

Proceso y técnicas constructivas placa-huellas y manejo de aguas en la vía terciaria

Marmato-Caldas

Jhonatan Gerardo Pinzón Hernández

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director de proyecto:

Ing. PhD Guillermo Mejía Aguilar



Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

A Dios por mi hermosa familia.

A mi madre Leonor Hernández, por su inmenso amor y por la esperanza depositada en este pequeño triunfo, a mi padre Juan Carlos Pinzón por su inmenso respaldo y apoyo. A mis hermanos Juan Manuel Pinzón Hernández, Kevin Sanabria Hernández y Erica Sanabria Hernández quienes en secreto mantuvieron su fe y me animaron a seguir adelante.

Agradecimientos

A mi director de proyecto por brindarme su apoyo y confianza para poder alcanzar este triunfo.

A los colegas y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil UIS, quienes me mostraron el camino hacia el conocimiento y abrieron ese universo a la Ingeniería.

A la Universidad Industrial de Santander por haberme abierto las puertas a un mundo más crítico y lleno de muchas aventuras.

Al Ingeniero Edgar Darío Delgado Rúgeles, Ingeniero Rafael Edgar Delgado Moreno y Emilio Arenas Romero quienes me brindaron la oportunidad de demostrar el alcance de mis capacidades profesionales confiándome la ejecución de mis primeros proyectos, guiándome y enseñándome.

Tabla de Contenido

	pág.
Introducción	16
1. Objetivos	17
1.1 Objetivo General	17
1.2 Objetivo Específicos	17
2. Antecedentes	18
3.1 Identificación de principales aspectos técnicos de diseño	20
3.2 Descripción del proyecto	20
3.3 Proceso de ejecución.....	20
3.4 Dificultades técnicas	20
4. Marco de Referencia	22
4.1 Antecedentes o estudios previos	22
4.2 Localización del proyecto	23
4.3 Identificación de las rutas de Acceso	24
4.3.1 Acceso principal al sector de ejecución	24
4.3.2 Acceso alternativo al sector de ejecución	24
4.4 Descripción del proyecto	25
4.5 Presupuesto ejecutado	26
4.6 Presupuesto inicial, adición, costo final de las obras y plazo de ejecución	27
5. Marco Teórico.....	29
6. Resultados	36
6.1 Actividades técnico-administrativas	36
6.1.1 Socialización del proyecto	36

6.1.2 Revisión preliminar de cantidades	36
6.1.3 Primer comité de obra	36
6.1.5 Tercer comité de obra	39
6.1.6 Cuarto comité de obra	39
6.1.7 Actas de cobro parcial.....	40
6.1.8 Módulo de placa-huellas	41
6.1.9 Cálculo de volumen de cantidades.....	42
6.1.10 Determinación del punto de provisión de materiales pétreos	43
6.1.11 Control de materiales en obra	44
6.1.11.1 Recepción de materiales pétreos, madera, aceros y cemento	44
6.1.12 Control de gastos de obra.....	45
6.1.13 Recorrido preliminar	46
6.1.14 Instalación de estacas y trazado de niveles	47
6.1.15 Nivelación de la superficie.....	48
6.1.16 Formaleteo de módulos de placa huellas y cunetas	49
6.2 Actividades Contratadas y Ejecutadas	49
6.2.1 Conformación de calzada.....	49
6.2.2 Afirmado compactado.....	49
6.2.3 Excavación manual h=10 para riostras y vigas.....	50
6.2.4 Excavación en roca	50
6.2.5 Acero de refuerzo 60.000 psi para placas y riostras	50
6.2.6 Placas de concreto hidráulico clase D dimensiones 0,15 m * 0,9,0 m * 2,7 m. Son 2 por sección transversal, incluye formaleta. Concreto clase D para riostras.....	51
6.2.7 Cuneta de concreto hidráulico clase D dimensiones 0,70 m * 0,15 m * 1,0m	51

6.2.8 Placas de concreto ciclópeo clase G dimensiones 0,15 m * 1,0 m* 2,7 m. Son 1 por sección transversal, incluye formaleta	52
6.2.9 Reconstrucción cabezote y descole de transversal para aguas de esorrentía	52
6.2.10 Excavación manual en tierra seca $0 < H < 2$ m, incluye entibado y manejo de agua y Excavación manual en conglomerado de 0 a 2 metros. Incluye entibado (Muros N°1).....	53
6.2.11 Retiro de material Sobrante de excavación (Muros N° 1)	53
6.2.12 Llenos compactados con material seleccionado del sitio	53
6.2.13 Rocería sin transporte de desechos	53
6.2.14 Limpieza de alcantarilla (No incluye retiro de materiales).....	54
6.2.15 Demolición de estructuras en concreto	54
6.2.16 Excavación manual en conglomerado	54
6.2.17 Concreto clase D 3000 PSI	54
6.2.18 Acero de refuerzo 60.000 psi	54
6.2.19 Concreto clase G 3000 psi	55
6.3 Problemas presentados.....	55
6.3.1 Aguas residuales industriales.....	55
6.3.2 Rocas de gran tamaño	55
6.3.3 Tubería de agua potable	55
6.3.4 Material de afirmado no apto para trabajos	56
6.3.5 Colchones de agua	56
6.3.6 Falla ranas de compactación	56
6.3.7 Afirmado suelto	56
6.3.8 Material de afirmado saturado	57
6.3.9 Escasez de material de afirmado en obra.....	58
6.3.9 Vertimiento de aguas industriales sobre el terreno	58

6.3.10 Materiales lavados durante fundida de placa huellas.....	58
6.3.11 Agarres o estrías poco profundos.....	58
6.3.12 Control erosivo.....	58
6.3.13 Acabado concreto ciclópeo	59
6.3.14 Erosión de material de afirmado por lluvia.....	59
6.3.15 Cambio de tonalidad del cemento.....	59
6.3.16 Acabados defectuosos muro de contención No 2	59
6.3.17 Interrupción del trazado de construcción.....	59
7. Registro fotográfico	61
8. Conclusiones	69
Referencias.....	71

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. <i>Actividades de obra contratadas</i>	26
Tabla 2. <i>Cuadro Comparativo Parámetros de diseño de pavimento vías con bajos volumenes de tránsito</i>	29
Tabla 3. <i>Resumen de cobros parciales realizados</i>	40
Tabla 4. <i>Materiales pétreos y cemento, totales empleados en la construcción de placa-huellas</i>	42
Tabla 5. <i>Aceros de refuerzo totales empleados en la construcción de placa-huellas</i>	43
Tabla 6. <i>Control de gastos del proyecto</i>	45
Tabla 7. <i>Resumen de ancho de vía</i>	46

Lista de Figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> Localización geográfica Departamento de ejecución. (Google Earth)	23
<i>Figura 2.</i> Localización geográfica Municipio de ejecución. (Google Earth).	23
<i>Figura 3.</i> Ruta de acceso principal. (Google Earth).	25
<i>Figura 4.</i> Ruta de acceso alternativo.	25
<i>Figura 5.</i> Vista en planta placa huellas.....	38
<i>Figura 6.</i> Corte A-A placa huellas.....	38
<i>Figura 7.</i> Acero de refuerzo Cunetas.....	38
<i>Figura 8.</i> Detalle despiece aceros de refuerzo	38
<i>Figura 9.</i> Ancho de vía y cuneta existente. Abscisa K0+100 m.	39
<i>Figura 10.</i> Sección transversal No. 2 muro de contención No. 2.....	40
<i>Figura 11.</i> Sección transversal No. 1 muro de contención No. 2	40
<i>Figura 12.</i> Sección trasversal de placa-huella entre abscisas K0+182 m y abscisa K0+132 m.	41
<i>Figura 13.</i> Sección final de placa huella construida entre abscisa K0+132 m y K0+060.....	41
<i>Figura 14.</i> Control de materiales. Arena	45
<i>Figura 15.</i> Nivelación transversal, marca sobre calandro indicando excavar. Abscisa K0+005m	48
<i>Figura 16.</i> Capas de materiales separadas debido a su compactación por separado	57
<i>Figura 17.</i> Separación de materiales	57
<i>Figura 18.</i> Interface mezclada de materiales	57
<i>Figura 19.</i> Muro de contención No 1	61
<i>Figura 20.</i> Muro de contención No 2	61

<i>Figura 21. Descole.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22. Cuneta abscisa K0+000 m</i>	<i>62</i>
<i>Figura 23. Entrada vivienda abscisa K0+005 m</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24. Entrada vivienda abscisa K0+030 m</i>	<i>62</i>
<i>Figura 25. Entrada vivienda abscisa K0+030 m</i>	<i>62</i>
<i>Figura 26. Entrada vivienda abscisa K0+035 m</i>	<i>63</i>
<i>Figura 27. Entrada vivienda abscisa K0+033 m</i>	<i>63</i>
<i>Figura 28. Entrada vivienda abscisa K0+045 m</i>	<i>63</i>

Listado de Apéndices

pág.

Apéndice 1. Acta de Mayores y Menores 1.

Apéndice 2. Acta de Mayores y Menores 2.

Apéndice 3. Acta de cobro Parcial 01.

Apéndice 4. Acta de Cobro Parcial 02.

Apéndice 5. Acta de Cobro Parcial 03.

Apéndice 6. Acta de Recibo final.

Apéndice 7. Acta de Pactación de precios.

Apéndice 8. Proceso Constructivo.

Resumen

Título: Proceso y técnicas constructivas placa-huellas y manejo de aguas en la vía terciaria Marmato-Caldas.*

Autor: Jhonatan Gerardo Pinzón Hernández**

Palabras Clave: Proceso, Técnicas Constructivas, Placa-huellas

Descripción

El presente trabajo de grado presenta a lo largo de ocho capítulos el desarrollo de un proyecto de mejoramiento vial mediante la construcción de placa huellas. En la primera parte se definen los objetivos generales y específicos. En el segundo capítulo se habla acerca de los orígenes del mejoramiento vial con placa huellas. El tercer capítulo presenta la metodología que el autor ha seguido para describir el proceso de ejecución del proyecto de construcción. El cuarto capítulo describe los antecedentes, el estado actual de las vías en el Municipio de Marmato, la localización del proyecto, las rutas de acceso, la descripción del proyecto, el presupuesto y plazo de ejecución. En la quinta parte el autor muestra una tabla que resume los principales parámetros tenidos en cuenta durante el diseño de mejoramientos viales para bajos volúmenes de tránsito según el INVIAS. En el sexto capítulo se describen los procedimientos técnico-administrativos, las actividades contratadas y ejecutadas, y los problemas presentados durante la ejecución. Antes de terminar el autor brinda fotografías de su autoría donde se evidencia el estado final de los sectores intervenidos y finalmente se concluye sobre las actividades ejecutadas.

* Trabajo de Grado

** Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, UIS. Director: Guillermo Mejía Aguilar

Abstract

Title: Process and construction techniques on rails in reinforced concrete and water management in the tertiary road Marmato-Caldas.*

Author: Jhonatan Gerardo Pinzón Hernández**

Key Words: Process, techniques, rails in reinforced concrete.

