

**ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍA TRADICIONAL DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS VERSUS TECNOLOGÍA TCP (GEOMETRÍA OPTIMIZADA) PARA
LA VÍA ENTRE LAS VEREDAS LA CARRERA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE
AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA**

ANGIE SOLEDAD FLOREZ CAMACHO

WILLIAM FELIPE MORALES CORTES

YARICEL RODRIGUEZ PACHECHO

ESTUDIANTES

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS (UNIMINUTO)

SEDE- GIRARDOT CUNDINAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

IX SEMESTRE

2019-1

**ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍA TRADICIONAL DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS VERSUS TECNOLOGÍA TCP (GEOMETRÍA OPTIMIZADA) PARA
LA VÍA ENTRE LAS VEREDAS LA CARRERA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE
AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA**

ANGIE SOLEDAD FLOREZ CAMACHO

WILLIAM FELIPE MORALES

YARICEL RODRIGUEZ PACHECHO

ESTUDIANTES

**TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO
CIVIL**

ASESOR: VERA CHILA FAVER ELIECER

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS (UNIMINUTO)

SEDE- GIRARDOT CUNDINAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

IX SEMESTRE

2019-1

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios, a nuestros padres y esposos por brindarnos la vida, bendición, salud y sabiduría para culminar nuestra profesión, por su apoyo incondicional, por su trabajo y esfuerzo para que cada uno de nosotros hoy en día estemos cumpliendo nuestra meta, por ser el motor principal en todos nuestros pasos, por creer y confiar en nuestras expectativas.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por darnos la salud, bendición, sabiduría y fortaleza para la realización de este trabajo, por permitirnos llegar hasta este punto, con orgullo y esfuerzo culminar nuestra carrera cumpliendo y venciendo cada uno de nuestros miedos.

A nuestros padres y esposos, por darnos la vida, amor, educación, por apoyarnos siempre, por sus esfuerzos y sacrificios para que culmináramos una etapa más en nuestras vidas, son la motivación diaria de cada uno de nosotros para salir adelante cumpliendo nuestros anhelados sueños, sin ustedes este triunfo no habría sido posible, gracias a cada uno de ustedes por ser el motor de nuestras vidas y por confiar en nuestros propósitos.

A las personas y docentes que estuvieron presentes durante este proceso, las cuales nos apoyaron con sus puntos de vista y opiniones, ayudándonos a que todo el desarrollo del trabajo se realizara con éxito.

HOJA DE APROBACIÓN

Presidente Del Jurado

Firma De Jurado

Firma DE JURADO

RESUMEN

Hoy en día la tecnología tiene un gran avance frente a mejoras y presentaciones de nuevas ideas que para los países son de importancia, ya que muchas de estas ideas reducen el presupuesto para las personas que aportan a estos proyectos y brindan mejor calidad, mantenimiento y durabilidad ante cualquier cambio natural eventual que se pueda presentar.

En este trabajo se realizó la investigación y practica de un estudio comparativo con la tecnología de losas con geometría optimizada¹ y la metodología tradicional de pavimentos para la vía entre las veredas la Carrera y Leticia, del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca.

La empresa TCP propone con el sistema reemplazar las losas de pavimentación tradicional (AASHTO) por un sistema de losas con geometría optimizada que permite una distribución más eficiente de la carga para evitar los problemas de ²agrietamiento, alabeo, ahuellamiento y entre otras fallas que se presentan y afectan directamente los pavimentos.

El principio fundamental del método consiste en diseñar el tamaño de la losa para que no más de un set de ruedas se encuentre en una determinada losa, minimizando así la tensión de tracción (carga máxima) en la superficie.

Esta tecnología ya es utilizada en los países de Chile, Guatemala, Perú, Australia, Estados Unidos y Colombia, en algunos de ellos se han construido tramos de prueba a gran escala y probado bajo cargas aceleradas con espesores de hormigón de 8, 15 y 20 cm. todas con base granular y sobre capas sin adherir. Las pruebas demostraron que una disminución en las dimensiones de la losa

permite que siendo de bajo espesor, soporte una cantidad considerable de ejes equivalentes antes de comenzar a agrietarse. (Covarrubias Juan Pablo, 2012)

- Las losas de hormigón ³sobre bases granulares con un espesor de 20 cm. no mostraron agrietamiento a pesar de haber sido ensayados a más de 50 millones de ejes equivalentes.
- Losas de espesor de 15 cm mostraron grietas a los 12 millones de ejes equivalentes en promedio, mientras que las losas de 8 cm de espesor, resistió 75.000 ejes equivalentes antes de las primeras grietas. (Covarrubias Juan Pablo, 2012)

Según las pruebas realizadas, demostraron que las losas de hormigón con fibra pueden soportar hasta 20 veces más tráfico antes de comenzar a agrietarse, así como proporcionar una vida útil más larga una vez agrietadas. A partir de esto se ha desarrollado un software de diseño mecánico-empírico llamado ⁴OptiPave2.

OptiPave2 es un software de diseño de pavimentos desarrollado por TCPavements. Este software, implementa la tecnología de losas con geometría optimizada⁵, la cual permite diseñar pavimentos de concreto con losas de geometría optimizada y reduce tensiones internas en el pavimento, lo que a su vez logra reducir el espesor de este entre 4 y 10cm frente a pavimentos tradicionales, ahorrando material de construcción, debido a que su mantenimiento es más duradero.

El software funciona en base a un gran número de cálculos de pavimentos con elementos finitos, cuyos resultados fueron calibrados en la Universidad de Illinois, Estados Unidos. Este, incluye

modelos de deterioro y se puede adaptar a cualquier condición normal de diseño de pavimentos. (OptiPave2 TCPavements, 2007) En este proyecto no fue posible utilizar el software, por problemas técnicos, debido a que para su instalación solicitaban muchos requerimientos, de los cuales no optábamos con ellos para proceder a su descarga.

Palabras clave: Tecnología, TCPavements, Agrietamiento, Losas de Hormigón, Optipave2.

ABSTRACT

Today technology has made a great advance with the introduction of new ideas that are important for all countries, because most of these ideas reduce the budget for the people that support these projects and give a better quality, maintenance and durability to face any natural change that could eventually happen.

In this paperwork, there was investigation and practice of a comparative study with the TCP technology, and the traditional methodology of pavements for the via between the villages La Carrera and Leticia, from the municipality of Agua de Dios, Cundinamarca.

The TCP technology proposes a replacement of the slabs of traditional pavement (AASHTO) with a system of slabs with optimized geometry, which allows a more efficient distribution of the load, to avoid the cracking, warp, rutting and other problems that directly affect the pavements.

The fundamental principle of the method consists in designing the size of the slabs to, no more than one set of wheels can find a determined flagstone, minimizing the traction (maximum load) on the surface.

This technology is already used in countries like Chile, Guatemala, Perú, Australia, the United States and Colombia. In some of those countries, tests on a big scale have been build and tested under accelerated loads with concrete thicknesses of 8, 15 and 20 cm, all with a granular base and over unadhering layers. Those tests showed that a decrease in the dimensions of the slabs allows that, being of low thickness, it supports a considerable quantity of equivalent axes before starting to crack.

- The concrete flagstones⁶ on granular bases with a 20 cm thickness, didn't show cracking despite the fact that they had been tested to more than 50 million of equivalent axes.
- Slabs of 15 cm of thickness showed rifts to 12 million equivalent axes –average–, while the 8 cm thick slabs resisted 75.000 equivalent axes before the first cracks.

According to the tests, the concrete flagstones with fiber can handle up to 20 times more traffic before it starts rifting, and it can provide a longer more useful life, being cracked. From this statement, a software of mechanical-empirical design called ⁷OptiPave2 has been developed. OptiPave2 is a design software of pavements, developed by TCPavements. This software implements the TCP⁸ technology, which enables to desing concrete pavements with optimized geometry slabs, and reduces internal tensions on the pavement, and it manages to reduce its thickness among 4 and 10 cm compared to traditional pavements, saving the construction material since its maintenance is way more long lasting.

The software works based on a big number of calculations of pavements with finite elements, whose results were calibrated at the University of Illinois, United States. This includes deterioration models and it can be adapted to any normal condition of pavement designs.

In this project it was impossible to use the software because of technical problems, due to the fact that its installations required many formalities that we didn't have to procede with the download.

Keywords: Technology, TCPaviments, Cracking, Concrete Slabs, Optipave2.

Contenido

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
HOJA DE APROBACIÓN.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	9
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	15
INTRODUCCIÓN	18
PREGUNTA	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	24
4 MARCO REFERENCIAL.....	25
4.1 MARCO INSTITUCIONAL	25
4.2 MARCO CONTEXTUAL	26
4.3 MARCO TEÓRICO.....	29
4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS	29
4.3.2 Según Su Funcionalidad	29
4.3.3 Según El Tipo De Terreno	30
4.3.4 PAVIMENTOS.....	32
4.3.5 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	39
4.3.6 JUNTAS.....	49
4.3.7 SELLOS	52
4.3.8 Sellos Líquidos.....	54
4.3.9 TECNOLOGÍA TCPavements (GEOMETRÍA OPTIMIZADA)	55
4.4 MARCO CONCEPTUAL.....	61
• Diseño Geométrico de Carreteras:	61
• Pavimento:.....	62
• Sistema TPC:.....	62
• Peralte:.....	62
• Distancia de Parada:	62

• Espesor:	62
• Acero de refuerzo:	63
• Varillas de transferencia de cargas:	63
• Alabeo de construcción:	63
4.5 ESTADO DEL ARTE (ANTECEDENTES)	63
4.6 MARCO LEGAL	64
4.7 Corporación Universitaria Minuto De Dios	64
4.7.1.2 Ministerio De Transporte De Colombia	65
4.7.2 Instituto Nacional De Vías (INVIAS)	65
4.7.3 Agencia Nacional De Infraestructura (ANI)	67
4.8 METODOLOGÍA	67
4.8.1 Estudios Descriptivos	68
4.8.2 Diseño de la Investigación	68
4.9 PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	69
4.10 Estudios Geotécnicos	69
4.10.1 Valor Soporte Relativo (C.B.R.) ASTM - D 1883	72
1.1.2 Penetración	72
4.10.2 Humedad Y Densidad Optima-Proctor Modificado	73
4.10.3 Estudio Comparativo Calicata No. 002	74
4.10.4 Estudio Comparativo Calicata No. 003	75
4.10.5 Estudio Comparativo Calicata No. 004	76
4.10.6 Estudio Comparativo Calicata No. 005	77
4.10.7 Estudio Comparativo Calicata No. 006	78
4.10.8 Estudio Comparativo Calicata No. 007	79
4.10.9 Análisis Granulométrico Tamizado ASTM D-422	80
4.10.10 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado	80
4.10.11 Análisis Granulométrico Por Tamizado ASTM D-422	81
4.10.12 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado	82
4.10.13 Análisis Granulométrico Por Tamizado ATM D-422	83
4.10.14 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado	83
4.10.15 Humedad Natural: ASTM D - 2216	84
4.10.16 Limite Líquido: ASTM D - 4318	85
4.10.17 Limite Plástico: ASTM D - 4318	85
4.10.18 Limite Líquido: ASTM D - 4318	86

4.10.19	Limite Plástico: ASTM D – 4318	86
	87
 ¡Error! Marcador no definido.	
4.10.20	Relación Densidad - Humedad (Proctor Modificado) ASTM D-1557.....	87
4.11	Estudio Del Tránsito.....	88
4.12	Determinación Del Tránsito	88
4.12.1	Tránsito Promedio Diario	88
4.13	Aforos Vehiculares.....	89
4.14	Análisis De Información Recolectada	90
4.14.1	Composición Vehicular	90
4.15	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO BAJO LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIO Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - INVIAS.....	91
4.15.1	VARIABLES Y SU REPRESENTACIÓN.....	93
4.15.2	VARIABLES Y SU REPRESENTACIÓN.....	94
4.15.3	Espesores De Losa De Concreto (cm) De Acuerdo Con La Combinación De Variables	95
4.16	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO METODO ASSHTO 1993.....	96
4.16.1	Factores de diseño del método AASHTO 1993.....	96
4.16.2	Periodo De Diseño	97
4.16.3	Módulo Resiliente De La Sub Rasante (Lb/Plg ²)	98
4.17	Confiability	99
4.18	Pérdida De Serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_t$).....	100
4.19	Coeficiente De Drenaje Cd.....	101
4.20	Coeficiente De Transferencia De Carga (J).....	102
4.21	OptiPave2 TCPavements.....	107
4.22	Análisis Y Discusión De Resultados	109
4.22.1.2	Presupuesto	109
4.22.1.3	Evaluación Económica – Presupuesto De Precios base INVIAS	109
5	CONCLUSIONES	115
6	RECOMENDACIONES.....	117
7	Bibliografía	118
8	ANEXOS	121
8.1	Topografía De La Via Del Proyecto Con Gps.	121
8.2	Registro Fotográfico.....	125

8.3	Estudio De Transito (Aforo Vehicular).....	135
8.4	Cronograma.....	139

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO	21
Ilustración 3: VÍAS DE ACCESO AL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS-CUNDINAMARCA	27
Ilustración 4: LOCALIZACIÓN DE AGUA DE DIOS Y RIAURTE EN COLOMBIA	28
Ilustración 5: UBICACIÓN VEREDA LETICIA Y LA CARRERA-AGUA DE DIOS.....	29
Ilustración 6: COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO HIDRÁULICO	33
Ilustración 7: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE ACUERDO AL NÚMERO DE EJES	35
ILUSTRACIÓN 8: CONFIGURACIÓN Y NÚMERO DE LLANTAS POR EJE.....	37
Ilustración 9: COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO	40
Ilustración 10: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE SIN ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA	43
Ilustración 11: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE CON ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA O PASADORES	44
Ilustración 12: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO DE ACERO NO ESTRUCTURAL	45
Ilustración 13: PAVIMENTO DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUO SIN JUNTAS	47
Ilustración 14: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS	48
Ilustración 15: TIPOS DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN.....	50
Ilustración 16: TIPOS DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN	51
Ilustración 17: TIPOS DE JUNTAS DE EXPANSIÓN	52
Ilustración 18: TIPOS DE SELLADORES	55
ILUSTRACIÓN 19: COMPARACIÓN PAVIMENTO TRADICIONAL VS TECNOLOGÍA DE GEOMETRÍA OPTIMIZADA	56
Ilustración 20: SISTEMA ALABEO	58
Ilustración 21: APROBACIONES TCP (Geometría Optimizada)	60
Ilustración 22: APLICACIONES PARA MÉTODO TCP: OPTIPAVE2	61
Ilustración 23: ESQUEMA DEL EQUIPO DCP (ASTM D-6951-03)	71
Ilustración 24: COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	91
Ilustración 25: FORMULA QUE PROPONE LA GUÍA AASHTO 93.....	96
Ilustración 26: MODULO RESILIENTE DE LA SUB RASANTE-AASHTO.....	98
Ilustración 27: TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS VECINAS	102
Ilustración 28: ESTRUCTURA PAVIMENTO DE CONCRETO.....	103
Ilustración 29: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO-MÈTODO AASHTO	104
Ilustración 30: OPTIPAVE2 TCPAVEMENTS.....	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 2: COORDENADAS GEOGRÁFICAS RICAURTE-CUNDINAMARCA.....	26
Tabla 3: COORDENADAS GEOGRÁFICAS AGUA DE DIOS-CUNDINAMARCA	27
Tabla 4: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE ACUERDO A LA CLASE.....	34
Tabla 5: PESO AUTORIZADO POR TIPO DE EJE.....	37
Tabla 6: FORMATO-CONTEOS MANUALES DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO.....	90
Tabla 7: TIPO DE VEHICULO, CANTIDAD Y PORCENTAJE.....	90
Tabla 8: CATEGORIAS DE TRÁNSITO PARA LA SECCIÓN DE ESPESORES.....	92
Tabla 9: CLASIFICACIÓN DE LA SUB RASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA	92
Tabla 10: CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO	93
Tabla 11: VALORES DE RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCÓN.....	93
Tabla 12: DENOMINACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS Y CONFINAMIENTO LATERAL.....	94
Tabla 13: VARIABLES CONSIDERADAS EN LOS ANALISIS DE DISEÑO DE PAVIMENTO.....	94
Tabla 14: ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (CM) DE ACUERDO CON LA COMBINACION DE VARIABLES Y T0 COMO FACTOR PRINCIPAL	95
Tabla 15: PERIODO DE ANALISIS AASHTO (1993: P II - 7)	98
Tabla 16: TIPO DE CARRETERA Y NIVELES DE CONFIABILIDAD	99
Tabla 17: VALORES DE Z_r EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD.....	99
Tabla 18: DISEÑO DE CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR Z_r	100
TABLA 19: COEFICIENTE DE DRENAJE CD.....	101
TABLA 20: VALORES DEL COEFICIENTE DE DRENAJE (CD).....	101
Tabla 21: VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA.....	103
Tabla 22: VALORES DE COEFICIENTE DE DRENAJE (cd) RECOMENDADOS	105
Tabla 23: CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR	105
Tabla 24: VALORES TIPICOS DE FACTORES DE PÈRDIDAS DE SOPORTE PARA VARIOS TIPOS DE MATERIALES.....	106
Tabla 25: CÀLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN EFECTIVO DE LA SUB RASANTE	106
Tabla 26: ANALISIS DE PRESUPUESTO POR REFERENCIA SEGUN INVIAS VS ICCU.	112
Tabla 27: VENTAJAS DE CUADRO COMPARATIVO.....	113

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	34
Ecuación 2: DETERMINACIÓN DE LA SUB RASANTE, A PARTIR DEL CBR	98
Ecuación 3: CAMBIO TOTAL EN EL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	100

INTRODUCCIÓN

Como estudiantes cursando actualmente último semestre de Ingeniería Civil en la corporación universitaria Minuto de Dios, se plantea como proyecto académico para obtener el título de Ingeniero Civil un trabajo de grado de un estudio comparativo, el cual consiste en realizar una investigación de una problemática y buscar su posible solución en una vía terciaria ubicada en el K0+000 al K7+200 entre las veredas La Carrera y Leticia, del municipio de Agua de Dios Cundinamarca, la cual se encuentra con afirmado y sin ningún diseño de pavimento, el interés en proponer el sistema de geometría optimizada para esta vía consiste en cambiar el diseño de las losas de pavimento tradicional por unas de geometría optimizada, siendo capaces de distribuir mejor la carga. Normalmente las dimensiones de un pavimento tradicional son de 3,0 m de ancho por un aproximado de 4,5 m de largo, generando que los sets de las ruedas de los camiones se posen sobre ella al mismo tiempo provocando grandes tensiones, agrietamientos, alabeo, entre otras fallas.

Por esa razón se propone la utilización del pavimento con geometría optimizada, por ser una tecnología que reduce presupuesto, genera un ahorro en materiales, brinda calidad y durabilidad a la vía, estas losas son de dimensiones más pequeñas que las convencionales, donde reciben un solo sets de ruedas haciendo posible la disminución en el espesor de las losas entre (7 a 15 cm) para que no se generen tensiones de la misma y posibles agrietamientos.

PREGUNTA

¿Qué alternativas de diseño de pavimento necesitaría la vía terciaria de la vereda La Carrera que comunica a la vereda Leticia de Agua de Dios para realizar un mejoramiento de vía con un periodo de larga vida?

Respuesta: Se implementa la tecnología de geometría optimizada con el fin de mostrar que existen otras tecnologías muy útiles, económicas, que generan un impacto ante la sociedad por su calidad en reducción de espesor del concreto entre (8 a 15) a comparación de un pavimento tradicional que es entre (20 a 28) según su uso.

Esta tecnología ofrece durabilidad, calidad, y un diseño mejorado, por ser una losa que solo recibe un set de ruedas, permite que las tenciones generadas por el transito no dañen su estructura, y no presente agrietamiento, ahuellamiento y alabeo, que es lo que normalmente se presenta en los pavimentos tradicionales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los vehículos de carga se están viendo afectados por el estado de la vía, debido a que presenta variedad de baches, ahuellamiento y deformaciones en la capa de afirmado; generando dificultad en el transporte de carga y de pasajeros que conducen a la vereda.

A partir de esta problemática surgió la siguiente interrogante: ¿Qué alternativas de diseño de pavimento necesitaría la vía terciaria de la vereda La Carrera que comunica a la vereda Leticia de Agua de Dios para realizar un mejoramiento de vía con un periodo de larga vida?

Este proyecto es realizado con fines académicos, proyectando el diseño de un pavimento rígido con geometría optimizada empleando un periodo de diseño de 20 a 30 años, donde se evidencie el incremento del tránsito atraído y generado por actividades productivas de la zona. La vía en estudio es la vía terciaria de la vereda la Carrera que comunica a la vereda Leticia del municipio de Agua de Dios, esta vía se encuentra actualmente en material de afirmado y su longitud es de 7.200 km.

Según dicha incógnita se apropia el mejoramiento de esta vía por el sistema de losas con geometría optimizada, el cual es creado por la compañía TCPavements, consiste en el diseño de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada, que disminuye tensiones en el pavimento por medio de la distribución de las cargas en las losas de menores dimensiones a lo tradicional; este concepto permite reducir el espesor necesario del pavimento de hormigón, permitiendo ahorrar hasta un 30% de hormigón.

El pavimento rígido está formado por una losa de concreto Portland sobre una sub base o directamente sobre la sub rasante. La carga de la llanta se transmite por la capacidad de doblarse de la losa. (Figueroa Pedro, 2015)

La **capa de rodadura** de concreto de cemento Portland (PCC) puede ser:

- Normal o convencional.
- Reforzado (acero).

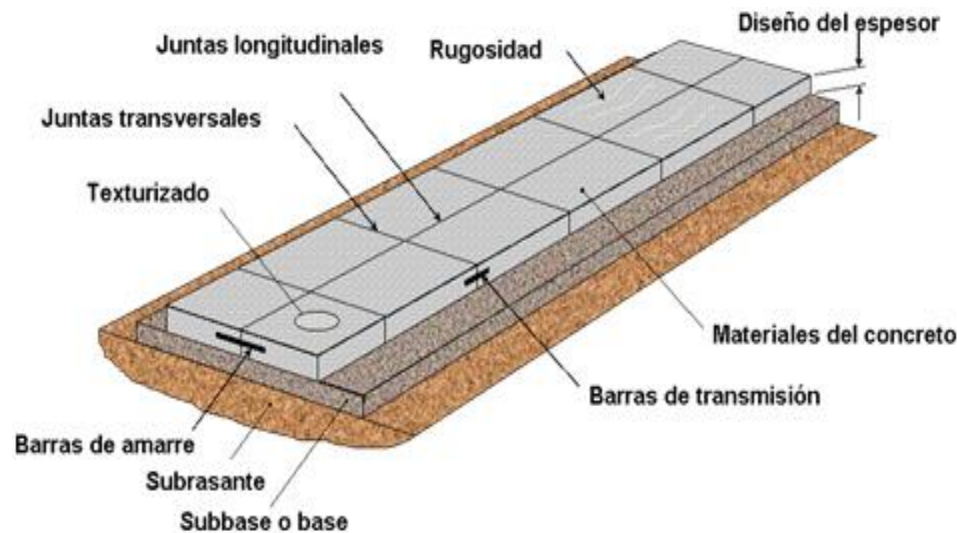
La **sub base** puede estar:

- Estabilizada con cemento.
- O no estabilizada.

La **sub rasante** de ser:

- Compactada y
- Terreno natural.

Ilustración 1: ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO



Tomado De: <http://www.duravia.com.pe/hello-world/>

En los diseños del AASHTO 93 de la norma técnica CE.010, [17] presenta recomendaciones de las juntas y dimensiones de las losas indicando longitudes de 3.30m. Hasta 4.50m. Las dimensiones de las losas cuanto más largas y anchas ocasionan a que los esfuerzos generados por los ejes equivalentes se transmitan todo en una sola losa y lo planchan; esto conlleva a decir que

la losa cuanto más larga percibe mayor tensión y por ende requiere un mayor espesor para poder resistir dicha tensión. (Mendoza Garcia Hamilton, 2015)

2. JUSTIFICACIÓN

La comparación de los pavimentos para la utilización del método de geometría optimizada en la vía terciaria que comunica las veredas La Carrera y Leticia, del municipio de Agua de Dios Cundinamarca, tiene como finalidad facilitar el tránsito a las personas, animales y transporte vehicular, de tal manera que genere confiabilidad y durabilidad de muchos años para un futuro desarrollo de las veredas, con calidad de vida a las personas que transiten por ella; por ser un municipio de temperatura cálida el aumento de los visitantes a las fincas, (Población flotante), la ganadería y las empresas pequeñas que existen en estas veredas necesitan de una pavimentación acorde a sus necesidades que generen un impacto ante la sociedad.

El traer tecnologías nuevas y confiables que no han sido diseñadas mucho en nuestro país y que pueden empezar a implementarse, generaría un cambio positivo a la sociedad, porque mejoraría la serviciabilidad de los pavimentos, disminuyendo el costo de las obras y permitiendo que sean intervenidas más áreas no pavimentadas favoreciendo el desarrollo social. Lo que se busca es que los profesionales y estudiantes realicen proyectos que ayuden a mitigar las problemáticas que afectan directamente a la población que la rodea.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio comparativo de la vía terciaria del tramo K0+000 al K7+200 que conecta la vereda La Carrera y Leticia del municipio de agua de Dios de Cundinamarca, con el fin de demostrar que la implementación de la nueva tecnología de pavimento con losas de geometría optimizada cumple con los parámetros de diseño y rentabilidad a comparación con el convencional.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comparar por medio de un presupuesto el costo del pavimento con losas de geometría optimizada frente a Métodos tradicionales.
- Aplicar la tecnología de geometría optimizada al diseño de pavimento en el tramo en estudio.
- Analizar ventajas y desventajas de la metodología aplicada frente a la tradicional.
- Realizar apiques en tramos específicos para conocer las características de sub base y capa de afirmado de la vía.
- Realizar aforos vehiculares para determinar el tránsito promedio de la vía para la implementación de la tecnología de geometría optimizada.
- Revisar el estado de la vía para generar un diagnóstico y proponer la posible solución de una capa de rodadura en pavimento rígido.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO INSTITUCIONAL

La corporación Universidad Minuto de Dios (UNIMINUTO) es una universidad privada y católica de Colombia, con sede principal en Bogotá, sujeta a inspección y vigilancia por medio de la ley 1740 de 2014 y la ley 30 de 1992 del Ministerio de Educación de Colombia. Fue fundada en 1990 por el sacerdote Rafael García Herreros. Ofrece programas académicos de pregrado, posgrado en especialización y maestría, además de educación continua en modalidades presencial y a distancia. (Corporación Universitaria Minuto De Dios, 2017)

La corporación Minuto de Dios es destinada a la proyección social de sus integrantes y de las personas que la rodean, busca siempre brindar valores y principios como respeto, solidaridad, amistad, comprensión, entre otros; a todas aquellas personas que día a día empiezan a hacer parte de la familia Uniminuto, queriendo con esto lograr que todos y cada uno obtengan una vida digna y sana, alejada de la violencia, orientando hacia el desarrollo integral de toda una comunidad (personas).

Como modelo educativo la Corporación Universitaria ha implementado, un modelo educativo enfocado al cumplimiento de su misión, que, favoreciendo un fácil acceso a una educación superior de calidad, se compromete con una educación para el desarrollo humano y social integral a través de la formación de líderes e innovadores sociales, constituidos como seres humanos íntegros, y profesionales éticos y competentes, para construir un país justo, reconciliado, fraternal y en paz. (Uniminuto, 2017)

4.2 MARCO CONTEXTUAL

El proyecto se encuentra limitado en los municipios de Ricaurte y Agua de Dios Cundinamarca.

