	2	1	0	0	90	104
7:30	7:45	11	2	0	0	0	70	83
7:45	8:00	14	4	1	0	0	90	109
8:00	8:15	17	2	0	1	0	90	110
8:15	8:30	17	2	0	1	0	80	100
8:30	8:45	12	3	1	1	0	90	107
8:45	9:00	8	2	0	1	0	90	101
9:00	9:15	8	1	1	0	0	90	100
9:15	9:30	10	4	1	1	0	70	86
9:30	9:45	12	3	0	0	0	50	65
9:45	10:00	11	4	0	0	0	80	95
10:00	10:15	14	2	1	0	0	40	57
10:15	10:30	15	3	0	1	0	80	99
10:30	10:45	13	2	1	2	0	87	105
10:45	11:00	10	2	1	1	0	60	74
11:00	11:15	8	3	0	0	0	90	101
11:15	11:30	8	3	0	1	0	100	112
11:30	11:45	12	3	1	1	0	90	107
11:45	12:00	14	4	1	2	0	108	129
12:00	12:15	7	2	1	2	0	130	142
12:15	12:30	10	1	1	0	0	125	137
12:30	12:45	9	2	0	0	0	130	141
12:45	13:00	11	1	0	1	0	120	133
13:00	13:15	12	1	1	1	0	125	140
13:15	13:30	9	0	0	1	0	115	125
13:30	13:45	7	1	1	2	0	100	111
13:45	14:00	10	2	1	1	0	110	124
14:00	14:15	14	4	2	1	0	135	156
14:15	14:30	11	2	1	1	0	110	125
14:30	14:45	8	1	1	1	0	90	101
14:45	15:00	9	4	1	2	0	85	101
15:00	15:15	8	2	0	0	0	90	100
15:15	15:30	12	3	0	1	0	70	86
15:30	15:45	8	3	2	1	0	60	74
15:45	16:00	9	2	1	0	0	65	77
16:00	16:15	7	1	0	2	0	65	75
16:15	16:30	5	2	1	1	0	80	89
16:30	16:45	14	1	1	0	0	80	96
16:45	17:00	6	3	1	2	0	110	122
17:00	17:15	17	2	2	0	0	110	131
17:15	17:30	9	4	0	0	0	104	117
17:30	17:45	17	0	0	0	0	114	131
17:45	18:00	12	7	0	0	0	127	146
18:00	18:15	8	2	0	0	0	140	150
18:15	18:30	13	6	0	0	0	130	149
18:30	18:45	12	3	0	0	0	150	165
18:45	19:00	10	3	0	0	0	143	156
TOTAL		520	117	28	34	0	4668	5367

A-2								
FORMATO DE CAMPO								
CONTEO HORARIO								
DIRECCIÓN: Carrera 19 - Av. El Pr				FECHA: 2 de Junio del 2.006				
CIUDAD: Sincelajo - Sucre								
REALIZÓ: Walter Londoño B. - Andrés Monterroza G.								
GLOBAL								
HORA		A	B	C			MOTOS	TOTAL
INICIO	FINAL			C2 Pequeño	C2 Grande	C3		
7:00	7:15	21	7	1	2	0	240	271
7:15	7:30	24	7	1	0	0	190	222
7:30	7:45	22	3	0	0	0	140	165
7:45	8:00	31	9	1	0	0	180	221
8:00	8:15	33	9	1	2	0	200	245
8:15	8:30	28	6	2	1	0	130	167
8:30	8:45	22	5	1	1	0	180	209
8:45	9:00	25	6	0	3	0	160	194
9:00	9:15	23	3	2	0	0	180	208
9:15	9:30	22	7	3	1	0	170	203
9:30	9:45	27	6	1	1	0	100	135
9:45	10:00	30	6	3	1	0	130	170
10:00	10:15	25	6	3	1	0	100	135
10:15	10:30	29	6	0	2	0	170	207
10:30	10:45	28	5	2	2	0	197	234
10:45	11:00	22	3	1	2	0	190	218
11:00	11:15	15	7	1	0	0	190	213
11:15	11:30	22	9	1	1	0	230	263
11:30	11:45	21	6	2	3	0	200	232
11:45	12:00	26	6	1	2	0	218	253
12:00	12:15	19	4	2	2	0	260	287
12:15	12:30	25	2	2	0	0	265	294
12:30	12:45	20	2	0	1	0	250	273
12:45	13:00	23	2	1	2	0	235	263
13:00	13:15	26	3	2	2	0	245	278
13:15	13:30	19	1	1	3	0	225	249
13:30	13:45	19	3	2	3	0	200	227
13:45	14:00	24	3	3	2	0	230	262
14:00	14:15	32	7	3	3	0	265	310
14:15	14:30	26	4	2	1	0	230	263
14:30	14:45	19	2	2	2	0	200	225
14:45	15:00	18	9	1	2	0	165	195
15:00	15:15	20	8	1	0	0	200	229
15:15	15:30	20	5	0	3	0	150	178
15:30	15:45	20	5	2	2	0	150	179
15:45	16:00	18	6	2	0	0	115	141
16:00	16:15	16	5	1	3	0	125	150
16:15	16:30	20	8	1	1	0	140	170
16:30	16:45	23	6	1	2	1	170	203
16:45	17:00	14	8	1	3	0	180	206
17:00	17:15	36	5	2	0	0	220	263
17:15	17:30	24	13	0	1	0	204	242
17:30	17:45	33	3	1	0	0	224	261
17:45	18:00	34	11	0	0	0	227	272
18:00	18:15	19	8	0	1	0	240	268
18:15	18:30	24	12	1	0	0	260	297
18:30	18:45	25	5	0	0	0	320	350
18:45	19:00	23	7	0	1	0	283	314
TOTAL		1135	279	61	65	1	9473	11014