Description

The present degree work shows in eight chapters the development of a road improvement project through the construction of rails in reinforced concrete. In the first part, the general and specific objectives are defined. In the second chapter, I talk about the origins of road about the improvement with rails in reinforced concrete. The third chapter shows the methodology the author has followed to describe the execution of the construction process. The fourth chapter describes the record and the current road's conditions in the Municipio of Marmato, the location of the project, the access routes, the project's description, the estimate and the time execution. In the fifth part the author shows a table summarising the main parameters taken into account during the design of road improvements for low traffic volumes according to INVIAS. The technical and administrative procedures, the contracted and executed activities, and the problems presented during the execution are described in the sixth chapter. Before finishing, the author provides photographs of his own authorship where the final state of the intervened sectors is evidenced and finally it's concluded about the activities which were done.

* Degree work

** School of Civil Engineering, Faculty of Physical-Mechanical Engineering, UIS. Director: Guillermo Mejía Aguilar

Introducción

Las vías terciarias, son la conexión inicial que tiene nuestra nación con los mercados principales de las grandes ciudades, sin embargo, no se le da la importancia que requieren. La mayoría de los municipios del país no cuentan con el presupuesto suficiente para ejecutar obras de pavimentación con técnicas comunes como el pavimento flexible o el concreto rígido. Gran parte de los presupuestos son destinados al mantenimiento rutinario de las vías, lo cual permite que el accionar del tiempo y el clima introduzcan a las administraciones municipales y en ciclos repetitivos usando estas técnicas obsoletas.

En la actualidad, las nuevas generaciones están reconociendo que el campo es la columna vertebral del progreso de nuestra nación y que las vías de acceso a las veredas y corregimientos del país son de vital importancia. Este documento presenta las actividades administrativas, técnicas y constructivas, desarrolladas durante la ejecución del proyecto de obra Pública No 145 de 2018 celebrado entre el contratista Consorcio Urbano Guayabito y el municipio de Marmato en el departamento de Caldas. La información relacionada con el proceso de contratación se puede encontrar a través de (Secretaria de Infraestructura Municipio de Marmato Caldas, 2018).

El presente trabajo se elabora por dos razones fundamentales; 1) dejar constancia a través de mi participación como auxiliar residente de obra, de que tengo las aptitudes y cualidades para obtener el título de Ingeniero Civil-UIS. 2) Pretende ilustrar a futuros profesionales sobre el proceso de construcción de un proyecto de mejoramiento vial con el uso de placa-huellas, los problemas que pueden surgir, las soluciones aplicadas y otros procedimientos aprendidos durante esta experiencia.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Descripción del proceso constructivo de placa huellas, cunetas y obras complementarias de conformidad con las especificaciones técnicas y cantidades de obra, establecidas en el proyecto de inversión número 20181744200007 denominado “Mantenimiento, Mejoramiento, Rehabilitación Y Adecuación de la red vial del municipio de Marmato”, en vía en la vía que comunica al Nuevo Marmato- Centro de desarrollo urbano Guayabito-Centro Veredal La Quebrada.

1.2 Objetivo Específicos

- Identificar los principales aspectos técnicos para el diseño de elementos estructurales y de manejo de aguas de escorrentía contruidos en la pavimentación para el mejoramiento de vías con bajos volúmenes de tránsito según el INVIAS.
- Descripción de; los procesos de control seguidos en obra; la variación de actividades y cantidades de obra; los procedimientos constructivos y variaciones técnico-administrativas respecto del alcance inicial del proyecto.

2. Antecedentes

El descubrimiento del asfalto natural hecho por Cristóbal Colón (E-asfalto, 2019) y el descubrimiento del cemento artificial hecho por Leeds Joseph Aspdin (CEDEX, s.f.), han permitido transformar y mejorar las vías del país en poco más de 100 años. La primera vía en Colombia pavimentada fue en la Ciudad de Bogotá (Avendaño Brito & Prada Jaimes, 2019), y años más tarde fue construida la primera carretera del país, entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, uniendo el municipio de Viterbo y la ciudad de Santa Fe de Bogotá, conocida como la central del norte (Londoño, 2019). Tras la aparición de los primeros vehículos, a principios del siglo XIX en Colombia (Revista Turbo, 2018), demandó la construcción de superficies de rodadura mejores. Ello implicó innovación, rediseño y reforma, a las técnicas de construcción y mejoramiento de las vías, que en aquel momento eran administradas por el Ministerio de obras públicas (Londoño, 2019).

Si se da un vistazo al gran tamaño de la red vial, a las limitaciones económicas y otros factores, que influyen en la ejecución de los proyectos de mejoramiento vial, actualmente el uso de la pavimentación con placa huella es una excelente opción a tener en cuenta en mejoramientos de corto plazo de las vías terciarias. Procedimiento inicialmente normalizado en COLOMBIA mediante el uso de la especificación particular 500 – 1P (Desconocido) de la cual se desconoce su origen y se ha venido utilizando en ausencia de una mejor especificación en la mayoría de los municipios.

Actualmente el INVIAS, entidad encargada de la administración y de la infraestructura de las vías de la República Colombia, brinda algunas pautas generales, que deben ser aplicadas durante la ejecución del diseño de un proyecto de pavimentación con placa-huellas (INVIAS, 2015). Sin embargo, cada proyecto de pavimentación con placa-huellas puede ser formulado de manera similar sin ceñirse expresamente a todas las recomendaciones INVIAS, siempre y

cuando sean tenidos en cuenta los parámetros particulares de diseño geotécnicos, geológicos, hidrológicos y mecánicos.

3. Metodología

3.1 Identificación de principales aspectos técnicos de diseño

Con base en las guías del INVIAS para el mejoramiento de vías con bajos volúmenes de tránsito, se describen los principales aspectos técnicos para el diseño de elementos estructurales y de manejo de aguas.

3.2 Descripción del proyecto

Se describen el objeto del contrato, el presupuesto oficial, la adición, el valor final del proyecto, el valor del anticipo de obra, el plazo de ejecución total y la localización de las obras.

3.3 Proceso de ejecución

Se describen las actividades ejecutadas durante el proceso de revisión de las cantidades contratadas en el presupuesto de obra, para verificar la coherencia entre lo contratado y lo requerido y se describen los procedimientos administrativos y las actividades técnico-constructivas desarrolladas durante la ejecución de las obras.

3.4 Dificultades técnicas

Se describe el resultado del seguimiento hecho a las constantes dificultades del tipo social, ambiental y técnico, que surgieron desde el inicio y a lo largo de la ejecución de las labores contempladas en el proyecto de obra relacionado.

3.5 Conclusiones

Se concluye sobre las obras ejecutadas y se argumenta acerca de los beneficios, dificultades y conocimientos adquiridos durante la construcción de placa-huellas.

4. Marco de Referencia

4.1 Antecedentes o estudios previos

Las vías de la zona rural del municipio de Marmato Caldas, en su totalidad son de tercer orden, poseen anchos promedios de 6.5 metros y en su mayoría están construidas en afirmado, presentando altos niveles de deterioro durante gran parte del año debido a problemas de taludes inestables y pendientes muy fuertes. Se plantea la necesidad de construir placa-huellas en el centro veredal La Quebrada, por tratarse de un sitio que se convierte en paso obligado para acceder a Guayabito, Centro Poblado Nuevo Marmato y Marmato histórico. La situación efectivamente se agrava mucho más cuando se imposibilita el acceso a los servicios del Estado y lugares que propenden por el desarrollo integral de la comunidad, especialmente de los niños, niñas y adolescentes; tal cual es el caso de dificultad de acceso a espacios de desarrollo como lo son los centros educativos o para la salida de los productos cultivados o producidos para la manutención de aproximadamente 2.079 personas que habitan en el Centro Nuevo Marmato. Esta vía comunica los pobladores de los centros de Desarrollo Urbano El Llano y Guayabito con el centro veredal La Quebrada y a su vez comunica con la vía de orden departamental El Llano- Marmato Histórico. Por esta razón se planteó como alternativa la construcción de placa huella en concreto rígido y obras complementarias, donde se evidencia la mayor necesidad por las condiciones de pendiente y diseño geométrico en la vía que comunica el Nuevo Marmato- Centro de Desarrollo Urbano Guayabito – Centro Veredal La Quebrada y Marmato Histórico, dando ejecución al proyecto de inversión denominado “Mantenimiento, Mejoramiento, Rehabilitación y Adecuación de la Red Vial del Municipio de Marmato Caldas” en el municipio de Marmato, Caldas, radicado en el Banco de programas y proyectos de inversión Municipal con el número 2018174420007.

4.2 Localización del proyecto

El proyecto se desarrolló en el territorio nacional de la República de Colombia, en la zona más escarpada de la cordillera central de los Andes, al noroeste del departamento de Caldas, Municipio de Marmato Caldas, sector de la quebrada en las coordenadas $5^{\circ}28'29.97''\text{N}$ - $75^{\circ}35'41.69''\text{O}$ a 1310 msnm. Desde la alcaldía Municipal de Marmato se recorre una distancia por vía vehicular de 4.2 Km. La longitud de la vía de intervención según el presupuesto contratado fue de 182 metros.



Figura 1. Localización geográfica Departamento de ejecución. (Google Earth)



Figura 2. Localización geográfica Municipio de ejecución. (Google Earth).

4.3 Identificación de las rutas de Acceso

4.3.1 Acceso principal al sector de ejecución. Se obtiene desviando desde de la vía La Central Manizales Medellín Ruta N° 25, hacia El municipio de Marmato Histórico. Desde allí, hasta el desvío que conduce hacia La empresa Minera MINEROS NACIONALES, se recorren aproximadamente 4,9 Km. Se deben recorrer 280 m, sobre placa huellas existentes, hasta llegar al siguiente desvío que conduce hacia el centro Veredal la Quebrada. Este recorrido tiene un trayecto total de 5.2 km. Esta ruta no presenta pendientes fuertes o zonas con pasos restringidos que pudieran entorpecer las labores de transporte de materiales y personal al sector.

4.3.2 Acceso alternativo al sector de ejecución. Se presenta a continuación la ruta de acceso alternativo al sector de intervención. Se obtiene desviando desde de la vía La Central Manizales Medellín Ruta N° 25, hacia El municipio de Marmato Histórico. Desde el desvío de la Central-Marmato Histórico, se deberán transitar 4.3 Km hasta el desvío hacia el centro Veredal Guayabito. Una vez en este punto, se debe tomar hacia la derecha “ruta verde”. Desde la vía que conduce hacia Marmato se debe recorrer una distancia de 1.5 Km, sobre placa huellas hasta el punto de ejecución. Una de las ventajas de esta segunda ruta de acceso, es que permitió que se pudiera realizar el cierre temporal de la vía a intervenir durante la ejecución de las actividades constructivas. Sin embargo, dicha ruta presenta fuertes pendientes y un punto crítico en el cruce de la quebrada a 100 metros de la obra.

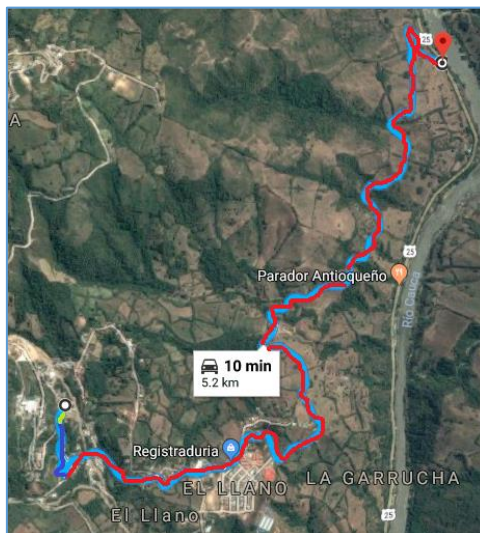


Figura 3. Ruta de acceso principal. (Google Earth).