RICAUORTE está ubicado en la Provincia del Alto Magdalena. Se encuentra a orillas del río Magdalena, en la desembocadura de los ríos Bogotá y Sumapaz. Limita al norte con los municipios de Tocaima y Agua de Dios (Cundinamarca), al este con el municipio de Nilo y el río Sumapaz, al sur con el río Magdalena y los municipios de Flandes (Tolima), Suarez (Tolima), Carmen de Apicalá (Tolima) y Melgar (Tolima), al oeste con los municipios de Girardot (Cundinamarca) y Flandes (Tolima) y el Río Bogotá. (Cruz Peña Marisol, 2014)

Tabla 1: COORDENADAS GEOGRÁFICAS RICAUORTE-CUNDINAMARCA

Coordenadas	4° 16' 45" N, 74° 46' 22" O
Superficie <ul style="list-style-type: none">• Total	130 km ²
Altitud <ul style="list-style-type: none">• Media	284 m. s. n. m.

Tomada De: <https://es.db-city.com/Colombia--Cundinamarca--Ricaurte>

AGUA DE DIOS está ubicada en la provincia del Alto Magdalena, a 114 km de Bogotá. Limita por el oeste y por el norte con Tocaima (Cundinamarca); por el sur con Ricaurte (Cundinamarca) y Nilo y por el Este con Nilo (Cundinamarca). (Morrow Jason, 2013)

Cuenta con 83,76 kilómetros cuadrados que se encuentran en piso térmico cálido seco cuya temperatura promedio todo el año es de aproximadamente 28 grados centígrados con una precipitación pluviométrica de solo 1.000 mm promedio anual. (Colombia Turismo Web, 2019)

Tabla 2: COORDENADAS GEOGRÁFICAS AGUA DE DIOS-CUNDINAMARCA

Coordenadas	4° 22' 41" N, 74° 40' 6" O
Superficie <ul style="list-style-type: none">• Total	84 km ²
Altitud <ul style="list-style-type: none">• Media	400 m. s. n. m.

(Colombia Turismo Web, 2019)

Ilustración 2: VÍAS DE ACCESO AL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS-CUNDINAMARCA



Tomada De: <http://aguadedios.galeon.com/aficiones1387719.html>

Ilustración 3: LOCALIZACIÓN DE AGUA DE DIOS Y RIAURTE EN COLOMBIA



Tomada De:

<http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CUNDINAMARCA/MUNICIPIOS/AGUA%20DE%20DIOS/AGUA%20DE%20DIOS.htm>

Primordialmente el proyecto está centrado en las veredas la Carrera en el km 0+000 hasta la vereda Leticia km 7+200 del municipio de Agua de Dios.

La **Vereda Leticia** se encuentra ubicada al Occidente del Municipio de Agua de Dios. Limita por el Norte con el Rio Bogotá y el Municipio de Tocaima, por el Sur con la vereda La Balsita y parte de la vereda El Hobal. Por el Occidente con la vereda Manuel Norte y por el Oriente con las veredas Lomas y El Hobal. (Gonzalez Juan, 2012)

El clima de la vereda es cálido seco, semidesértico. Es una zona del municipio donde muy poco llueve y por ende escasea la flora y la fauna. El terreno es ondulado, árido y de escasa vegetación. El suelo de la vereda es muy arenoso, sin embargo, produce con cierta dificultad plátano, yuca, maíz, sorgo, algodón y pasto, entre otros. Todas las viviendas están comunicadas

entre sí por caminos angostos, pero transitables, que se desprenden de la carretera que une a Agua de Dios con Girardot. (Gonzalez Juan, 2012)

Ilustración 4: UBICACIÓN VEREDA LETICIA Y LA CARRERA-AGUA DE DIOS



Tomada De:

<https://www.google.com/maps/search/VEREDA+LA+CARRERA+Y+LETICIA+AGUA+DE+DIOS/@0.0919987,-76.8035223,6z>

4.3 MARCO TEÓRICO

4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

Las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno.

4.3.2 Según Su Funcionalidad

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

4.3.2.1 Primarias

Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de

éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.2.2 Secundarias

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.2.3 Terciarias

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado.

En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.3 Según El Tipo De Terreno

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno.

1.1.1.1 Terreno Plano: Pendiente Del 3%

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados (5°). Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3% - 6%). (Instituto Nacional de Vías, 2008)

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como 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 livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.3.1 Terreno Montañoso: Pendiente De 6 A 8 %

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°).

Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%). (Instituto Nacional de Vías, 2008)

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.3.2 Terreno Escarpado: Pendiente Mayor A 8%

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°).

Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento (8%). (Instituto Nacional de Vías, 2008)

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes. (Instituto Nacional de Vías, 2008)

4.3.4 PAVIMENTOS

El pavimento es una estructura que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos. Su estructura es una combinación de capas de agregados con una gradación de resistencia creciente hacia la superficie de rodadura, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

Las capas de acuerdo a su función estructural están constituidas por material resistente que según su función pueden contener o no material ligante (materiales pétreos).

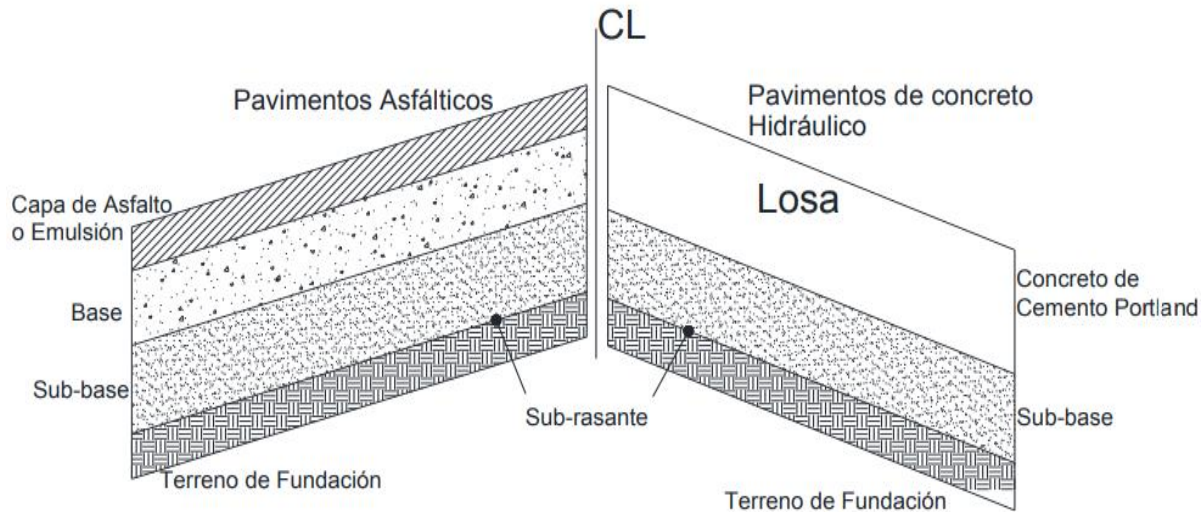
4.3.4.1 Tipos de Pavimentos

- Pavimentos Asfálticos (PA).
- Pavimentos de Concreto Hidráulico (PCH).
- Pavimentos Compuestos (Mixtos).

4.3.4.2 Estructura Física De Pavimentos

De acuerdo al volumen de tránsito, para autopistas o autovías se intercala en pavimentos rígidos una capa de base o base estabilizada, siendo preferible esta última.

Ilustración 5: COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO HIDRÁULICO



Tomada De: <http://ribuni.uni.edu.ni/1142/1/39711.pdf>

4.3.4.3 Factores Que Intervienen En El Diseño De Un Pavimento

Los principales factores que intervienen en el diseño de un pavimento se consideran:

1. Efectos De Tránsito:

La técnica más utilizada para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO, en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye: (Universidad Nacional Autónoma de México)

- Carga por eje y configuración del mismo.
- Número de aplicaciones o paso de éste sobre la superficie del pavimento.

Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80kN o 18kips⁹, que se les denomina “Equivalent simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes). (Universidad Nacional Autónoma de México)

El tránsito debe subdividirse en un cierto número de grupos, cada uno con diferentes configuraciones:

a) Tipos De Vehículos

Existen tres formas diferentes para poder clasificar los vehículos; **la primera** es por medio del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) el cual se define como el número de vehículos que pasan por un lugar durante un año, dividido entre el número de días del año, Es decir:

Ecuación 1: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO

$$TPDA = \frac{\text{No. vehiculos}}{365 \text{ dias}} \quad (\text{Universidad Nacional Autónoma de México})$$

La segunda, es de acuerdo a la clase y **la tercera** por medio del número de ejes. En la siguiente tabla y figura se muestra la clasificación respectivamente:

Tabla 3: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE ACUERDO A LA CLASE

CLASE	NOMENCLATURA
Automóvil	A
Autobús	B
Camión	C
Tractor	T
Semiremolque	S
Remolque	R






⁹ Kip=1000kgf=10KN





Tomada De:

[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor es%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor%20es%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc)

La clasificación de ejes es como se muestra a continuación:

Ilustración 6: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE ACUERDO AL NÚMERO DE EJES





AUTOBÚS (B)			CAMIÓN (C)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO	NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B ₂	2		C ₂	2	
B ₃	3		C ₃	3	
B ₄	4				







CAMIÓN -REMOLQUE (C – R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C ₂ – R ₂	4	
C ₃ – R ₂	5	
C ₂ – R ₃	5	
C ₃ – R ₃	6	

Tomada

De:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factores%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc>

TRACTOR SEMIREMOLQUE (T – S)		Ó Tractocamión articulado
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T ₂ – S ₁	3	
T ₂ – S ₂	4	
T ₃ – S ₂	5	
T ₃ – S ₃	6	

TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO (T – S – R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T ₂ – S ₁ – R ₂	5	
T ₃ – S ₁ – R ₂	6	
T ₃ – S ₂ – R ₂	7	
T ₃ – S ₂ – R ₃	8	
T ₃ – S ₂ – R ₄	9	
T ₃ – S ₃ – R ₂	8	



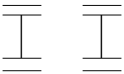
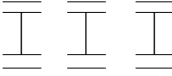
Tomada De:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factores%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc>

b) Configuración Y Número De Llantas Por Eje

La configuración autorizada de los ejes para los diferentes vehículos se presenta en la siguiente figura: (Universidad Nacional Autónoma de México)

ILUSTRACIÓN 7: CONFIGURACIÓN Y NÚMERO DE LLANTAS POR EJE

Eje sencillo con llantas sencillas.	
Eje sencillo con llantas dobles.	
Eje doble con llantas dobles.	
Eje triple con 12 llantas	

Tomada De:

[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor es%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc)

Tabla 4: PESO AUTORIZADO POR TIPO DE EJE

TIPO DE EJE	PESO AUTORIZADO (TONELADAS) para camino tipo A
UN EJE SENCILLO	
Con 2 llantas.	5.5
Con 4 llantas	10.0
CON DOS EJES SENCILLOS EN TANDEM	
Con 2 llantas en cada eje.	4.5/eje
Con 4 llantas en cada eje	9.0/eje
TRES EJES SENCILLOS EN TANDEM	
Con 4 llantas en cada eje	7.5/eje

Tomada De:

[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor es%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factor%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc)

c) Número De Repeticiones De Carga Por Cada Punto En La Superficie De Rodamiento.

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado, por lo que se deben de realizar estudios de volumen de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras. Estos aforos se realizan con el objeto de:

- Determinar la composición y volumen de tránsito.
- Evaluar índices de accidentes.
- Datos útiles para planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos.
- Elaborar sistemas de mantenimiento.
- Establecer prioridades y técnicas de construcción.
- Determinar el tránsito futuro.

La fatiga producida por más de 3000 vehículos pesados por efecto de la repetición constante de cargas dadas por el tránsito, deteriora la sección estructural, es decir, que se produce una falla de la estructura derivado de las excesivas repeticiones de carga. (Universidad Nacional Autónoma de México)

2. La Influencia De La Plasticidad, Resistencia, Deformación De Los Materiales Y Los Efectos Con Medio Ambiente.

Existen diversos factores que propician la variación de las características de resistencia y deformación en los materiales que conforman una sección estructural, como son:

- Lluvia.
- Cambio en el nivel de aguas freáticas.

- Intemperismo por cambios de clima.

Cuando el terreno natural está formado por materiales finos es probable que los cambios de humedad a los cuales está sujeto, modifiquen el volumen, la resistencia y la deformabilidad o variación volumétrica de la sección estructural.

Los cambios en los contenidos de agua pueden ser producidos por alguna de las siguientes causas:

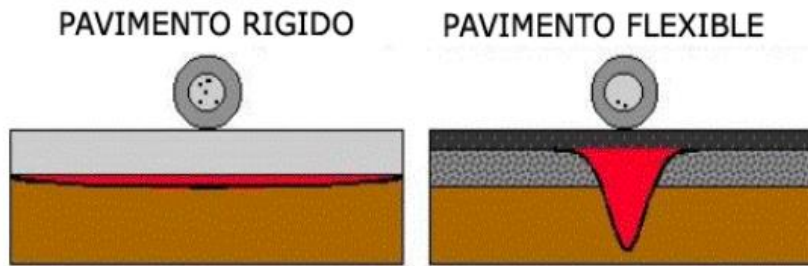
- Infiltraciones propiciadas por agua de lluvia.
- Ascensión capilar del nivel de aguas freáticas.
- Flujo interno en la masa del suelo o roca por un drenaje o sub drenaje inadecuado.

4.3.5 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

Un pavimento de concreto hidráulico o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la Sub rasante.

Todo lo contrario, sucede en los pavimentos flexibles, que, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la sub rasante, como se puede apreciar en la siguiente figura. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Ilustración 8: COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO



Tomada de:

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: sub rasante, sub base y la losa de concreto.

- **Sub rasante**

La sub rasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

- **Sub base**

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la sub rasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

- **Losas**

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

(Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Los pavimentos rígidos o hidráulicos difieren de los pavimentos de asfalto o flexibles, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, además de que se ven considerablemente afectados por los cambios de temperatura.

Los pavimentos rígidos están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos directos de compresión y cortadura, causados por las cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión, contracción del concreto y por efectos de los cambios de temperatura.

4.3.5.1 Características Principales Del Pavimento De Concreto Hidráulico (PCH):

- Estar previsto para un período de servicio largo.
- Prever un bajo mantenimiento.

4.3.5.2 Factores Principales que influyen en la funcionalidad de los pavimentos de concreto hidráulicos.

- Tráfico.
- Clima.
- Geometría del Proyecto (Diseño Vial).
- Posición de la estructura.
- Construcción y Mantenimiento.

4.3.5.3 Clases De Pavimento

4.3.5.4 Pavimento Rígido

1) Pavimento de Concreto Simple

Este tipo de pavimento es el más empleado debido a que su construcción es sencilla y de menor costo. Está dividido en losas rectangulares, preferiblemente casi cuadradas, salvo en las intersecciones, ramales y otras superficies de anchura variable, disponiendo en ellos juntas transversales de contracción y juntas longitudinales de alabeo entre carriles o donde la anchura extendida sea superior a 5m para evitar la aparición de fisuras debido a la retracción del hormigón. Las juntas longitudinales o transversales pueden ser también de construcción u concreto. (Luna Wilder, 2017)

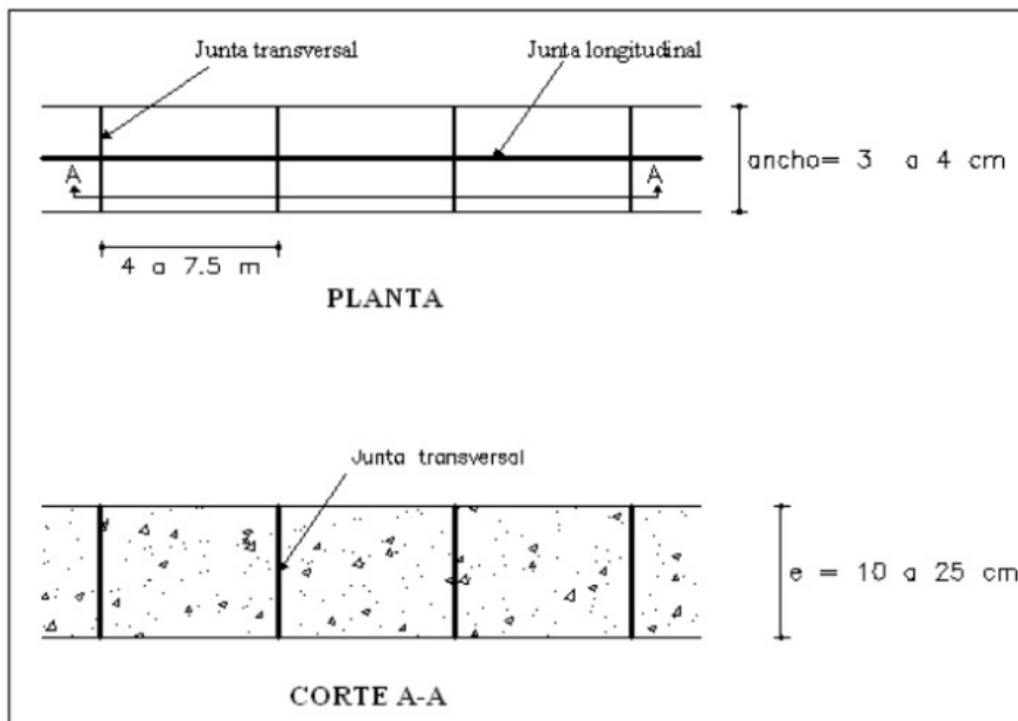
- **Sin Pasadores**

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas. En ellos, el concreto asume y resiste tensiones producidas por el tránsito y el entorno, como las variaciones de temperatura y humedad. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. (Luna Wilder, 2017)

Este tipo de pavimentos es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan sobre la sub rasante. En condiciones más severas se requiere de sub bases tratadas con cemento, colocadas entre a sub rasante y la losa, para aumentar la capacidad de soporte y mejorar la transmisión de carga. Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general de 6m de largo y 3.50 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto.

(Luna Wilder, 2017)

Ilustración 9: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE SIN ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA



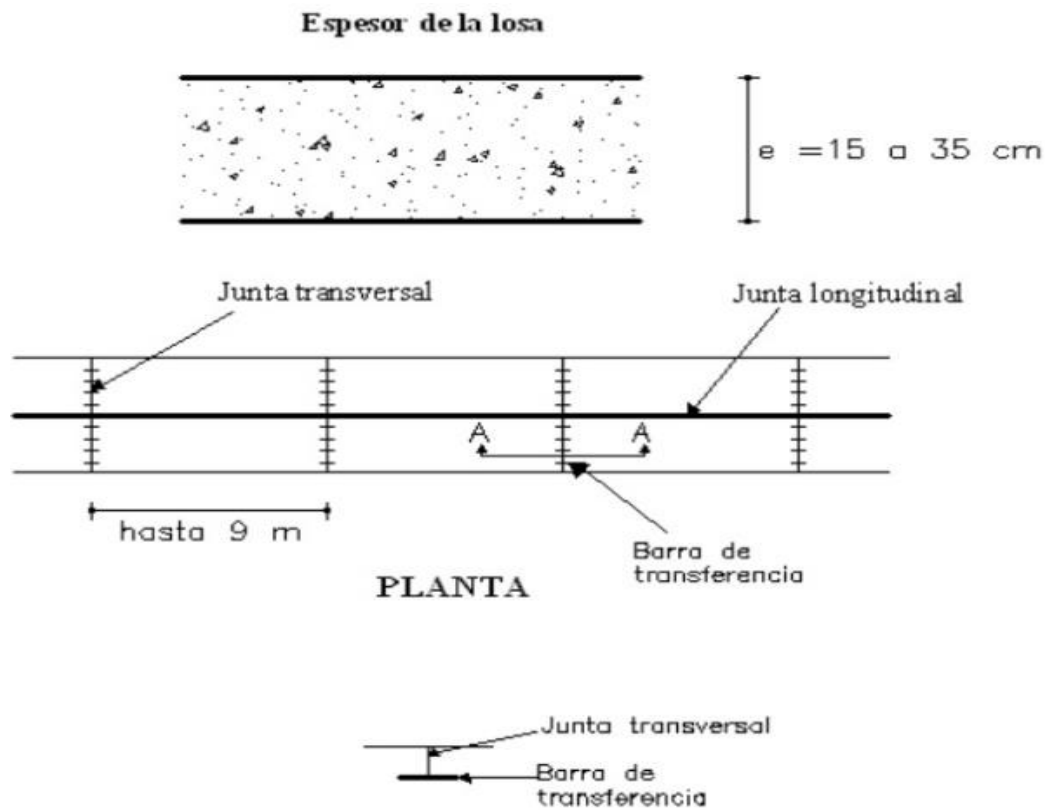
Tomada De: <https://www.slideshare.net/jesuslunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>

- **Con Pasadores (dowels)**

Los pasadores son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa continua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas.

De esta manera se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos). Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés); este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más. (Luna Wilder, 2017)

Ilustración 10: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE CON ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA O PASADORES



Tomada De: <https://www.slideshare.net/jesuslunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>

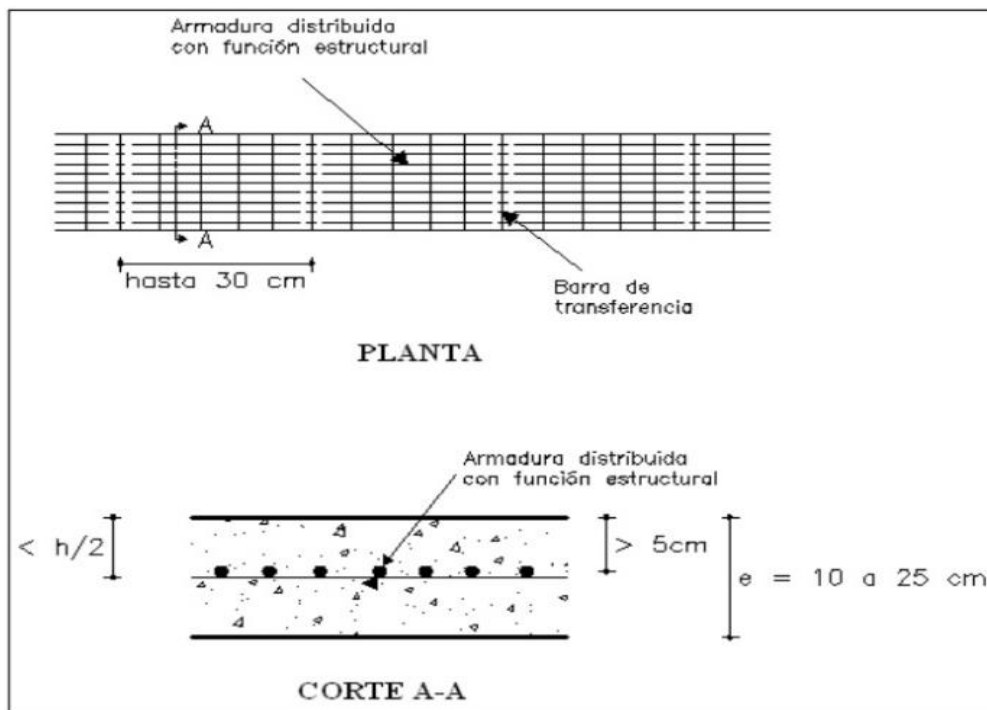
2) Pavimentos de Concreto Armado

A este grupo pertenecen los pavimentos de hormigón armado con juntas muy espaciadas (entre 6,10 y 36,60 metros) y son distribuidas en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. (Luna Wilder, 2017)

- **Con Refuerzo de Acero No Estructural**

Su finalidad es controlar los agrietamientos y resistir las tensiones de contracción del hormigón en estado joven sin cumplir una función estructural. La sección máxima del esfuerzo de acero es 0,3% de la sección transversal del pavimento, ubicándose en el tercio superior de la sección transversal y no menos de 5 cm bajo la superficie. (Luna Wilder, 2017)

Ilustración 11: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO DE ACERO NO ESTRUCTURAL



Tomada De: <https://www.slideshare.net/jesusunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>

- **Armado con Juntas**

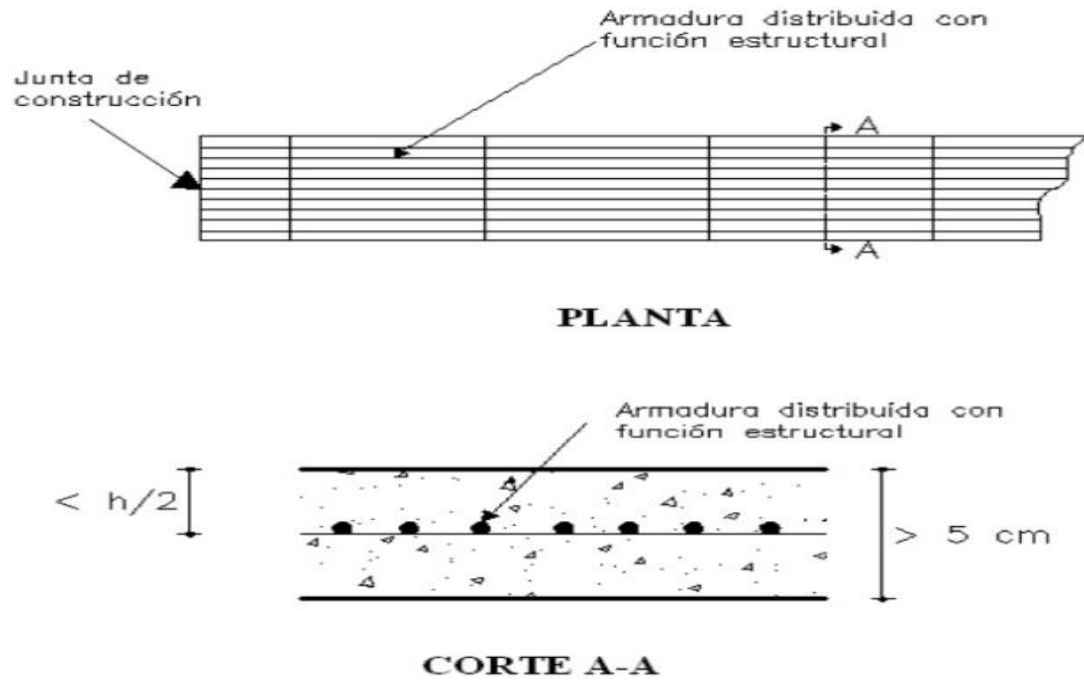
Este tipo de pavimentos antes era bastante empleado en algunos países para tráficos pesados, fueron concebidos en una época en que las junta constituían la zona más débil y un problema de conservación, por lo que parecía conveniente reducir su número aumentando la longitud de las losas; en los últimos años ya no se han venido utilizando debido a que tiene un mayor costo que no compensa su calidad. (Luna Wilder, 2017)

Las armaduras que se colocan en la mitad superior de la losa no tiene función estructural, solo permite mantener cosidas las fisuras transversales que inevitablemente aparecen en las losas largas, que van normalmente desde 7m e incluso más de 10-20 m. (Luna Wilder, 2017)

- **Armado con Refuerzo Continúo**

A diferencia de los pavimentos de hormigón reforzado con juntas, estos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. (Luna Wilder, 2017)

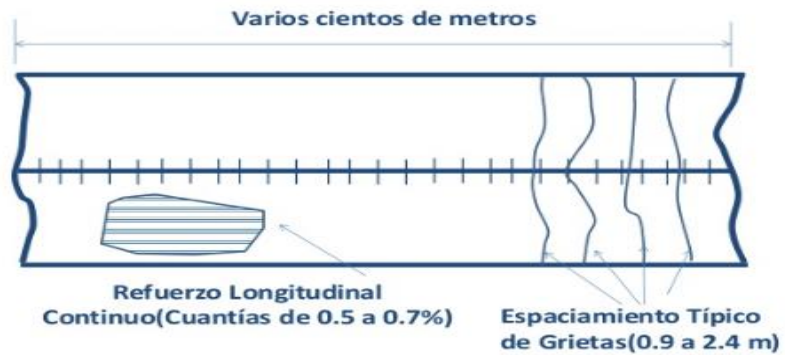
Figure 1: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO CONTINUÓ.