A - 3

CARTERA DE NIVELACION

Abscisa	V (+)	V (i)	V (-)	h 	
K0 + 000 (BM)	0,97			180,383	179,413
KD + 020		0,98			179,403
KD + 040		1,15			179,233
040 - 2.50i *		1,55			178,833
KD + 060		1,25			179,133
KD + 080		1,44			178,943
KD + 100		1,425			178,958
KD + 120		1,305			179,078
KD + 140		1,205			179,178
140 - 0 d*		1,32			179,063
140 - 2.8 i *		1,13			179,253
KD + 160		1,117			179,266
KD + 180		0,955			179,428
KD + 200			0,85		179,533
PC 1	1,85			181,383	179,533
KD + 220		1,755			179,628
KD + 240		1,49			179,893
240 - 5.9 d*		1,5			179,883
240 - 7.3 d*		2,38			179,003
KD + 260		1,96			179,423
KD + 280		1,5			179,883
KD + 300			0,675		180,708
PC 2	3,57			184,278	180,708
KD + 320		2,135			182,143
KD + 340			0,21		184,068
PC 3	2,91			186,978	184,068
KD + 360			0,915		186,063
PC 4	2,55			188,613	186,063
KD + 380			0,85		187,763
PC 5	2,59			190,353	187,763
KD + 400		1,625			188,728
KD + 420			0,79		189,563
PC 6	1,87			191,433	189,563
KD + 440		1,44			189,993
KD + 460		0,98			190,453
KD + 480			0,52		190,913
PC 7	2,055			192,968	190,913
KD + 500		0,655			192,313
KD + 520		1,185			191,783
KD + 540			0,83		192,138
PC 8	2,18			194,318	192,138
KD + 560		1,75			192,568

KD + 580			0,725		193,593
PC 9	2,46			196,053	193,593
KD + 600		1,825			194,228
KD + 620		0,995			195,058
620 - 5.9 d*		1			195,053
620 - 13 d*		1,105			194,948
620 - 2 i*		0,63			195,423
620 - 1 i*			0,82		195,233
PC 10	3,2			198,433	195,233
KD + 640		2,52			195,913
KD + 660		1,695			196,738
KD + 680			0,97		197,463
PC 11	2,305			199,768	197,463
KD + 700		1,77			197,998
KD + 720		1,19			198,578
KD + 740			0,64		199,128
PC 12	2,985			202,113	199,128
KD + 760		2,34			199,773
KD + 780		1,785			200,328
KD + 800		1,5			200,613
KD + 820		1,375			200,738
KD + 840			1,265		200,848
PC 13	1,945			202,793	200,848
KD + 860		1,77			201,023
KD + 880		1,895			200,898
KD + 900		2,025			200,768
KD + 920			2,08		200,713
PC 14	1,415			202,128	200,713
KD + 940		1,49			200,638
KD + 960		1,52			200,608
960 - 4 i*		1,7			200,428
960 - 11.5 d*		1,795			200,333
KD + 980		1,555			200,573
KD + 1000		1,605			200,523
1000 - 13.3 d*		2,65			199,478
1000 - 11 i*		2,015			200,113
PC 15			1,965		200,163
PC 16 KD + 1020	2,38			202,543	200,163
KD + 1040		2,07			200,473
KD + 1060		1,72			200,823
KD + 1080		1,335			201,208
KD + 1100			0,895		201,648
1100 - 12.4 i*		0,94			201,603

1100 - 7.3 d*		2,52			200,023
1100 - 10.2 d*		3,365			199,178
PC 17	2,96			204,608	201,648
KD + 1120		2,395			202,213
KD + 1140		1,705			202,903
1140 - 14.5 d*		2,57			202,038
1140 - 17.5 i*		0,275			204,333
KD + 1160			0,7		203,908
PC 18	3,77			207,678	203,908
KD + 1180		2,566			205,112
KD + 1200		1,315			206,363
KD + 1220			0,022		207,656
PC 19	3,035			210,691	207,656
KD + 1240		1,698			208,993
1240 - i*		0,65			210,041
1240 - 1.9 d*		0,08			210,611
KD + 1260			0,572		210,119
PC 20	1,315			211,434	210,119
KD + 1280		1,268			210,166
KD + 1300		1,689			209,745
KD + 1320		2,09			209,344
KD + 1340			2,665		208,769
PC 21	1,079			209,848	208,769
KD + 1360		1,799			208,049
KD + 1380			2,815		207,033
PC 22	1,745			208,778	207,033
KD + 1403		2,492			206,286
KD + 1420.3	Poste	2,513			206,265
Observaciones: V (+) - Vista Atrás; V (i) - Vista Intermedia; V (-) - Vista Adelante;					
	h  - Altura instrumental;  - Cota de la Abscisa				
	* 1240 - 1.9 d: Indica un Punto sobre la Abscisa k0+1240 a 1.9 metros a la derecha				

A-4

VELOCIDAD DE PUNTO

El estudio de la velocidad de operación se llevó a cabo en la semana en la que se realizó el análisis semanal del tránsito vehicular. A continuación se presenta los datos obtenidos para el análisis de la velocidad.

Tabla A-3 N° 1. Tiempos de Recorrido para Distancia = 80 Mts.

N° DE DATOS	TIEMPO RECORR. (sg)	VEL. (m/s)	VEL. (Km/H)	N° DE DATOS	TIEMPO RECORR. (sg)	VEL. (m/s)	VEL. (Km/H)
1	6.52	12.27	44.17	38	10.32	7.75	27.91
2	6.81	11.75	42.29	39	10.37	7.71	27.77
3	7.00	11.43	41.14	40	10.93	7.32	26.35
4	7.08	11.30	40.68	41	12.35	6.48	23.32
5	7.33	10.91	39.29	42	12.40	6.45	23.23
6	7.43	10.77	38.76	43	6.31	12.68	45.64
7	7.67	10.43	37.55	44	6.34	12.62	45.43
8	7.72	10.36	37.31	45	6.45	12.40	44.65
9	7.74	10.34	37.21	46	6.56	12.20	43.90
10	7.79	10.27	36.97	47	6.78	11.80	42.48
11	7.97	10.04	36.14	48	6.99	11.44	41.20
12	8.23	9.72	34.99	49	7.11	11.25	40.51
13	8.50	9.41	33.88	50	7.11	11.25	40.51
14	8.51	9.40	33.84	51	7.13	11.22	40.39
15	8.76	9.13	32.88	52	7.22	11.08	39.89
16	9.01	8.88	31.96	53	7.49	10.68	38.45
17	9.11	8.78	31.61	54	7.52	10.64	38.30
18	9.32	8.58	30.90	55	7.73	10.35	37.26
19	9.34	8.57	30.84	56	7.74	10.34	37.21
20	9.45	8.47	30.48	57	7.82	10.23	36.83
21	9.59	8.34	30.03	58	7.87	10.17	36.59
22	9.92	8.06	29.03	59	7.93	10.09	36.32
23	9.92	8.06	29.03	60	7.96	10.05	36.18
24	10.07	7.94	28.60	61	7.96	10.05	36.18
25	10.15	7.88	28.37	62	8.23	9.72	34.99
26	10.18	7.86	28.29	63	8.38	9.55	34.37
27	10.35	7.73	27.83	64	8.44	9.48	34.12
28	10.44	7.66	27.59	65	8.47	9.45	34.00
29	10.85	7.37	26.54	66	9.02	8.87	31.93
30	10.89	7.35	26.45	67	9.11	8.78	31.61

Nº DE DATOS	TIEMPO RECORR. (sg)	VEL. (m/s)	VEL. (Km/H)	Nº DE DATOS	TIEMPO RECORR. (sg)	VEL. (m/s)	VEL. (Km/H)
31	11.36	7.04	25.35	68	9.14	8.75	31.51
32	6.48	12.35	44.44	69	9.24	8.66	31.17
33	8.27	9.67	34.82	70	9.64	8.30	29.88
34	8.43	9.49	34.16	71	9.75	8.21	29.54
35	8.93	8.96	32.25	72	10.56	7.58	27.27
36	8.98	8.91	32.07	73	12.06	6.63	23.88
37	9.71	8.24	29.66				

Los anteriores datos se tomaron teniendo en cuenta también la clasificación vehicular para automóviles, camiones y motocicletas.

Del Dato N° 1 al N° 31 son Automóviles; del N° 32 al N° 42 son Camiones y del N° 42 al N° 73 son Motocicletas.

La muestra de los vehículos presenta un rango de velocidad entre 20 y 50 Km/H.

A-5 ESTADÍSTICA

1. Desviación Estándar, S.

Debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, existe una dispersión de sus velocidades alrededor de la media. Una medida de esta dispersión es la desviación estándar S, la cual se expresa como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [F_i \cdot (V_i - V_t)^2]}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (F_i \cdot V_i^2) - \frac{\left[\sum_{i=1}^m (F_i \cdot V_i)\right]^2}{n}}{n - 1}};$$

Para lo cual se tiene:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (90546.25) - \frac{\left[\sum_{i=1}^8 (2535.50)\right]^2}{73}}{73 - 1}} = \sqrt{\frac{90546.25 - \frac{6428760.25}{73}}{72}} = 5.87 \text{ Km/H}$$

$$S = 5.87 \text{ Km/Hora}$$

2. Error estándar de la media, E.

Las medias de diferentes muestras de velocidades de punto, tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media verdadera de la población con una desviación estándar denominada error estándar.

Este parámetro estadístico indica la confianza con la cual puede suponerse que la media de la muestra corresponda a la media verdadera de todo el tránsito que pasa por el punto durante el periodo de estudio. Su valor se determina mediante la expresión:

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Para los datos del estudio de la Avenida El Progreso, se tiene:

$$E = \frac{5.87}{\sqrt{73}} = 0.687 \text{ Km/H}$$

Para un nivel de confiabilidad determinado, se puede decir que la velocidad media verdadera de todo el tránsito está dentro del intervalo definido por:

$V_t \pm KE$, lo que es igual a $V_t - KE < \mu < V_t + KE$; donde

K = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado, ver la siguiente tabla.

μ = Velocidad Media de todo el tránsito.

Tabla A-4 N° 1. Constante Correspondiente al Nivel de Confiabilidad.

Constante K	Nivel de Confiabilidad
1.00	68.3
1.50	89.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.00
3.00	99.7

Por tanto, puede decirse con el 95% de confiabilidad, que la velocidad media verdadera para todo el tránsito está comprendida en el intervalo definido por:

$$V_t \pm KE = 34.73 \pm 1.96*(0.687) = 34.73 \pm 1.34 \text{ km/H}$$

Para lo cual μ esta limitada por:

$$34.73 - 1.34 < \mu < 34.73 + 1.34$$

$$33.39 \text{ Km/H} < \mu < 36.07 \text{ Km/H}$$

De todo lo anterior se puede concluir que existe una probabilidad de 5% (100% - 95%) que al estimar la velocidad media verdadera como 34.73 Km/H, el error máximo sea de 1.34 Km/H.