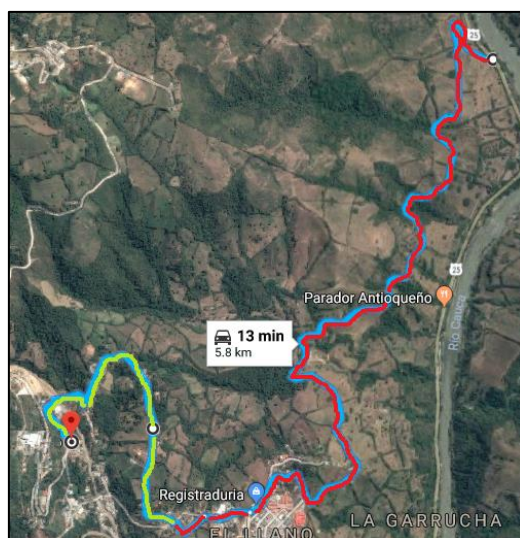


Figura 4. Ruta de acceso alterno.

4.4 Descripción del proyecto

“Construcción de placa huellas con cunetas y obras complementarias de conformidad con las especificaciones técnicas y cantidades establecidas en los anexos técnicos, en vía en la vía que comunica al Nuevo Marmato- Centro De Desarrollo Urbano Guayabito- Centro Veredal La

Quebrada, dando ejecución al proyecto de inversión número 20181744200007 denominado “Mantenimiento, Mejoramiento, Rehabilitación Y Adecuación De La Red Vial Del Municipio De Marmato Caldas”.

4.5 Presupuesto ejecutado

Tabla 1

Actividades de obras contratadas

Ítem N°	Descripción ítem	Unid	Cant.	Valor parcial
1	Preliminares			
1.1	Conformación de calzada	M3	938,1	\$ 1.296.454
2	Construcción de placa huella			
2.1	Afirmado compactado	M3	115,9	\$ 19.211.584
2.2	Excavación manual h=0.10 m para riostras y vigas	M3	1,9	\$ 71.007
2.3	Excavaciones en roca	M3	20,6	\$ 1.670.295
2.4	Placas de concreto hidráulico clase d dimensiones 0,15 m * 0,9,0 m * 2,7 m. Son 2 por sección transversal, incluye formaleta	M3	45,8	\$24.803.677
2.5	Placas de concreto ciclópeo clase G dimensiones 0,15 m * 1,0 m * 2,7 m. Son 1 por sección transversal, incluye formaleta	M3	22,9	\$11.021.495
2.6	Concreto clase D para riostras	M3	7,1	\$ 3.577.633
2,7	Acero de refuerzo 60.000 psi para placas y riostras	Kg	5404,	\$ 24.069.416
2.8	Cuneta de concreto hidráulico clase D dimensiones 0,70 m * 0,15 m * 1,0m	M3	59,7	\$ 32.331.431
3.0	Obras de drenaje (cajas de recolección)			
3.1	Reconstrucción cabezote y descole de transversal para aguas de escorrentía	M3	1,5	\$ 812.348
3.2	Acero 60.000 psi figurado de refuerzo para caja	M3	47,4	\$ 211.120
3.3	Retiro de sobrantes	M3	0,0	\$ -
4	Obras complementarias: construcción muro de estabilización para placa huellas, en la vía guayabito y camino al sector collarejo			
O.E 4.1	Excavación manual en tierra seca 0<h<2 m, incluye entibado y manejo de agua (muros n°1)	M3	2,9	\$ 112.395

Ítem N°	Descripción ítem	Unid	Cant.	Valor parcial
O.E 4.2	Excavación manual en conglomerado de 0 a 2 metros. Incluye entibado (muros n°1)	M3	8,6	\$ 269.825
O.E 4.3	Retiro de material sobrante de excavación (muros n° 1)	M3	4,2	\$ 140.523
O.E 4.4	Ítem n° 4: nivelación y compactación de suelo base, con material de afirmado, vaciado de solado de limpieza e=0.1m (muros n° 1)	M3	0,0	\$ -
O.E 4.5	Llenos compactados con material seleccionado del sitio	M3	5,9	\$ 156.722
O.E 4.6	Construcción muro n° 1 largo=12,00 m altura=1,5 m, espesor muro 0,25m	Ml	0,0	\$ -
Ítems no previstos				
NP 01	Rocería sin transporte de desechos	M2	275,0	\$ 354.750
NP 02	Limpieza de alcantarilla (no incluye retiro de materiales)	Gl	1,00	\$ 280.000
NP 03	Demolición de estructuras en concreto	M3	12,10	\$ 1.191.850
NP 04	Excavación manual en conglomerado	M3	12,90	\$ 482.099
NP 05	Concreto clase d 3000 psi	M3	7,90	\$ 4.278.364
NP 06	Concreto solado de limpieza 2500 psi	M3	1,00	\$ 520.000
NP 07	Acero de refuerzo 60.000 psi	Kg	489,5	\$ 2.180.233
NP 08	Concreto clase g 3000 psi	M3	8,10	\$ 3.898.433
Costo directo				\$ 32.941.651
Administración			25%	\$ 33.235.413
Utilidad			3%	\$ 3.988.250
Imprevistos			2%	\$ 2.658.833
Costo total				\$ 172.824.146

4.6 Presupuesto inicial, adición, costo final de las obras y plazo de ejecución

Contó con un presupuesto inicial de \$157.824.146 (Ciento cincuenta y siete millones ochocientos veinticuatro mil ciento cuarenta y seis pesos m/cte.), una adición presupuestal por \$15.000.000 (Quince millones de pesos m/cte.) para un total ejecutado de \$172.824.146 (Ciento setenta y dos millones ochocientos veinticuatro mil ciento cuarenta y seis pesos m/cte.).

Se contó con un anticipo del 35% del valor contratado inicial, el cual fue de \$ 46'447.243

(Cuarenta y seis millones cuatrocientos cuarenta y siete mil doscientos cuarenta y tres pesos m/cte.). Tuvo una duración o plazo de ejecución de tres meses.

5. Marco Teórico

Tabla 2

Cuadro Comparativo Parámetros de diseño de pavimento vías con bajos volúmenes de tránsito

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
Métodos de diseño	Es la teoría mediante la cual se describe el proceso de falla de una estructura para de esta manera conocer los parámetros y condiciones bajo los cuales una estructura puede fallar.	El algoritmo básico corresponde a la versión del año 1993 y la Guía AASHTO del año 2002 que aún se encuentra en discusión.	En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984.	Se deriva del vehículo de diseño que al transitar sobre la calzada produce la falla de la estructura, siendo así el proceso de diseño similar al diseño de concretos por resistencia última.
Cargas de tránsito	Cantidad de vehículos que, a lo largo del tiempo de servicio, hará uso de la vía.	Se realiza el conteo de vehículos y/o aforos del tránsito TPD, TPDS, TPDM y TPDA para determinar el tránsito Normal, atraído y Generado. Se proyecta la tasa de crecimiento. Y se obtiene un número de ejes equivalentes. Las categorías de tránsito a tener en cuenta son T1 y T2. Las cuales corresponden al tráfico inferior a 150.000 ejes equivalentes de 80 kN y al tráfico mayor a dicho valor, pero menor o igual a 500.000 ejes equivalentes de 80 kN respectivamente		Debe tenerse en cuenta que si por la vía suelen transitar vehículos de capacidad de carga superiores a un camión C-3 la alternativa de mejoramiento con placa huella es inviable.
Tiempo de diseño	El período de diseño puede ser definido como el lapso transcurrido desde que se entrega al servicio la estructura,	Recurrentemente para el diseño de pavimentos flexibles en vías terciarias se toman tiempos de diseño	En Colombia el manual INVIAS recomienda que el tiempo de diseño	Generalmente es de 10 años, sin embargo, se debe tener en cuenta la

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
	hasta que los deterioros producidos por el tránsito y los agentes ambientales normales hacen que la vía pierda su funcionalidad.	de máximo hasta diez (10) años	sea de mínimo 20 años.	restricción del paso de un vehículo de carga mayor a la de diseño, el cual puede ocasionar la falla de la estructura
Calidad de los materiales	Las propiedades mecánicas de los materiales definen la capacidad de resistencia y las condiciones a las que pueden ser sometidos los elementos estructurales para funcionar de manera adecuada.	Para determinar las propiedades mecánicas de una subbase y una base granular se deberán ejecutar ensayos de granulometría, abrasión de los ángeles, disgregabilidad en sulfato de sodio, limite líquido, índices de durabilidad de los agregados, caras fracturadas, contenido de materia orgánica, índice de plasticidad, límites de Atterberg, proctor modificado CBR, ensayos de compactación en campo, resistencia a la compresión. para la carpeta asfáltica se requieren los ensayos de Graduación de los agregados, contenido de asfalto, contenido de agua, densidad de la mezcla porcentaje de vacíos de aire estabilidad y flujo.	Para determinar las propiedades de los materiales empleados como subbases y bases se requieren los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, CBR, proctor estándar y modificado, desgaste de los ángeles, contenido de materias orgánicas, para el material que conforma los concretos se deben aplicar ensayos de caracterización como; punto de saturación, desgaste de los ángeles, tiempos de fraguado, granulometría, pH del agua, y ensayos de resistencia a la flexión y a la compresión.	
Categoría de la Sub-rasante	Un suelo tiene una mezcla en proporciones	Para determinar si un tramo es homogéneo, o si el	Una vez más Con la ayuda de los	Debido a que la rigidez aportada

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
	de tamaño de partículas diferentes las cuales pueden ser Grava o arena, Limos y Arcillas. Dependiendo del porcentaje del contenido de estas partículas en un suelo sus propiedades mecánicas varían y pueden ser o no afectadas por la presencia de agua. Produce un comportamiento fluido o líquido, semilíquido o plástico. Lo anterior determina el nivel de deformación de un suelo que se somete a un sistema de cargas o esfuerzos, generalmente se busca que dicha deformación sea recuperable, debido a la elevada interacción entre cada una de las capas que componen la superficie de mejoramiento vial. La técnica de construcción consiste en determinar el espesor de la subrasante y mejorarlo, sin la necesidad de reemplazarlo, en la mayoría de los casos es	material de afirmado es apto para la construcción de las demás capas, se deben realizar la toma de muestras que permitan en laboratorio obtener las propiedades índices del material y así obtener el parámetro CBR mediante correlaciones. Además, los sondeos de máximo hasta 0.80 m permitirán establecer los anchos de la capa de afirmado existente. El manual de diseño de pavimento para bajos volúmenes de tránsito define cuatro categorías de subrasante de acuerdo el valor de CBR obtenido: S1 CBR<3 malo; S2 CBR>3≤5 regular; S3 CBR>5≤10 bueno y S4 CBR>10 muy bueno. Se deberá realizar ensayos de granulometría y límites de Atterberg, para efectuar la clasificación de suelos empleando el sistema unificado	ensayos de clasificación de los suelos y el ensayo CBR o CPT, se determinan los tramos de vía que debido a la similitud de sus parámetros físico-mecánicos pueden se agrupados en unidades homogéneas. De este modo se obtienen diseños sin alteración de su estructura de soporte, que se ajusta a cada unidad geológica del sector a intervenir, según las prestaciones de tránsito requeridas. En este caso los suelos con CBR menor a dos (2) son clasificados como suelos tipo S1, CBR entre dos (2) y cinco (5) Suelos tipo S2, suelos cuyo CBR se halla entre cinco (5) y siete (7) son suelos tipo S3, CBR entre	por los aceros de refuerzo y a que el espesor mínimo de las placas de concreto adoptado es de 15 cm, el manual de diseño con placa-huellas INVIAS recomienda, un espesor de 15 cm de sub-base granular como mínimo, para suelos que cumplan con un resultado de CBR mayor o igual al 3% y recomienda que para suelos con CBR menores se disponga de estudios geotécnicos realizados por profesionales capacitados. Esta capa de material no proporciona rigidez al conjunto estructural, pero