Tomada

De: <https://www.slideshare.net/jesunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>

Ilustración 12: PAVIMENTO DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUÓ SIN JUNTAS



Tomada De:

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

- **Armado Con Fibras**

Los pavimentos de concreto armado con fibra se empezaron a emplearse hace algunas décadas, en aplicaciones donde el elevado costo de este tipo de material es compensado por sus características, como disminución del espesor del pavimento del orden de un 30%, aumento de la resistencia a tracción y a la fatiga, mejor comportamiento a flexo-tracción, resistencia al impacto, durabilidad.

Se puede utilizar diferentes tipos de fibras como metálicas, propileno, carbón, acero, etc., con excelentes resultados en capas delgadas de refuerzo y en pavimentos sometidos a cargas muy pesadas (aeropuertos, puentes, industrias y portuarios). Una dosificación normal de fibras puede ser de unos 40 kg/m³, que han de dispersarse homogéneamente en toda la masa del hormigón.

(Luna Wilder, 2017)

Ilustración 13: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS



Tomada De:

<https://www.slideshare.net/jesoslunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>

3) Pavimento de Concreto Compactado con Rodillo

Se trata de un hormigón con bajo contenido de agua (relación a/c = 0,35 – 0,40) por lo que el cemento suele contener un alto porcentaje de ceniza volantes para facilitar su trabajabilidad, que se compactan enérgicamente con rodillos vibratorios y de neumáticos en forma similar a como se hace una grava-cemento. (Luna Wilder, 2017)

Una vez compactado y curado puede abrirse inmediatamente al tráfico con un comportamiento similar al de los pavimentos tradicionales de hormigón vibrado. Sin embargo, al compactar con rodillo, la regularidad superficial que se obtiene no suele ser buena para circular a alta velocidad, por lo que en este caso es necesario colocar una capa de rodadura bituminosa sobre el hormigón formando un pavimento mixto. (Luna Wilder, 2017)

4) Pavimento de Concreto Pre o Pos tensado

Debido a la comprensión que se introduce, las losas quedan sometidas por medio de tensores de acero, permitiendo construir losas de 120 m de longitud o incluso más y reducir el espesor del orden de un 50%. (Luna Wilder, 2017)

En la actualidad hay varios sistemas de pretensado interno mediante cables o alambres (postensados) y de pretensados externos por medio de gatos planos hidráulicos y juntas neumáticas, cuyo diseño especial debe soportar las mayores variaciones de abertura producidas por las fisuras; en algunos sistemas hay que disponer estribos para resistir los empujes horizontales. Se ha encontrado una aplicación mayor en carreteras y aeropuertos. (Luna Wilder, 2017)

4.3.6 JUNTAS

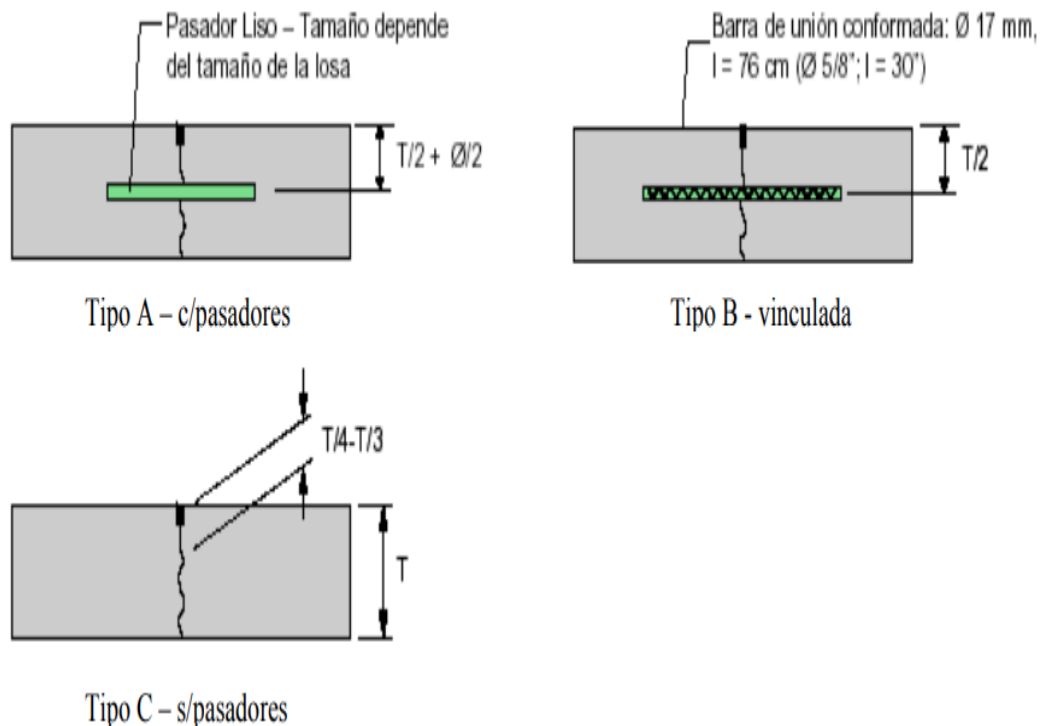
La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales.

Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, amachimbradas y acanaladas. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

4.3.6.1 Juntas De Contracción

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Ilustración 14: TIPOS DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN



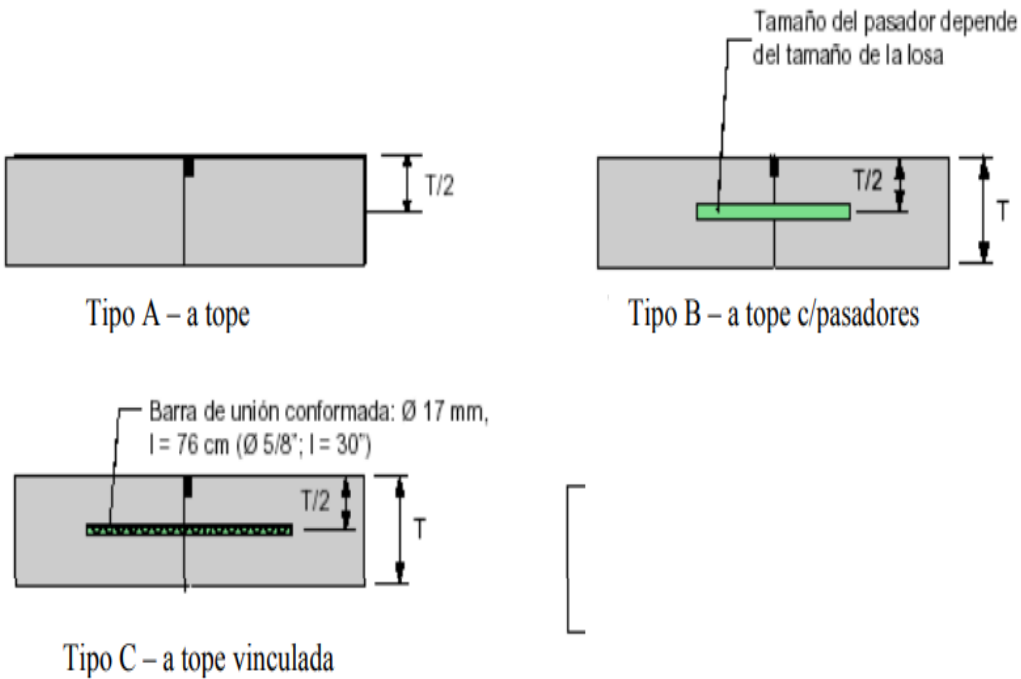
Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

4.3.6.2 Juntas De Construcción

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales.

(Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Ilustración 15: TIPOS DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

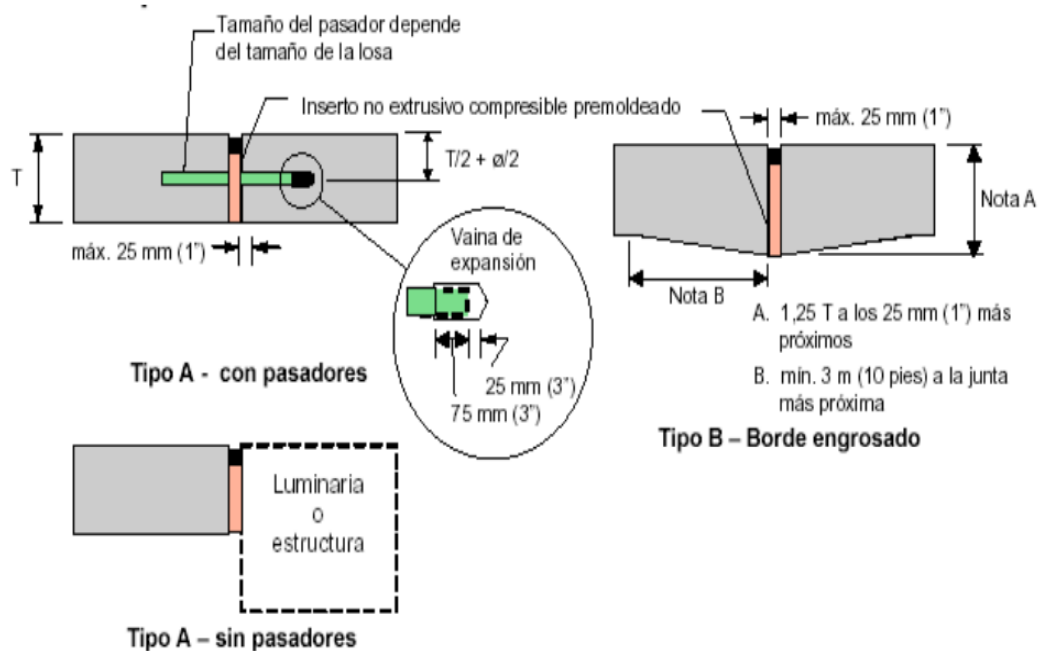


Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

4.3.6.3 Juntas De Expansión O Aislación

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar estructuras existentes.

Ilustración 16: TIPOS DE JUNTAS DE EXPANSIÓN



Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

4.3.7 SELLOS

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de éstas (descascaramientos). (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello.

Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podría optimizar enormemente el costo del proyecto

considerando esto en la selección del sello. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad.
- Deformabilidad.
- Resiliencia.
- Adherencia.
- Resistencia.
- Estable.
- Durable.

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Para limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.
- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará | sobre la cara donde se adherirá el sellador.

4.3.8 Sellos Líquidos

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acortan la vida útil de éste. Un sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que un sellador con un factor de forma mayor a uno. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

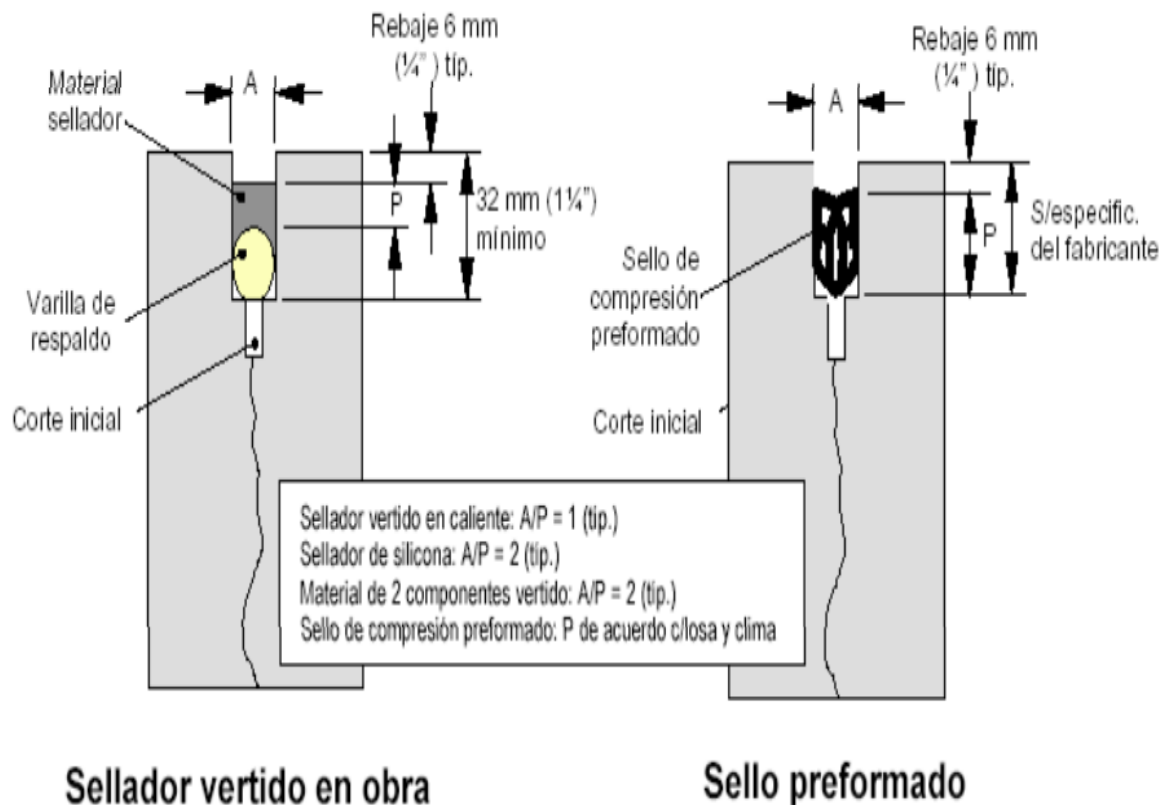
4.3.8.1 Sellos Elastoméricos Preformados

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento. En la figura 1.9 se observan los diferentes tipos de selladores. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Ilustración 17: TIPOS DE SELLADORES



Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

4.3.9 TECNOLOGÍA TCPavements (GEOMETRÍA OPTIMIZADA)

La metodología nació gracias a Juan Pablo Covarrubias Torres, Ingeniero Civil PhD, MsC y Socio Director de TCPavements, que buscando solucionar el agrietamiento de los pavimentos de

concreto tradicional definió el diseño de losas con geometría optimizada, el cual consiste en el diseño y construcción de losas con geometría optimizada que permite solucionar los principales problemas de la pavimentación tradicional a un menor costo y larga durabilidad. La propuesta de este sistema consiste en reemplazar las losas convencionales de los pavimentos de hormigón, de más de 3,5m, por un conjunto de losas más delgadas y pequeñas cuyas dimensiones permiten que éstas nunca sean cargadas por más de un set de ruedas de camión a la vez, lo cual logra disminuir la tensión, en consecuencia, el agrietamiento y el espesor que las losas requieren. Esta optimización está con patente otorgada en más de 60 países. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

Para lograr esto el sistema TCP diseña una solución de pavimentación acorde al tipo de tráfico específico del proyecto vial a realizar, ya sea para autopistas, carreteras, calles de ciudad, patios industriales o estacionamientos. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

ILUSTRACIÓN 18: COMPARACIÓN PAVIMENTO TRADICIONAL VS TECNOLOGÍA DE GEOMETRÍA OPTIMIZADA



Tomada De: <http://www.tcpavements.cl/esp/tecnologia>

Con la geometría optimizada las losas reducen su espesor entre 4 y 10 cm, con respecto a la pavimentación tradicional, logrando así una optimización de recursos de hasta un 30%.

Esta tecnología permite diseñar pavimentos de concreto optimizados y, por lo tanto, de menor costo de construcción; tiene las mismas virtudes que un pavimento tradicional de concreto. Este diseño incorpora la geometría de los diferentes vehículos en el diseño de manera novedosa, reduciendo el espesor del pavimento en hasta un 40% permitiendo un ahorro inicial de hasta un 30%. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

Para el diseño TCP, se pueden utilizar juntas con o sin sellos. Normalmente los diseños no consideran sello de juntas, pero para esto se debe tomar en consideración un diseño apropiado, como un espesor delgado de corte de juntas (menor a 2,5 mm) y una base no susceptible a erosión por presencia de agua. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

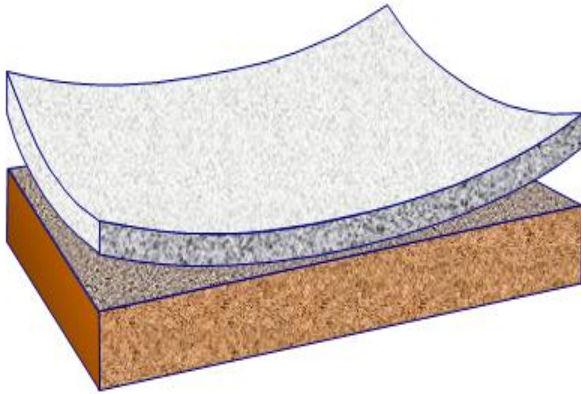
Los beneficios para construir una calle o carretera con losas de geometría optimizada, entre las ventajas se destacan las siguientes:

- Menor costo.
- Mayor duración.
- Mayor soporte a cargas pesadas.
- Menor gasto de mantenimiento.
- Mayor confort y seguridad.
- Mejora la visibilidad nocturna.
- Aumenta la seguridad en carreteras de vehículos y peatones.
- Reduce la cantidad de energía para una iluminación similar.
- Menor temperatura.

4.3.9.1 Sistemas Alabeo

El alabeo de construcción es una curvatura cóncava permanente de la losa de hormigón producida por diferenciales de temperatura y retracción hidráulica entre la parte superior e inferior de la losa. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

Ilustración 19: SISTEMA ALABEO



Tomada De: <http://www.tcpavements.cl/esp/tecnologia>

4.3.9.2 Patentes de la Tecnología De Geometría Optimizada

Este invento se encuentra protegido, en Chile mediante la patente industrial No. 44820, en EEUU por la patente No. 7.571.581, y a Nivel de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) por medio de la solicitud PCT No. PCT/EP2006/064732, además de otros países de América y Asia. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

La tecnología TCP está protegida por medio de la prioridad del Convenio de Paris, como igualmente a través del sistema internacional PCT en total de 80 países, en la gran mayoría con concesión formal de la patente, y en otros se encuentra con protección provisional (solicitud en trámite). (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007).

4.3.9.3 Proyectos Destacados

- Ruta 60 Ch, Camino La Pólvara

Con una longitud cercana a los 10 km de largo, este tramo de la Ruta 60 Ch posee un alto tránsito debido a que da acceso directo al Puerto de Valparaíso. En este caso, se colocó una capa de refuerzo de hormigón con losas de geometría optimizada TCP, aprovechando la estructura existente del pavimento de asfalto, luego de un fresado de la superficie. El espesor es de 23 cm de hormigón reforzado con fibra, en comparación a más de 30 cm de espesor que se hubieran construido bajo un diseño tradicional. (Construcción EMB, 2017)

- Centro de Distribución Lo Aguirre

Este proyecto, construido en 2011, tiene 15 cm de espesor en el patio de camiones y una superficie de más de 90.000 m² pavimentados, incluyendo un sector de estacionamientos para vehículos livianos de 9 cm de espesor. (Construcción EMB, 2017)

- Camino X-730, Bahía Murta

Este contrato fue construido en 2016 en una extensión de 4,4 km y espesor de 10 cm de hormigón reforzado con fibra. Este corresponde a uno de los realizados con la variación de la tecnología TCP, llamada U-TCP (pavimentos ultra delgados de hormigón), la cual permite colocar una capa de hormigón reforzado con fibra directamente sobre el camino granular existente, sin necesidad de la construcción de una base, en espesores entre 8 y 12 cm, dependiendo de las solicitudes. (Construcción EMB, 2017)

- Centro comercial Outlet Curauma

Construido en 2014, el pavimento de este proyecto posee dos diseños con losa de geometría optimizada TCP de distinto espesor según la zona. La zona de acceso y estacionamientos de

autos posee un pavimento de 9 cm, mientras que la zona de acceso y tránsito de camiones posee uno de 12 cm de espesor. (Construcción EMB, 2017)

4.3.9.4 Aprobaciones TCP (Geometría Optimizada)

Ilustración 20: APROBACIONES TCP (Geometría Optimizada)



Tomada De: <http://www.tcpavements.cl/esp/tecnologia>

4.3.9.5 Características Principales Del Diseño De Losas Con Geometría Optimizada

- Losas pequeñas (media pista x 1,20 a 2,5 m).
- Base granular (finos < 6%) de 15 cm.
- Geotextil o capa impermeable entre sub rasante y base, si es necesario.
- Corte de juntas delgado (2 mm).
- No requiere sello de juntas.
- No requiere barras de transferencia de cargas ni de amarre entre pistas.
- Confinamiento lateral.

4.3.9.6 Software Desarrollado Para Método TCP: Optipave 2

Programa de diseño desarrollado especialmente para la tecnología de losas con geometría optimizada.

Permite calcular el espesor de hormigón necesario para cada proyecto en particular, adaptado a la zona y sus condiciones locales, considerando alrededor de 50 variables. (OptiPave2 TCPavements, 2007)

4.3.9.7 Aplicaciones para método TCP: Optipave 2

Cualquier pavimento apoyado en el suelo en que circulan vehículos.

Ilustración 21: APLICACIONES PARA METÓDO TCP: OPTIPAVE2



Tomada De: <http://www.tcpavements.cl/esp/software>

4.4 MARCO CONCEPTUAL

- **Diseño Geométrico de Carreteras:**

Consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos. (TCPavements Innovacion en Pavimentos, 2007)

- **Pavimento:**

Es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. Y puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas, El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación. (TCPavements Innovacion en Pavimentos, 2007)

- **Sistema TPC:**

Consiste en el diseño de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada, el cual, disminuye tensiones en el pavimento por medio de la distribución de las cargas en las losas de menores dimensiones a lo tradicional. (TCPavements Innovacion en Pavimentos, 2007)

- **Peralte:**

Es la inclinación transversal de la vía en las curvas. Se construye para compensar la fuerza centrífuga que haría que el vehículo se saliera de la calzada) con la fuerza del peso sobre la rasante de la curva. (Garcia Alfredo & Perez ana Maria & Camacho Javier)

- **Distancia de Parada:**

Un conductor debe de ser capaz de ver una distancia por delante suficiente como para poder frenar en caso de encontrar un obstáculo. (Garcia Alfredo & Perez ana Maria & Camacho Javier)

- **Espesor:**

Se denomina al grosor de un elemento es decir, a qué tan grueso, abultado o ancho es. (Garcia Alfredo & Perez ana Maria & Camacho Javier)

- **Acero de refuerzo:**

El pavimento rígido tiene dos tipos de acero de refuerzos los cuales son: lisos y Corrugados. Si en el diseño se considera estos son insertados en las juntas longitudinales y en Las juntas transversales solo si se considera necesario, cumpliendo con las especificaciones del Artículo INV 500-07 y el Artículo 640-07.

- **Varillas de transferencia de cargas:**

Son barras de acero cortas y lisas, que de acuerdo a los artículos INV 500-07 y el Artículo INV 640-07, estas varillas deben ir instaladas en las juntas permitiendo que las losas se separen y se unan entre sí. De este modo, las losas absolverán los esfuerzos cortantes generados por el transito al pasar sobre las juntas; las varillas deben de cumplir con su objetivo, facilitando el desplazamiento horizontal de la losa, lo que indica que la barra debe de estar recubierta con un tipo de adherente y ser resistente a la fatiga y a la corrosión. En cuanto a la selección del espesor de la varilla debe ser de acuerdo al espesor del diseño de las losas y ubicado en la mitad del mismo, de forma paralela entre sí y con una tolerancia de 10mm de su posición inicial quedando empotrado en el concreto.

- **Alabeo de construcción:**

Es una curvatura cóncava permanente de la losa de hormigón producida por diferenciales de temperatura y retracción hidráulica entre la parte superior e inferior de la losa. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

4.5 ESTADO DEL ARTE (ANTECEDENTES)

Las vías terciarias en Colombia son aquellas que unen veredas entre sí, la mayoría se encuentra en afirmado; si se pavimentan deben cumplir con las condiciones geométricas fijadas para las vías secundarias.

Las carreteras terciarias generalmente se encuentran a cargo de los municipios, así como hay carreteras a cargo del departamento y carreteras terciarias a cargo del INVIAS.

Su ancho aproximadamente va de 5 a 6 m., en estas vías terciarias los recursos destinados para su mejoramiento son muy pocos, por eso la gran mayoría de estas vías no han sido arregladas hasta el momento en muchas partes del país. Al realizarles alguna rehabilitación lo utilizan por tramos muy cortos, con pavimentación de placa huella que en cierta manera mitiga el daño en estas vías; lo que genera que no exista una solución definitiva, trayendo más pobreza a una vereda o corregimiento porque las condiciones climáticas afectan mucho más el paso tanto de la ganadería, transporte y habitantes que colindan con las carreteras.

4.6 MARCO LEGAL

4.7 Corporación Universitaria Minuto De Dios

4.7.1.1 Lineamientos de Acreditación

La Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO en los procesos de acreditación institucional y de programas académicos, ha acogido los lineamientos para la Acreditación de Alta Calidad propuestos por el Consejo Nacional de Acreditación-CNA. (uniminuto.edu, 2016)

“Los documentos mantienen la estructura del modelo de acreditación del CNA que conoce la comunidad académica nacional, es decir: marco legal, marco conceptual, objetivos, criterios de calidad, factores de análisis, características de calidad y aspectos a considerar en cada una de las características”. (uniminuto.edu, 2016)

4.7.1.2 Ministerio De Transporte De Colombia

El Ministerio de Transporte es la entidad competente para conceder la administración del Sistema RUNT y definir los términos, la normatividad y la regulación para su funcionamiento.

(La movilidad es de todos Mintransporte, 2019)

Como lo establece el Decreto 087 de 2011 es el ente encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país mediante el apoyo de las entidades que integran el sector de transporte. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL), la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (La movilidad es de todos Mintransporte, 2019)

4.7.2 Instituto Nacional De Vías (INVIAS)

Es una agencia de la Rama Ejecutiva del Gobierno de Colombia a cargo de la asignación, regulación y supervisión de los contratos para la construcción de autopistas, carreteras y mantenimiento las vías, la cual tiene los documentos técnicos con las especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras. (INVIAS instituto nacional de Vías, 2018)

Los documentos técnicos y resoluciones que ha producido el INVIAS son: (INVIAS instituto nacional de Vías, 2018)

- Manual de drenaje para carreteras.
- Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.

- Manual de diseño geométrico.
- Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.
- Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.
- Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.
- Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras.
- Resolución No. 108 del 26 de enero de 2015.
- Resolución 1375 del 26 de mayo de 2014.
- Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Resolución 001049 del 11 de abril de 2013.
- Resolución 2566 - 2567 del 16 de julio de 2010.
- Resolución 007106 del 02 de diciembre de 2009.
- Resolución 000803 del 06 de marzo de 2009.
- Resolución 000744 del 04 de marzo de 2009.
- Resolución 000743 del 04 de marzo de 2009.
- Resolución 003482 del 15 de agosto de 2007.
- Resolución 0024 de 2011.

(INVIAS instituto nacional de Vías, 2018)

4.7.3 Agencia Nacional De Infraestructura (ANI)

Tiene por objeto planear, coordinar, estructurar, contratar, ejecutar, administrar y evaluar proyectos de concesiones y otras formas de Asociación Público Privada - APP, para el diseño, construcción, mantenimiento, operación, administración y/o explotación de la infraestructura pública de transporte en todos sus modos y de los servicios conexos o relacionados y el desarrollo de proyectos de asociación público privada para otro tipo de infraestructura pública cuando así lo determine expresamente el Gobierno Nacional respecto de infraestructuras semejantes a las enunciadas en este artículo. Dentro del respeto a las normas que regulan la distribución de funciones y competencias y su asignación. Su domicilio es la ciudad de Bogotá D.C. (Agencia de Infraestructura ANI, 2016)

4.8 METODOLOGÍA

El presente proyecto de investigación “ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGIA TRADICIONAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS VERSUS TECNOLOGIA TCP PARA LA VÍA ENTRE LAS VEREDAS LA CARRERA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA”, ubicada en el K0+000 al K7+200.

El tipo de investigación del proyecto es de forma cuantitativa porque contiene tablas de los resultados que se obtuvieron en los estudios realizados (laboratorios), de la inspección visual se observó que la vía se encuentra con afirmado y algunos tramos en muy mal estado, se recolecto información relacionada con el tránsito por medio de aforos vehiculares.

La vía terciaria en estudio ubicada entre los límites de los municipios de Ricaurte y Agua de Dios Cundinamarca. Con un punto de inicio en el K0+000 y coordenadas reales tomadas con GPS satelital al NORTE: 970069 ESTE: 925091 recorriendo la vereda la Carrera y con un punto

de terminación en el K7+200 y coordenadas reales tomadas con GPS satelital al NORTE: 974835 ESTE: 928841 terminando en la vereda Leticia, con un ancho promedio de 6 m.

4.8.1 Estudios Descriptivos

El propósito de la investigación es DESCRIPTIVO COMPARATIVO porque va a la comparación entre dos tecnologías diseñadas para solucionar problemas de pavimentación en cualquier vía del país. Dando a conocer las características y cualidades que tiene la vía en estudio al momento de realizar el estudio de suelos, y con estos datos obtener resultados de laboratorio basados en las normas INVIAS y ASSHTO, para realizar la comparación de un pavimento tradicional con un diseño de pavimento con losas de geometría optimizada. Dando como origen una investigación de campo y exploratoria.

4.8.2 Diseño de la Investigación

Los métodos usados en el proyecto de investigación fueron los siguientes:

4.8.2.1 Método Deductivo

Este método nos conlleva a los estudios establecidos sobre el sistema de geometría optimizada realizada en Chile e implementada en el mismo y en otros países, para una aplicación específica, comprobación o comparación de un pavimento tradicional.

4.8.2.2 Método Descriptivo

A continuación, se describirán todos los procedimientos y actividades especificando cada una, durante el desarrollo y avance progresivo del proyecto de tesis:

1. Plantear el mejoramiento de la vía para mayor circulación y desarrollo.
2. Investigación de una nueva tecnología que reduzca el ámbito social y económico para el entorno.

3. Respuesta a la interrogante dada frente a la problemática.
4. Composición de los objetivos “General y Específicos”
5. Selección de los recursos normativos para la investigación
6. Instrumentos y técnicas para la recolección de datos
7. Procedimiento y Procesamiento de la recolección de los datos de investigación
8. Técnica de análisis y procesamiento de los datos
9. Realización de las conclusiones y recomendaciones
10. Entrega y presentación del Proyecto de Investigación.

4.9 PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

4.10 Estudios Geotécnicos

Este proyecto se realizó con el fin de conocer el estado de una vía terciaria que necesita de un mejoramiento o un diseño para facilitar mejor su movilidad; el beneficio que van a obtener estas veredas es mejorar su desarrollo económico y social. Se escogió esta vía con propósito académico con el fin de realizar una comparación entre un pavimento tradicional y un sistema de geometría optimizada, para conocer los resultados de las muestras que se le realizaron al suelo; se empleó estudios de laboratorio utilizando los ensayos de PROCTOR, CBR, CONO DINÁMICO, GRANULOMETRIA, LIMITES Y HÚMEDAD, los cuales arrojaron unos resultados que fueron utilizados para el diseño del pavimento con geometría optimizada.

Para los siguientes laboratorios fue necesario realizar determinadas calicatas o apiques, en determinados lugares de la vía, ya que por motivos académicos “la distancia que rigiere la norma” no se realizaron de acuerdo a lo establecido por la norma INVIAS.

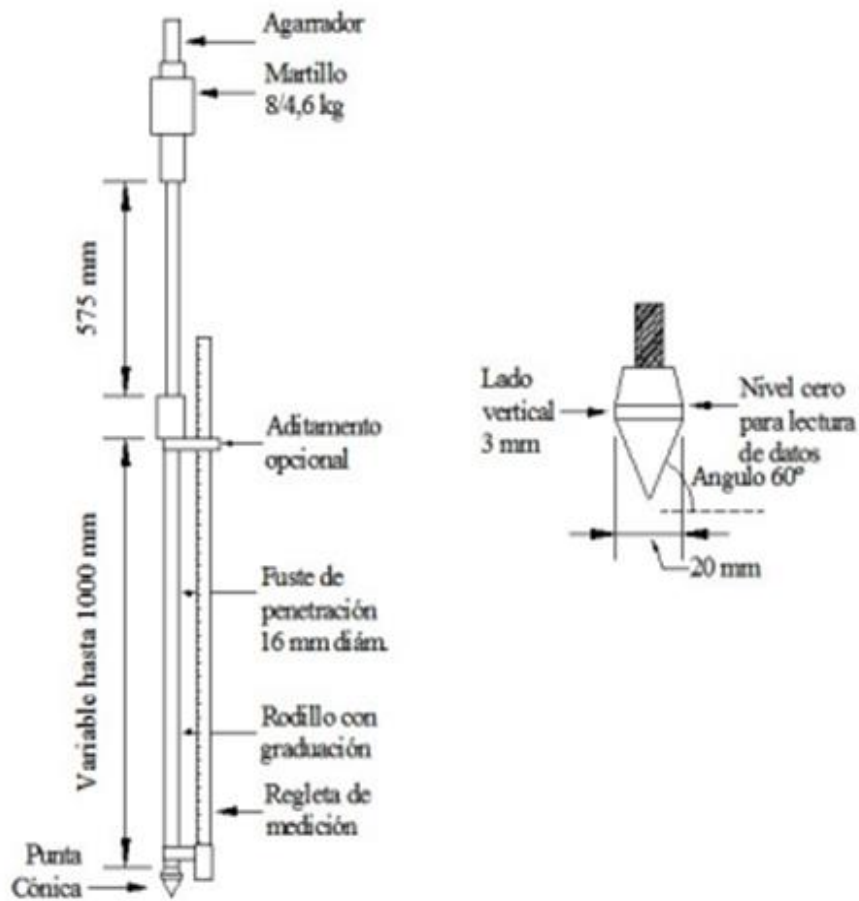
En el Ensayo de CBR se mide capacidad de la resistencia de esfuerzo cortante al suelo, para de este modo evaluar la calidad del terreno para las capas sub rasante, sub base y base del diseño de un pavimento.

Este procedimiento se efectuó en la vía ubicada entre las veredas La carrera y Leticia, extrayendo muestras de material posiblemente ya compactado de sus diferentes capas, y de este modo poder determinar su humedad y densidad, para realizar los estudios geotécnicos para el diseño de la capa de rodadura

En el Ensayo de Proctor, es de gran importancia, porque con las muestras extraídas de este ensayo se pudo determinar la densidad máxima de un terreno con relación al grado de humedad, compactación del suelo.

Para el Cono Dinámico de Penetración, se realiza el Equipo DCP, regido (ASTM D-6951-03), Este equipo cuenta con un martillo de 8 kg el cual cumple con una caída libre de 575 mm y un cono en la punta con un ángulo de 60° y un diámetro de 20 mm; el fin de la utilidad de este equipo es evaluar la resistencia de suelo compactados y estimas un valor mucho más preciso al de CBR.

Ilustración 22: ESQUEMA DEL EQUIPO DCP (ASTM D-6951-03)



Tomada De:

<http://civil.upb.edu/files/2010/11/EL-CONO-DIN%20MICO-DE-PENETRACI%20Y-SU-APLICACI%20EN-LA-EVALUACI%20-DE-SUELOS.pdf>

4.10.1 Valor Soporte Relativo (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del municipio de agua de dios-

Cundinamarca MUESTRA: Calicata N° 01-03-06 - Capa N° 02 - Km: 0+000- km: 0+300-

km: 0+600 MATERIAL: SUB BASE

FECHA: 22-MARZO-2019



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

1.1.1.2 Compactación

Molde N°	01		02		03	
N° de golpes por capa	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000		6000		6000	
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11708		11690		12012	
Peso del molde (gramos)	7668		7432		7729	
Peso del suelo húmedo (grs.)	4040		4258		4283	
Volumen del molde (cc)	2323		2323		2323	
Densidad húmeda (grs./cm3)	1,74		1,83		1,84	
Densidad seca (grs./cm3)	1,51		1,67		1,74	
Tarro N°	10		12		16	
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	499,00		500,00		500,00	
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	442,70		462,00		475,70	
Peso del agua (grs.)	56,30		38,00		24,30	
Peso del tarro (grs.)	68,30		74,10		66,20	
Peso del suelo seco (grs.)	374,40		387,90		409,50	
% de humedad	15,04		9,80		5,93	
PROMEDIO DE HUMEDAD						

1.1.1.3 Expansión

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/03/2019	inicial	65	0	0	118	0	0	130	0	0
27/03/2019	24 horas	113	48	1,05	127	9	0,20	131	1	0,02
28/03/2019	48 horas	182	117	2,56	134	16	0,35	145	15	0,33
29/03/2019	72 horas	186	121	2,65	138	20	0,44	190	60	1,31
30/03/2019	96 horas	200	135	2,96	150	32	0,70	195	65	1,42

1.1.2 Penetración

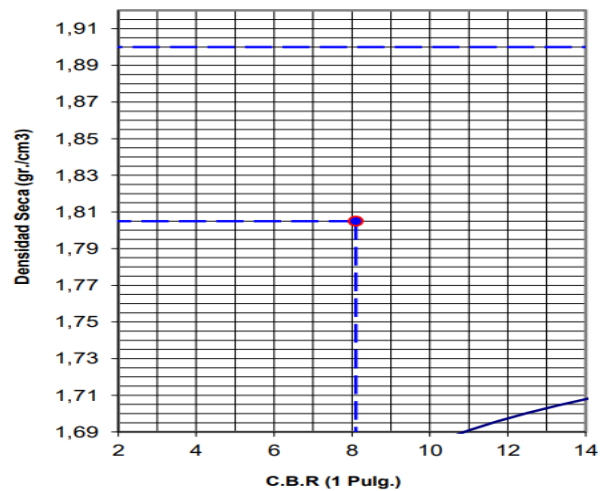
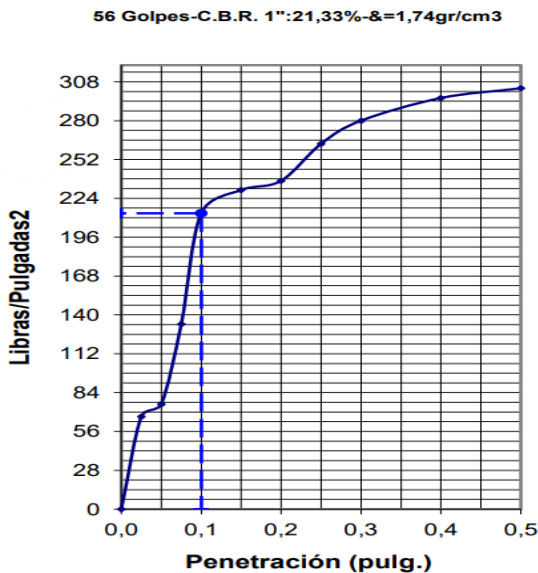
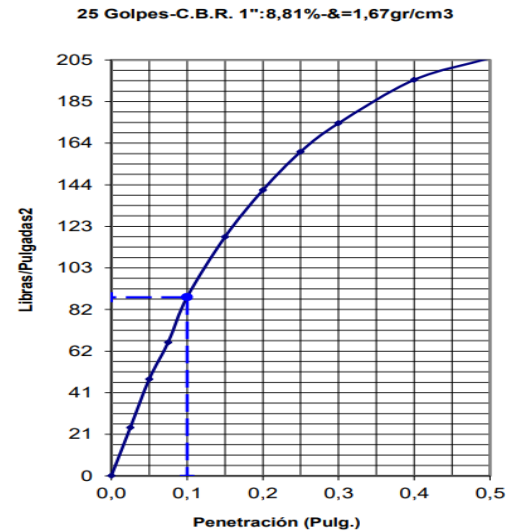
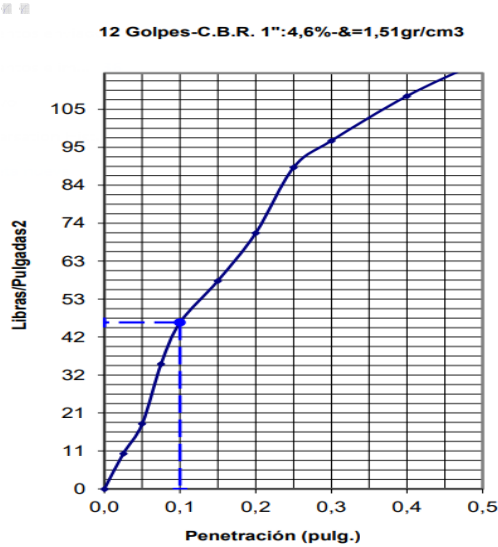
PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²
0,000			0,00			0,00			0,00
0,025	10	29	10	27	71	24	50	200	67
0,050	20	54	18	56	143	48	90	227	76
0,075	40	104	35	78	197	66	130	400	133
0,100	54	138	46	105	264	88	190	640	213
0,150	68	173	58	141	353	118	210	690	230
0,200	84	212	71	169	422	141	280	710	237
0,250	106	267	89	192	479	160	310	790	263
0,300	115	289	96	209	521	174	340	840	280
0,400	130	326	109	235	586	195	410	889	296
0,50	142	356	119	248	618	206	460	910	303

4.10.2 Humedad Y Densidad Optima-Proctor Modificado



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

PROYECTO	Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos vs	ENSAYO:	C.B.R
LOCALIZACION	Vereda La Carrera y Leticia del municipio de agua de dios (CUNDI.)	Humedad Optima Proct.. Mod.: 11,85 %	
MUESTRA	Calicata N° 01-03-06 - Capa N° 02 - Km: 0+000- km: 0+300- km: 0+600	Max. Des. Porct.. Mod.: 1,900 gr/cm	
MATERIAL	SUB BASE		
FECHA			



GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	15,04	1,51	2,96	80	4,60		95%	100%
25	9,80	1,67	0,70	88	8,81		18,00%	21,33
56	5,93	1,74	1,42	92	21,33			

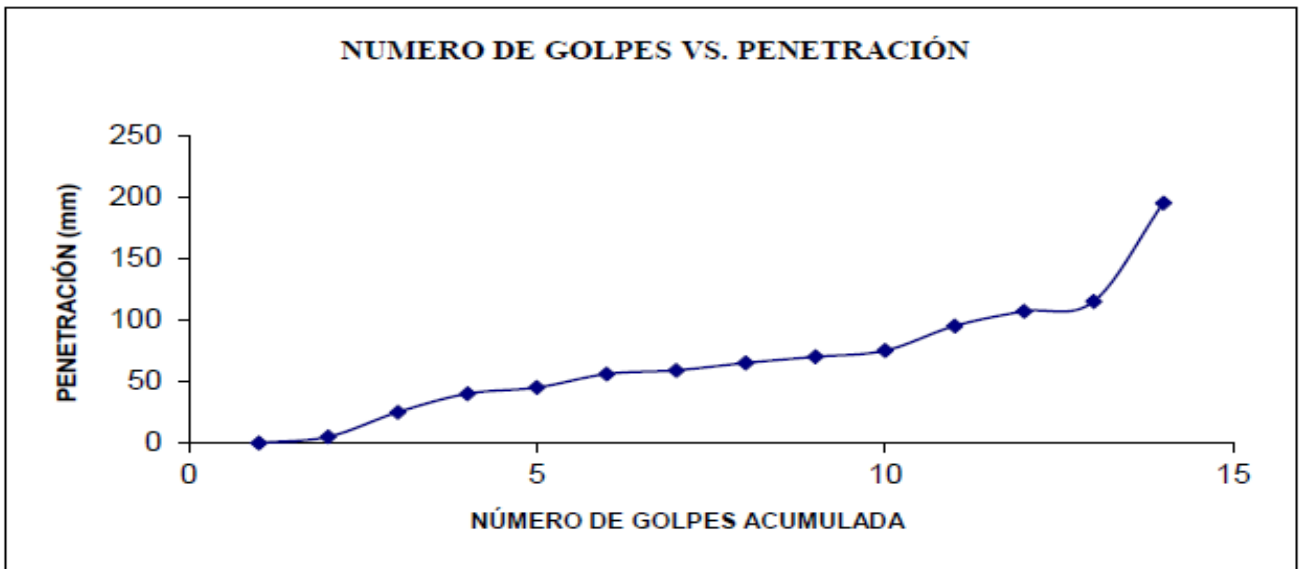
4.10.3 Estudio Comparativo Calicata No. 002



UNIVERSIDAD DEL MINUTO DE DIOS

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.
CALICATA: CALIACATA N.002 FECHA: 16/03/2019
PROFUND: 30 cm
ABSCISA: k+200

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	5			1			
2	1	10	5	5,0	1	5,0	48	32
3	1	30	20	20,0	1	20,0	10	
4	1	45	15	15,0	1	15,0	14	
5	1	50	5	5,0	1	5,0	48	
6	1	61	11	11,0	1	11,0	20	
7	1	64	3	3,0	1	3,0	85	
8	1	70	6	6,0	1	6,0	39	
9	1	75	5	5,0	1	5,0	48	
10	1	80	5	5,0	1	5,0	48	
11	1	100	20	20,0	1	20,0	10	
12	1	112	12	12,0	1	12,0	18	
13	1	120	8	8,0	1	8,0	28	
14	1	200	80	80,0	1	80,0	2	



4.10.4 Estudio Comparativo Calicata No. 003



PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.

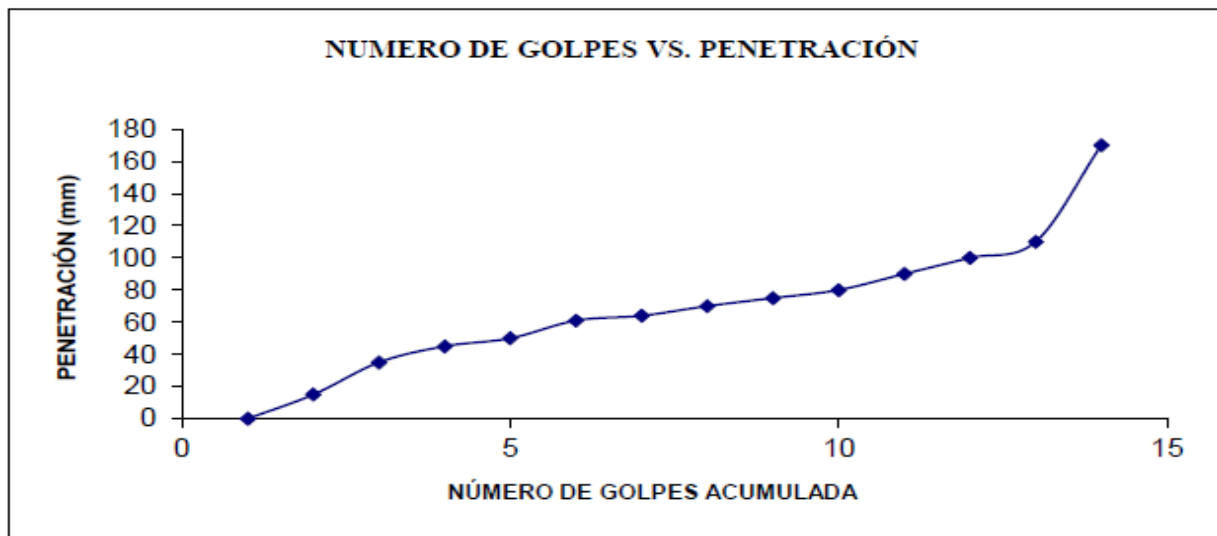
CALICATA: CALIACATA N.003

FECHA: 16/03/2019

PROFUND: 25 cm

ABSCISA: k+300

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	0			1			31
2	1	15	15	15,0	1	15,0	14	
3	1	35	20	20,0	1	20,0	10	
4	1	45	10	10,0	1	10,0	22	
5	1	50	5	5,0	1	5,0	48	
6	1	61	11	11,0	1	11,0	20	
7	1	64	3	3,0	1	3,0	85	
8	1	70	6	6,0	1	6,0	39	
9	1	75	5	5,0	1	5,0	48	
10	1	80	5	5,0	1	5,0	48	
11	1	90	10	10,0	1	10,0	22	
12	1	100	10	10,0	1	10,0	22	
13	1	110	10	10,0	1	10,0	22	
14	1	170	60	60,0	1	60,0	3	



4.10.5 Estudio Comparativo Calicata No. 004



Corporación Universitaria Minuto de Dios

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.

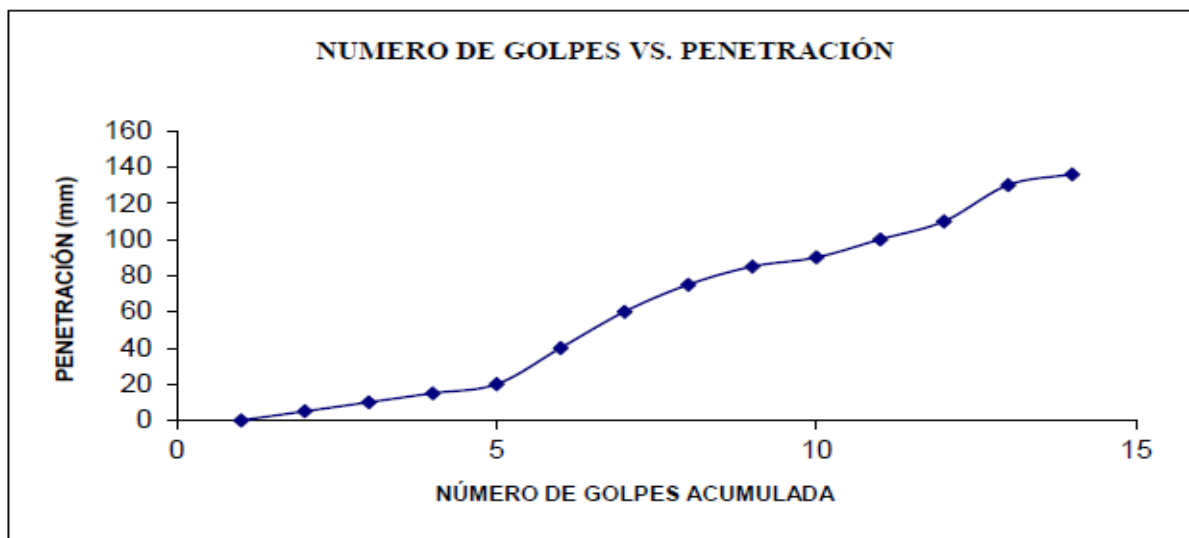
CALICATA: CALIACATA N.004

FECHA: 16/03/2019

PROFUND: 20 cm

ABSCISA: k+400

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	0			1			
2	1	5	5	5,0	1	5,0	48	30
3	1	10	5	5,0	1	5,0	48	
4	1	15	5	5,0	1	5,0	48	
5	1	20	5	5,0	1	5,0	48	
6	1	40	20	20,0	1	20,0	10	
7	1	60	20	20,0	1	20,0	10	
8	1	75	15	15,0	1	15,0	14	
9	1	85	10	10,0	1	10,0	22	
10	1	90	5	5,0	1	5,0	48	
11	1	100	10	10,0	1	10,0	22	
12	1	110	10	10,0	1	10,0	22	
13	1	130	20	20,0	1	20,0	10	
14	1	136	6	6,0	1	6,0	39	



4.10.6 Estudio Comparativo Calicata No. 005



PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.

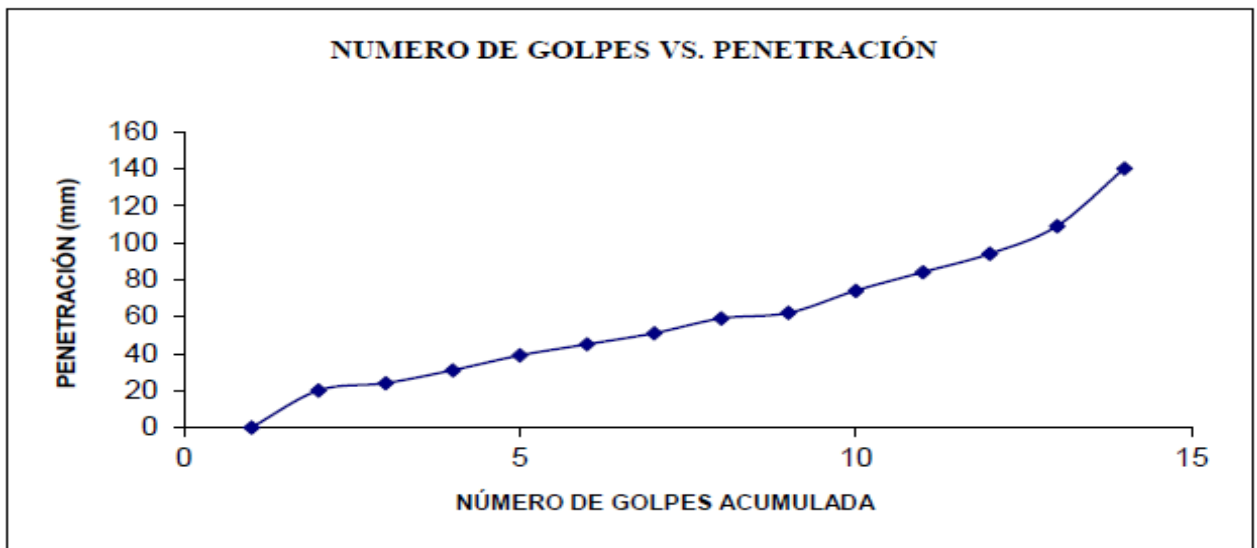
CALICATA: CALIACATA N.005

FECHA: 16/03/2019

PROFUND: 15 cm

ABSCISA: k+500

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	0			1			
2	1	20	20	20,0	1	20,0	10	31
3	1	24	4	4,0	1	4,0	62	
4	1	31	7	7,0	1	7,0	33	
5	1	39	8	8,0	1	8,0	28	
6	1	45	6	6,0	1	6,0	39	
7	1	51	6	6,0	1	6,0	39	
8	1	59	8	8,0	1	8,0	28	
9	1	62	3	3,0	1	3,0	85	
10	1	74	12	12,0	1	12,0	18	
11	1	84	10	10,0	1	10,0	22	
12	1	94	10	10,0	1	10,0	22	
13	1	109	15	15,0	1	15,0	14	
14	1	140	31	31,0	1	31,0	6	



4.10.7 Estudio Comparativo Calicata No. 006



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.