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
	un elemento de soporte que ha sido estabilizado durante muchos años y generalmente los suelos bajo ella son suelos blandos.		10 y 20 se clasifican como suelos tipo S4 y de aquí en adelante como suelos tipo S5.	permite dar un mejor manejo a peraltes y bombeos.
Trazado Geométrico	Durante las actividades de mejoramiento vial en vías terciarias no se requiere del rediseño geométrico de la vía.	Se deben tener en cuenta los sobreanchos, bombeos y peraltes que establece la guía de diseño geométrico.	Se deben tener en cuenta los sobreanchos, bombeos y peraltes que establece la guía de diseño geométrico.	La guía recomienda efectuar la modulación establecida en sus anexos para evitar que los vehículos circulen sobre las contra-huellas en concreto ciclópeo, dicha modulación se desarrolla según el radio de curvatura.
Estudios Hidrológicos	Se requieren para definir el espaciamiento máximo entre alcantarillas, el diseño de la capacidad hidráulica de las alcantarillas; cunetas; el uso de subdrenes según el nivel freático y demás elementos de drenaje superficial y subterráneo. Para ello es necesario conocer la intensidad y duración de las lluvias en el área donde se efectúa el proyecto de mejoramiento vial.			
Materiales	Los materiales con los cuales se construye una vía son el factor más importante a tener en cuenta durante el diseño de mejoramiento vial, debido al impacto económico que estos presentan.	En vías mejoradas con pavimentos flexibles, se emplean, arenas, gravas, emulsión asfáltica, asfalto y fuentes de calor.	En vías mejoradas con pavimentos rígidos se requiere del uso de; arenas, gravas, cemento, aceros y agua.	

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
Equipos	Dependiendo la zona en la cual se ubica el proyecto, los accesos y facilidad de transporte de equipos varían y definen la alternativa más viable, para ejecutar el mantenimiento vial.	Para la construcción de pavimentos flexibles se emplan los siguientes equipos; Compactador; motoniveladora; carrotaques para irrigación de agua y ligante; volqueta; rodillos neumáticos; terminadora asfáltica; barredora; cortadora y herramienta menor.	Para la construcción de vías mejoradas con pavimento rígido y placa huellas los equipos requeridos son; vibro-compactadora; motoniveladora; volqueta; carrotaques de irrigación (opcional); Mezcladora de concreto; vibradores de concreto; herramienta menor.	
Costos de mantenimiento			Este tipo de mejoramiento no suele requerir más que el despeje de las coladeras de agua y de materiales pétreos residuales sobre su superficie acabada. Además, se debe tener cuidado de no someter a la vía a esfuerzos no contemplados en el diseño, requiriendo su señalización.	
El clima	Se debe establecer el tipo de clima que se presenta en la zona de ejecución del proyecto por humedad y por temperatura.	Para ello se recurre a la información aportada por las estaciones climáticas del IDEAM que brinde los siguientes datos: Se debe contar por lo menos con la información de los 5 años anteriores a la realización del estudio	Los constantes cambios de la temperatura producen en el concreto la deformación por la dilatación y contracción del material. Para	El alabeo por cambios en la temperatura se controla completamente gracias a la disposición de la armadura de acero. Para

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
Capas que componen la estructura	Se refiera a cada una de las capas de material que pueden integrar la estructura del pavimento.	Precipitación mensual. Temperatura mensual. Usando el índice de Thormthwite, se puede clasificar el terreno del proyecto como Árido, Semi-árido, Subhúmedo, húmedo y Súper húmedo. A su vez esta clasificación permite establecer el coeficiente de drenaje, factor que interviene en el cálculo del espesor de las capas granulares no tratadas de un pavimento.	media media deformaciones y sus grietas. Se provee al concreto de juntas de construcción, contracción, alabeo y expansión o aislamiento.	controlar los esfuerzos inducidos por dichas deformaciones y sus grietas. Se provee al concreto de juntas de construcción, contracción, alabeo y expansión o aislamiento. mitigar los efectos erosivos de la superficie de apoyo de las placa-huellas debido al agua de escorrentía, se dispone de la construcción de cunetas en concreto a los costados de la vía, y su evacuación se controla con la construcción de alcantarillas aliviaderos y subdrenes.
		TSD: Tratamiento Superficial Doble; BG: Base Granular; SBG: Subbase granular; BEC: Suelo estabilizado con cemento portland; MDF-2: Mezcla densa en frío tipo 2; BEE-3: Suelo estabilizado con emulsión; MDC-2: Mezcla densa en caliente Tipo-2; AFR: Afirmado; CSR: Capa subrasante. TSD + BG + SBG. TDS + BG + BEC. MDF-2 + BG + SBG. MDF-2 + BEE-3 + SBG (eventualmente).	BG: Base Granular; SBG: Subbase granular; BEC: Suelo estabilizado con cemento portland; BEE-3: Suelo estabilizado con emulsión; AFR: Afirmado; CSR: Capa subrasante; CH concreto hidráulico. CH + BG + SBG. CH + BG + BEC. CH + BEE-3 + SBG (eventualmente).	SBG: Subbase granular; PLACA HUELLAS concreto hidráulico. PLACA HUELLAS + SBG.

Tipo de pavimento	Descripción	Flexible	Rígido	Placa huellas
		MDC-2 + BG + SBG		
		MDC-2 + BG + BEC		

6. Resultados

6.1 Actividades técnico-administrativas

6.1.1 Socialización del proyecto. Se reunieron, el Señor Alcalde Julio Vargas Chica, el secretario de infraestructura Cristian David Arredondo Gañan, el supervisor del proyecto Ingeniero Rodrigo Torres Utria, el contratista el Auxiliar Residente de Obra Jhonatan Gerardo Pinzón Hernández y como vocero de la comunidad el señor concejal Benjamín Cruz y habitantes del sector, con el fin de dar a conocer e informar sobre desarrollo del proyecto, suscribir acuerdos y compromisos.

6.1.2 Revisión preliminar de cantidades. La revisión de las cantidades de obra, requirió efectuar la revisión de toda la documentación contractual del proyecto y proceso de licitación SAMC 009-2018 (Municipio de Marmato, 2018), la cual, junto con la actividad de localización y recorrido preliminar, permitió establecer diferencias o falencias entre las cantidades contratadas y las cantidades requeridas. Los documentos tenidos en cuenta para su revisión fueron; el contrato de obra; presupuesto oficial contratado; propuesta económica; Apus; estudios previos; especificaciones técnicas y planos de construcción. Lo anterior permitió identificar errores de planeación y algunos errores aritméticos presentes en el presupuesto.

Los errores encontrados fueron; Cantidades desproporcionadas en el presupuesto de obra; Unidades de medida incoherentes; Necesidad de incluir actividades no contempladas o “Ítems no previstos”; Carencia de planos y memorias de cálculo.

6.1.3 Primer comité de obra. El primer comité de obra, expuso las observaciones hechas durante la revisión del presupuesto contratado y a su vez se informó de las interrupciones

ocasionadas por el vertimiento de aguas sobre el trazado inicial de la obra por parte de Mineros Nacionales S.A.S; Se solicitó realizar el cambio de la tubería de agua potable; Se informó de la necesidad de construir una alcantarilla transversal para evacuar las aguas de escorrentía en mitad del tramo; Se informó de las actividades no previstas y se propuso realizar visita de obra a sitio con el ánimo de verificar su existencia.

Al finalizar esta primera reunión, se determinó que; A pesar de requerir la construcción de obras para efectuar la sustracción y el manejo de aguas de escorrentía en la mitad del tramo vial y según lo recomendado en el manual de pavimentación con Placa huellas (INVIAS, 2015), no se procedería a efectuar su construcción por falta de recursos económicos, hacerlo acortaría el tramo de vía a intervenir; Se requería la construcción de un muro de contención en concreto ciclópeo entre las abscisas K0+025 m y K0+033 m, la entidad solicitó una proyección del costo de las obras de construcción teniendo en cuenta el nivel de complejidad; los materiales requeridos; mano de obra necesaria; equipos y herramientas disponibles; además se deben tener en cuenta alternativas constructivas, para así establecer la solución más adecuada en caso de que exista un problema; el ancho máximo de vía a intervenir sería de 4.30 m; Cambiar el punto de inicio de las obra trasladándolo a la abscisa K0+182 m, debido a los inconvenientes registrados; Se entregaron planos de la sección transversal de placa-huellas, el despiece de los aceros de refuerzo y planos de construcción del muro de concreto reforzado No 1 sector de Guayabito. Sin embargo, algunas de las dimensiones no concordaban entre las vistas, motivo por el cual las secciones de los elementos y los despieces serian ajustadas más adelante.



Figura 5. Vista en planta placa huellas

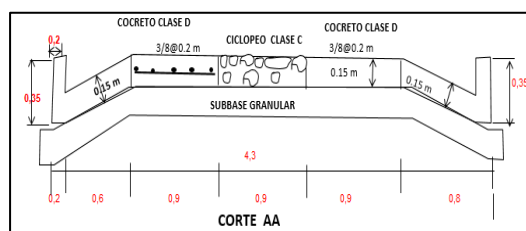


Figura 6. Corte A-A placa huellas

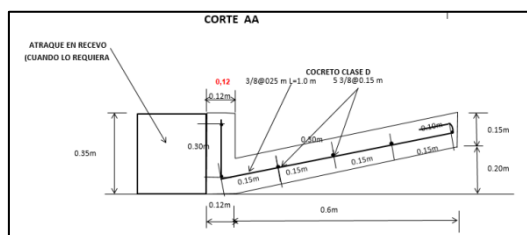


Figura 7. Acero de refuerzo Cunetas

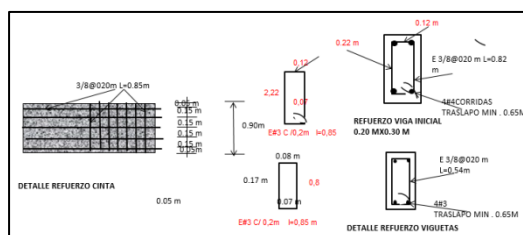


Figura 8. Detalle despiece aceros de refuerzo

6.1.4 Segundo Comité de obra. La entidad recalco que el ancho de la vía se debía mantener en 4.30 m a lo largo de todo el tramo a intervenir. Se le manifestó la necesidad de abarcar todo

el ancho de la vía interviniendo con concreto ciclópeo los sobre anchos. La *Figura 9*. Ancho de vía y cuneta existente., muestra las franjas negras y blancas que representan la cuneta existente en sitio. La línea continua representa el ancho de vía permitido para intervenir. En esa franja se planteó la construcción de concreto ciclópeo, pero fue negada, por limitar el alcance del proyecto.