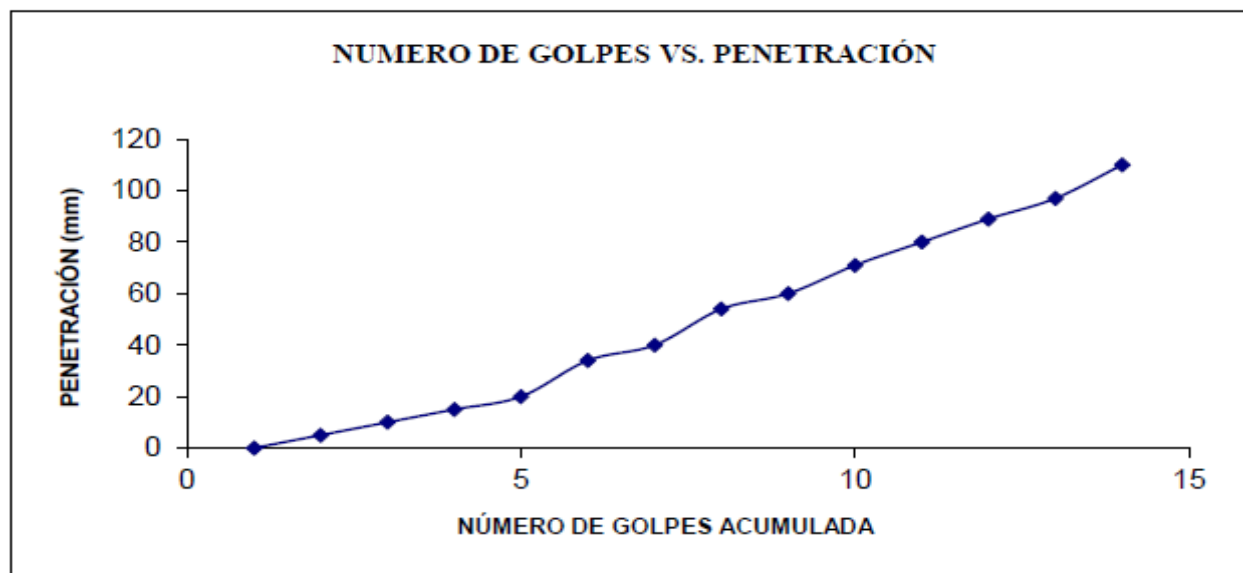
CALICATA: CALIACATA N.006

FECHA: 16/03/2019

PROFUND: 20 cm

ABSCISA: k+600

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	0			1			
2	1	5	5	5,0	1	5,0	48	32
3	1	10	5	5,0	1	5,0	48	
4	1	15	5	5,0	1	5,0	48	
5	1	20	5	5,0	1	5,0	48	
6	1	34	14	14,0	1	14,0	15	
7	1	40	6	6,0	1	6,0	39	
8	1	54	14	14,0	1	14,0	15	
9	1	60	6	6,0	1	6,0	39	
10	1	71	11	11,0	1	11,0	20	
11	1	80	9	9,0	1	9,0	25	
12	1	89	9	9,0	1	9,0	25	
13	1	97	8	8,0	1	8,0	28	
14	1	110	13	13,0	1	13,0	17	



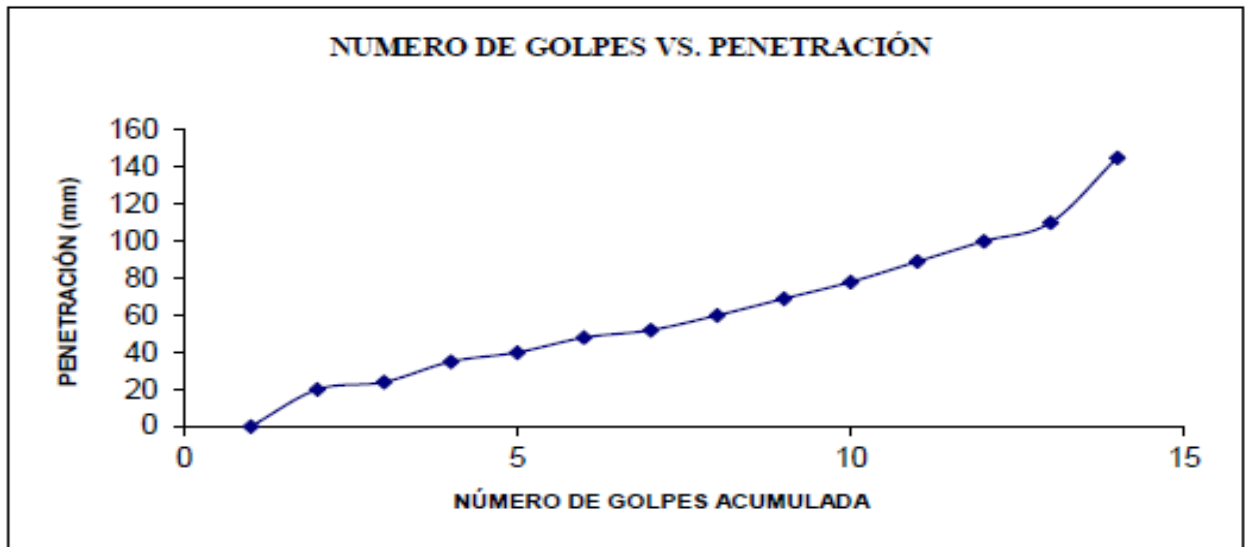
4.10.8 Estudio Comparativo Calicata No. 007



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

PROYECTO:	Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.		
CALICATA:	CALIACATA N.007	FECHA:	16/03/2019
PROFUND:	18 cm	ABSCISA:	k+700

#	NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)	PENETRACIÓN ENTRE LO LEIDO	PENETRACIÓN POR SOPLO	FACTOR DE SOPLO DE MARTILLO	DCP	CBR%	C.B.R PROMEDIO
1	1	0			1			
2	1	20	20	20,0	1	20,0	10	29
3	1	24	4	4,0	1	4,0	62	
4	1	35	11	11,0	1	11,0	20	
5	1	40	5	5,0	1	5,0	48	
6	1	48	8	8,0	1	8,0	28	
7	1	52	4	4,0	1	4,0	62	
8	1	60	8	8,0	1	8,0	28	
9	1	69	9	9,0	1	9,0	25	
10	1	78	9	9,0	1	9,0	25	
11	1	89	11	11,0	1	11,0	20	
12	1	100	11	11,0	1	11,0	20	
13	1	110	10	10,0	1	10,0	22	
14	1	145	35	35,0	1	35,0	5	



PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACION: Vereda La Carrera y Leticia del municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

MUESTRA: CALICATA N.01

PERFORACION: No. 1

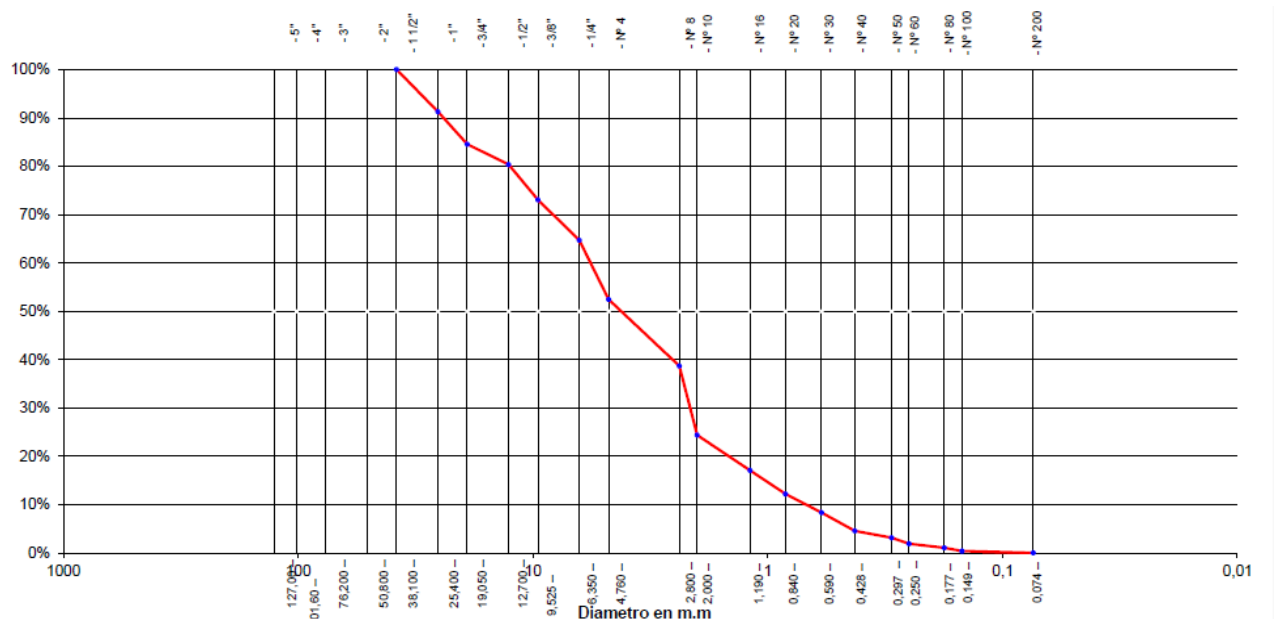
MATERIAL: ARENA BIEN GRADADA **PROFUNDIDAD DE MUESTRA:** 30 - .60 MTS.

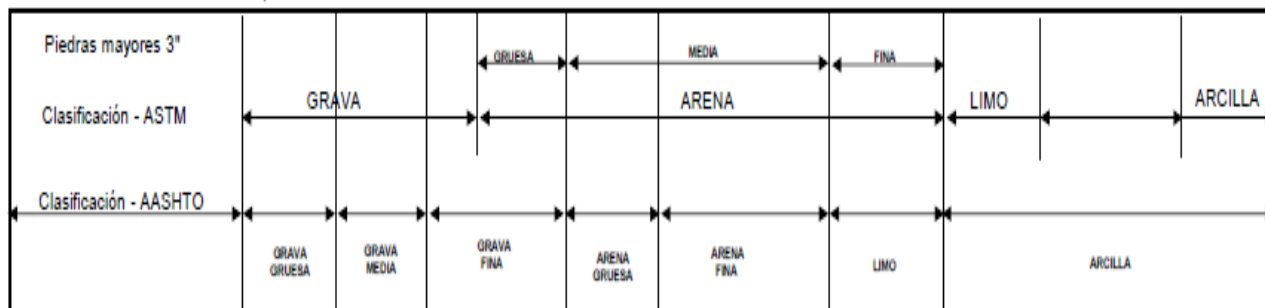


Análisis Granulométrico Tamizado ASTMD-422

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:			
Ø	(mm)									
5"	127,00						Modulo de Fineza AF: _____			
4"	101,60						Modulo de Fineza AG: _____			
3"	76,20						Equivalente de Arena: 30			
2"	50,80						Descripción Muestra: ARENA BIEN GRADADA			
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		SUCS =	SW	AASHTO =	A-6(4)
1"	25,40	250,00	8,71%	8,71%	91,29%		LL =	23,32	WT =	
3/4"	19,050	194,00	6,76%	15,46%	84,54%		LP =	20,23	WT+SAL =	
1/2"	12,700	120,00	4,18%	19,64%	80,36%		IP =	3,09	WSAL =	
3/8"	9,525	210,00	7,31%	26,95%	73,05%		IG =		WT+SDL =	
1/4"	6,350	240,00	8,36%	35,31%	64,69%		D 90=		%ARC. =	0,02
Nº 4	4,760	352,00	12,26%	47,57%	52,43%		D 60=		%ERR. =	
Nº 8	2,380	394,50	13,74%	61,31%	38,69%		D 30=		Cc =	
Nº 10	2,000	410,80	14,31%	75,61%	24,39%		D 10=		Cu =	
Nº 16	1,190	210,00	7,31%	82,93%	17,07%		Observaciones: _____			
Nº 20	0,840	140,00	4,88%	87,80%	12,20%					
Nº 30	0,590	110,00	3,83%	91,63%	8,37%					
Nº 40	0,426	109,60	3,82%	95,45%	4,55%					
Nº 50	0,297	40,00	1,39%	96,84%	3,16%					
Nº 60	0,250	36,00	1,25%	98,10%	1,90%					
Nº 80	0,177	24,00	0,84%	98,93%	1,07%					
Nº 100	0,149	19,00	0,66%	99,59%	0,41%					
Nº 200	0,074	11,00	0,38%	99,98%	0,02%					
Fondo	0,01	0,70	0,02%	100,00%	0,00%					
PESO INICIAL		2871,60								

4.10.9 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado





PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

MUESTRA: CALICATA N.002

PERFORACIÓN: No. 2

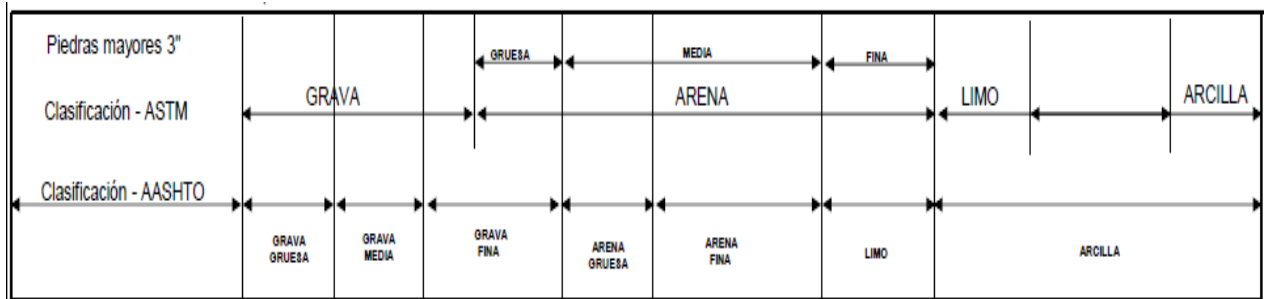
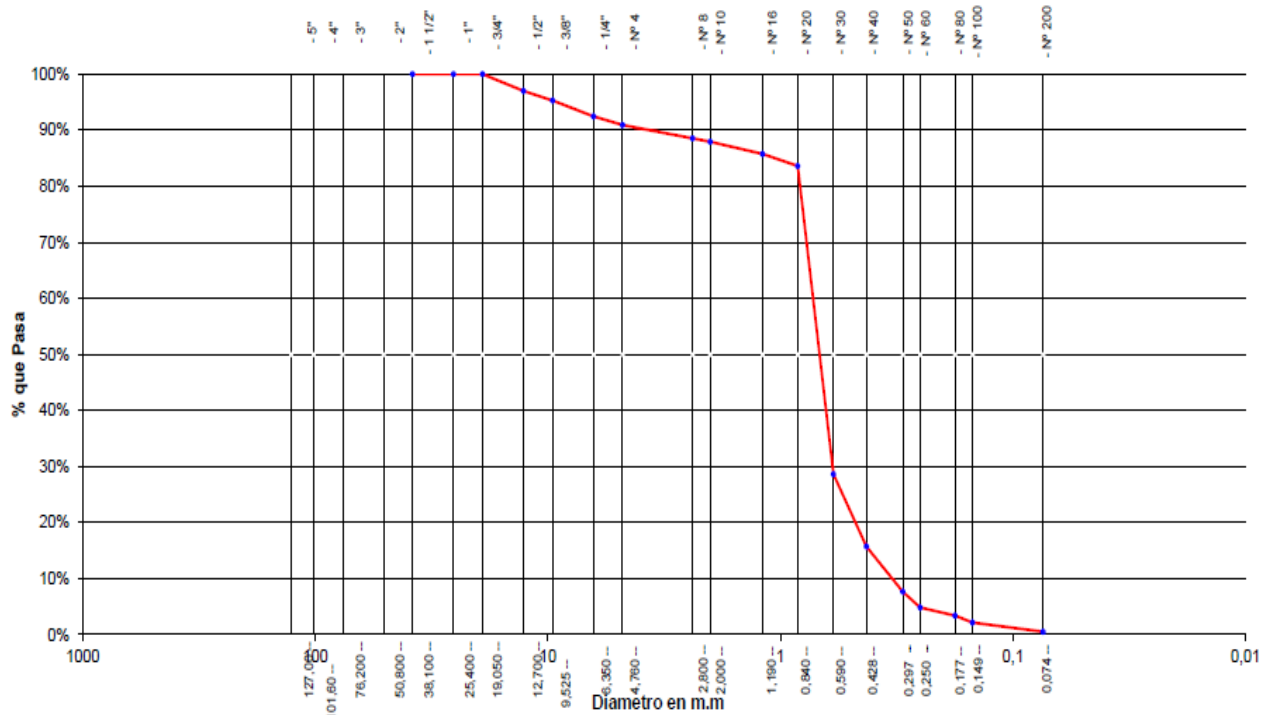
MATERIAL: ARENAS MAL GRADADAS **PROFUNDIDAD DE MUESTRA:** 0.90MTS.



4.10.10 Análisis Granulométrico Por Tamizado ASTM D-422

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						
5"	127,00						Modulo de Fineza AF:
4"	101,60						Modulo de Fineza AG:
3"	76,20						Equivalente de Arena:
2"	50,80						Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		ARENA MAL GRADADA
1"	25,40	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		SUCS =
3/4"	19,050	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		SP
1/2"	12,700	68,10	3,01%	3,01%	96,99%		AASHTO =
3/8"	9,525	38,60	1,71%	4,72%	95,28%		A-6(4)
1/4"	6,350	63,60	2,81%	7,53%	92,47%		LL = 0,00
Nº 4	4,760	35,30	1,56%	9,09%	90,91%		LP = 0,00
Nº 8	2,380	53,20	2,35%	11,44%	88,56%		IP = 0,00
Nº 10	2,000	13,90	0,61%	12,06%	87,94%		IG =
Nº 16	1,190	49,70	2,20%	14,26%	85,74%		D 90=
Nº 20	0,840	47,90	2,12%	16,37%	83,63%		D 60=
Nº 30	0,590	1244,30	55,02%	71,40%	28,60%		D 30=
Nº 40	0,426	291,60	12,89%	84,29%	15,71%		D 10=
Nº 50	0,297	182,50	8,07%	92,36%	7,64%		%ARC. = 0,51
Nº 60	0,250	63,60	2,82%	95,18%	4,82%		%ERR. =
Nº 80	0,177	32,40	1,43%	96,61%	3,39%		Cc =
Nº 100	0,149	28,10	1,24%	97,86%	2,14%		Cu =
Nº 200	0,074	37,00	1,64%	99,49%	0,51%		Observaciones:
Fondo	0,01	11,50	0,51%	100,00%	0,00%		
PESO INICIAL		2261,50					

4.10.11 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado



PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

MUESTRA: CALICATA N.004

PERFORACIÓN: No. 4

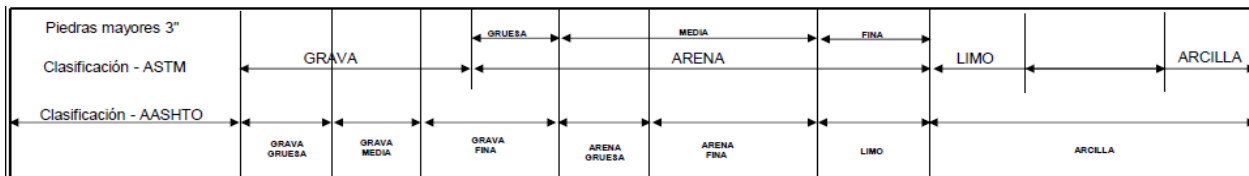
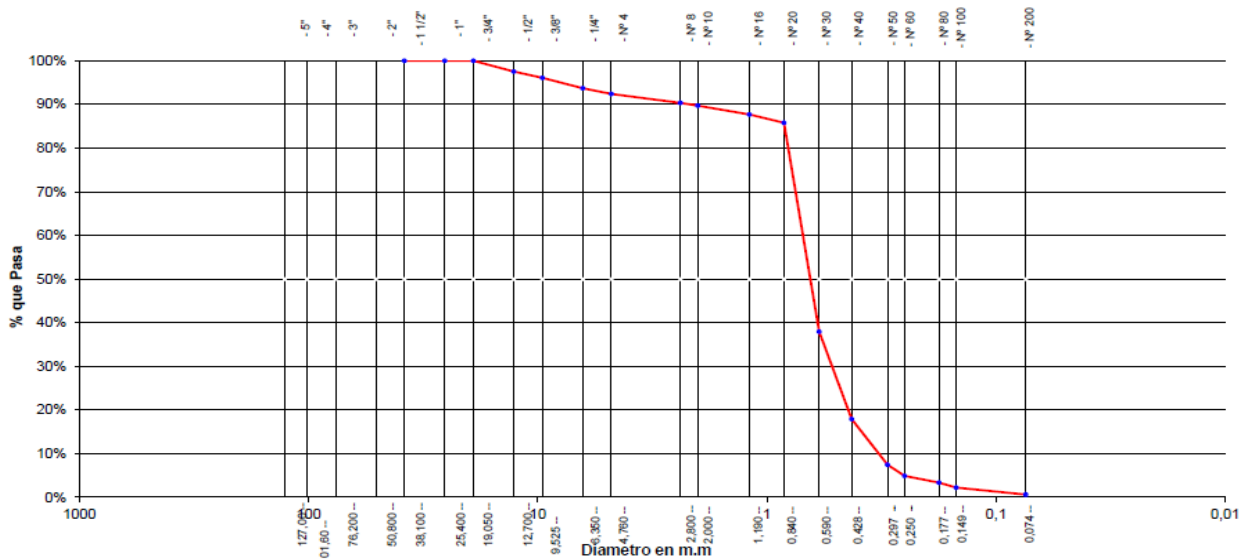
MATERIAL: ARENAS MAL GRADADAS .

PROFUNDIDAD DE MUESTRA: 0,88 MTS.

4.10.12 Análisis Granulométrico Por Tamizado ATM D-422

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						_____
5"	127,00						Modulo de Fineza AF: _____
4"	101,60						Modulo de Fineza AG: _____
3"	76,20						Equivalente de Arena: _____
2"	50,80						Descripción Muestra: ARENA MAL GRADADA
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		SUCS = _____ SP = _____ AASHTO = _____ A-6(4)
1"	25,40	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		LL = _____ WT = _____
3/4"	19,050	0,00	0,00%	0,00%	100,00%		LP = _____ WT+SAL = _____
1/2"	12,700	66,40	2,47%	2,47%	97,53%		IP = _____ WSAL = _____
3/8"	9,525	38,60	1,43%	3,90%	96,10%		IG = _____ WT+SDL = _____
1/4"	6,350	64,10	2,38%	6,28%	93,72%		WSDL = _____
Nº 4	4,760	35,10	1,30%	7,59%	92,41%		%ARC. = _____ 0,62
Nº 8	2,380	55,10	2,07%	9,66%	90,34%		%ERR. = _____
Nº 10	2,000	16,90	0,63%	10,28%	89,72%		Cc = _____
Nº 16	1,190	54,64	2,03%	12,31%	87,69%		Cu = _____
Nº 20	0,840	51,40	1,91%	14,22%	85,78%		Observaciones: _____
Nº 30	0,590	1287,00	47,81%	62,04%	37,96%		
Nº 40	0,426	540,00	20,06%	82,10%	17,90%		
Nº 50	0,297	281,00	10,44%	92,54%	7,46%		
Nº 60	0,250	69,40	2,58%	95,12%	4,88%		
Nº 80	0,177	41,50	1,54%	96,66%	3,34%		
Nº 100	0,149	30,40	1,13%	97,79%	2,21%		
Nº 200	0,074	42,70	1,59%	99,38%	0,62%		
Fondo	0,01	16,80	0,62%	100,00%	0,00%		
PESO INICIAL		2691,64					

4.10.13 Gráfico De Análisis Granulométrico Por Tamizado



PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del Municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

Calicata N° 01-03-06 - Capa N° 02 - Km: 0+000- km: 0+300- km: 0+600

MATERIAL: Arena mal gradada **PROFUNDIDA DE MUESTRA:** .75 MTS

PERFORACIÓN: Cielo abierto



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

4.10.14 Humedad Natural: ASTM D - 2216

RECIPIENTE	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE grs	20,40	20,90	20,70
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE grs	300,00	300,00	300,00
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE grs	283,10	282,90	284,00
PESO DEL AGUA grs	16,90	17,10	16,00
PESO DEL SUELO SECO grs	262,70	262,00	263,30
% DE HUMEDAD	6,43	6,53	6,08
PROMEDIO % DE HUMEDAD	6,35		

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del Municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

Calicata Nª 01-03-06 - Capa Nª 02 - Km: 0+000- km: 0+300- km: 0+600

MATERIAL: Arena mal gradada

PROFUNDIDA DE MUESTRA: .75 MTS

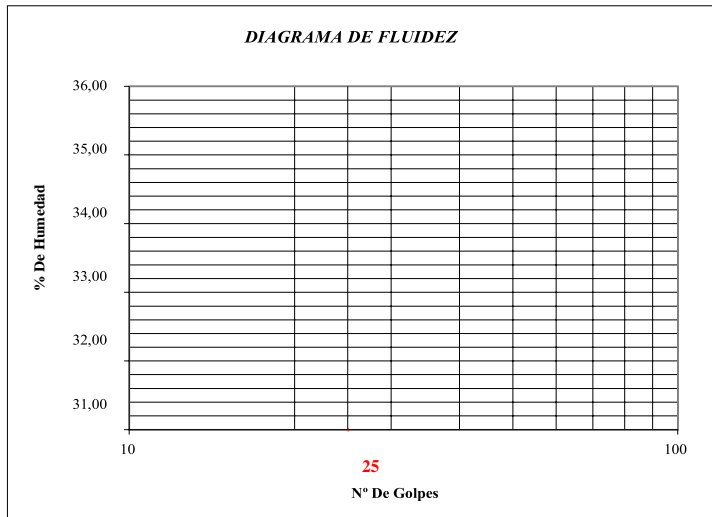
PERFORACIÓN: Cielo abierto

0,0

Limite Líquido: ASTM D - 4318



LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	23,32	25,20	20,12
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	65,32	66,23	60,25
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	65,32	66,23	60,25
PESO DEL AGUA grs	0,00	0,00	0,00
PESO DEL SUELO SECO grs	42,00	41,03	40,13
% DE HUMEDAD	0,00	0,00	0,00
NUMERO DE GOLPES	15	26	35



Índice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	0,00
Límite Plástico (%)	0,00
Índice de Plasticidad Ip (%)	0,00
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Índice de consistencia Ic	

4.10.15 Límite Plástico: ASTM D – 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	16,63	16,56	14,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	58,65	59,56	52,41
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	58,65	59,56	52,41
PESO DEL AGUA grs	0,00	0,00	0,00
PESO DEL SUELO SECO grs	42,02	43,00	37,67
% DE HUMEDAD	0,00	0,00	0,00
% PROMEDIO	0,00		

PROYECTO: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP.

LOCALIZACIÓN: Vereda La Carrera y Leticia del Municipio de Agua de Dios (Cundinamarca)

Calicata N^a 01-03-06 - Capa N^o 02 - Km: 0+000- km: 0+300- km: 0+600

MATERIAL: Arena mal gradada **PROFUNDIDAD DE MUESTRA:** 30-60 CM

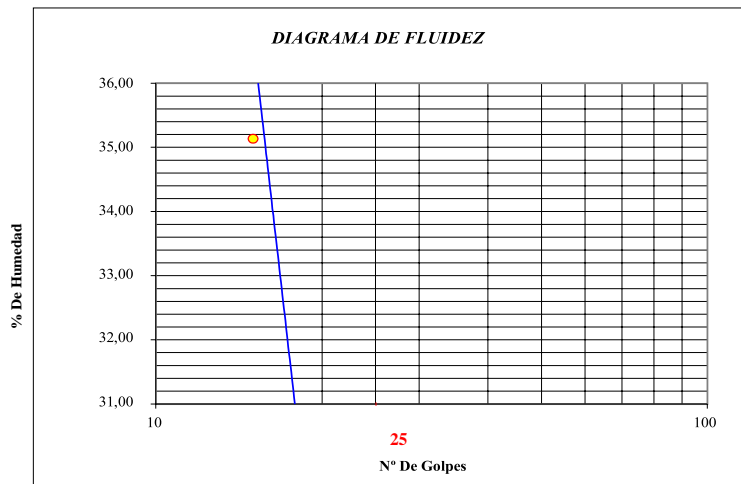
PERFORACIÓN: Cielo abierto **0,00**



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

4.10.16 Limite Líquido: ASTM D – 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	23,32	25,20	20,12
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	65,32	66,23	60,25
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	54,40	58,50	57,90
PESO DEL AGUA grs	10,92	7,73	2,35
PESO DEL SUELO SECO grs	31,08	33,30	37,78
% DE HUMEDAD	35,14	23,21	6,22
NUMERO DE GOLPES	15	26	35



Índice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	23,32
Límite Plástico (%)	20,23
Índice de Plasticidad Ip (%)	3,09
Clasificación SUCS	SW
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Índice de consistencia Ic	

4.10.17 Límite Plástico: ASTM D – 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	16,63	16,56	14,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	58,65	59,56	52,41
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	50,40	50,10	49,60
PESO DEL AGUA grs	8,25	9,46	2,81
PESO DEL SUELO SECO grs	33,77	33,54	34,86
% DE HUMEDAD	24,43	28,21	8,06
% PROMEDIO	20,23		

Proyecto: Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología tcp.
Localización: vereda la carrera y leticia del municipio de agua de dios (cundinamarca)
Muestra: Calicata N° 01-03-06 - Capa N° 02 - Km: 0+000- km: 0+300- km: 0+600
Material: SUB BASE
Perforación: Cielo abierto
Profundidad de Muestra: .75 mts
Fecha: _____

N° Golpes / capa: 56 **N° Capas:** 5
Dimensiones del Molde: **Diametro:** 15,10 **Peso del Martillo:** 10 Lbs.
Altura: 12,2 **Vol.** 2177
Sobrecarga: 10 Lbs.