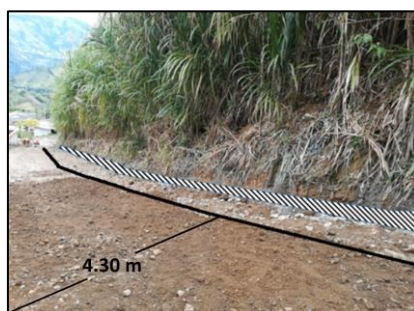


Figura 9. Ancho de vía y cuneta existente. Abscisa K0+100 m.

6.1.5 Tercer comité de obra. La entidad manifestó cuatro puntos concretos: 1) El muro de contención No 1 se debería construir de acuerdo con los planos entregados por la alcaldía; 2) Se aprobó la construcción de un segundo muro de contención en concreto ciclópeo; 3) Se aprobó la realización de acta de pactación de Ítems y precios no previstos No 1 y 4) Solicita la elaboración un acta de mayores y menores No 01.

6.1.6 Cuarto comité de obra. En el cuarto comité de obra se presentan las dimensiones del muro de contención No 2 y se informa a la entidad que debido al balance de obra elaborado el presupuesto faltante para completar 182 m de mejoramiento vial de es \$15.000.000 (Quince millones de pesos m/cte.).

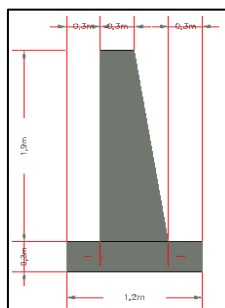


Figura 10. Sección transversal No. 2 muro de contención No. 2

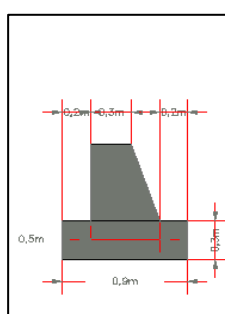


Figura 11. Sección transversal No. 1 muro de contención No. 2

6.1.7 Actas de cobro parcial. El objetivo principal de este documento fue cobrar a la entidad por el avance de obra y permitir al contratista disponer de recursos económicos que permitieron continuar con la ejecución de las obras. Los informes de avance parcial de obra presentaron las actividades, cantidades ejecutadas, el registro fotográfico, el pago de la seguridad social, los equipos y mano de obra empleados durante el periodo de informe.

Tabla 3

Resumen de cobros parciales realizados

Cobro parcial No	Valor	% Avance
Presupuesto inicial \$157.824.146		
No 01	\$ 50.944.648	32.28 %
No 02	\$ 51.046.775	32.34 %
Presupuesto inicial + Adición \$172.824.146		

No 03	\$ 53.550.309	30.99 %
No 04	\$ 17.282.414	10.00 %
TOTAL	\$172.824.146	100 %

Nota: Durante la ejecución del proyecto se presentaron cuatro actas de cobro parcial.

6.1.8 Módulo de placa-huellas. La figura 12, Sección transversal de placa-huella entre abscisas K0+182 m y abscisa K0+132 muestra un módulo que se compone de dos placa huellas en concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión de 2.70m x 0.9m x 0.15m, una contra huella central en concreto ciclópeo de 2,70m x 0.9m x 0.15m con volúmenes 60% en concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión y 40% piedra de rio, una viga riostra de 0.20m x 0.20m x 2.70m en concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión, dos cunetas laterales 0.60m x 0.15m x 2.90m en concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión y bordillos laterales tipo 2 polígonos trapezoidal de 0.12m x 0.2m x 0.15 m x 2.90m y área rectangular de 0.2m x 0.2 m en concreto de 3000 PSI de resistencia a la compresión.

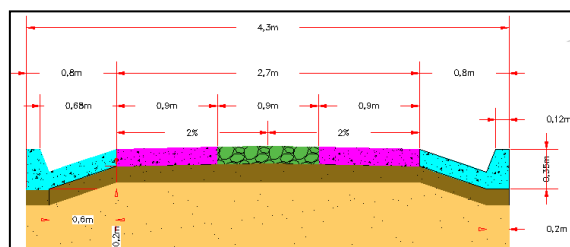


Figura 12. Sección transversal de placa-huella entre abscisas K0+182 m y abscisa K0+132 m.

Fuente: Elaboración propia

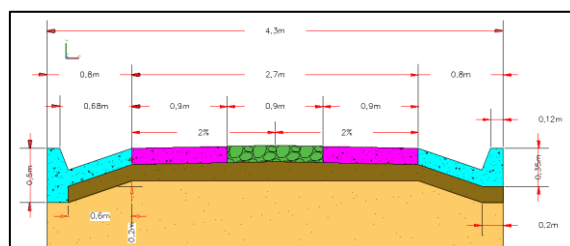


Figura 13. Sección final de placa huella construida entre abscisa K0+132 m y K0+060.

Fuente: Elaboración propia

6.1.9 Cálculo de volumen de cantidades. Se muestran los volúmenes de cantidades de materiales pétreos, cemento y aceros requeridos para efectuar la pavimentación de un tramo de 182 metros con placa-huellas. Se calcularon con base en las secciones transversales autorizadas para su construcción. La dosificación de la mezcla de concreto fue de; Arena 0.56 m³/m³, Gravilla 0.84 m³/m³, Cemento 7 Bult/m³ y piedra de río 0.3 m³/m³.

Obtener los volúmenes fue sencillo, simplemente con las dimensiones de los elementos que integran la placa-huella se calculan los volúmenes ocupados en 182 ml y dichos volúmenes se multiplican por la proporción de cada material.

Tabla 4

Materiales pétreos y cemento, totales empleados en la construcción de placa-huellas

Materiales pétreos totales concretos 3000 psi													
Elemento	Longitud [m]	Longitud T [m]	Área [m ²]	Sección [und]	Volumen [m ³]		Arena [m ³]		Gravilla [m ³]		Cemento [Und]		Piedra
							0,56 [m ³ /m ³]		0,84 [m ³ /m ³]		7,00 [Und/m ³]		0
Bordillo t1	64	64,0	0,09	1,00	5,89	11,6	3,29		4,95		41,22		0,0
Cuneta t1	64	64,0	0,09	1,00	5,76	5	3,23	32,0	4,84	48,0	40,32	400,0	0,0
Bordillo t2	182	300	0,06	2,00	18,6	45,6	10,4	6	15,6	9	130,2	74	0,0
Cuneta t2	182	300	0,09	2,00	27,0	0	15,1		22,6		189,0		0,0
P-huella	182	338	0,13	2,00	45,6	45,6	25,5	25,5	38,3	38,3	319,4	319,4	0,0
H-Central	182	169	0,13	1,00	22,8	22,8	7,67	7,67	11,4	11,5	95,82	95,82	9,1
Riostra 1	2,70	170,1	0,04	63,00	6,80	6,80	3,81	3,99	5,72	5,98	47,63	49,89	0,0

Riostra			0,0												0,0
2	2,70	5,40	6	2,00	0,32	0,32	0,18		0,27		2,27				0
		Total			132,	132,	69,2	69,2	103,	103,	865,8	865,	9,1	9,1	
					8	8	7	7	9	9	7	8	3	3	

En esta tabla no se incluyen los materiales empleados en la construcción de los muros de contención No 1 y No 2, ni tampoco se incluyen los materiales empleados en la reconstrucción de los cabezotes de encole y descole. Del mismo modo con base en los despieces de los aceros de placas y vigas riostras se determinan las cantidades de acero requeridos.

Tabla 5

Aceros de refuerzo totales empleados en la construcción de placa-huellas

Varilla #	#3		#4		Total
Elemento	Cant	Peso	Cant	Peso	Peso
Bordillo t1	135,64	455,76	0,00	0,00	455,76
Bordillo t2	470,17	1579,76	0,00	0,00	1579,76
Placa huellas	584,95	1965,43	0,00	0,00	1965,43
Riostra 1	102,90	345,74	126,00	756,00	1101,74
Riostra 2	4,20	14,11	4,00	24,00	38,11
Total	1297,86	4360,80	130,00	780,00	5140,80

En esta tabla no se incluyen los aceros de refuerzo empleados en la construcción de el muro de contención No. 1, ni los aceros empleados en la reconstrucción de los cabezotes de encole y descole.

6.1.10 Determinación del punto de provisión de materiales pétreos. El criterio principal tenido en cuenta para la selección del punto de suministro de materiales pétreos, radica en el valor del transporte, que para esta zona oscila entre los \$700 (setecientos pesos m/cte.) y los \$1000 (mil pesos m/cte) m³/Km.

Para la compra de afirmado se disponía de tres canteras, Guaduarajo en el municipio de Marmato, La tomatera en el municipio de Supía y Canteras de Santa fe en el municipio de Irra. Las distancias aproximadas hasta el punto de obra eran; 14.2 Km, 21 Km y 37.4 Km respectivamente. Los puntos de provisión de afirmado seleccionados inicialmente fueron La tomatera y Guaduarajo. Se definieron estas dos debido a su cercanía y a la disponibilidad de material.

Para la compra de arena de rio y gravilla, empleados en la fabricación de los concretos se contó con dos puntos de compra, Canteras de Santa Fe en el municipio de Irra y la cantera de la Felisa en el municipio de La Felisa. Ubicadas a aproximadamente 37.4 Km y 18 Km respectivamente. La cantera seleccionada fue la de la Felisa.

6.1.11 Control de materiales en obra

6.1.11.1 Recepción de materiales pétreos, madera, aceros y cemento. Para corroborar que el volumen de los materiales pétreos comprados era igual al volumen de los material transportados y entregados en obra, se debieron medir las dimensiones de los pltones de las volquetas, una de las recomendaciones es tener en cuenta la posición del gato hidráulico, debido a que algunas volquetas traen dicho dispositivo dentro del platón lo que disminuye el volumen de material entregado.

Inicialmente, en la abscisa K0+185 m se almacenaron la arena, la gravilla y la piedra de rio. El material de afirmado se descargo directamente sobre la via. La madera y los de aceros de refuerzo, asi como el cemento marca Argos se almacenaron en la abscisa K0+132 m. El almacenamiento garantizo, la salida de los bultos de cemento mas antiguo en obra; Se mantuvo un control estricto de los volúmenes de cemento y materiales en obra, lo que permitio establecer los periodos de reabastecimiento y los rendimientos de los mismos.

En la siguiente ilustración se muestra cómo se registró el ingreso de cuatro volquetas de 6 m³ de arena tres volquetas el día 12 y una volqueta el día 16 del mes de octubre. Y se registra una disminución de 2.37 m³ el 18 de octubre debido a la fundición de cinco módulos de Placas, una viga riostra tipo 1 y cuatro vigas riostras tipo 2. Quedando disponible en obra 21.63 m³ aproximadamente.

FECHA DE ENTRADA	FECHA DE SALIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD ENTRANTE [m3]	CANTIDAD SALIENTE [m3]	CANTIDAD RESTANTE [m3]
12/10/2018		ARENA ACOPIADA EN OBRA	18,00		18,00
16/10/2018		ARENA ACOPIADA EN OBRA	6,00		24,00
	18/10/2018	FUNDICION DE 14,5 ML LINEALES DE PLACA HUELLAS			24,00
		PLACAS			24,00
		largo 2,70 m espes 0,15 m ancho 0,90 m secc 2,00 und mod 5,00 vol 2,04			24,00
		riostra tipo 1			24,00
		largo 2,70 m alto 0,30 m ancho 0,20 m cant 1,00		0,09	24,00
		riostra tipo 2			24,00
		largo 2,70 m alto 0,20 m ancho 0,20 m cant 4,00		0,24	24,00
			vol T 2,37	2,37	21,63

Figura 14. Control de materiales. Arena

De la misma forma se ejecutó el control de los demás materiales, siempre con el objetivo de evitar la escasez de los mismos en obra.

6.1.12 Control de gastos de obra. Esta actividad permitió conocer el monto total de gastos durante el proceso de ejecución del proyecto. Se presenta el flujo de dinero efectuado desde el inicio de ejecución de labores hasta el 14 de octubre de 2018, nótese que el dinero se invierte en el pago de nóminas, materiales, herramientas y transportes.

Tabla 6

Control de gastos del proyecto

Fecha	Descripción	Beneficiario	Valor	Valor acumulado
22/09/2019	Caja menor 01	Jhonatan Pinzón	\$500.000	\$500.000

27/09/2018	Transportes maestro Supía Marmato	Consorcio urbano guayabito	\$64.000	\$564.000
30/09/2018	Nomina 01	Consorcio urbano guayabito	\$2.633.333	\$3.197.333
03/09/2018	Caja menor 02	Jhonatan Pinzón	\$359.000	\$3.556.333
15/10/2018	Cemento de obra 01	Consorcio urbano guayabito	\$4.067.227	\$7.623.560
13/10/2018	Aceros y dotaciones	Consorcio urbano guayabito	\$12.581.021	\$20.204.581
13/10/2018	Maderas	Consorcio urbano guayabito	\$840.000	\$21.044.581
14/10/2018	Transporte maderas y aceros	Sergio	\$160.000	\$21.204.581

Control de gastos de obra, las cajas menores representan el capital que se brinda al residente de obra con el fin de que disponga de dinero para el pago de pequeños imprevistos.

6.1.13 Recorrido preliminar. Para comprobar el estado inicial de la vía, establecer los verdaderos anchos libres, demarcar la longitud total a intervenir, ubicar los sitios de construcción del muro de contención e inspeccionar el estado inicial de las obras para el manejo de aguas de escorrentía, se procedió a efectuar el recorrido preliminar, midiendo los anchos de la vía y dejando para su constancia el registro fotográfico inicial, el cual fue elaborado cada 5.0 m.

Tabla 7

Resumen de ancho de vía

Abscisa	Ancho [m]	Abscisa	Ancho [m]
K0+000 m	5,50	K0+095 m	7,20
K0+005 m	5,50	K0+100 m	7,00
K0+010 m	4,10	K0+105 m	6,80
K0+015 m	4,00	K0+110 m	6,60
K0+020 m	3,50	K0+115 m	6,50
K0+025 m	3,50	K0+120 m	6,70
K0+030 m	3,80	K0+125 m	5,00
K0+035 m	4,00	K0+130 m	6,40
K0+040 m	3,30	K0+135 m	6,60

K0+045 m	4,00	K0+140 m	6,50
K0+050 m	4,00	K0+145 m	5,06
K0+055 m	4,10	K0+150 m	5,00
K0+060 m	4,00	K0+155 m	5,00
K0+065 m	4,40	K0+160 m	4,70
K0+070 m	5,60	K0+165 m	5,00
K0+075 m	6,20	K0+170 m	5,00
K0+080 m	6,50	K0+175 m	5,00
K0+085 m	7,20	K0+180 m	5,00
K0+090 m	7,40	K0+185 m	5,00

El ancho minimo tomado fue de 3.30 m, el ancho maximo medido fue de 7.40 m y el ancho promedio fue de 5.28 m.

6.1.14 Instalación de estacas y trazado de niveles. Para el realizar el replanteo se instalaron pares de estacas a ambos costados de la vía, desde la abscisa K0+000 m, hasta la abscisa K 0+080 m inicialmente, espaciadas cada cinco (5) metros. El ancho máximo de separación fue de 4,30 metros y el mínimo permitido por la vía fue de 3.70 m. Empleando una manguera transparente de ½” semillena con agua, manteniendo la presión atmosférica constante en ambos extremos, se ubicaron las puntas de la manguera en las caras interiores de cada par de estacas. se dejaron estabilizar los niveles del líquido y se tomaron las alturas del líquido (niveles), trazando líneas con lápiz sobre las estacas. Según el principio de vasos comunicantes (Tecnologías en educacion secundaria, 2019) estas marcas estarán en la misma cota. Estos niveles fueron marcas de referencia en las estacas, donde después se amarraron hilos que representaron físicamente los ejes externos de la vía.

El desarrollo de este procedimiento requiere; a) No dejar entrar aire a la manguera, hacerlo permite que se agrupen burbujas en la manguera y se produzcan vacíos de líquido, que afectan la medición; b) No pisar la manguera, cambiar su forma y altera la altura del líquido, produciendo una toma errónea de datos; c) Impedir que la manguera se levante del piso, hacerlo

nos permite tomar una lectura errónea, entorpeciendo la calidad de los datos tomados; d) El fluido empleado puede ser de cualquier tipo de baja viscosidad, que permita hacer el trabajo con facilidad. Así que por lo general se emplea agua del grifo.

Aplicar esta técnica en la vía, permitió; 1) Definir testigos que luego fueron herramientas de importancia al cobrar las actas de avance parcial; 2) Ejecutar el replanteo de toda la vía; 3) Definir los alineamientos de este tramo; 4) Analizar soluciones a los obstáculos físicos encontrados 5) Determinar el ancho máximo y mínimo de vía a construir; 6) Establecer los niveles de excavación o relleno; 7) Realizar control de bombeos; 8) Realizar controles de volúmenes de cantidades.

6.1.15 Nivelación de la superficie. Entre pares de estacas, se hizo una marca definiendo un nivel; luego, se instaló un hilo a lo largo de cada costado de vía definiendo así físicamente cada eje; se instaló un hilo transversal entre ejes externos “calandro”, este hilo era móvil sobre los hilos; para evitar la constante medición de la altura de replanteo con metro se trazaron marcas en las herramientas de los trabajadores a 30 cm del cabo herramientas el cual se colocaba contra el suelo. Si la marca quedaba por encima del calandro significaba que se debería excavar, en caso contrario indicaba que se debía de rellenar.



Figura 15. Nivelación transversal, marca sobre calandro indicando excavar. Abscisa K0+005m

6.1.16 Formaleteo de módulos de placa huellas y cunetas. Se midieron y cortaron tablas de 15 cm de ancho, 2.5 cm de grosor y 3.00 metros de largo; Luego, se impregno la superficie de la madera en uno de sus costados con aceite quemado de motor, diluido en A.C.P.M; Los pines residuales del corte de aceros se emplearon para amarrar hilos que sirvieron para verificar que la madera quedara alineada entre las estacas; los pines también se usaron para apuntalar la madera al terreno por la parte interna de la madera (lado con aceite); Para traslapar las maderas se usaron retazos de tabla de 15 cm de ancho por 20 cm, se ajustaron con puntillas para madera de 2 ½”; Se introdujeron en el afirmado, estacas de madera para apuntalar la parte externa; Una vez verificada la firmeza del formaleteo, el tramo fue apto para la irrigación con agua y para iniciar la fundida de concretos.

6.2 Actividades Contratadas y Ejecutadas

6.2.1 Conformación de calzada. Con la instalación de estacas e hilos, se definió la franja de intervención, lo que permitió identificar posibles obstáculos para así reajustar el trazado de las obras de mejoramiento, o los ejes de la vía. Como se describe más adelante la instalación de los hilos permitió la nivelación y conformación de la rasante desde la abscisa K0+000 m hasta la abscisa K0+182 m.

6.2.2 Afirmado compactado. Se realizó la descarga del material durante el descenso de las volquetas sobre del tramo. Luego se extendió con picas y palas. El nivel transversal se controló cada 70 cm y el nivel longitudinal cada 20 cm. Se compacto en una capa de espesor promedio de 15 cm, en 4.30 metros de ancho con rana de compactación y canguro saltarán en zona de

borde. La humedad, se controló hidratando por irrigación con manguera y algunas veces se debió airear el material de afirmado debido a su excesiva saturación.

6.2.3 Excavación manual h=10 para riostras y vigas. Se realizó la excavación de las zanjas de 0.24m x 0.07 m x 2.70m en el afirmado cada 2.90 m, está en la distancia entre ejes donde se procedió a la construcción de las vigas riostras. Una vez terminada la zanja, esta se compacto con canguro.

6.2.4 Excavación en roca. La excavación en roca se ejecutó con porras, picas y barras, la mayor parte de la cantidad de excavación en este tipo de material se efectuó en los primeros 60 metros de la vía, en los costados y en las zanjas de construcción de los muros de contención.

6.2.5 Acero de refuerzo 60.000 psi para placas y riostras. Se realizó el corte de las varillas de acero de la siguiente manera de forma manual con una cizalla; Para los aceros de refuerzo longitudinal de cada viga riostras tipo 1 se usaron 2 varillas de acero corrugado de ½”, cortadas a 3.00 m: Para el acero de refuerzo transversal de las Vigas riostras 1, se emplearon varillas de acero corrugado de 3/8”, cortadas cada 0.70 m: Para el acero de refuerzo transversal de las vigas riostras tipo 2, también se usaron varillas de 3/8”, cortadas cada 0.90 m: El acero de refuerzo transversal para Cunetas y Bordillos Tipo1, fue de 3/8”, cortado cada 1.00 m: los aceros de refuerzo transversal empleados en las placa-huellas, fueron en varillas corrugada de 3/8”, y 0.85 m de longitud: El acero de refuerzo longitudinal para placa huellas se configuro en varillas de 3/8”. Una vez cortadas las varillas y agrupadas, según su grosor y longitud, se procedió a figurar manteniéndolas agrupadas por su forma, para después ser instaladas en el sector requerido. Se emplearon micos o herramientas de doblaje para los conformar los ganchos

de las vigas riostras y se requirió acondicionar en sitio un tronco en el que se incrustaron pines de 20 cm de largo hechos con varillas de 3/8", a 15 cm de profundidad.

6.2.6 Placas de concreto hidráulico clase D dimensiones 0,15 m * 0,9,0 m * 2,7 m. Son 2 por sección transversal, incluye formaleta. Concreto clase D para riostras. En la abscisa K0+185 m, se estableció el punto de mezclas de concretos para ejecutar los primeros 50 metros de obra, posteriormente dicho punto se definió en las abscisas K0+132 m, K0+090 m y finalmente la abscisa K0+025 m, siempre con el objetivo de disminuir la distancia de acarreo interno de concretos. Desde allí se fabricó a razón de 1 m³/hora, el concreto para vigas riostras y placa huellas en concreto de 3000 Psi de resistencia. Es decir, el personal empleo un periodo de 8.5 minutos para preparar un bulto de cemento lo que equivale a un 1/7 m³ de concreto. El concreto se transportó en carretillas hasta el sitio de función, usando las franjas de afirmado donde se construirían las cunetas, después de fundidas las placas, estas sirvieron de pasarela a las carretillas. Se procedió a ejecutar la eliminación de burbujas de aire atrapadas en la mezcla de concreto durante la elaboración, transporte y vaciado, por medio del vibrador de concreto a gasolina. La superficie del concreto se nivelo, empleando una regla en aluminio o codal. Se dejó fraguar la mezcla nivelada y después de treinta minutos se dio terminado con escoba a la superficie y se realizó el marcado de agarres diagonales espaciados cada 20 cm y se marcaron las dilataciones de las vigas riostras.

La separación de la parrilla de refuerzo se mantuvo a 0.07 m del suelo. El concreto fundido se debió mantener hidratado durante los siguientes siete días regando agua sobre su superficie. La irrigación de agua se hizo a las 7:00 am, 9:30 am, 12:30 m, 3:30 pm y 5:00 pm.

6.2.7 Cuneta de concreto hidráulico clase D dimensiones 0,70 m * 0,15 m * 1,0m. Para la fundición de cunetas y bordillos en concreto primero se efectuó el formaleteo de las cunetas;

después durante el proceso de vaciado de concreto se verificó que los aceros de refuerzo quedaran centrados. Para el acabado superficial se barrió la superficie, después de 20 minutos de vertido el concreto y el trazado de las dilataciones se realizó cada 1.45 m perpendicularmente al eje de la vía. Al igual que las placa huellas se mantuvo hidratado el concreto por 7 días regando en promedio 4 veces por día. Una vez se fundieron las cunetas se procedió con la instalación de las formaletas para construir el bordillo Tipo 2 en concreto. Tres días después de fundido se desformaleteó y se procedió al corte del mismo cada 1.45 m.

6.2.8 Placas de concreto ciclópeo clase G dimensiones 0,15 m * 1,0 m* 2,7 m. Son 1 por sección transversal, incluye formaleta. Se solicitó al personal de obra acopiar piedra en cada uno de los módulos y realizar la limpieza y el retiro de escombros de los módulos donde se vertería el concreto ciclópeo; Una vez se retiró la formaleta de las placa huellas y vigas riostras, se procedió a limpiar los cajones de 2.70m x 0.90m x 0.15m, de basura, materia orgánica y escombros; Se llenaron las canecas con agua y se dispuso a fabricar una mezcla de concreto de 3000 PSI de resistencia; Se agregó una primera capa de concreto de 3000 PSI de 6 cm de espesor en el cajón; Se instaló una primera capa de piedra en todo el módulo intervenido, nivelando y dejando embebido hasta el 50% del volumen de cada piedra; La proporción piedra y concreto fue 40% - 60% respectivamente; Luego se vertió una segunda capa de concreto y se procedió a instalar la segunda capa de piedra pegada para configurar el concreto ciclópeo, evitando tapar la piedra con el concreto. Fue necesario mantener en cada módulo baldes con agua para hidratar las piedras que se iban instalando.

6.2.9 Reconstrucción cabezote y descole de transversal para aguas de escorrentía. La caja de encole requirió la construcción de un recalce en concreto reforzado de 30 cm, para la

caja de descole se debió construir el piso y las paredes laterales en concreto reforzado de 3000 PSI.

6.2.10 Excavación manual en tierra seca $0 < H < 2$ m, incluye entibado y manejo de agua y Excavación manual en conglomerado de 0 a 2 metros. Incluye entibado (Muros N°1).

Para la construcción del muro de contención No 01 en el sector de Guayabito, se procedió a verificar anchos de excavación, se niveló, se replanteó la zona y se excavó según dimensiones de planos.

6.2.11 Retiro de material Sobrante de excavación (Muros N° 1). El relleno de la zanja del muro de contención No 01 se ejecutó con material seleccionado del sitio, en capas de aproximadamente 10 cm de espesor hasta llegar a una altura de 0.85 m. Para la compactación del material se empleó un pisón de mano debido a la sección angosta de la zanja, y se mantuvo húmedo el material para su compactación.

6.2.12 Llenos compactados con material seleccionado del sitio. Se procedió a ejecutar el relleno con material seleccionado del sitio, en capas de aproximadamente 10 cm de espesor hasta llegar a una altura de 0.85 m. Para la compactación del material se empleó un pisón de mano debido a la sección angosta de la zanja, y se mantuvo húmedo el material para su compactación.

6.2.13 Rocería sin transporte de desechos. Durante las actividades de replanteo de la vía y excavación en zona de construcción de muro de contención No 1 se hizo necesario realizar el proceso de corte de la vegetación que impedía dar inicio a las labores constructivas y así identificar posibles estructuras existentes.

6.2.14 Limpieza de alcantarilla (No incluye retiro de materiales). Se realizaron las labores de limpieza de la alcantarilla transversal existente, la cual estaba completamente colmatada. Dos personas se hicieron cargo de esta actividad durante tres días consecutivos, empleando baldes, picas, palas, barras, palustres y carretas.

6.2.15 Demolición de estructuras en concreto. Se procedió a realizar la demolición y retiro de material de las cunetas en concreto, existentes en el costado derecho e izquierdo de la vía entre las abscisas. K0+132 m y K0+055m. Así mismo se demolió una caja en la abscisa K0+050m que ya no estaba en uso y que obstaculizaba las actividades de construcción.

6.2.16 Excavación manual en conglomerado. Esta actividad consistió en la excavación del material para conformar la zanja de construcción del muro de contención No 2.

6.2.17 Concreto clase D 3000 PSI. Como resultado de la eliminación del Ítem O.E.4.6, debido a que las especificaciones técnicas y planos eran deficientes, se incluyó este Ítem como desgloble de las actividades requeridas para ejecutar la construcción del muro de contención No 1. Este concreto es el concreto que se empleó para zapata y vástago del mencionado muro de contención No 1.

6.2.18 Acero de refuerzo 60.000 psi. Como resultado de la eliminación del Ítem O.E.4.6, debido a que las especificaciones técnicas y planos eran deficientes, se incluyó este Ítem como desgloble de las actividades requeridas para ejecutar la construcción del muro de contención No 1. Este es el acero de refuerzo que se empleó para la construcción de la zapata y vástago del muro de contención No 1.

6.2.19 Concreto clase G 3000 psi. Finalmente, este concreto es el concreto que se empleó en la construcción de un muro de contención No 2 que se requirió en la Abscisa K0+025 m.

6.3 Problemas presentados

Se presentan a continuación los inconvenientes encontrados durante la ejecución de las obras de mejoramiento vial.

6.3.1 Aguas residuales industriales. El 24 de septiembre del año 2018 a las 8:00 am se presenta flujo de aguas de escorrentía, desde la abscisa K0+080 m. Una inspección visual, estableció que no se trataba de aguas lluvias y que la dirección del origen apunta hacia la Compañía Mineros Nacionales S.A.S. Se informó a el Supervisor de la obra. Dicho evento también es causa del cambio de frente de ejecución.

6.3.2 Rocas de gran tamaño. Las rocas que interrumpen el trazado fueron retiradas y acopiadas en varios sitios a ambos costados de la vía. Sin embargo, esta labor ralentizo el avance, debido a que en su mayoría se debió emplear porra para romper el material rocoso y el proceso fue dispendioso, debido a las temperaturas elevadas y el desgaste del personal.

6.3.3 Tubería de agua potable. Se avistan dos puntos con humedad en la abscisa K0+030 m. Al realizar la inspección, se nota que se trataba de domiciliarias desconectadas por deterioro de las mangueras. Personal de la empresa de acueducto efectuó el procedimiento de reparación en el sitio, esta es la segunda causa del cambio de punto de inicio de obras.

6.3.4 Material de afirmado no apto para trabajos. Los primeros viajes de material de afirmado que llegaron a la obra fueron devueltos tras considerarse no apto, debido a la falta de finos y al gran tamaño de su componente grueso, lo que produjo pérdidas de tiempo y dinero al no poder permitírnos el inicio de las actividades de instalación de afirmado.

6.3.5 Colchones de agua. Las fuertes lluvias matutinas en horas de la noche produjeron concentraciones de agua, razón por la cual durante las mañanas se debió excavar el afirmado para dejar airear revolviendo en tres ocasiones durante la mañana hasta las 2:00 pm, hora en la que se compactaba nuevamente verificando los niveles o antes si el clima mostraba señales de lluvia.

6.3.6 Falla ranas de compactación. Las ranas de compactación presentaron fallas mecánicas con mucha regularidad, lo que ocasiono una gran pérdida en los tiempos de avance, sin embargo, se dispuso de un segundo equipo como respaldo, en caso de nuevas fallas, es recomendable tener en obra aceites lubricantes, herramientas básicas para reparaciones, combustible extra y correas.

6.3.7 Afirmado suelto. Durante la instalación del afirmado entre las abscisas K0+145 m y K0+132 m se propició la necesidad de levantar el tramo de afirmado instalado debido a un error constructivo. El procedimiento debió iniciarse con el raspado de la superficie de la subrasante o escarificado antes de instalar el afirmado de nuevo para garantizar la unión de los dos materiales.

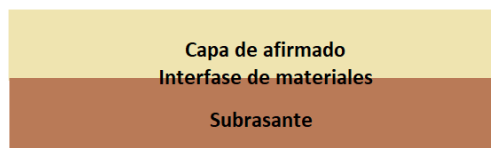


Figura 16. Capas de materiales separadas debido a su compactación por separado

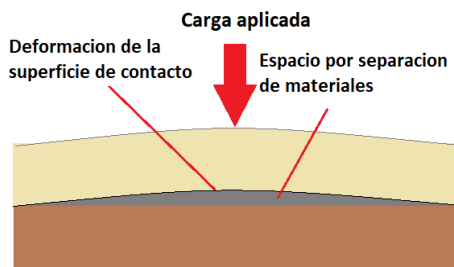


Figura 17. Separación de materiales

Se debió levantar el material de afirmado instalado y raspar la superficie de la subrasante con picas, a una profundidad media de 5 cm. Luego, el material de afirmado se extendió nuevamente sobre este material suelto, se niveló y se compactó. El cambio fue notorio, debido a que la interfase entre ambos materiales ahora era una mezcla homogénea.

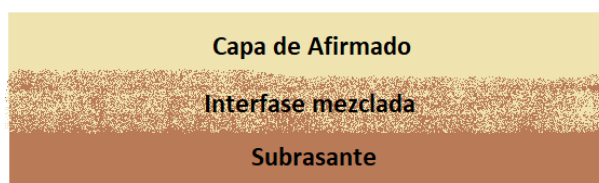


Figura 18. Interfase mezclada de materiales

6.3.8 Material de afirmado saturado. Las constantes lluvias en la zona de la cantera de Guaduarajo ocasionaron que el material que arriba a obra llegase saturado. Por tal razón se debió extender y dejar airear. Este problema ralentizó el avance de las obras.

6.3.9 Escasez de material de afirmado en obra. Las fuertes lluvias en el sector de Tres pesos ocasionaron que los depósitos de escombros de minería acopiados a borde de vía se derrumbaron obstruyendo la vía por varios días. Dicha vía conduce del antiguo Marmato hacia la cantera de Guaduarajo lo que produjo la escasez de material de afirmado en obra.

6.3.9 Vertimiento de aguas industriales sobre el terreno. Nuevamente entre las abscisas K0+000m y K0+050m se presenta escorrentía de lodos de roca molida proveniente de la planta de Mineros nacionales. La falla se presentó por la ruptura en una de las tuberías de evacuación de las aguas residuales durante el lavado de cilindros de piedra molida, en Mineros Nacionales.

6.3.10 Materiales lavados durante fundición de placa huellas. Durante la fundición de placa huellas en la abscisa K0+132 m se presenta un evento de lluvia, la cual lavo los finos y la mezcla de mortero del concreto exponiendo los agregados pétreos a la intemperie.

6.3.11 Agarres o estrías poco profundos. El grabado de los agarres de las placas huellas se hacía con una varilla $\frac{1}{2}$ " cada 40 cm sobre la superficie de las placas huellas. La supervisión se la obra cambió el método de marcado de los agarres y dilataciones de las vigas riostras recomendado emplear un Angulo en perfil metálico de $1\frac{1}{4}$ "x $1\frac{1}{4}$ " cada 20 cm. Dos funciones cumplen los agarres; la primera permite mayor tracción de los vehículos durante su tránsito sobre las placas y la segunda permita evacuar las aguas superficiales más rápidamente hacia las cunetas.

6.3.12 Control erosivo. Entre las abscisas K0+130 m y K0+055 m se ordenó instalar un cordón en piedra, sobre el costado izquierdo de la vía para disminuir la velocidad del flujo del agua de escorrentía, evitando así el arrastre material de afirmado de la vía a borde de cunetas.

6.3.13 Acabado concreto ciclópeo. El concreto ciclópeo debe permitir que se observen las rocas incrustadas en él, evitando que sobresalgan más de 2.5 cm sobre la vía. Su función principal es la de incomodar el tránsito de los vehículos e incentivar a los conductores a circular sobre las placas huellas. Al instalar el concreto en pendientes elevadas como en este tramo de vía, los concretos y la piedra deben verterse en sentido descendente, de este modo el volumen de concreto desplazado por la instalación de la roca puede ser nivelado evitando así que se tape la piedra ya instalada.

6.3.14 Erosión de material de afirmado por lluvia. Un evento de lluvia fuerte y prolongado durante la noche del 29 de noviembre de 2018, ocasiono la perdida de material de afirmado por arrastre de flujo de aguas de escorrentía, en el tramo comprendido entre las abscisas K0+015 m y K0+050 m, formando cárcavas, produciendo la perdida de al menos el 50% del material.

6.3.15 Cambio de tonalidad del cemento. El cemento traído desde la ciudad de Medellín por el proveedor Argos, presento cambio en la tonalidad a partir de la abscisa K0+080 m, tornándose más oscura. Sin embargo, la junta de construcción quedó lineal permitiendo que los concretos se separasen uniformemente.

6.3.16 Acabados defectuosos muro de contención No 2. Se efectúa el desformaletéo del muro de contención No 2, y se comprobaron algunos desperfectos en el acabado.

6.3.17 Interrupción del trazado de construcción. Durante la noche del 11 de diciembre arribaron a sitio dos viajes de material, estos fueron descargados sobre la vía, impidiendo que se continuara con el proceso de construcción lineal de las obras. No debe recibirse material ni

permitirse su descarga cuando no hay personal en obra que verifique su contenido e indique su lugar de acopio.

7. Registro fotográfico



Figura 19. Muro de contención No 1



Figura 20. Muro de contención No 2



Figura 21. Descole



Figura 22. Cuneta abscisa K0+000 m



Figura 23. Entrada vivienda abscisa K0+005 m



Figura 24. Entrada vivienda abscisa K0+030 m



Figura 25. Entrada vivienda abscisa K0+030 m



Figura 26. Entrada vivienda abscisa K0+035 m

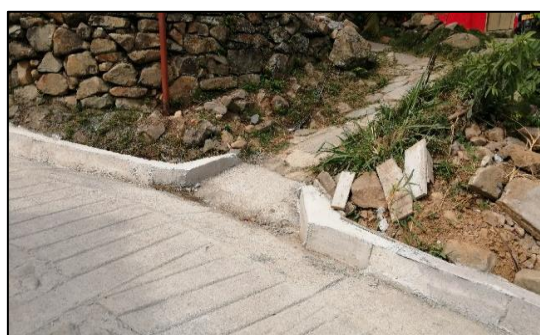


Figura 27. Entrada vivienda abscisa K0+033 m



Figura 28. Entrada vivienda abscisa K0+045 m

A continuación, se muestra en un recorrido de abscisas cada 5 metros el resultado final de la vía una vez culminado el proceso de intervención para el mejoramiento con placa huellas.



Fotografía 1. Estado final Abscisa K0+000 m.



Fotografía 2. Estado final Abscisa K0+010 m



Fotografía 3. Estado final Abscisa K0+020 m.



Fotografía 4. Estado final Abscisa K0+025 m.



Fotografía 5. Estado final Abscisa K0+030 m.



Fotografía 6. Estado final Abscisa K0+035 m.



Fotografía 7. Estado final Abscisa K0+045 m



Fotografía 8. Estado final Abscisa K0+050 m



Fotografía 9. Estado final Abscisa K0+055 m.



Fotografía 10. Estado final Abscisa K0+065 m.



Fotografía 11. Estado final Abscisa K0+085 m.



Fotografía 12. Estado final Abscisa K0+100 m



Fotografía 13. Estado final Abscisa K0+125 m.



Fotografía 14. Estado final Abscisa K0+135 m..



Fotografía 15. Estado final Abscisa K0+150 m.



Fotografía 16. Estado final Abscisa K0+155 m



Fotografía 17. Estado final Abscisa K0+160 m.



Fotografía 18. Estado final Abscisa K0+182 m.

8. Conclusiones

- Se concluye el proyecto a satisfacción, realizando el mejoramiento vial con placa huellas en 182 metros de vía con ancho promedio de 4.30 metros; se realizó la construcción de un muro de contención en concreto reforzado en el sector de guayabito de 12 metros de longitud y se ejecutó la construcción de un muro de contención en concreto ciclópeo en la abscisa K0+025m de 8 metros de longitud.
- Las obras ejecutadas permiten ahora a la comunidad del Centro Veredal La Quebrada realizar un tránsito más cómodo; Se espera mitigar el daño a la salud, principalmente a las enfermedades respiratorias producidas por el tránsito de vehículos sobre la vía que levantaban mucho polvo; de igual forma se proporciona una ruta de acceso alternativo mejorada a la población del sector de Guayabito.
- Es recomendable antes de dar inicio a las labores en futuros proyectos de mejoramiento vial, disponer de recursos para actividades de manejo de aguas de escorrentía temporales y así mitigar el impacto de las mismas sobre los tiempos de ejecución de la obra.
- Disponer de equipos de compactación pesados permite que se pueda avanzar de forma más rápida en la instalación de materiales que conforman la estructura vial, los costos de transporte de los equipos a obra pueden ser cubiertos por el costo de la nómina requerido para la instalación de la misma cantidad de material, sin embargo, el tiempo ahorrado es invaluable.
- Este tipo de proyectos requiere del cierre temporal de las vías donde se construyen, lo cual limite el transporte de los productos, animales y personas, afectando temporalmente la economía de la comunidad; por las razones anteriores muchas personas no atienden al cierre y continúan transitando estas zonas pese a los posibles riesgos a los que se someten y daños que pueden ocasionar.

- Se debe ejecutar el control de las actividades constructivas, materiales y gastos de obra para evitar el desequilibrio económico del contratista durante la ejecución del proyecto y de esta manera evitar que el proyecto se retrase.

- El control de niveles permite un mayor aprovechamiento del tiempo, de los recursos y puede ser ejecutado con la implantación y el uso del principio de vasos comunicantes cuando no se dispone de equipo de topografía en obra.

- En total se requirieron; 70 m³ de arena; 103.9 m³ de gravilla; 866 bultos de cemento, 10 m³ de piedra de río y más de 27700 litros de agua, durante la fabricación de más de 132 m³ de concreto para la construcción de placa huellas, a su vez se emplearon aproximadamente 5141 Kg de acero de refuerzo para los diferentes elementos que integraron el sistema de mejoramiento vial.

- El costo en pesos por metro lineal de sección transversal de placa huella fue de aproximadamente \$850.546 (ochocientos cincuenta mil quinientos cuarenta y seis pesos m/cte.) a precios del año 2018. Este valor no incluye los costos de estudios previos ni gastos por viabilización del proyecto.

- Queda así demostrado que el Autor tiene la capacidad de asumir el rol de Profesional como ingeniero civil, en el desarrollo de futuros proyectos de ingeniería.

Referencias

- Álvarez Pabón, J., & Londoño Naranjo, C. (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Productores de Cemento.
- Avendaño Brito, R., & Prada Jaimes, E. (2019). *Historia de las vías en Colombia*. Obtenido de <https://prezi.com/cgyt0gcl20s2/historia-de-las-vias-en-colombia/>
- CDC. (2019). *Instituto nacional para la seguridad ocupacional*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/respirable.html>
- CEDEX. (s.f.). *El material*. Obtenido de http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/C32.php?id_tema=75
- Desconocido. (s.f.). *Especificación 500-1P*.
- E-asfalto. (2019). *Historia del asfalto*. Obtenido de http://www.e-asfalto.com/orig_asf/historia_del_asfalto.htm
- INVIAS. (2015). *Guía de diseño de pavimentos con placa-huella*. Consorcio Manuales y Guías Ceal.
- INVIAS. (2007). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*. El Alcazar Limitada.
- INVIAS. (2016). *Clasificación de las carreteras*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-uncategorised/2706-clasificacion-de-las-carreteras>
- Londoño, C. (2019). *Historia de pavimentos de concreto en Colombia*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/historia-de-pavimentos-de-concreto-en-colombia>

Municipio De Marmato. (2018). *Presupuesto oficial contrato de obra No 145-2018* . Marmato: Consorcio Urbano Guayabito.

Municipio de Marmato. (2018). *Sistema Electrónico de Contratación Pública*. Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=18-11-8232901>

Pinzón Hernandez, J. G. (2018). Estado inicial abscisa K0+000 m. Marmato, Caldas, Colombia: Consorcio Urbano Guayabito.

Pinzón Hernández, J. G. (2018). Estado inicial salida o descole de alcantarilla existente. Marmato, Caldas, Colombia: Consorcio Urbano Guayabito.

Pontificia Universidad Catolica de Chile. (s.f.). *La economía colonial. Comercio*. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/historia/america/html/2_1_3.html

Revista Turbo. (2018). Este fue el primer automóvil que llegó a Colombia. Obtenido de Revista Turbo: <http://www.revistaturbo.com/noticias/este-fue-el-primer-automovil-que-llego-colombia-1010>

Secretaria de Infraestructura Municipio de Marmato Caldas. (2018). *Detalle del Proceso No. SAM 009-2018*. Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=18-11-8232901>

Tecnologías en educacion secundaria. (2019). *Ley de los vasos comunicantes*. Obtenido de <https://tecnologiainformaticaespiritusanto.files.wordpress.com/2011/11/ley-de-los-vasos-comunicantes.pdf>

Ulloa Calderón, I. A. (2011). *Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico*.