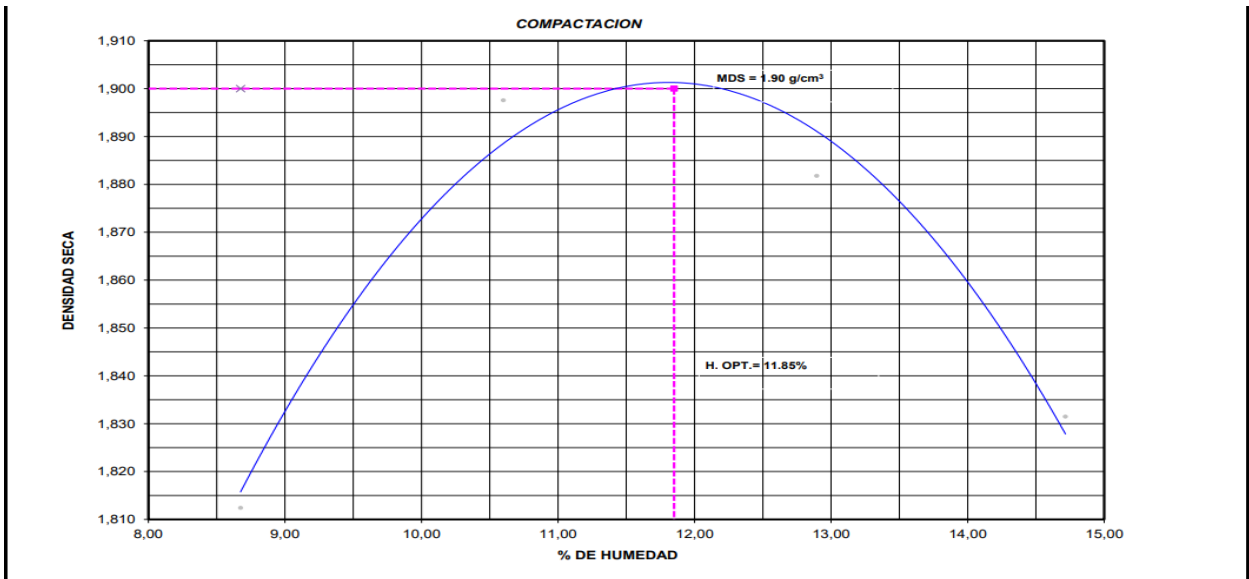
4.10.18 Relación Densidad - Humedad (Proctor Modificado) ASTM D-1557

4.10.18.1 Determinación Del Contenido De Humedad

MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL RECIPIENTE (grs)	56,79	56,77	55,86	56,61
PESO DEL RECIPIENTE+MUESTRA HÚMEDA	157,76	157,67	156,89	157,09
PESO DEL RECIPIENTE+ MUESTRA SECA (grs)	149,70	148,00	145,35	144,20
PESO DEL AGUA (grs)	8,06	9,67	11,54	12,89
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	92,9	91,2	89,5	87,6
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8,68	10,60	12,90	14,72
% PROMEDIO	8,68	10,60	12,90	14,72

4.10.18.2 Determinación De La Densidad

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8,68	10,60	12,90	14,72
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10733	11014	11070	11019
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4288	4569	4625	4574
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1,970	2,099	2,124	2,101
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1,812	1,898	1,882	1,831
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1,90
			Humedad Óptima%	11,85



4.11 Estudio Del Tránsito

4.12 Determinación Del Tránsito

El objetivo consiste en determinar el número acumulado de ejes simples equivalentes, de 8.2 toneladas llamado (N), que circularán por el carril de diseño, durante el periodo de diseño que para nuestro caso es de veinte (20) años.

Para la determinación del tránsito es necesario conocer o establecer algunas otras variables a saber:

- Tránsito promedio diario.
- Clasificación de vehículos.
- Factores de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo.
- Distribución direccional.
- Proyección de las variables en la vida de diseño.

Para conocer la movilidad de la vía, se realizaron aforos vehiculares, donde estos brindaron la circulación que se genera cada 15 minutos por día. El estudio de Tránsito, consiste a la estimación del tránsito promedio diario (TDA) para el diseño de la estructura del pavimento de entre la vía la Carrera y la Leticia, por lo cual se recolecta los datos de todo tipo de vehículo que transite en el punto inicial y en otro punto de la vía durante determinados días de la semana.

4.12.1 Tránsito Promedio Diario

Los datos para la estimación del tránsito de diseño se recolectaron mediante la información obtenida mediante aforo vehicular realizado a la vía objeto de estudio; resultados los cuales servirán de base para realizar el cálculo del tránsito promedio diario y la composición vehicular.

Los anteriores parámetros son importantes para el cálculo del tránsito futuro y posterior diseño del pavimento.

4.13 Aforos Vehiculares

Los aforos se realizaron sobre el tramo de vía en estudio, localizándonos en la vía en el K+000 y K3+00, como se evidencia en el siguiente registro fotográfico del día y lugar de los aforos:



FUENTE: LOS AUTORES



FUENTE: LOS AUTORES



FUENTE: LOS AUTORES



FUENTE: LOS AUTORES



FUENTE: LOS AUTORES




FUENTE: LOS AUTORES

4.14 Análisis De Información Recolectada

En los formatos de campo se contabilizó el tráfico que iba en ambas direcciones. A continuación, se da un resumen de los aforos obtenidos; los formatos de campo se muestran en los anexos.

Tabla 5: FORMATO-CONTEOS MANUALES DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

		FORMATO CONTEOS MANUALES DE VOLUMENES DE TRANSITO					Proyecto de Tesis	
Fecha: 13/ 04/2019		Hora de inicio: 7: 00 am		Hora final: 5: 00 pm		Croquis:		
Estacion:		Hoja:		De:				
Aforador: Yaricel Rodriguez, Angie Florez, Felipe Morales.		Regional: Girardot		movimiento				
supervisor:								
HORA	AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS.PICK-UP	BUS-BUSETA						
			2 EJES PEQUEÑO	2 EJES GRANDE	TRACTORES	CICLAS	MOTOS	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7		
Totales	31	4	12	5	0	13	68	
OBSERVACIONES:								

FUENTE: LOS AUTORES

4.14.1 Composición Vehicular

En base al resultado de los aforos y a la metodología descrita en este estudio, se realiza el cálculo del tránsito promedio diario semanal TPDs y la composición vehicular, como se da a conocer en a continuación:

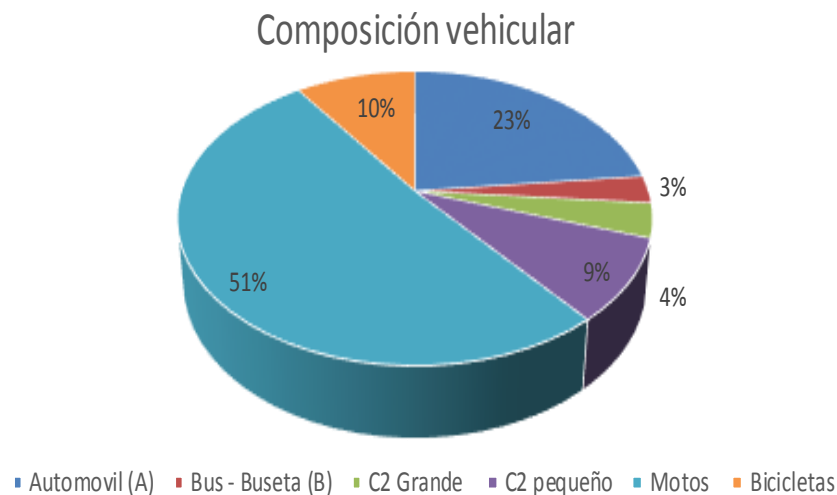
Tabla 6: TIPO DE VEHICULO, CANTIDAD Y PORCENTAJE

Tipo de Vehículo	Cantidad	%
Automóvil (A)	31	23%
Bus - Busetas (B)	4	3%
C2 Grande	5	4%

C2 pequeño	12	9%
Motos	68	51%
Bicicletas	13	10%

FUENTE: LOS AUTORES

Ilustración 23: COMPOSICIÓN VEHICULAR



FUENTE: LOS AUTORES

De los estimativos anteriores, se aprecia que el porcentaje de vehículos comerciales representa el 16 % del total, en donde predomina el camión tipo C-2P.

4.15 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO BAJO LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIO Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - INVIAS

De acuerdo al bajo volumen de transito de los vehículos comerciales; se adoptó el número de ejes equivalentes de 8,2 ton, bajo la metodología de diseño de pavimentos en Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de transito del Instituto nacional de vías - INVIAS como se observa a continuación: (INVIAS instituto nacional de Vías, 2018)

Tabla 7: CATEGORIAS DE TRÁNSITO PARA LA SECCIÓN DE ESPEORES

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8,2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

las siglas tienen el siguiente significado:	
Vt: Vía terciaria	M: Medias
Vs: Vía secundaria	A: Anchas
Vp: Vía principal	CC: Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	MC: Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Según la ilustración anterior para el valor de TPDs obtenido de 0 a 200 y para un tipo de vía terciaria nos indica un valor de Numero de ejes equivalentes de 8.2 toneladas < 1.000.000 (N8.2ton = < 1.000.000).

La clasificación de la sub rasante de acuerdo con su resistencia y de acuerdo a lo analizado es 3.2 mg pascales Mr (modulo ruptura), según en la metodología INVIAS se clasifica en S3. Como se observa a continuación:

Tabla 8: CLASIFICACIÓN DE LA SUB RASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Según el terreno estudiado en la metodología INVIAS, se clasifica como SN (Sub rasante Natural)

Tabla 9: CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Tabla 10: VALORES DE RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

VARIABLES Consideradas En El Diseño

Tabla 11: DENOMINACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS Y CONFINAMIENTO LATERAL

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

4.15.1 VARIABLES Y SU REPRESENTACIÓN

Tabla 12: VARIABLES CONSIDERADAS EN LOS ANALISIS DE DISEÑO DE PAVIMENTO

Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

En donde:

Si: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"

BG: "Base granular"

Ti: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6"

BEC: "Base estabilizada con cemento"

D: "Dovelas"

CBR: "Relación de soporte de California"

B: "Bermas"

EALS: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent

SN: "Suelo natural o subrasante"

Axels Load System"

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

4.15.2 Espesores De Losa De Concreto (cm) De Acuerdo Con La Combinación De Variables

Tabla 13: ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (CM) DE ACUERDO CON LA COMBINACION DE VARIABLES Y T0 COMO FACTOR PRINCIPAL

		Tránsito T0																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	20	23	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	20	23	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Según las características y datos recolectados se pudo determinar que el espesor para el concreto hidráulico del módulo de ruptura MR1=38 Mpa. Para un tipo de Sub rasante S3 por INVIAS es igual a 21 cm.

4.16 DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO METODO ASSHTO 1993

4.16.1 Factores de diseño del método AASHTO 1993.

Las variables que intervienen para el diseño de pavimentos rígidos son tomadas en base a un conocimiento empírico, por lo que es importante conocer y entender las consideraciones que tienen que ver con cada una de ellas. La fórmula que propone la guía AASHTO 93 para el diseño del espesor de la losa de pavimento rígido se muestra en la siguiente ecuación: (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Ilustración 24: FORMULA QUE PROPONE LA GUÍA AASHTO 93

$$\begin{aligned}
 \log W_{18} = & \left\{ \begin{aligned}
 & \frac{\text{Error Estándar Combinado}}{Z_R S_o} + 7.35 \frac{\text{Espesor}}{\log(D+1)} - 0.06 + \frac{\text{Diferencia de Serviciabilidad}}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} \\
 & + (4.22 - 0.32 \rho_t) \log \left(\frac{\text{Módulo de Ruptura} \cdot \text{Coeficiente de Drenaje} \cdot (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right)
 \end{aligned} \right. \quad (\text{Ec. 2.2})
 \end{aligned}$$

Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

Las variables que intervienen en la ecuación anterior se detallan a continuación:

- a) Espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico. (D).
- b) Número de ejes equivalentes del eje patrón de 18,000 libras (ESAL's), representado por el tráfico (W18).
- c) Coeficiente de confiabilidad (R), representado por la desviación normal estándar (ZR) y por el error estándar combinado (S0).
- d) Módulo de reacción de la sub rasante-sub base (K).
- e) Pérdida de serviciabilidad ($\Delta PSI = P0 - Pt$).
- f) Propiedades del concreto: Módulo de ruptura (MR) y Módulo de elasticidad (E).
- g) Coeficiente de transferencia de carga (J).
- h) Coeficiente de drenaje (Cd).

4.16.2 Período De Diseño

Este parámetro hace referencia al periodo de tiempo definido para que el pavimento sea útil desempeñándose satisfactoriamente en función de la proyección de tránsito en años, este factor influye mucho en lo económico. Se recomienda tomar en cuenta consideraciones para extender el periodo de análisis incluyendo una rehabilitación. La AASHTO proporciona algunos valores con respecto a la importancia de la vía. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

El periodo de diseño no debe ser confundido con la vida del pavimento, ya que ésta última puede ser extendida por rehabilitaciones periódicas de la superficie o de la estructura del pavimento.

(Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

Tabla 14: PERIODO DE ANALISIS AASHTO (1993: P II - 7)

Periodo de análisis	
Condiciones	Periodo de análisis (años)
Alto volumen urbano	30 - 50
Alto volumen rural	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen	15 - 25
Superficie no pavimentada bajo volumen	10 - 20

En el presente documento para el caso de estudio se considera un periodo de diseño de 20 años el análisis estructural, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

4.16.3 Módulo Resiliente De La Sub Rasante (Lb/Plg²)

Para su determinación se empleará la correlación establecida a partir del CBR:

$$MR \text{ (subras)} = 1500 \times CBR \text{ (psi)}$$

Ecuación 2: DETERMINACIÓN DE LA SUB RASANTE, A PARTIR DEL CBR

Ilustración 25: MODULO RESILIENTE DE LA SUB RASANTE-AASHTO

Módulo Resiliente de la Subrasante

- La guía AASHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR

$$Mr_{(psi)} = 1500 \times CBR$$

Mr = 1500xCBR para CBR < 10% sugerida por AASHTO
 Mr = 3000xCBR^{0.65} para CBR de 7.2% a 20% esta ecuación fué desarrollada en Sudáfrica
 Mr = 4326xlnCBR + 241 utilizada para suelos granulares por la propia guía AASHTO

Tomada De: <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

4.17 Confiabilidad

La confiabilidad de un diseño es el comportamiento satisfactorio bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño. (Montejo Fonseca Alfonso, 2008)

Tabla 15: TIPO DE CARRETERA Y NIVELES DE CONFIABILIDAD

Tipo de Carretera	Niveles De Confiabilidad	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 90	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Tomada De:

<https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

Tabla 16: VALORES DE Z_r EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD

Confiabilidad	Z_r
70%	-0.524
75%	-0.674
80%	-0.841
85%	-1.036
90%	-1.282
95%	-1.645
96%	-1.751
97%	-1.881
98%	-2.055
99%	-2.328

Tomada De: <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

El nivel de confiabilidad y la desviación estándar (Z_r) a utilizar en el presente diseño se indican en la siguiente tabla:

Tabla 17: DISEÑO DE CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR Zr

TIPO DE VÍA	NIVEL DE CONFIABILIDAD	ZR (DESV. EST. NORMAL)
Locales (Interurbana)	70 %	-0.524

Tomada De: <https://es.slideshare.net/carlonchосуicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

El periodo de diseño no debe ser confundido con la vida del pavimento, ya que ésta última puede ser extendida por rehabilitaciones periódicas de la superficie o de la estructura del pavimento.

4.18 Pérdida De Serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_t$)

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de desempeñarse adecuadamente ante todo tipo de tráfico que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5, en donde 0 (cero) significa pavimento intransitable y 5 significa pavimento en excelentes condiciones. (Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos” 1993)

La serviciabilidad inicial (P_0) es la condición de un pavimento inmediatamente después de la construcción de éste. La guía AASHTO recomienda para pavimentos rígidos un $P_0 = 4.5$, mediante el uso de adecuadas técnicas de construcción. La serviciabilidad final (P_t) es la capacidad funcional que se espera tenga un pavimento al final del periodo de diseño. (Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos” 1993)

La AASHTO sugiere que para carreteras principales se utilice un valor de $P_t = 2.5$ o 3.0 y para carreteras de bajo nivel un valor de serviciabilidad final de 2.0 . (Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos” 1993)

El cambio total en el índice de serviciabilidad (ΔPSI) viene dado por:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Ecuación 3: CAMBIO TOTAL EN EL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

4.19 Coeficiente De Drenaje Cd

Depende de dos parámetros: la calidad del drenaje, que viene determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y el porcentaje de tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad aproximándose a la saturación. (Montejo Fonseca Alfonso 3. e., Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474., 2008)

TABLA 18: COEFICIENTE DE DRENAJE CD

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no se evacúa

Tomada De: <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

TABLA 19: VALORES DEL COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)

Calidad del Drenaje	Porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Bueno	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Mediano	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Malo	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy malo	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Tomada De: <https://es.slideshare.net/carlonchосуicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

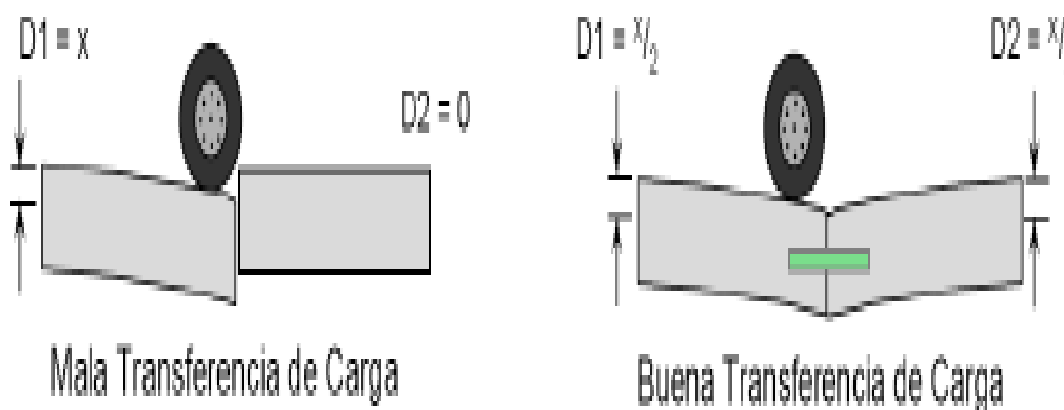
El coeficiente de drenaje varía entre 0.9 y 1.15 para drenaje muy malo y muy bueno, respectivamente. En general se utilizará 0.90 para las capas de base granular y material granular, ya que se considera que estas capas podrán estar parcialmente saturadas en alguna etapa de su vida útil. (Montejo Fonseca Alfonso 3. e., Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474., 2008)

4.20 Coeficiente De Transferencia De Carga (J)

El coeficiente J representa la eficiencia de transferencia de carga que tiene una losa del pavimento al transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, esto tiene por objeto minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento. (Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993)

La transferencia de carga comúnmente se da por medio de barras de acero lisas incrustadas en las losas en las juntas transversales, (aunque puede haber otros tipos de mecanismos de transferencia de carga, como la transferencia a partir de la trabazón de agregados), tal como lo muestra la figura:

Ilustración 26: TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS VECINAS



Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

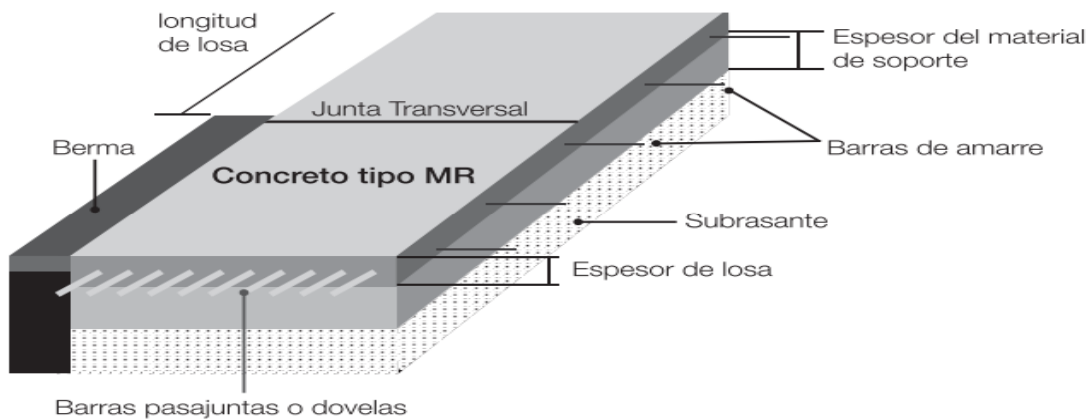
El valor del coeficiente de transferencia de carga se obtiene por medio de la tabla ilustrada a continuación:

Tabla 20: VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA

Tipo de pavimento	hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	-----	2.3 - 2.9	-----

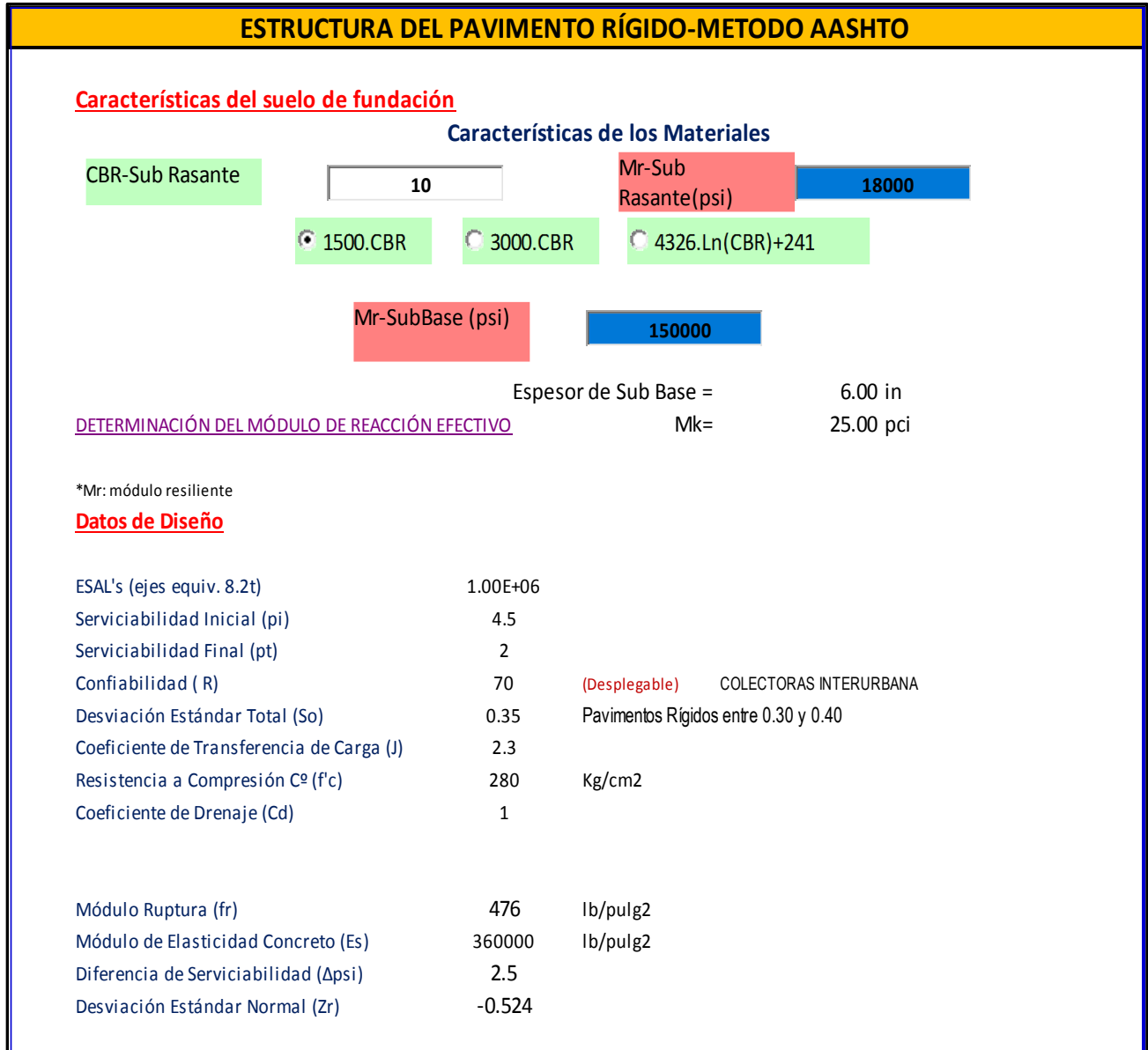
Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

Ilustración 27: ESTRUCTURA PAVIMENTO DE CONCRETO



Tomada De: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Ilustración 28: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO-MÈTOD0 AASHTO



FUENTE: LOS AUTORES

Tabla 21: VALORES DE COEFICIENTE DE DRENAJE (cd) RECOMENDADOS

Calidad del Drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximas a la saturacion			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Aceptable	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Calidad del Drenaje	Tiempo de remocion de agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	agua no drenada

Cd (elegido) = **1.00** [Volver](#)

FUENTE: LOS AUTORES

Tabla 22: CONFIABILIDAD Y DESVIACION ESTÀNDAR

Confiabilidad(R%)	Desviacion normal
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Valores de coeficiente de transmisión de carga J

Tipo de pavimento	hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	-----	2.3 - 2.9	-----

J = 2.3

FUENTE: LOS AUTORES

Tabla 23: VALORES TÍPICOS DE FACTORES DE PÉRDIDAS DE SOPORTE PARA VARIOS TIPOS DE MATERIALES

Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular Tratada con Cemento (E=1 000 000 a 2 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas de Agregado y Cemento (E=500 000 a 1 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Base Tratada con Asfalto (E=350 000 a 1 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Materiales Bituminosos (E=40 000 a 300 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Cal (E=20 000 a 70 000 lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares No Aglomerados (E=15 000 a 45 000 lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural (E=3 000 a 40 000 lb/pulg ²)	2.0 a 3.0

LS = 3

(GARBER & HOEL, 2005)

Tabla 24: CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN EFECTIVO DE LA SUBRASANTE

<u>Calculo del Módulo de Reacción Efectivo de la SubRasante</u>		
Módulo Resiliente de la SubRasante (MR)	18000	psi(lb/pulg ²)
Módulo Elastico de la SubBase (Esb)	150000	psi(lb/pulg ²)
Módulo Compuesto de Reacción de la Subrasante Prof > 3m (Mk [∞])	1200	pci(lb/pulg ³)
Módulo Compuesto de Reacción de la Subrasante Prof < 3m (Mk ¹)	1550	pci(lb/pulg ³)
Daño Relativo (Uf)	5	
Módulo Compuesto de Reacción de la Subrasante (Mk ²)- Considerando Uf	1550	pci(lb/pulg ³)
Pérdida del Apoyo de Sub Base (LS)	3	pci(lb/pulg ³)
Corrección por Perdida del Apoyo de Sub Base (Mk)	30	pci(lb/pulg ³)

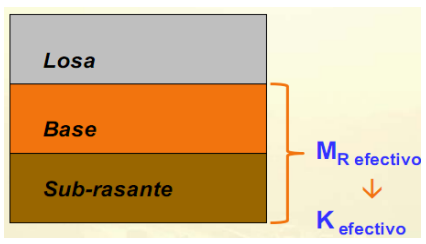
Calculos

	Losa Rígida
Mk-SubRasante-correctado	30.00 <i>pci</i>
log(Esal)	6.00000
Zr x So	-0.18340
log($\Delta\Psi/(4.5-1.5)$)	-0.07918

f(x) = 3.57E-08

Cálculo del Espesor "D"

Espesor de PAVIMENTO



Cálculo
D

"Espesor" D(in) = 5.22 **"Espesor" D(cm) = 13.50**

Tomada De: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

4.21 OptiPave2 TCPavements

Ilustración 29: OPTIPAVE2 TCPAVEMENTS



OptiPave2
TCPavements

Descargar Documentación Licencia Precios TCPavements→

Software de diseño y evaluación de pavimentos de hormigón, utilizando la tecnología TCP®.

Losas con geometría optimizada, cargadas por una sola rueda o un ser de ruedas al mismo tiempo

Optipave2® es un software para diseñar pavimentos de concreto desarrollado por TCPavements. Este software implementa la tecnología TCP®, que permite diseñar losas con geometría optimizada.

Se ha introducido un nuevo y revolucionario método de diseño el cuál optimiza las dimensiones de las losas de hormigón para minimizar el espesor requerido. Con estas losas cortas de entre 1,4 y 2,5 m, la tensión máxima se ha reducido considerablemente, dado que solo un set de ruedas se encuentra cargando cada losa. Con este nuevo concepto de diseño las losas pueden ser diseñadas con espesores de apenas 8 cm de espesor para vías de bajo tránsito de camiones sobre base granular. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

El alabeo en las losas produce escalonamiento, pavimentos con diseño TCP tiene alrededor de un quinto del alabeo con respecto a un pavimento tradicional. Esto debido al menor tamaño de losa. Como el alabeo es menor el escalonamiento y el IRI también lo son. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

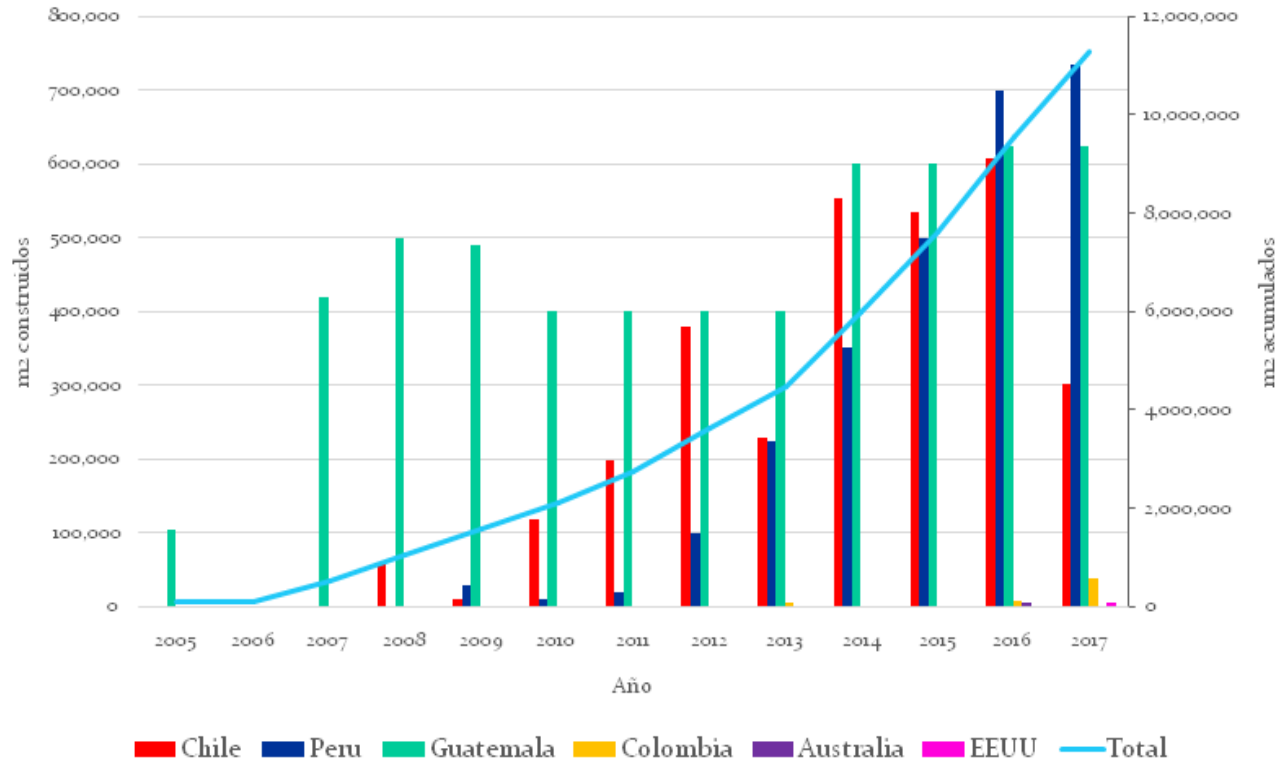
Las losas son más pequeñas, lo que genera una apertura de la grieta bajo los cortes de menor espesor. Estas grietas tienen una mejor transferencia de carga, lo que disminuye el escalonamiento. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

Para el tráfico ligero y medio, el escalonamiento no es un problema esperado por los motivos antes mencionados. Cuando el tráfico es muy pesado con muchos ciclos de carga, se puede diseñar una solución de 2.3 metros de largo de losa y barras de transferencia de carga en lugares estratégicos en caso de que no exista riesgo de escalonamiento a largo plazo. (TCPavements innovacion en Pavimentos, 2007)

Por problemas técnicos no fue posible la instalación de este programa, así que para obtener valores se hizo realización con la norma INVIAS y la AASHTO, dependiendo de los factores que se obtienen del procedimiento de la vía La Carrera y Leticia, la cual fue trabajada para este proyecto.

4.22 Análisis Y Discusión De Resultados

4.22.1.1 Pavimentos Construidos Con Tecnología De Geometría Optimizada



Tomada De: <http://www.tcpavements.cl/esp/home>

En Colombia el sistema de geometría optimizada es novedosa, porque en algunas partes de este país no es utilizada por su poco reconocimiento, lo ideal es implementar este sistema, por sus ventajas, las cuales nos minimizan el impacto ambiental, económico y social, generando impresión a la sociedad y su entorno.

4.22.1.2 Presupuesto

4.22.1.3 Evaluación Económica – Presupuesto De Precios base INVIAS

4.22.1.4 Precio Base - Pavimento De Concreto Hidráulico

ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGIA TRADICIONAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS VERSUS TECNOLOGIA TCP PARA LA VÍA ENTRE LAS VEREDAS LA CARRERA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA				FECHA: 14 5 2019 (DIA) (MES) (AÑO)
CARRETERA: Entre las veredas la carrera y Leticia del municipio de agua de Dios/Cundinamarca				OBJETO DEL CONTRATO: Trabajo de Grado
CONTRATISTA: Representantes de Trabajo de tesis PRECIO BASE SEGÚN INVIAS (INSTITUCIONACIONAL DE VIAS)				
DATOS ESPERIFICOS				
ITEM	DESCRIPCION	GRUPO AJUSTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Pavimento de Concreto hidráulico		m3	
I. EQUIPO				
DESCRIPCION	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO	
Aspersor manual	\$ 6,006	6.25	\$ 961	
Compresor (barrido y soplado)	\$ 46,372	50	\$ 927	
Cortadora de pavimento, Máxima profundidad de corte: 160 mm. Capacidad de disco: desde 12'' hasta 18'' de diámetro. Peso operacional: 135 kg, 13.5 hp de potencia	\$ 14,269	3.75	\$ 3,805	
Formaleta metálica (concreto hidráulico)	\$ 3,143	6.25	\$ 503	
Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP	\$ 6,721	6.25	\$ 1,075	
Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP	\$ 4,982	6.25	\$ 797	
HERRAMIENTA MENOR (%)		10%	867	
SUBTOTAL:			\$ 8,936	
II. MATERIALES				
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	Vr. UNITARIO	
Barras de	6.1343	\$ 3,909	\$ 23,979	

transferencia de carga (1")			
Barras de unión de 1/2"	0.370	\$ 3,953	\$ 1,464
Cintilla De Poliuretano (Sikarod) (Pavimentos De Concreto Hidráulico)	1.111	\$ 667	\$ 741
Sello de silicona o sellador autonivelante	1.111	\$ 2,280	\$ 2,534
Anti sol blanco (presentación 20 kg)	1.12	\$ 81,500	\$ 90,465
Concreto hidráulico para pavimento MR-38	1.01	\$ 345,500	\$ 348,955
SUBTOTAL:			\$ 498,033
III. TRANSPORTES			
MATERIALES	(1)"(2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
Transporte de concreto	1.01	\$ 893	\$ 902
SUBTOTAL:			\$ 902
IV. MANO DE OBRA			
TRABAJADOR	JORNAL TOTAL	PRECIO UNITARIO	Vr. UNITARIO
Obrero 7	\$ 337,536	\$ 50	\$ 6,751
Oficial	\$ 96,353	\$ 50	\$ 1,927
SUBTOTAL:			\$ 8,678
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 486,493
V. COSTOS INDIRECTOS			
TRABAJADOR	PORCENTAJE	Vr.TOTAL	
ADMINISTRACION	20%	\$ 97,298	
IMPREVISTOS	5%	\$ 24,324	
UTILIDAD	5%	\$ 24,324	
SUBTOTAL:			\$ 145,948
Precio Unitario Total Aproximado			\$ 632,442

-Valor Por Metro Cubico Para Pavimento En Concreto Hidráulico = \$ 632,442 Según INVIAS

4.22.1.5 Cuadro Comparativo De Resultados

Obteniendo los Costos directos por metro cubico de las tablas de precio base de INVIAS (instituto Nacional de vias), se realiza Comparacion de los diferentes precios tomados para diseño de pavimento con tecnologia de geometria optimizada, en los cuales los precios establecidos por las entidad nombrada anteriormente, se realiza comparacion de acuerdo a la distancia que tiene la vía terciaria entre la vereda La carrera y Leticia, la via tiene 6 metros de ancho y su longitud lineal es de 7.2 kilometros.

Tabla 25: ANALISIS DE PRESUPUESTO POR REFERENCIA SEGUN INVIAS.

ANALISIS DE PRESUPUESTO SEGÚN INVIAS							
Ítem	Presupuesto de referencia	Tipo de Diseño	Espesor m	Valor m3	Vía m2	Total m3	Valor total
1	INVIAS- Presupuesto de Pavimento de Concreto Hidráulico	Diseño AASHTO	0.21	\$ 632,442	43200	9072	\$ 5,737,513,824
2	INVIAS- Presupuesto de Pavimento de Concreto Hidráulico	Diseño Geometría Optimizada	0.135	\$ 632,442	43200	5832	\$ 3,688,955,784
DIFERENCIAS			0.075		0	3240	-\$ 2,048,588,040

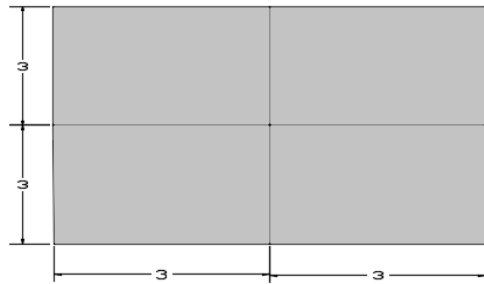
Se observa que la diferencia de costo entre estos dos tipos Metodologías de pavimentos rígidos, De acuerdo a la tabla de precio base de INVIAS, el pavimento es mas costoso al construir por la metodología de diseño AASHTO, debido a que por este diseño, un pavimento tradicional debe tener un espesor de 21 centimetro y por la Metodología de Diseño con Geometría Optimizada, se indica que el el espesor de este Pavimento Rígido seria de 13.2 centimetro, lo que notoriamente disminuye el costo por este diseño de pavimento con Geometría Optimizada.

4.22.1.6 Especificaciones Técnicas

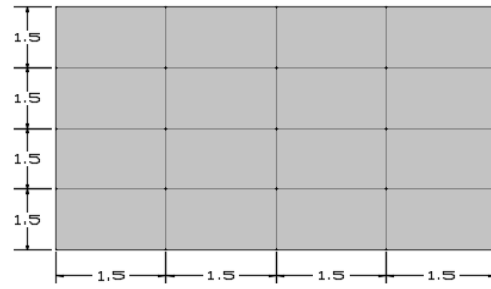
Tabla 26: VENTAJAS DE CUADRO COMPARATIVO

Pavimento con Geometría Optimizada	Pavimento rígido Tradicional
Mayor costo en tramos cortos	Menores costos en tramos cortos
Durabilidad de 20 años aproximadamente	Durabilidad variable de 3 a 36 meses
Mayor soporte de cargas	Deflexión por cargas ligeras
Menor gastos de mantenimiento vial	Mayor requerimiento de mantenimiento vial
Mayor confort y seguridad	Confort y seguridad
Mejor visibilidad Nocturna	Baja visibilidad vial nocturna
Aumenta la seguridad vehiculas y peatonal en la vía	Poca contra claridad vial
Reduce la cantidad de energía de iluminación	Requiere más iluminación y líneas refractivas en buen estado
Menor temperatura en la capa de concreto	Mayor temperatura en capa asfáltica

DISEÑO TRADICIONAL DISEÑO GEOMETRÍA OPTIMIZADAS



PAVIMENTO



PAVIMENTO



5 CONCLUSIONES

- La tecnología del pavimento con losas de geometría optimizada, económicamente muestra un ahorro a comparación del pavimento tradicional y cumple con los requerimientos mínimos.
- Con este método de diseño el cuál optimiza las dimensiones de las losas cortas para minimizar el espesor requerido, la tensión máxima se reduce considerablemente, dado que solo un set de ruedas se encuentra cargando en cada losa, además este nuevo concepto de diseño de losas cortas puede ser diseñadas con espesores no mayores a los 15 cm, como se obtuvo a partir del estudio que se realizó en la vía con la geometría optimizada dando como resultado un espesor de 13,2.
- De acuerdo a la reducción en el espesor de 13,2, en comparación con pavimentos de losas cortas diseñadas por el método AASHTO tradicional, reduciendo el costo de construcción en aproximadamente un 20% del costo inicial, con una vida de diseño similar a las losas convencionales.
- La realización de los apiques por medio de los laboratorios permitió conocer el estado del material en estudio.
- Los aforos son de importancia porque permiten diferenciar el tipo de vehículo que transita por la vía, sean ligeros o pesados y los ejes equivalentes que poseen, para planificar la inversión y diseño.
- La implementación de las losas cortas permite optimizar su geometría, de tal manera que solo se presente un set de ruedas sobre cada una de ellas, en las cuales se distribuye de mejor manera la carga en el pavimento para evitar el agrietamiento por flexión, lo cual

ayuda a mejorar la calidad, en la extensión de la vida útil del pavimento y en menor espesor del pavimento.

- Con base a los resultados de los estudios de suelo, se concluyó que la capa de recebo compactado que presenta la vía, cumple con las especificaciones para un óptimo diseño de pavimento con geometría optimizada, teniendo en cuenta que algunos tramos de la capa del suelo se encuentran con unas cintas de rodadura requiriendo reforzamiento mínimo para ellas.

6 RECOMENDACIONES

- Debido a que las losas son más cortas, las condiciones climáticas son menos importantes ya que el alabeo es menor y la transferencia de carga aumenta en comparación con las losas convencionales de 4,5 m de largo. Por lo tanto, el desempeño de las losas cortas en condiciones climáticas extremas es mejor que en losas convencionales (4,5m).
- Que a menor espesor en la losa convencional aumenta las deformaciones verticales en cambio en una losa corta no va a aumentar las deformaciones verticales por que estas no tienen dovelas instaladas en las juntas de las losas.
- Se requiere una actualización en los métodos constructivos y de diseño. Es tarea para todos los sectores que estén involucrados en la construcción civil sean (privados o públicos), contratistas, donde deben proponer e implementar Mejores Prácticas Constructivas.
- El Sistema TCPavement, brinda solución en pavimentos rígidos, frente a los flexibles como herramienta de ayuda, donde pueden ser igual o de menor costo; teniendo otras ventajas como su durabilidad según los estudios realizados en el laboratorio.
- Se recomienda en el momento de construir con esta tecnología, tener operarios con experiencia en este tipo de trabajos, ya que por ser un método de pavimentación no muy difundida e utilizada se debe tener sumo cuidado en su proceso constructivo.
- Para la elaboración de esta vía con un pavimento rígido utilizando la geometría optimizada, se recomienda hacer cunetas a lo largo de la ella conduciendo las aguas lluvias a los pozos de recolección ya existentes y si fuere necesario incrementar más pozos para mitigar empozamiento sobre la vía.

7 BIBLIOGRAFIA

- Aforo Vehicular(fuente los autores). (14 de MARZO de 2019). REALIZACIÓN DE LOS AFOROS AL INICIO DE LA VÍA TERCIARIA EN ESTUDIO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Agencia de Infraestructura ANI. (2016). <https://www.ani.gov.co/>. Recuperado el 12 de ABRIL de 2019, de <https://www.ani.gov.co/proyectos-de-infraestructura-carreteras>
- Camiones 2 Ejes(fuente los autores). (13 de ABRIL de 2019). CAMIONES CON DOS EJES EQUIVALENTES QUE TRANSITAN POR LA VÍA EN ESTUDIO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Colombia Turismo Web. (10 de MAYO de 2019). *AGUA DE DIOS*. Recuperado el MAYO de 2019, de <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CUNDINAMARCA/MUNICIPIOS/AGUA%20DE%20DIOS/AGUA%20DE%20DIOS.htm>
- Cono Dinamico(fuente de autores). (22 de MARZO de 2019). TOMA DE MUESTRAS DEL CONO DINAMICO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Construcción EMB. (NOVIEMBRE de 2017). grupo editorial EMB. Recuperado el 18 de ABRIL de 2019, de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3936&edi=180&xit=pavimentos-de-hormigon-con-losas-de-geometria-optimizada-tcp%AE>
- Corporación Universitaria Minuto De Dios. (2017). 25 AÑOS EN EL LUGAR DONDE TRANSFORMAMOS VIDAS... Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de <http://www.uniminuto.edu/historia>
- Covarrubias Juan Pablo. (11 de SEPTIEMBRE de 2012). *REVISTA INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732012000300005
- Cruz Peña Marisol. (08 de MAYO de 2014). *RICAUARTE*. Recuperado el ABRIL de 2019, de <https://prezi.com/x5tyjzrfahmp/ricaurte/>
- Estado De La Vía(fuente los autores). (09 de MARZO de 2019). *VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA VIA*. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Estado De La Vía(fuente los autores). (09 de ABRIL de 2019). *VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA EN ESTUDIO*. AGUA DE DIOS.
- Figueroa Pedro. (20 de ABRIL de 2015). *Pavimentos Rígidos*. Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de <https://es.slideshare.net/PedroFigueroa8/ppt-pavimento-rigido>
- GARBER& HOEL, I. D. (2005). Recuperado el ABRIL de 2019
- García Alfredo & Pérez ana María & Camacho Javier. (s.f.). *Introducción al Diseño Geométrico de carreteras*. Recuperado el 10 de MAYO de 2019, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16911/Introducci%C3%B3n%20al%20dise%C3%B1o%20geom%C3%A9trico%20de%20carreteras.pdf?sequence=1>
- Gonzalez Juan. (2012). VEREDAS. Recuperado el ABRIL de 2019, de <http://aguadedios.galeon.com/aficiones1388160.html>
- GPS(fuente los autores). (09 de ABRIL de 2019). GPS UTILIZADO PARA LA TOPOGRAFIA DE LA VIA DEL PROYECTO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos" 1993. (s.f.). *Guía AASHTO*. Recuperado el 05 de ABRIL de 2019, de http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

- Instituto Nacional de Vías. (2008). MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO. Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>
- INVIAS instituto nacional de Vías. (12 de ABRIL de 2018). *invias instituto nacional de vías*. Recuperado el 15 de ABRIL de 2019, de <https://www.invias.gov.co/>
- La movilidad es de todos Mintransporte. (31 de MAYO de 2019). <https://www.mintransporte.gov.co/>. Recuperado el 15 de ABRIL de 2019, de <https://www.mintransporte.gov.co/>
- Luna Wilder. (21 de ABRIL de 2017). *Pavimento rigido y tipos de pavimentos rigidos*. Recuperado el 11 de MARZO de 2019, de <https://www.slideshare.net/jesusunallantirhuay/pavimento-rigido-y-tipos-de-pavimentos-rigidos>
- Maquinaria Pesada(fuente los autores). (14 de MARZO de 2019). MAQUINARIA PESADA QUE TRANSITA POR LA VIA TERCARIA EN ESTUDIO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Mendoza Garcia Hamilton. (2015). *TENSIONES, EVALUACION DEL DISEÑO DE LOSAS CORTAS (TCP) EN PAVIMENTOS SEGUN TENSIONES*. AYACUCHO, PERÚ. Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/793/Tesis%20Civ441_Men.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montejo Fonseca Alfonso. (2008). *Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 343*. Recuperado el ABRIL de 2019
- Montejo Fonseca Alfonso, 3. e. (2008). *Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474*. Recuperado el ABRIL de 2019
- Montejo Fonseca Alfonso, 3. e. (2008). *Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474*. Recuperado el ABRIL de 2019
- Morrow Jason. (30 de MARZO de 2013). *AGUA DE DIOS EL MUNICIPIO*. Recuperado el MARZO de 2019, de <http://cundinamarcaaguadedioslr.blogspot.com/>
- Muestra Calicatas(fuente los autores). (22 de MARZO de 2019). MUESTRA DE LAS CALICATAS PARA EL ESTUDIO EN EL LABORATORIO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Muestras Laboratorio(fuente los autores). (02 de ABRIL de 2019). MUESTRAS TOMADA DEL ESTUDIO DEL SUELO PARA ANALISARLAS EN EL LABORATORIO. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- OptiPave2 TCPavements. (2007). *TCPavement, innovación en pavimentos*. Recuperado el 10 de MARZO de 2019, de <http://www.tcpavements.cl/esp/software>
- Placa Huellas(fuente los autores). (09 de ABRIL de 2019). VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PLACAS HUELLAS EN CIERTOS TRAMOS DE LA VÍA. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Planimetría De La Vía(fuente los autores). (09 de ABRIL de 2019). PLANIMETRÍA DE LA VIA EN ESTUDIO (TOPOGRAFIA). AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- TCPavements innovacion en Pavimentos. (2007). <http://www.tcpavements.cl>. Recuperado el ABRIL de 2019, de <http://www.tcpavements.cl/esp/tecnologia>
- TCPavements Innovacion en Pavimentos. (2007). *TCPavements innovación en pavimentos*. Recuperado el 15 de MARZO de 2019, de <http://www.tcpavements.cl/esp/home>

- Uniminuto. (2017). EL MODELO EDUCATIVO UNIVERSITARIO. Recuperado el 11 de MARZO de 2019, de <http://www.uniminuto.edu/web/santander/modelo-educativo>
- uniminuto.edu. (2016). <http://www.uniminuto.edu>. Recuperado el 14 de ABRIL de 2019, de <http://www.uniminuto.edu/web/acreditacion/marco-legal>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Diseño y Conservación de Pavimentos Rígidos*. Recuperado el 16 de ABRIL de 2019, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factores%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Diseño y Conservación de Pavimentos Rígidos*. Recuperado el 16 de ABRIL de 2019, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A5%20Factores%20que%20interviene%20en%20el%20dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos.pdf?sequenc>
- Vereda La Carrera(fuente de autor). (14 de MARZO de 2019). UBICACIÓN DE LA ENTRADA A LA VÍA EN ESTUDIO INICIANDO EN LA VEREDA LA CARRERA. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Vereda Leticia(fuente los autores). (09 de ABRIL de 2019). UBICACIÓN DE LA SALIDA DE LA VÍA EN ESTUDIO FINALIZANDO POR LA VEREDA LETICIA. AGUA DE DIOS, COLOMBIA, COLOMBIA.
- Viscarra Agreda Faviana. (2005-2006). *EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN*. Obtenido de <http://civil.upb.edu/files/2010/11/EL-CONO-DIN%C3%81MICO-DE-PENETRACI%C3%93N-Y-SU-APLICACI%C3%93N-EN-LA-EVALUACI%C3%93N-DE-SUELOS.pdf>

8 ANEXOS

8.1 Topografía De La Via Del Proyecto Con Gps.

PLANIMETRIA DE LA VIA			
PUNTOS	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
1	970069	925091	VIA PRINCIPAL
2	970080	925094	VIA PRINCIPAL
3	970089	925095	VIA PRINCIPAL
4	970100	925095	VIA PRINCIPAL
5	970098	925099	VIA PROYECTO
6	970099	925105	ancho vía 6,70 mts
7	970095	925109	VIA PROYECTO
8	970222	925190	ancho vía 5 mts
9	970235	925202	VIA PROYECTO
10	970240	925209	VIA PROYECTO
11	970254	925235	VIA PROYECTO
12	970261	925248	VIA PROYECTO
13	970267	925278	VIA PROYECTO
14	970270	925290	VIA PROYECTO
15	970277	925300	VIA PROYECTO
16	970332	925360	ancho vía 6,50 mts
17	970376	925410	VIA PROYECTO
18	970392	925425	VIA PROYECTO
19	970402	925436	VIA PROYECTO
20	970426	925489	VIA PROYECTO
21	970444	925521	VIA PROYECTO
22	970461	925542	VIA PROYECTO
23	970490	925564	VIA PROYECTO
24	970503	925575	VIA PROYECTO
25	970513	925590	VIA PROYECTO
26	970522	925633	VIA PROYECTO
27	970530	925656	VIA PROYECTO
28	970545	925670	ancho vía 7 mts
29	970793	925777	ancho vía 6 mts
30	970809	925787	VIA PROYECTO
31	970864	925809	VIA PROYECTO
32	970878	925814	VIA PROYECTO
33	970887	925820	VIA PROYECTO
34	970900	925831	VIA PROYECTO

ANCHO DE LA VIA PRINCIPAL CON ENTRADA A LA VIA DEL PROYECTO ES DE 7,60 MTS.

Sale una vía terciaria a un lado de 8 mts de ancho.

35	970930	925869	VIA PROYECTO	
36	970950	925896	VIA PROYECTO	
37	970970	925905	VIA PROYECTO	
38	971062	925900	VIA PROYECTO	
39	971079	925898	VIA PROYECTO	
40	971093	925902	ancho vía 5 mts	
41	971295	925985	ancho vía 5,20	Sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho.
42	971472	926065	VIA PROYECTO	
43	971515	926081	ancho vía 5,50	
44	971878	926230	ancho vía 7 mts	sale una vía terciaria a un lado de 7 mts de ancho. salen una vía terciaria a cada lado una de 5,80 y la otra de 5,30 mts de anchas.
45	972166	926355	ancho vía 6,50	
46	972403	926456	ancho vía 4,70	
47	972416	926462	inicia placa huella	
48	972422	926468	placa huella	
49	972428	926482	placa huella	
50	972446	926526	ancho vía 5 mts	sale una vía terciaria a un lado de 5 mts de ancho.
51	972441	926535	placa huella	
52	972440	926541	termina placa huella con ancho de la vía de 5 mts.	
53	972437	926574	VIA PROYECTO	
54	972435	926592	VIA PROYECTO	
55	972436	926607	VIA PROYECTO	
56	972446	926660	ancho vía 6 mts	sale una vía terciaria a un lado de 7 mts de ancho.
57	972458	926689	VIA PROYECTO	
58	972467	926703	VIA PROYECTO	
59	972480	926720	VIA PROYECTO	
60	972496	926731	VIA PROYECTO	
61	972505	926737	VIA PROYECTO	
62	972520	926741	VIA PROYECTO	
63	972562	926753	ancho vía 5,80 mts	
64	972574	926757	VIA PROYECTO	sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho.
65	972585	926772	inicia placa huella	
66	972589	926833	placa huella	
67	972577	926908	placa huella	
68	972578	926932	placa huella	
69	972583	926954	placa huella	
70	972625	927025	placa huella	
71	972640	927078	placa huella	

72	972658	927144	placa huella	
73	972663	927175	placa huella	
74	972661	927191	placa huella	
75	972640	927270	placa huella	
76	972638	927297	placa huella	
77	972645	927323	placa huella	
78	972673	927366	placa huella	
79	972693	927400	placa huella	
80	972699	927413	placa huella	
81	972700	927436	placa huella	
82	972696	927455	ancho vía 5,80 mts	sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho. sale una vía terciaria a un lado de 1 1.20 mts de ancho.
83	972689	927519	placa huella	
84	972682	927591	placa huella	
85	972681	927608	placa huella	
86	972682	927625	placa huella	
87	972691	927684	placa huella	
88	972732	927812	placa huella	
89	972741	927829	placa huella	
90	972766	927852	placa huella	
91	972882	927903	placa huella	
92	972976	927937	placa huella	
93	973044	927986	termina placa huella con ancho de la vía de 5 mts.	
94	973072	928010	VIA PROYECTO	
95	973157	928070	VIA PROYECTO	
96	973211	928098	VIA PROYECTO	
97	973336	928123	ancho vía 5,70 mts	sale una vía terciaria a un lado de 6,50 mts de ancho.
98	973383	928135	VIA PROYECTO	
99	973515	928219	VIA PROYECTO	
100	973571	928271	ancho vía 5 mts	
101	973583	928281	VIA PROYECTO	sale una vía terciaria a un lado de 8 mts de ancho.
102	973600	928287	VIA PROYECTO	
103	973637	928295	VIA PROYECTO	
104	973676	928288	VIA PROYECTO	
105	973707	928275	VIA PROYECTO	
106	973734	928260	VIA PROYECTO	
107	973745	928255	VIA PROYECTO	
108	973757	928257	VIA PROYECTO	
109	973777	928264	ancho vía 6,50 mts	sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho.
110	973850	928315	ancho vía 6,50 mts	sale una vía terciaria a un lado de 7,50

				mts de ancho.
111	973886	928336	VIA PROYECTO	
112	973955	928851	VIA PROYECTO	
113	974015	928400	VIA PROYECTO	
114	974075	928447	VIA PROYECTO	
115	974090	928456	VIA PROYECTO	
116	974113	928457	VIA PROYECTO	
117	974150	928459	VIA PROYECTO	
118	974221	928443	VIA PROYECTO	
119	974259	928440	VIA PROYECTO	
120	974360	928418	VIA PROYECTO	
121	974381	928407	VIA PROYECTO	
122	974394	928397	VIA PROYECTO	
123	974409	928393	VIA PROYECTO	
124	974424	928391	ancho vía 6 mts	Sale una vía terciaria a un lado de 5 mts de ancho.
125	974432	928893	VIA PROYECTO	
126	974473	928438	VIA PROYECTO	
127	974519	928513	ancho vía 5,50 mts	Sale una vía terciaria a un lado de 7,50 mts de ancho.
128	974547	928574	ancho vía 5 mts	Sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho.
129	974555	928610	VIA PROYECTO	
130	974568	928637	VIA PROYECTO	
131	974590	928660	ancho vía 5 mts	Sale una vía terciaria a un lado de 6 mts de ancho.
132	974715	928727	VIA PROYECTO	
133	974811	928810	VIA PROYECTO	
134	974822	928820	VIA PROYECTO	
135	974834	928818	TERMINA LA VIA	El punto 135,136 y 137, están aislando con la vía principal con salida a la vereda Leticia.
136	974834	928830	TERMINA LA VIA	El punto 135,136 y 137, están aislando con la vía principal con salida a la vereda Leticia.
137	974835	928841	TERMINA LA VIA	El punto 135,136 y 137, están aislando con la vía principal con salida a la vereda Leticia.

ANCHO DE LA VIA PRINCIPAL CON SALIDA A LA VEREDA LETICIA ES 7 MTS.

8.2 Registro Fotográfico



(Estado De La Vía(fuente los autores), VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA EN ESTUDIO., 2019)



(Vereda La Carrera(fuente de autor), 2019)



(Vereda Leticia(fuente los autores), 2019)



(GPS(fuente los autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)



(Estado De La Vía(fuente los autores), VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA VIA, 2019)



(Placa Huellas(fuente los autores), 2019)



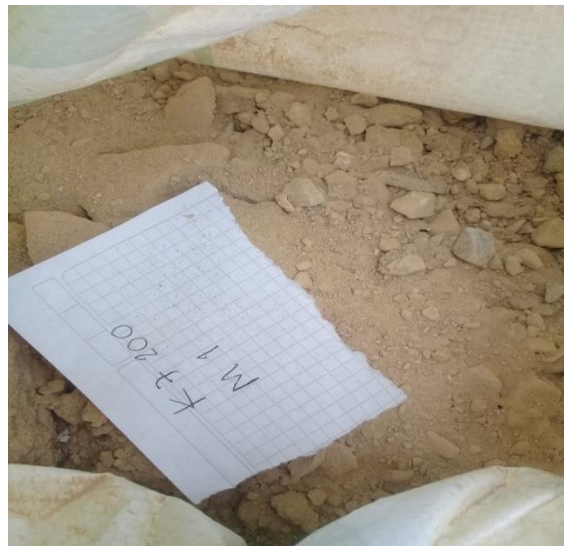
(Camiones 2 Ejes(fuente los autores), 2019)



(Maquinaria Pesada(fuente los autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)



(Cono Dinamico(fuente de autores), 2019)





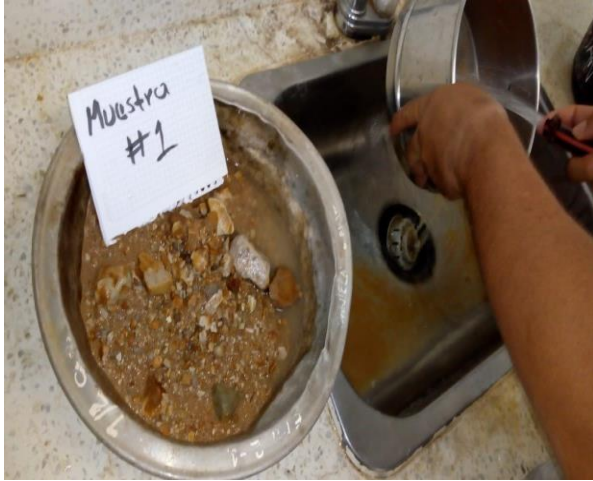
(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)



(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)



(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)



(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)



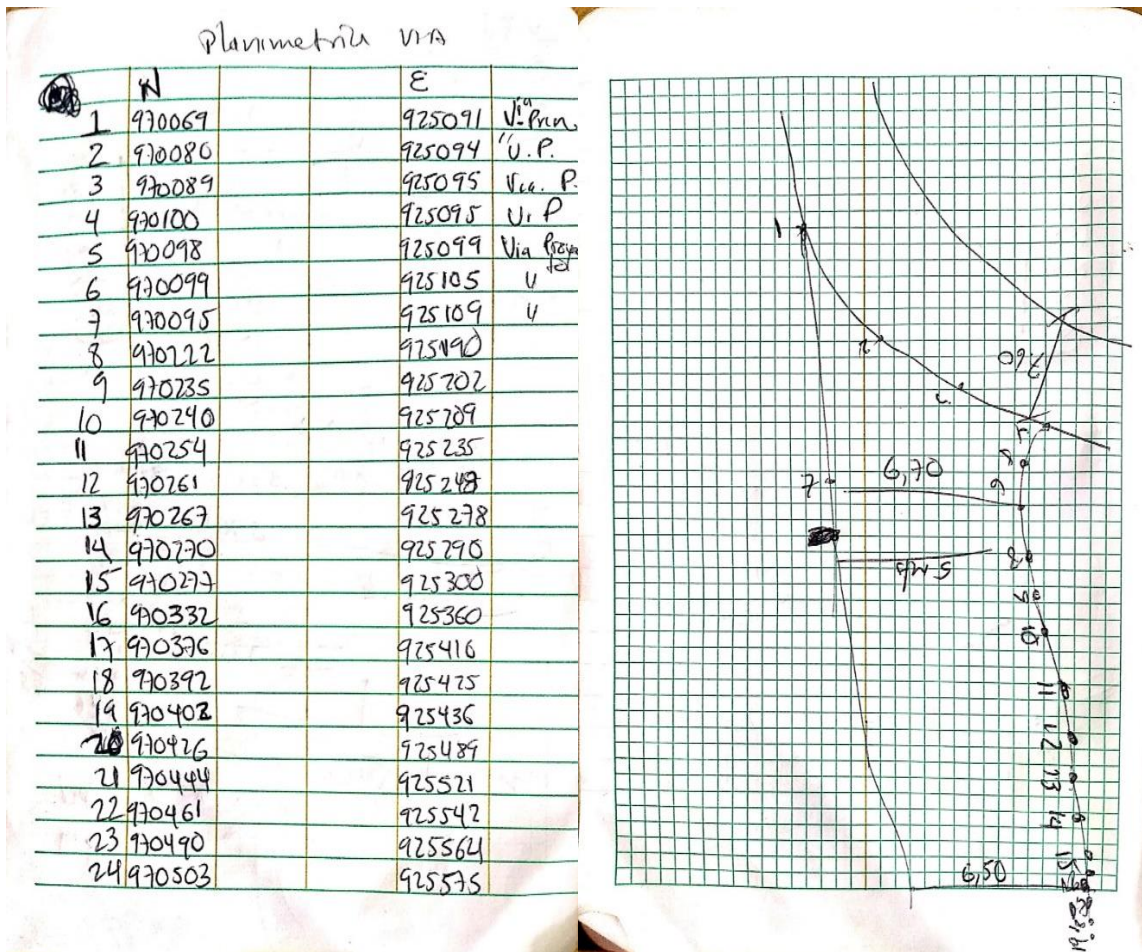
(Aforo Vehicular(fuente los autores), 2019) (Muestra Calicatas(fuente los autores), 2019)



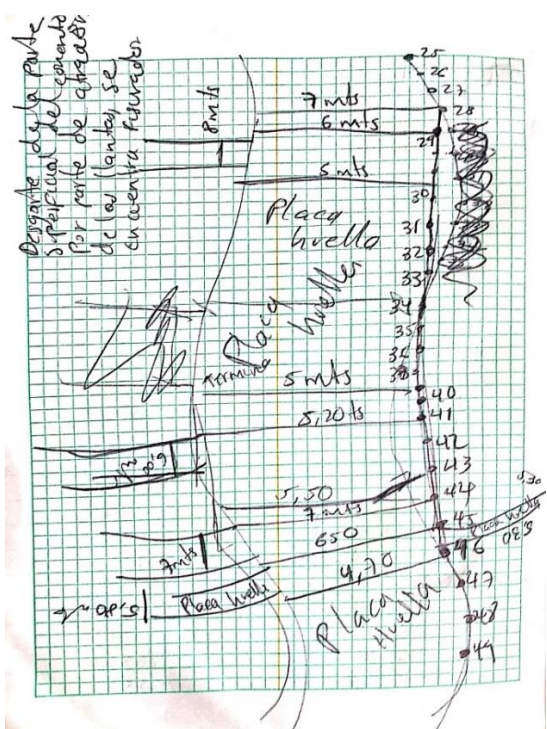
(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)



(Muestras Laboratorio(fuente los autores), 2019)

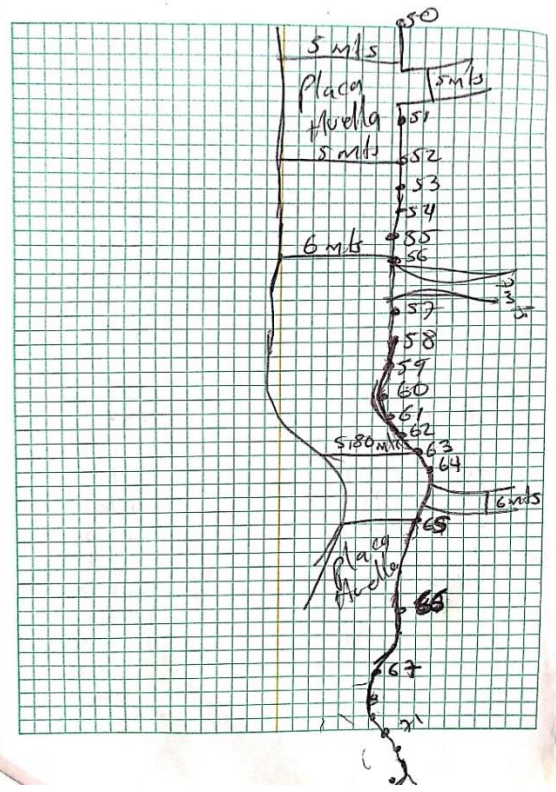


	N	E
25	970513	925590
26	970522	925633
27	970530	925656
28	970545	925670
29	970773	925777
30	970809	925787
31	970864	925809
32	970878	925814
33	970887	925820
34	970900	925831
35	970930	925869
36	970950	925896
37	970970	925905
38	971062	925900
39	971079	925898
40	971092	925902
41	971295	925985
42	971472	926065
43	971515	926081
44	971878	926230
45	972166	926355
46	972403	926456
47	972416	926462
48	972427	926468
49	972428	926481

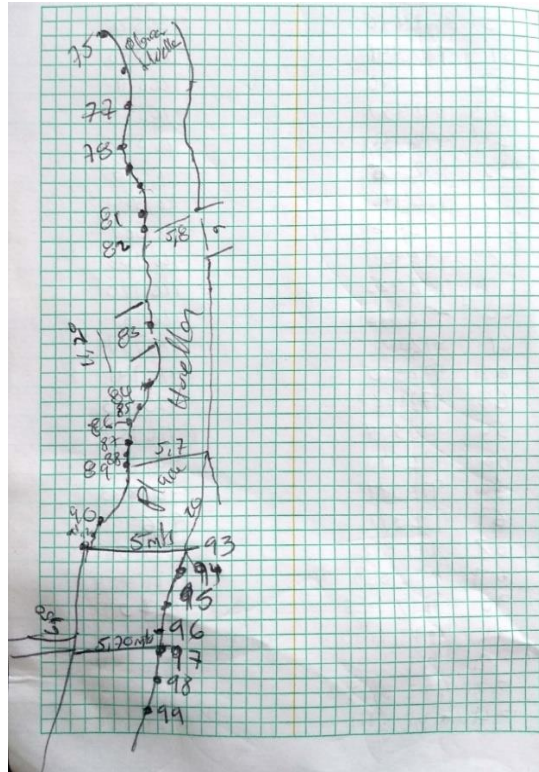


(Planimetria De La Vía(fuente los autores), 2019)

	N	E
50	972446	926526
51	972441	926535
52	972440	926541
53	972437	926574
54	972435	926592
55	972436	926607
56	972446	926660
57	972458	926689
58	972467	926703
59	972480	926720
60	972496	926731
61	972505	926737
62	972520	926741
63	972562	926753
64	972574	926757
65	972585	926772
66	972589	926833
67	972577	926908
68	972578	926936
69	972583	926954
70	972625	927025
71	972640	927028
72	972658	927144
73	972663	927175
74	972661	927191

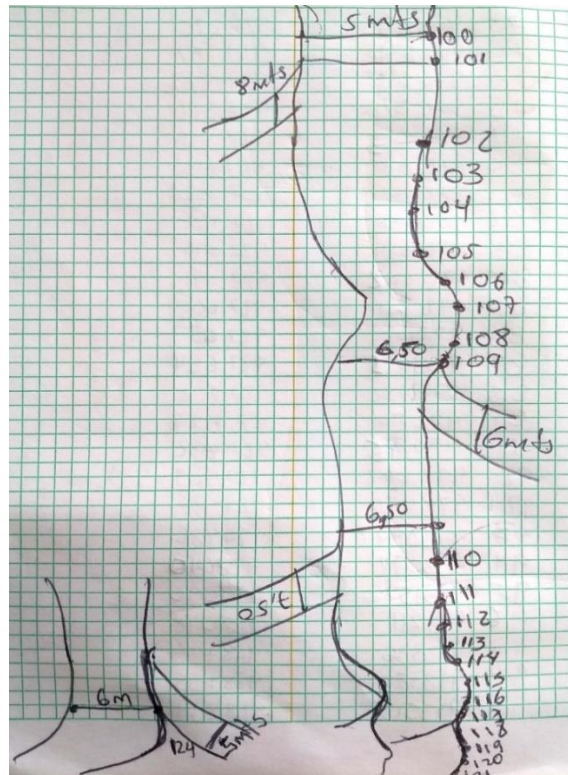


75	972640	927 270
76	972638	927 297
77	972 645	927 323
78	972 673	927 366
79	972 692	927 400
80	972 699	927 413
81	972 700	927 436
82	972 696	927 455
83	972 689	927 519
84	972 682	927 591
85	972 681	927 608
86	972 682	927 655
87	972 692	927 684
88	972 732	927 812
89	972 741	927 829
90	972 765	927 852
91	972 882	927 903
92	972 976	927 937
93	973044	927 986
94	973072	928010
95	973157	928070
96	973211	928078
97	973336	928123
98	973383	928135
99	973515	928219

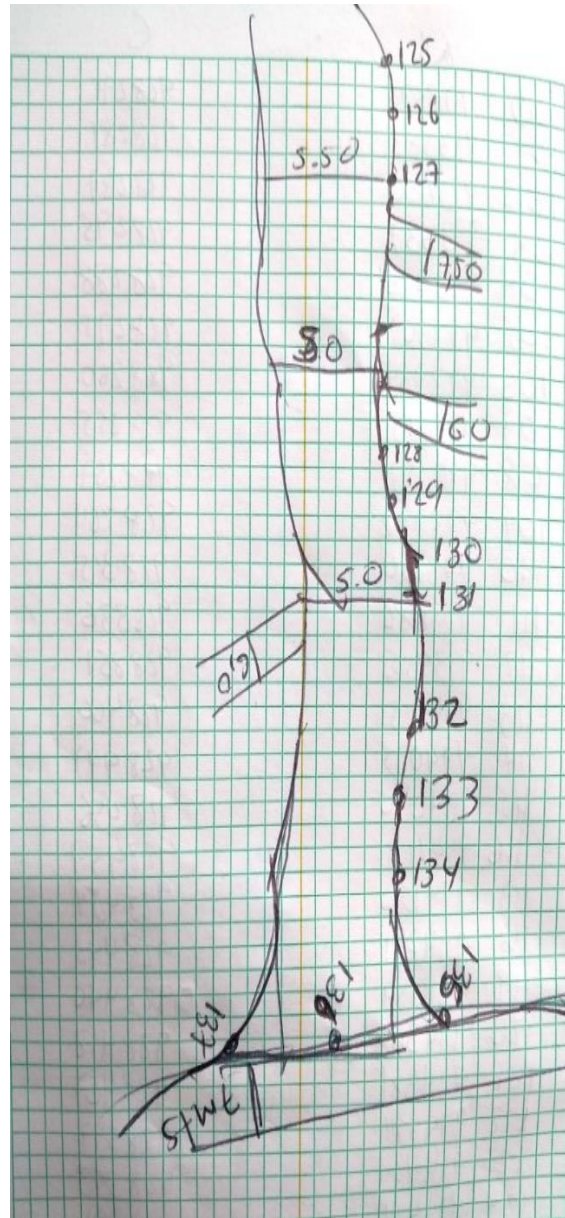


(Planimetria De La Vía(fuente los autores), 2019)

	N	E
100	973571	928271
101	973583	928281
102	973600	928287
103	973637	928295
104	973676	928288
105	973707	928275
106	973734	928260
107	973745	928255
108	973757	928257
109	973777	928264
110	973850	928315
111	973886	928336
112	973955	928351
113	974015	928400
114	974075	928447
115	974090	928456
116	974113	928457
117	974150	928459
118	974221	928443
119	974259	928440
120	974366	928418
121	974381	928407
122	974394	928397
123	974409	928393
124	974424	928391






	N	E
125	974432	928893
126	974473	928438
127	974519	928513
128	974547	928574
129	974555	928610
130	974568	928637
131	974590	928660
132	974715	928727
133	974811	928810
134	974822	928820
135	974834	928818
136	974834	928830
137	974835	928840



(Planimetria De La Vía(fuente los autores), 2019)



8.3 Estudio De Transito (Aforo Vehicular)

		FORMATO CONTEOS MANUALES DE VOLUMENES DE TRANSITO				Proyecto de Tesis	
Fecha: 14/03/2019		Hora de inicio: 7:00 am		Hora final: 12:30 am			
Estacion:		Hoja:		De:			
Aforador: Yaricel Rodriguez, Angie Florez, Felipe Morales.		Regional: Girardot					
HORA	AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS. PICK-UP	BUS-BUSETA					
			2 EJES PEQUEÑO	2 EJES GRANDE	TRACTORES	CICLAS	MOTOS
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
7:00 - 7:15 am						5	
7:15 - 7:30 am				1		6	
7:30 - 7:45 am					1	1	
7:45 - 8:00 am					2	2	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
8:00 - 8:15 am	1					3	
8:15 - 8:30 am	1		1			2	
8:30 - 8:45 am						1	
8:45 - 9:00 am				1		3	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
9:00 - 9:15 am						1	
9:15 - 9:30 am			1	1		2	
9:30 - 9:45 am			2			1	
9:45 - 10:00 am				2	1	1	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
10:00 - 10:15 am	2				1	1	
10:15 - 10:30 am	1			1		2	
10:30 - 10:45 am	2		2				
10:45 - 11:00 am	2				1	3	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
11:00 - 11:15 am				2		3	
11:15 - 11:30 am		1				3	
11:30 - 11:45 am			1			1	
11:45 - 12:00 am					1	3	
CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
12:00 - 12:15 pm	4	1				4	
12:15 - 12:30 pm	1				1	5	
TOTAL	14	2	7	8	5	51	

Fecha: 03/04/2019	Hora de inicio: 7:00 am	Hora final: 5:00 am	
Estacion:	Hoja:	De:	
Aforador: Yaricel Rodriguez, Angie Florez, Felipe Morales.		Regional: Girardot	

HORA	AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS.PICK-UP	BUS-BUSETA	2 EJES					MOTOS
			PEQUEÑO	GRANDE	TRACTORES	CICLAS		
	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7	
7:00 - 7:15 am	2							
7:15 - 7:30 am							2	
7:30 - 7:45 am								
7:45 - 8:00 am							3	
8:00 - 8:15 am	2							
8:15 - 8:30 am							2	
8:30 - 8:45 am							3	
8:45 - 9:00 am							3	
9:00 - 9:15 am	0	0	0	0	0	0	0	
9:15 - 9:30 am							2	
9:30 - 9:45 am							1	
9:45 - 10:00 am					1			
10:00 - 10:15 am	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30 am			1				2	
10:30 - 10:45 am					1		2	
10:45 - 11:00 am	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15 am	1						2	
11:15 - 11:30 am	1							
11:30 - 11:45 am		1						
11:45 - 12:00 am	1			1			2	

HORA	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7
12:00 - 12:15 pm	2	1					4
12:15 - 12:30 pm				3			2
12:30 - 12:45 pm	3						
12:45 - 1:00 pm					1		4
1:00 - 1:15 pm			1				3
1:15 - 1:30 pm	1						1
1:30 - 1:45 pm	1	1	1				4
1:45 - 2:00 pm				1			2
2:00 - 2:15 pm							1
2:15 - 2:30 pm							2
2:30 - 2:45 pm	1		2				
2:45 - 3:00 pm	2						3
3:00 - 3:15 pm	2			1		1	
3:15 - 3:30 pm	2		1	3			4
3:30 - 3:45 pm	2			2			2
3:45 - 4:00 pm	1					1	2
4:00 - 4:15 pm			1	1			5
4:15 - 4:30 pm	2		2				5
4:30 - 4:45 pm	1						2
4:45 - 5:00 pm	1					2	2
TOTAL	28	3	9	12		4	72
OBSERVACIONES:							

	FORMATO CONTEOS MANUALES DE VOLUMENES DE TRANSITO	Proyecto de Tesis
Fecha: 13/04/2019 Hora de inicio: 7:00 am Hora final: 5:00 pm		
Estacion: Hoja: De:		
Aforador: Yaricel Rodriguez, Angie Florez, Felipe Morales. Regional: Girardot		

HORA	AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS.PICK-UP	BUS-BUSETA							
			2 EJES PEQUEÑO	2 EJES GRANDE	TRACTORES	CICLAS	MOTOS		
	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	CATEGORIA 6	CATEGORIA 7		
7:00 - 7:15 am		1				1	3		
7:15 - 7:30 am				2			1		
7:30 - 7:45 am	3						1		
7:45 - 8:00 am	1					1	2		
8:00 - 8:15 am	1						3		
8:15 - 8:30 am	1					1			
8:30 - 8:45 am							3		
8:45 - 9:00 am	1		1						
9:00 - 9:15 am	2		1				5		
9:15 - 9:30 am			1				1		
9:30 - 9:45 am	1						2		
9:45 - 10:00 am				1			3		
10:00 - 10:15 am	1	1					2		
10:15 - 10:30 am	2		1						
10:30 - 10:45 am	2		1				1		
10:45 - 11:00 am	1					1	2		
11:00 - 11:15 am			1			1	1		
11:15 - 11:30 am							3		
11:30 - 11:45 am			1				3		
11:45 - 12:00 am	1			1					

12:00 - 12:15 pm	2								
12:15 - 12:30 pm	1						1		
12:30 - 12:45 pm		1							
12:45 - 1:00 pm			1				2		
1:00 - 1:15 pm	2						3		
1:15 - 1:30 pm	1		1						
1:30 - 1:45 pm							1		
1:45 - 2:00 pm							4		
2:00 - 2:15 pm	1	1							
2:15 - 2:30 pm			2						
2:30 - 2:45 pm						2	3		
2:45 - 3:00 pm	2						1		
3:00 - 3:15 pm							2		
3:15 - 3:30 pm	1		1						
3:30 - 3:45 pm						2	2		
3:45 - 4:00 pm	1					1	3		
4:00 - 4:15 pm				1			2		
4:15 - 4:30 pm	1					1	3		
4:30 - 4:45 pm	1						2		
4:45 - 5:00 pm	1					2	3		
TOTAL	31	4	12	5	0	13	68		

OBSERVACIONES:

