

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTIA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL



“AUXILIAR DE RESIDENTE DE OBRA EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR  
RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE  
PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN,  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”

ING. EFRAIN DE JESUS SOLANO FAJARDO  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DANIEL STIVEN HENAO POVEDA  
Código: 100413010517

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN - CAUCA  
2022



---

Proyecto de práctica profesional, en la modalidad de pasantía.  
Daniel Stiven Henao Poveda

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTIA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL



“AUXILIAR DE RESIDENTE DE OBRA EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR  
RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE  
PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN,  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”

ING. EFRAIN DE JESUS SOLANO FAJARDO  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DANIEL STIVEN HENAO POVEDA  
Código: 100413010517

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN - CAUCA  
2022



---

Proyecto de práctica profesional, en la modalidad de pasantía.  
Daniel Stiven Henao Poveda

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	1
NOTA DE ACEPTACIÓN .....	5
AGRADECIMIENTOS .....	6
INTRODUCCIÓN .....	1
MARCO CONCEPTUAL.....	2
MARCO LEGAL .....	3
MARCO TEÓRICO .....	5
Incidencia de la intensidad y composición del tránsito .....	6
Incidencia del clima.....	7
Incidencia de la capacidad de soporte de la subrasante.....	7
Características de la mezcla de concreto .....	8
Resistencia del acero de refuerzo .....	8
Placa-huella en concreto reforzado .....	9
Dimensiones y refuerzos .....	9
Esquema en planta, perfil y detalles.....	11
Textura superficial de la Placa-huella .....	14
Riostra .....	14
Esquema en planta, perfil y detalles.....	15
Juntas.....	17
Piedra pegada .....	19
Colocación de la piedra pegada.....	20
Diseño estructural de la berma-cuneta y el bordillo.....	21
Esquema en planta, perfil y detalles.....	21
Zonas de cruce.....	22
Sobrealcance.....	23
1. JUSTIFICACIÓN.....	24
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 Objetivo general .....	26
2.2 Objetivos específicos.....	26
3. INFORMACIÓN GENERAL DE LA OBRA .....	27
3.1 Localización del proyecto .....	27
3.2 Especificaciones generales de obra .....	28
3.3 Resumen ejecutivo del contrato de obra .....	35
3.3.1 Generalidades.....	35
3.3.2 Avance físico.....	35
3.3.3 Componentes básicos del proyecto .....	36
3.4 Especificaciones técnicas .....	38
3.4.1 Clasificación de la carretera. ....	38
• Clasificación de acuerdo con la funcionalidad.....	38
• Clasificación de acuerdo con el tipo de terreno .....	39



• Velocidad de diseño .....	40
3.4.2 Diseño estructural de la placahuella .....	40
3.4.3 Plan de Manejo de Tránsito (PMT) .....	43
4. METODOLOGÍA .....	45
4.1 Cronograma de actividades .....	48
4.2 Proceso constructivo .....	49
4.2.1 Implementación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) del tramo dos: Señalización, cierre de la vía y mejoramiento de la vía variante .....	49
4.2.2 Localización y replanteo. ....	49
4.2.3 Adecuación y conformación del terreno. ....	49
• Excavación mecánica en material común a nivel de subrasante. ....	49
• Conformación de la subrasante. ....	53
• Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado. ....	54
• Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación). ....	54
4.2.4 Actividades preliminares a la fundición .....	56
• Excavación manual h=0.15m y 0.20m para riostras y dentellados. ....	56
• Formaleta .....	56
• Acero de refuerzo 4.200 kg/cm <sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras y cunetas y bordillo. ....	57
4.2.5 Fundición .....	58
• Mezcla de concreto .....	58
• Huellas (Placas en concreto de 3.000 psi espesor de 0.15 m). ....	59
• Vigas riostras (concreto de 3.000 psi). ....	60
• Berma cuneta como se indica en los planos incluye bordillo y dentellón (concreto de 3.000 psi). ....	61
• Entre huellas (Concreto ciclópeo, 40% piedra-60% concreto de 3000psi, espesor 0.15m). ....	61
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	63
6. REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	68
7. CONCLUSIONES .....	75
8. RECOMENDACIONES .....	76
9. ANEXOS .....	78
9.1 Anexo 1: Resultado de muestras de compresión .....	78
9.2 Anexo 2: Ensayo de proctor modificado para el cálculo de densidad máxima y humedad óptima .....	79
9.3 Anexo 3: Determinación de densidades por el método del cono y arena .....	79
9.4 Anexo 4: Resolución de trabajo de grado .....	88
9.5 Anexo 5: Certificado de cumplimiento de horas de pasantía .....	90
BIBLIOGRAFIA .....	91



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Curvas tipo. Fuente: Tabla 1.1 Pág. 16, Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	23
Tabla 2. Características del tramo en estudio. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. Memorias de diseño geométrico del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020. ....	29
Tabla 3. Actividades para la construcción del pavimento en placa huella. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020, Propuesta económica del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.....	33
Tabla 4. Desarrollo del plazo contractual. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. ....	35
Tabla 5. Avance físico según los informes de obra. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. ....	35
Tabla 6. Presupuesto general del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. ....	36
Tabla 7. Resumen de la clasificación de carreteras según el tipo de terreno. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. Memorias de diseño geométrico del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.....	39
Tabla 8. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. Fuente: Tabla 2.1 MDGC INV 2008 .....	40
Tabla 9. Comparación del pavimento en placahuella respecto al pavimento flexible. Fuente: Elaboración propia. ....	66

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista en planta y sección en un tramo recto. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	12
Ilustración 2. Planta de distribución del refuerzo. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	13
Ilustración 3. Corte transversal. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	13
Ilustración 4. Corte transversal. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	14
Ilustración 5. Planta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	15
Ilustración 6. Corte longitudinal. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	16
Ilustración 7. Corte transversal sección en placa-huella. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	16
Ilustración 8. Corte transversal sección en piedra pegada. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	17
Ilustración 9. Junta transversal de construcción en la berma-cuneta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	18
Ilustración 10. Junta transversal de construcción en la placa-huella. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	18



Ilustración 11. Junta longitudinal entre la placa-huella o berma-cuneta y la piedra pegada. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	19
Ilustración 12. Junta transversal de construcción en la riostra. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	19
Ilustración 13. Corte berma-cuneta sección en la cuneta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	21
Ilustración 14. Planta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS).....	22
Ilustración 15. Alternativa uno de zona de cruce. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS) .....	23
Ilustración 16. Localización del proyecto en la Vereda La Castellana, Villagarzón – Putumayo. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. Memorias de diseño geométrico del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.....	27
Ilustración 17. Micro-localización de la vereda La castellana, zona de ejecución del proyecto. Fuente: Google Maps. ....	28
Ilustración 18. Tramos de diseño para el mejoramiento vial mediante la construcción de pavimento en placahuella. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. ....	29
Ilustración 19. Paso provisional para el tramo uno de diseño (color cian). Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.....	30
Ilustración 20. Desvío para el tramo dos de diseño (color naranja). Fuente: Elaboración propia. ....	31
Ilustración 21. Proceso constructivo para placa huella. Fuente: Departamento Nacional de Planeación. Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella, 2016.....	34
Ilustración 22. Secciones transversales A, B y C utilizadas. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Ilustración 23. Empalme de placahuella con el Puente sobre el río Putumayo. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.....	42
Ilustración 24. Empalme de placahuella con el Puente sobre el río Alguacil. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.....	42
Ilustración 25. Esquema de señalización y de medidas de seguridad. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Ilustración 26. Sección transversal y localización de cajeos longitudinales en el borde izquierdo. Fuente: Elaboración propia. ....	51
Ilustración 27. Sección transversal y localización de cajeos longitudinales en el borde derecho. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Ilustración 28. Sección transversal en el punto de ubicación del box coulvert. Fuente: Elaboración propia.....	53
Ilustración 29. Cronograma de actividades para los meses No. 3 y No. 4 según lo ejecutado y programado. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.....	64

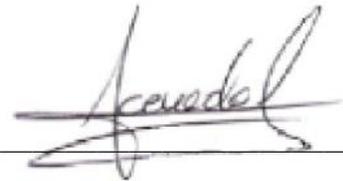


## NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante Daniel Stiven Henao Poveda para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.

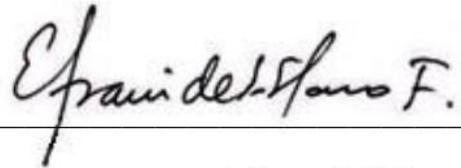
---

**Firma del Presidente del Jurado**



---

**Firma del Jurado**



---

**Firma del Director**

**Popayán, 2022**



## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi madre por ser el principal motor en mi vida, a mi hermana por ser un apoyo incondicional y por guiarme en mi crecimiento personal. A cada uno de los obstáculos que me llevaron a ser el hombre que hoy soy y el futuro profesional que seré.

También, a mi alma mater y cada uno de los docentes que influyeron en mi desarrollo profesional, de mano a una perspectiva moral que contribuya a tener un mejor país. Por último, a mis amigos incondicionales, al grupo PDDM, quienes fueron mi familia en mi etapa universitaria.



## INTRODUCCIÓN

Dentro de la filosofía del ingeniero civil, modificar el entorno de manera favorable considerando los distintos factores que interactúan, permite suplir necesidades esenciales en términos de infraestructura, que inherentemente contribuyen al desarrollo social y económico del territorio. Con la sólida base teórica en la formación del ingeniero civil obtenida en su etapa académica, se obtuvieron conocimientos y criterios cuya aplicación en la práctica profesional complementaran el desarrollo integral como futuro profesional de la Universidad del Cauca.

El siguiente trabajo de grado se enfoca en la práctica profesional – pasantía realizada en la entidad **CONSORCIO VILLA AMAZÓNICA 2020** ubicada en el municipio de Villagarzón, Departamento del Putumayo, donde se ofrece la oportunidad al pasante de participar en los procesos de construcción y supervisión en obra en el mejoramiento de una vía terciaria mediante la construcción de un pavimento en placa-huella, donde podrá fortalecer, ampliar y aplicar las competencias, los criterios, los conocimientos correspondientes a las materias cursadas en dicho campo, así como experimentar el desarrollo en planeación y ejecución de un contrato.

Las actividades ejecutadas por parte del pasante se realizaron según los parámetros del consorcio, en un horario de tiempo completo y algunas horas de permiso para asistir a clases, cumpliendo con los objetivos propuestos y adquisición de experiencia para el desempeño profesional.

## MARCO CONCEPTUAL

Diseño geométrico de carreteras: “Describe los criterios, normas y procedimientos de ingeniería usados para diseñar los elementos principales del alineamiento de una carretera, sus secciones transversales y el ambiente adyacente a lo largo del camino” (Wright & Dixon, 2010). Es decir, la configuración de un conjunto de parámetros horizontales y verticales que se ajustan a las condiciones necesarias para garantizar la seguridad y la comodidad de los usuarios al transitar.

Placa Huella: (INVIAS, 2015). Es un elemento estructural utilizado en las vías terciarias, que tiene la finalidad de mejorar el tránsito vehicular en terrenos que están en mal estado, con dificultad de tránsito; esta estructura es recomendada para vías con pendientes que superen el 10%.

Sub-rasante: (INVIAS, 2015). Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Vías Terciarias: (INVIAS, 2015). Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus Veredas o que comunican las Veredas entre sí, estas pueden estar en afirmado o capa de rodadura.

Mejoramiento de vías: Mejoramiento. Cambios en una infraestructura de transporte con el propósito de mejorar sus especificaciones técnicas iniciales (Ley 1682. Ley de infraestructura).

## MARCO LEGAL

Para poder desarrollar el proyecto se consideran las normas y especificaciones técnicas de diseño de pavimentos con placa huella, a continuación se presentan algunas de las normas que se tuvieron en cuenta para la implementación de guía de diseño de pavimentos de placa huella.

**Ley 80 de 1993:** Por la cual se disponen las reglas y principios que rigen los contratos de las entidades estatales.

**Ley 1682 de 2013 y Ley 1742 de 2014:** Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.

**Resolución 4401 de 2017:** Por el cual se adopta la guía de diseño de pavimentos con placa-huella realizado por el Instituto Nacional de Vías.

**Manual de diseño geométrico de carreteras (2008):** Manual que sintetiza los criterios para el diseño geométrico de carreteras, estableciendo parámetros para garantizar la consistencia y conjugación armoniosa de todos sus elementos, unificando los procedimientos y documentación requeridos para la elaboración de un proyecto, según sea su tipo y grado de detalle.

**Manual de drenaje para carreteras (2009):** Manual para hidrología, hidráulica con aplicación en el diseño y construcción de obras típicas para el drenaje y sub drenaje de carreteras.

**Manual de señalización (2015):** Documento técnico que presenta la forma correcta de utilizar los diferentes dispositivos para la regulación del tránsito, con el fin de prevenir incidentes y accidentes, así como ordenar y mejorar la movilidad por las vías públicas y privadas abiertas al público.

**Norma NSR-10:** Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes que establece los criterios, especificaciones y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica en el territorio.

## MARCO TEÓRICO

En la ejecución de esta obra civil es indispensable contar con el conocimiento en diferentes áreas de la ingeniería civil, principalmente en vías, concreto armado, topografía, hidráulica, alcantarillados, geotecnia, entre otras; con el fin de garantizar la calidad de las actividades a ejecutar y brindar una estructura resistente, funcional, segura, cómoda y durable para los usuarios.

Estas consideraciones ya hacen parte del estudiante dentro su proceso formativo, pero también fue esencial obtener el conocimiento teórico práctico de la alternativa de pavimentación en placa-huella, a través de la Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), ya que este tipo de obra se aleja del contexto de un pavimento convencional y se acerca más a una estructura en concreto armado. En este documento se hace la descripción de los fundamentos de este tipo de pavimento, el diseño estructural y recomendaciones para el diseño geométrico de la vía, la capacidad portante de la subrasante y el diseño del drenaje superficial.

De acuerdo con la Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) el pavimento con Placa-huella constituye una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular.

Los principales atributos de este tipo de pavimento son:

- Ofrecer permanentemente condiciones de circulación satisfactorias durante un amplio período de servicio.

- No requerir acciones de mantenimiento diferentes a la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales.
- No requerir mayores modificaciones a la geometría de la vía existente, ya que por condiciones de rugosidad de la superficie de este tipo de pavimento, la velocidad de los vehículos tiende a ser muy baja. Es pertinente manifestar que la baja velocidad es un control implícito de la accidentalidad.

Esta recomendación en la metodología conlleva a no aplicar el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS, puesto que no se realizarían rectificaciones geométricas importantes.

- Reducir los costos de construcción y mantenimiento respecto a los mismos costos de un pavimento convencional.
- Ofrecer la posibilidad de utilización de materiales y mano de obra locales.

El criterio adoptado es diseñar losas (placas-huella) de quince centímetros (0,15 m) de espesor en concreto reforzado totalmente apoyadas sobre la subbase, confinadas con vigas transversales (riostros) también reforzadas, uniformemente separadas y totalmente apoyadas que aportan confinamiento a todos los elementos de la sección transversal. El acero de refuerzo de placa-huellas y riostras se entrecruza para hacer que el conjunto trabaje monolíticamente.

### **Incidencia de la intensidad y composición del tránsito**

Las placas-huella y riostras están diseñadas con capacidad estructural suficiente para que el paso de un camión C-3 con veintidós (22) toneladas en su eje tándem no genere esfuerzos superiores a los esfuerzos admisibles de la placa-huella reforzada, ósea la resistencia última de los elementos de concreto reforzado. Lo anterior implica que si un camión C-3 no produce falla,

tampoco lo harían vehículos de menor peso que el del C-3, ya que el mecanismo de falla se debe a **carga última**, donde el colapso se puede generar por exceso de cargas o asentamientos diferenciales.

Entonces el estudio de tránsito debe enfocarse en establecer si la vía demandaría la circulación de vehículos con dimensiones y peso mayores que los del C-3 durante el periodo de diseño.

En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores a las del C-3, la construcción del pavimento con Placa-huella reforzada no sería viable bajo las condiciones de la Guía.

### **Incidencia del clima**

La temperatura y la precipitación son dos variables climáticas que ejercen influencia en el comportamiento de los pavimentos.

La temperatura influye específicamente en las losas de concreto produciendo esfuerzos por alabeo que son consecuencia de gradientes térmicos. Dado que el acero de refuerzo de la placa-huella absorbe estos esfuerzos la caracterización de la temperatura en la zona del proyecto es irrelevante.

Al contrario de la temperatura la caracterización de la precipitación es de especial importancia ya que se requiere para el dimensionamiento y localización de las obras de drenaje encargadas de evacuar las aguas lluvias o de cualquier otra índole que puedan acceder a la vía.

### **Incidencia de la capacidad de soporte de la subrasante**

La capacidad de soporte de la subrasante es determinante en la rigidez del conjunto subrasante-subbase siendo este conjunto el apoyo sobre el que se construyen los elementos

---

estructurales que integran el pavimento como son las placas-huella, las riostras, la piedra pegada, las berma-cunetas y los bordillos.

Como en todos los casos la subbase tiene quince centímetros (0,15 m) de espesor y tanto las características del material como de su proceso constructivo están normalizados por el Instituto Nacional de Vías. Cabe resaltar que del análisis de sensibilidad de algunas variables en el comportamiento del pavimento con placa-huella se pudo concluir que la cuantía de acero y la longitud, ancho y espesor tanto de la placa-huella como de la riostra no son sensibles a la rigidez de la superficie de apoyo, en este caso del conjunto subrasante-subbase granular.

Los diseños estructurales indican que se requiere que la subrasante tenga un valor de CBR mínimo de tres por ciento (3%) en una Unidad Homogénea de Diseño para garantizar el debido apoyo al pavimento con Placa- huella. En caso de que la subrasante no cumpla con este requisito o se identifique la presencia de suelos expansivos se deberá realizar, con asesoría de un especialista si fuese necesario, el respectivo mejoramiento.

### **Características de la mezcla de concreto**

Consecuentemente con lo expuesto en el presente documento los parámetros de la mezcla deben ser:

- Resistencia a la compresión a los 28 días  $f'c = 210 \text{ kg /cm}^2$ .
- Tamaño máximo del agregado grueso ( $T_{\text{máx}}$ ) = Treinta y ocho milímetros (38 mm)
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

### **Resistencia del acero de refuerzo**

El acero se define por su resistencia y se contempla mínimo de  $f_y$ :

---

$$4200 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_y \leq 5200 \text{ Kg/cm}^2$$

Independiente del diámetro o varilla a usar en los elementos estructurales. Según las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con las Normas NTC-2289 – (ASTM A706M). No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245 ni aceros en frío o trefilado. Seguir lo indicado en el capítulo C-7 de la norma NSR-10.

Cuando sea necesaria ductilidad o soldadura, debe especificarse aceros que cumplan hace loco no escribir con las exigencias de la norma ASTM A 706 “Low Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement”.

El módulo de Elasticidad del acero se define  $E_s=200.000 \text{ Mpa}$

### **Placa-huella en concreto reforzado**

La metodología de diseño consistió en aplicar el Modelo de Elementos Finitos (FEM) para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentarían debido a la aplicación de las cargas vivas y muertas, tanto mayoradas como sin mayorar, en función de las exigencias de los códigos NSR-2010 y CCP-14, con los resultados obtenidos asociados a momentos, (M), cortantes ( V), cargas ( P ), sea en placas o elementos viga o Beam (Frame), se procede a aplicar la Teoría de Resistencia I propuesta en el CCP-14, incluyendo la metodología de cálculo expuesta en dicho código para el diseño a momento y cortante.

### **Dimensiones y refuerzos**

El diseño de la Placa huella reforzada conforme los resultados mostrados en el Anexo 3, establecen que los efectos derivados de la disminución de la longitud de la placa, mejores condiciones de apoyo o mayor ancho de la huella permiten una leve disminución de los esfuerzos

---

en los elementos, que mejoran las condiciones de seguridad, pero no ameritan el cambio del refuerzo de la misma. Por lo anterior la placa-huella tendrá las siguientes características:

**Longitud:**

La longitud puede fluctuar entre un valor mínimo de un metro (1,00 m) y un valor máximo de dos metros con ochenta centímetros (2,80 m).

**Ancho:**

Las placas-huella pueden ser de tres anchos:

- Noventa centímetros (0,90 m).
- Un metro con treinta y cinco centímetros (1,35 m).
- Un metro con ochenta centímetros (1,80 m).

**Espesor:**

Quince centímetros (0,15 m). El espesor es igual para todos los tamaños de placa-huella.

**Refuerzo longitudinal:**

Una varilla número 4 cada quince centímetros (1#4@0,15).

**Refuerzo transversal:**

Una varilla número 2 cada treinta centímetros (1#2@0,30).

La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 es de mínimo sesenta (60 cms) centímetros.

Con referencia al refuerzo requerido por las placas-huellas es pertinente manifestar:

- Los mayores esfuerzos se presentan en la placa-huella de dos metros con ochenta centímetros (2,80 m) de longitud y noventa centímetros de ancho (0,90 m). A medida que la longitud disminuye o el ancho aumenta los esfuerzos tienden a ser menores. Sin embargo, la disminución de los esfuerzos, y por consiguiente del requerimiento de refuerzo, no es lo

---

suficientemente sensible como para justificar, desde los puntos de vista constructivo y económico, proponer diseños diferenciales.

- El refuerzo arriba indicado es el resultado del análisis estructural del caso crítico y por lo expuesto en el párrafo anterior también se debe usar para todas las placas-huella independientemente de su forma y dimensiones. Se menciona la forma porque en las curvas horizontales resultan placas-huella ligeramente trapezoidales debido a que las riostras no son totalmente paralelas y a que en la transición del sobrecancho también algunas placa-huellas tienen forma trapezoidal.

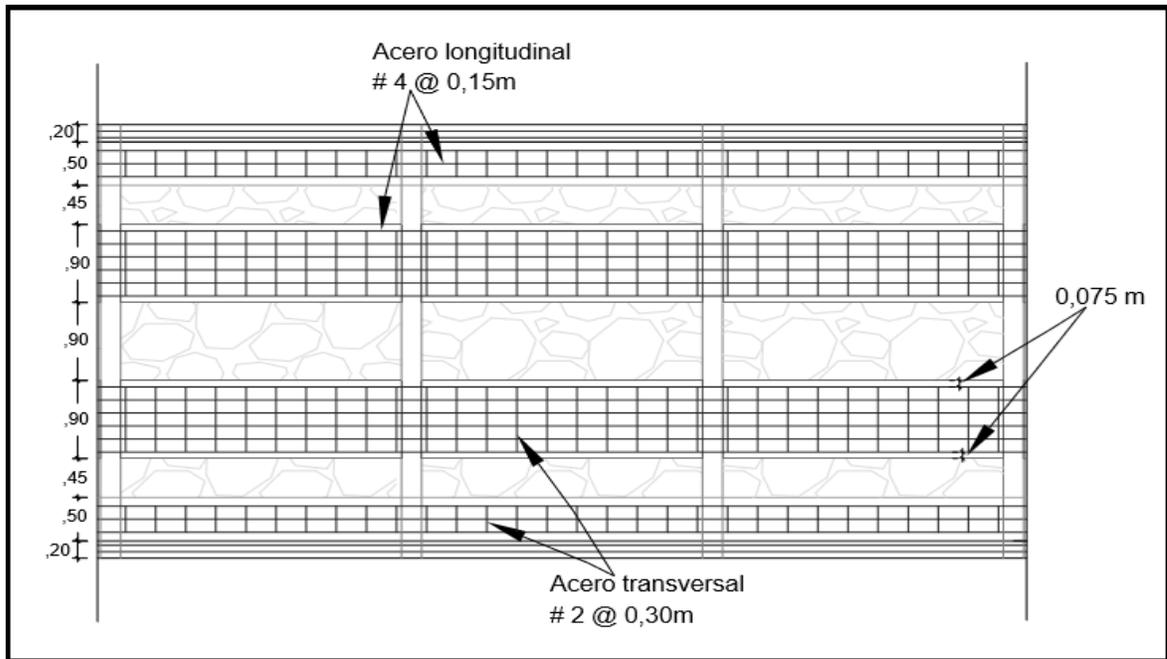
### **Esquema en planta, perfil y detalles**

El acero de refuerzo se debe colocar en la mitad del espesor de la placa-huella, lo que implica un recubrimiento de siete y medio centímetros (0,075 m) tanto en la cara superior como en la inferior.

Colocar el acero en la mitad del espesor parece improcedente ya que allí está el eje neutro. Sin embargo, los cálculos estructurales de la placa-huella, en la presente Guía, parten de que el acero está en el centro del espesor, posición que es beneficiosa ya que ésta única parrilla de refuerzo sirve para absorber esfuerzos tanto positivos como negativos que se producen por el desplazamiento de las cargas móviles. Además, permite cumplir con el recubrimiento mínimo establecido por el Código.



*Ilustración 2. Planta de distribución del refuerzo. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)*



*Ilustración 3. Corte transversal. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)*

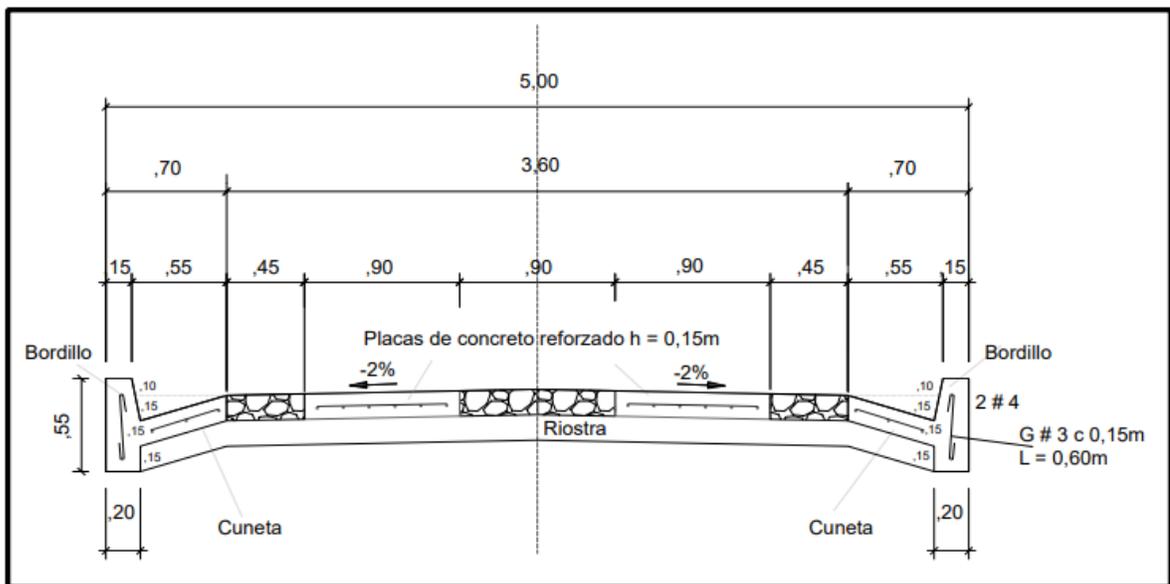
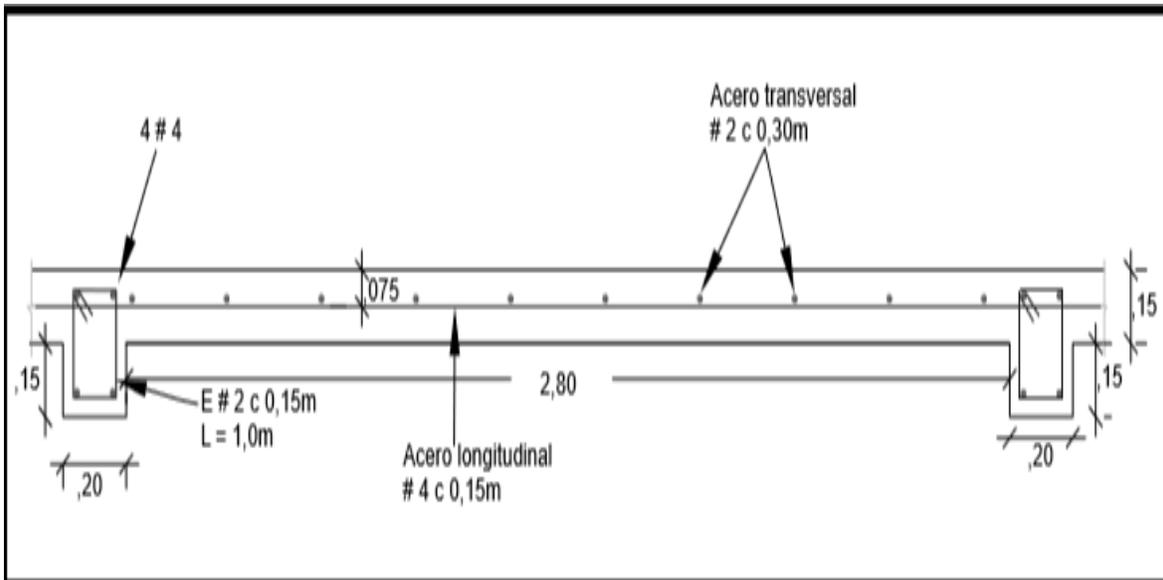


Ilustración 4. Corte transversal. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella

(INVIAS)



### Textura superficial de la Placa-huella

La superficie de la Placa-huella debe tener una textura transversal homogénea en forma de estriado, que cumpla con lo indicado en el numeral 500.4.15 del Artículo 500 de las especificaciones INVIAS-2013.

### Riostra

#### Dimensiones y refuerzos

El modelo de Elementos Finitos desarrollado también permitió determinar los esfuerzos y deformaciones generados en la riostra a partir de los cuales se elaboró el diseño estructural de este elemento el cual tiene las siguientes características:

**Longitud máxima:** 6,80 metros.

**Ancho de la Riostra:** 0,20 metros.

**Peralte de la Riostra:** 0,30 metros.

**Refuerzo Longitudinal:** Cuatro varillas número 4 (4#4).

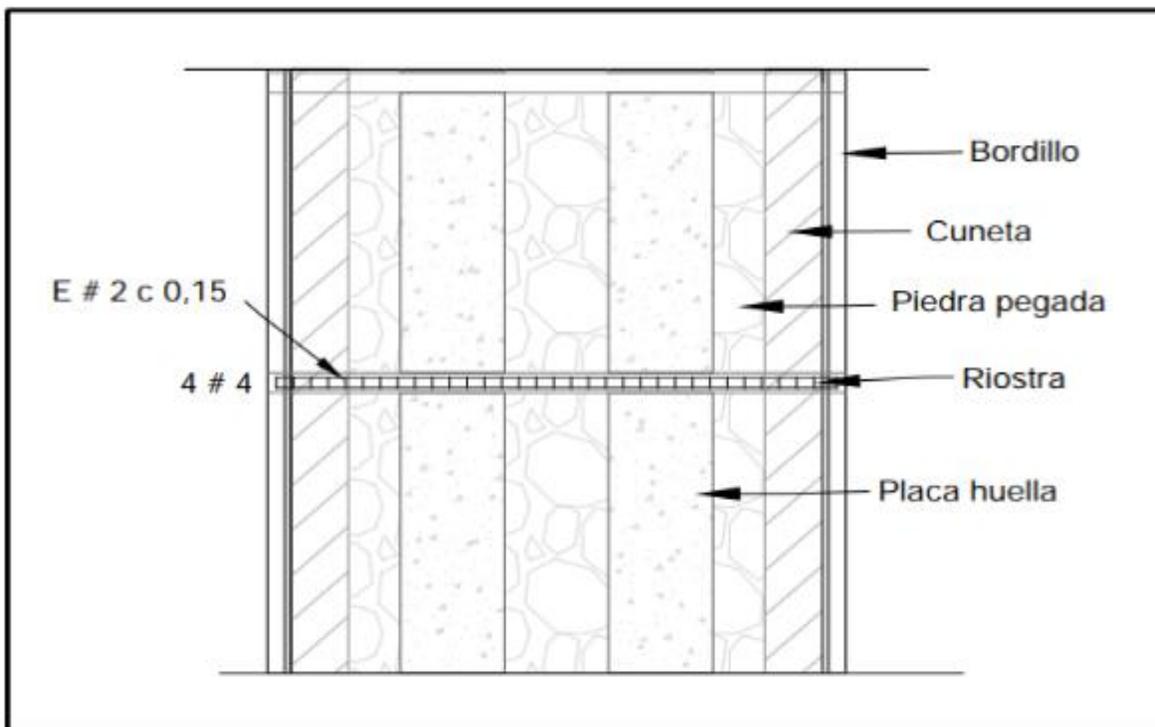
**Estribos:** Una varilla número 2 cada 15 centímetros (1#2@0,15).

La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 es de mínimo sesenta (60,0 cms) centímetros.

El recubrimiento de las varillas longitudinales #4 es de siete coma cinco (0,075 m) centímetros en la parte inferior y de cuatro (0,04 m) centímetros en la parte superior.

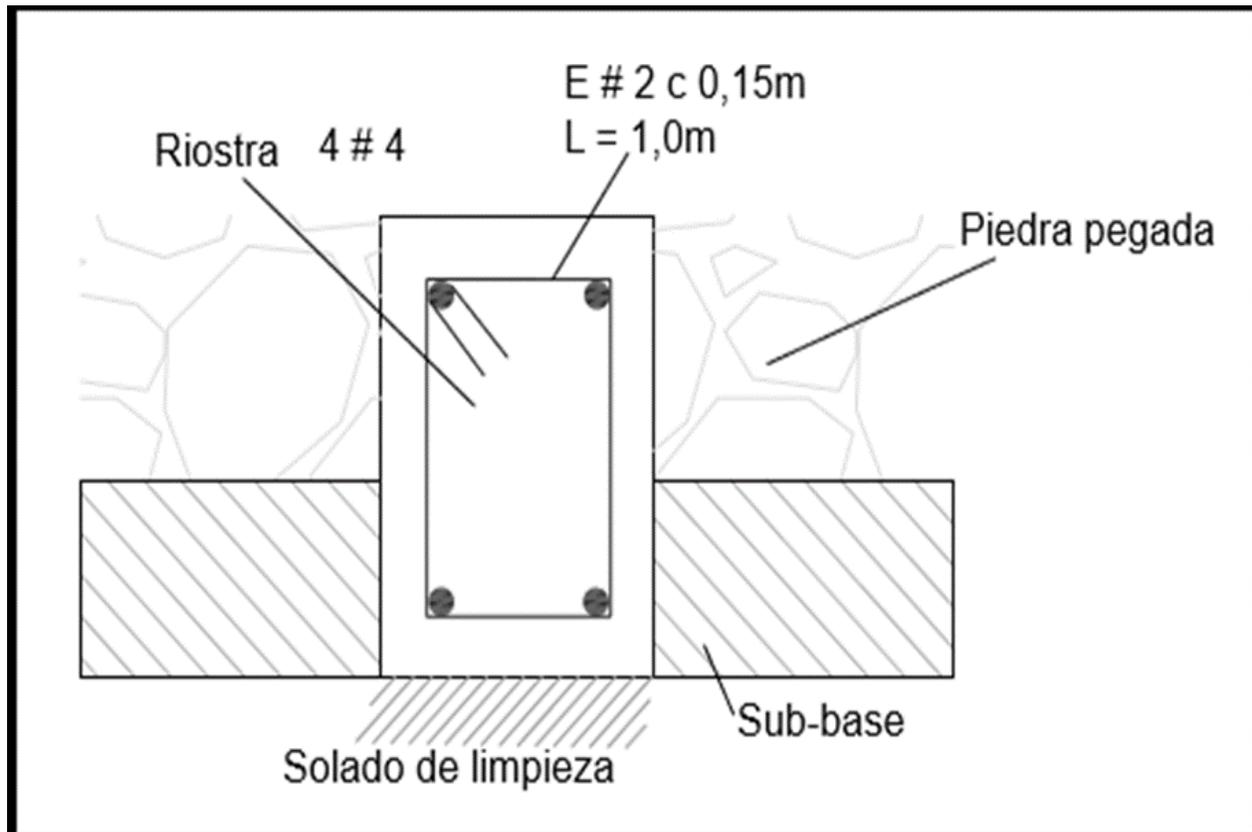
### Esquema en planta, perfil y detalles

*Ilustración 5. Planta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)*





*Ilustración 8. Corte transversal sección en piedra pegada. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)*



### **Juntas**

El modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, a fin de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción.

Ilustración 10. Junta transversal de construcción en la placa-huella. Fuente: Guía de  
Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)

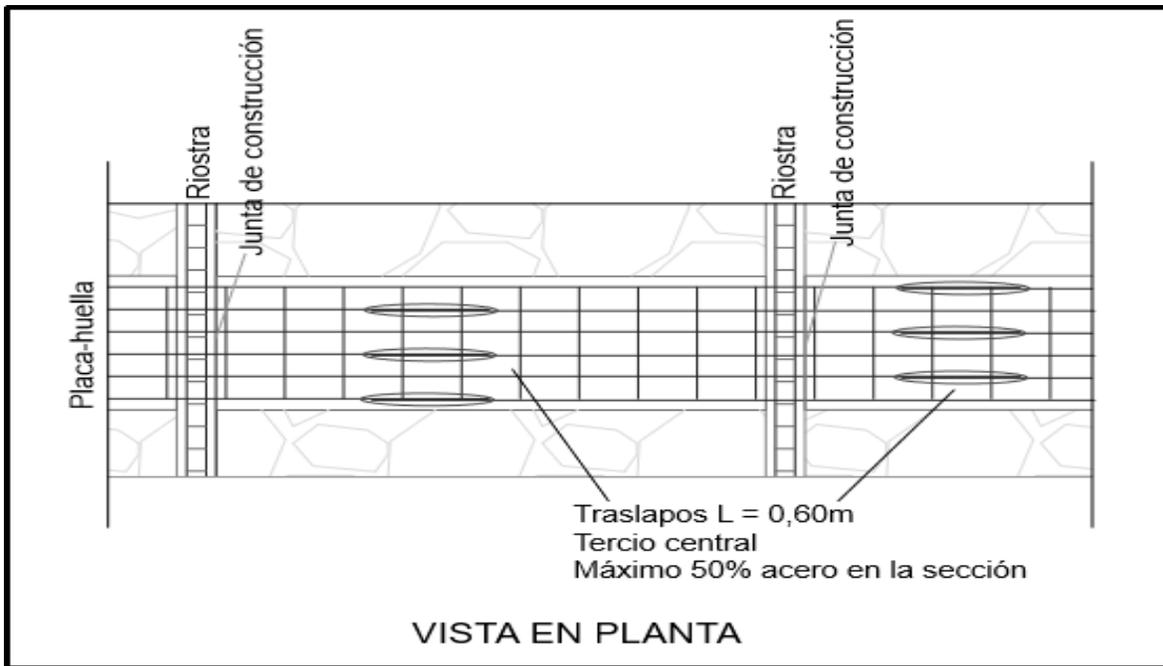


Ilustración 9. Junta transversal de construcción en la berma-cuneta. Fuente: Guía de  
Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)

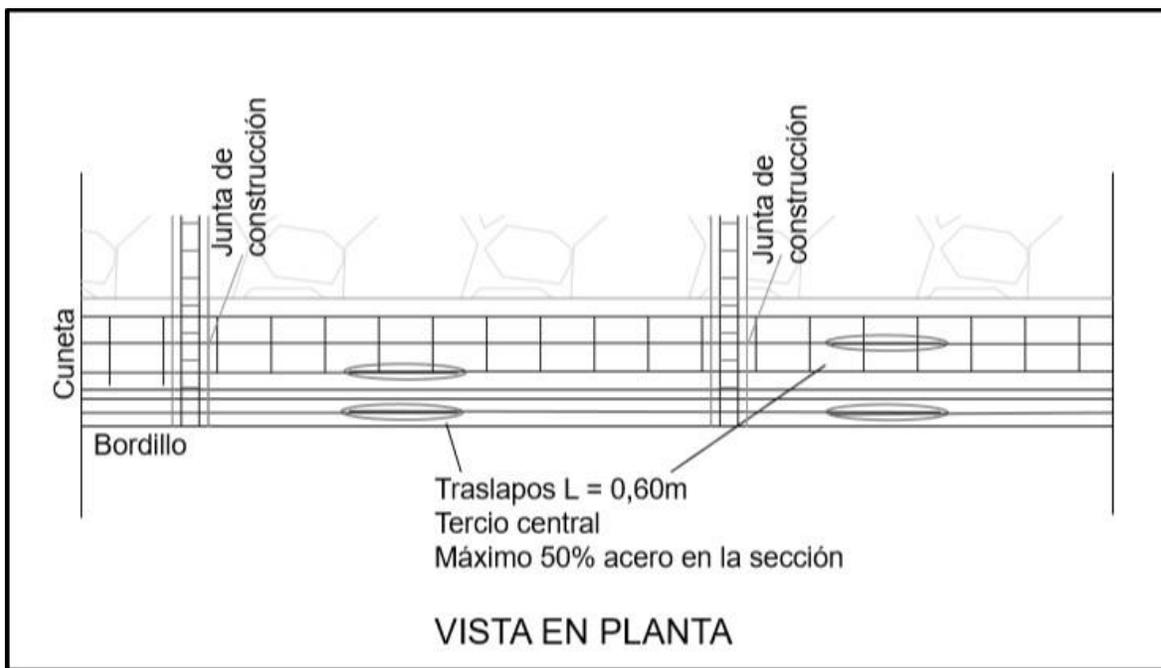


Ilustración 11. Junta longitudinal entre la placa-huella o berma-cuneta y la piedra pegada. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)

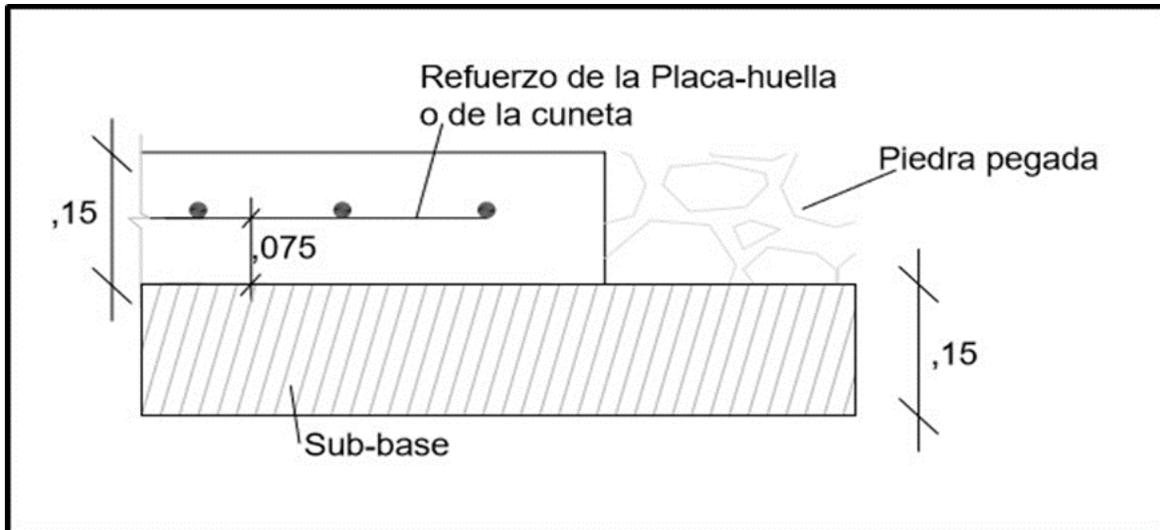
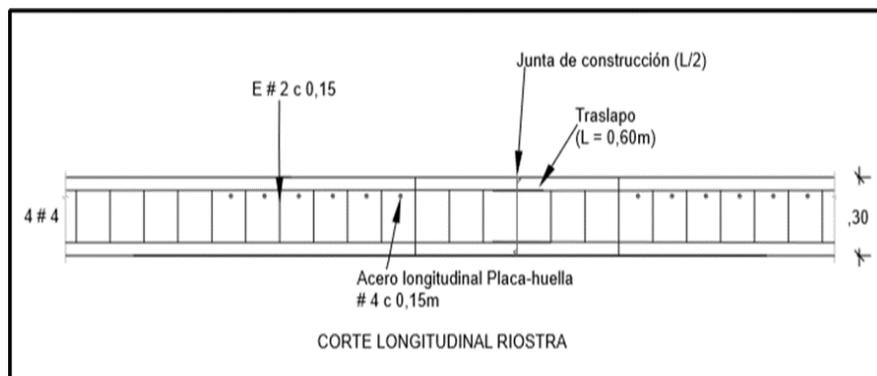


Ilustración 12. Junta transversal de construcción en la riostra. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)



### Piedra pegada

La principal función de la piedra pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos con placa-huella reforzada, por ende, ésta no tiene capacidad estructural y por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión de esfuerzos con los otros elementos del pavimento con placa-huella.

### **Características de los materiales**

La piedra pegada conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple y 40% de agregado ciclópeo, con las siguientes características:

#### **Características del concreto simple:**

- Resistencia a la compresión a los 28 días  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Tamaño máximo del agregado grueso  $T_{\text{máx.}} =$  Treinta y ocho (38 mm) milímetros.

- Asentamiento = Cinco (5) centímetros. Características del Agregado Ciclópeo:

- Tamaño máximo del agregado  $T_{\text{máx.}} =$  entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.

- Deben ser cantos rodados.

Las demás características de los materiales deben cumplir con la Especificación 630 – 13 del Instituto Nacional de Vías.

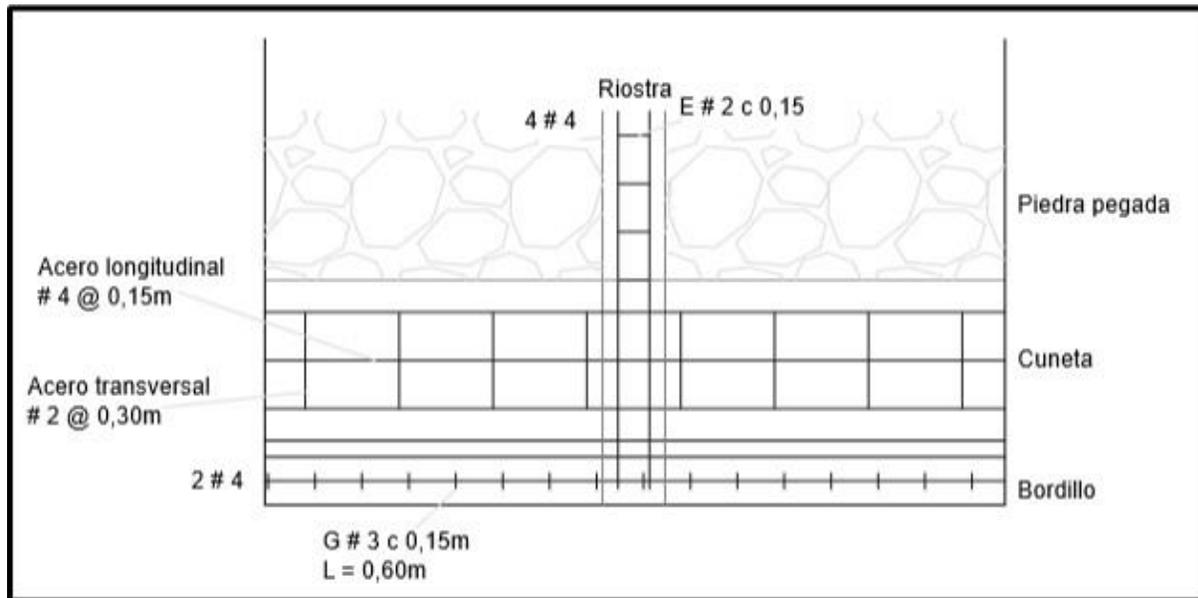
### **Colocación de la piedra pegada**

La piedra pegada deberá colocarse sobre la subbase granular una vez se encuentre fundida y fraguada la placa-huella, la riostra y la berma-cuneta circundante.

Se colocará una capa de concreto simple de cinco centímetros (0,05 m) de espesor directamente sobre la subbase para luego colocar manualmente el agregado ciclópeo distribuyéndolo uniformemente. A continuación, se colocará el resto del concreto simple y finalmente se deberá completar el agregado ciclópeo. En todo caso se deberá cumplir con la



Ilustración 14. Planta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)



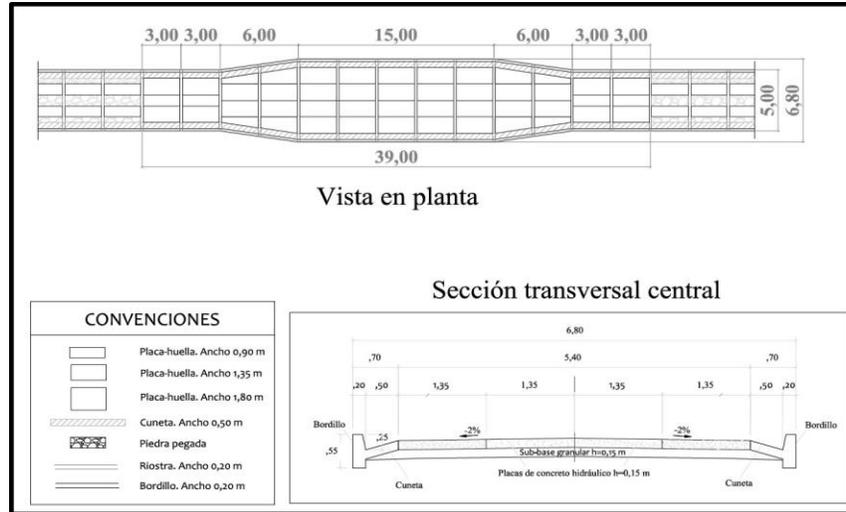
### Zonas de cruce

Es una sección transversal con un ancho superior a la sección transversal estándar de cinco metros (5,0 m) y que se realiza en tangente con el fin de permitir el cruce de un camión o un bus con un vehículo liviano siendo una maniobra posible pero indeseable o el cruce de un camión o bus con otro camión o bus, cuya maniobra no es posible.

En cada tangente se debe proporcionar al menos una zona de cruce tratando de localizarla en la parte central de dicha tangente. Si la tangente es larga se debe proporcionar más de una zona de cruce sin que el espaciamiento entre una y otra supere doscientos (200) metros. La anterior recomendación obedece a la conveniencia de que un vehículo no se vea forzado a reversar una distancia en tangente mayor a cien (100) metros.

Se elige la alternativa uno de la Guía, apropiada cuando el tramo elegido presenta restricciones en el ancho de la banca pero no en longitud.

Ilustración 15. Alternativa uno de zona de cruce. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)



### Sobrecancho

Utilizando software especializado se determinó la trayectoria de las ruedas del camión C.3 recorriendo curvas circulares simples con diferentes combinaciones de deflexión y radio de curvatura. El análisis permitió establecer doce (12) tipos de secciones transversales en curva dependiendo de su deflexión y radio.

El ancho adicional (sobrecancho) que requiere la calzada en la curva se aplica de PC a PT y fluctúa entre 0,45 m y 1,80 m.

Tabla 1. Curvas tipo. Fuente: Tabla 1.1 Pág. 16, Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS)

Curva tipo	Figura No.	Radio (m)	Deflexión $\Delta$ , en grados	Berma-cuneta exterior (m)	Piedra pegada exterior (m)	Placa-huella exterior (m)	Piedra pegada central (m)	Placa-huella interior 1 (m)	Placa-huella interior 2 (m)	Piedra pegada interior (m)	Berma-cuneta interior (m)	Ancho total calzada (m)	Longitud transición total (m)	Longitud transición sobrecancho (m)
1	1.3	> 150	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	0.90	0.90	0.90	0.00	0.45	0.70	5.00	0	0
2	1.4	80 < R <= 150	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.35	0.45	1.35	0.00	0.00	0.70	5.00	6	0
3	1.5	60 < R <= 80	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.35	0.45	1.35	0.00	0.00	0.70	5.00	9	0
4	1.6	40 < R <= 60	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.35	0.45	1.35	0.00	0.00	0.70	5.00	12	0
5	1.7	30 < R <= 40	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.70	5.45	12	3
6	1.8	25 < R <= 30	$\Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.70	5.45	15	3
7	1.9	20 < R <= 25	$\Delta \leq 45$	0.70	0.45	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.70	5.45	15	3
8	1.10	20 < R <= 25	$45 < \Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.80	0.00	0.90	1.35	0.00	0.70	5.90	15	3
9	1.11	11 < R <= 20	$\Delta \leq 30$	0.70	0.45	1.80	0.00	1.80	0.00	0.00	0.70	5.45	15	3
10	1.12	11 < R <= 20	$30 < \Delta \leq 45$	0.70	0.45	1.80	0.00	0.90	1.35	0.00	0.70	5.90	15	6
11	1.13	11 < R <= 20	$45 < \Delta \leq 90$	0.70	0.45	1.80	0.00	0.90	1.80	0.00	0.70	6.35	18	9
12	1.14	11 < R <= 20	$90 < \Delta \leq 150$	0.70	0.45	1.80	0.00	1.35	1.80	0.00	0.70	6.80	21	9

## 1. JUSTIFICACIÓN

En cumplimiento del Acuerdo No. 027 de 2012 (sobre reglamentación del Trabajo de Grado en los pregrados) del Consejo Superior Universitario y la Resolución FIC-820 de 2014 (reglamento de trabajo de grado en la Facultad de Ingeniería Civil) que ofrece al estudiante la modalidad pasantía como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca, se busca evidenciar la importancia al estar vinculado en un proyecto de gran impacto en la zona rural del municipio de Villagarzón.

El proyecto del que se hará parte, está enfocado en suplir la necesidad en la habilitación y el mejoramiento de la movilidad entre las comunidades de la vereda Kofania, vereda La Castellana y el municipio de Villagarzón, ya que en la actualidad la vía existente pertenece a vías terciarias del municipio y está construida en material de afirmado que es afectado continuamente por las altas y constantes precipitaciones en dicho sector, provocando su rápido deterioro.

La red vial de Colombia regulada por el ministerio de transporte de Colombia mediante el instituto nacional de vías (INVIAS) representa el mecanismo de conexión entre las fuentes de producción de materias primas, bienes y servicios, con los diferentes mercados existentes en el territorio colombiano, todo esto parte desde el sector rural donde se inicia y se desarrolla la actividad económica del país. La deficiente intercomunicación de las vías terciarias genera efectos negativos en la productividad y competitividad de la región debido a las restricciones en movilidad, como la incomodidad y el aumento de los tiempos de viaje que tienen un efecto directo en los costos de operación.

La principal actividad económica de la zona rural del municipio de Villagarzón corresponde a la agricultura, principalmente a los cultivos de chontaduro y plátano, ganadería,

explotación de maderas y el emergente turismo impulsado por la riqueza hidrológica, fauna y flora.

Es evidente la presencia histórica de actividades ilegales respecto al uso de la coca y el narcotráfico, pero la principal premisa en la ejecución de este proyecto de carácter público implícitamente conlleva a ofrecer soluciones a la población que carece de alternativas económicas rentables.

*“Las vías terciarias son la gran apuesta de infraestructura para el desarrollo del campo y la consolidación de la paz, dado que se ejecutan en las zonas más vulnerables y con mayor impacto en la generación de economías locales”* (DNP, Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018).

Con el desarrollo de la pasantía el estudiante logró una mayor capacidad para planear, dirigir, ejecutar y supervisar cada uno de los procesos constructivos que constituyen una obra de este tipo. Se fomentó la interrelación con otros profesionales en el campo de la ingeniería, desde el punto de vista técnico, administrativo y operativo, como también con los trabajadores y la comunidad beneficiaria desde el contexto de rentabilidad social.

Dada la coyuntura actual, el estudiante cumplió durante el tiempo de pasantía con el protocolo de bioseguridad definido en la Resolución 666 de 24 de abril de 2020.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Participar como auxiliar de residencia en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”.

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar la supervisión y control de las diferentes actividades de obra durante el tiempo de pasantía en la etapa de ejecución del contrato, realizando los procesos constructivos de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- Conocer las diferentes prácticas administrativas y de liderazgo que se llevan a cabo en el desarrollo de obra y que son necesarias para incentivar la ejecución del proyecto.
- Realizar los informes parciales y el informe final de las actividades realizadas durante el tiempo establecido para pasantía, demostrando la validez del trabajo de grado y calidad de la obra ejecutada.

### 3. INFORMACIÓN GENERAL DE LA OBRA

Durante la práctica se contribuyó en el desarrollo del **Contrato de Obra N° 441 de 25 de Agosto de 2020** suscrito entre el municipio de Villagarzón y el CONSORCIO VILLA AMAZÓNICA 2020, en el campo de la ingeniería civil en cuanto a la planeación de obra, pedidos de materiales, cálculo de cantidades de obra y supervisión en los procesos constructivos, entregando los respectivos informes y realizando las actas a que hubiere lugar, contando con el acompañamiento de un profesional en la entidad receptora.

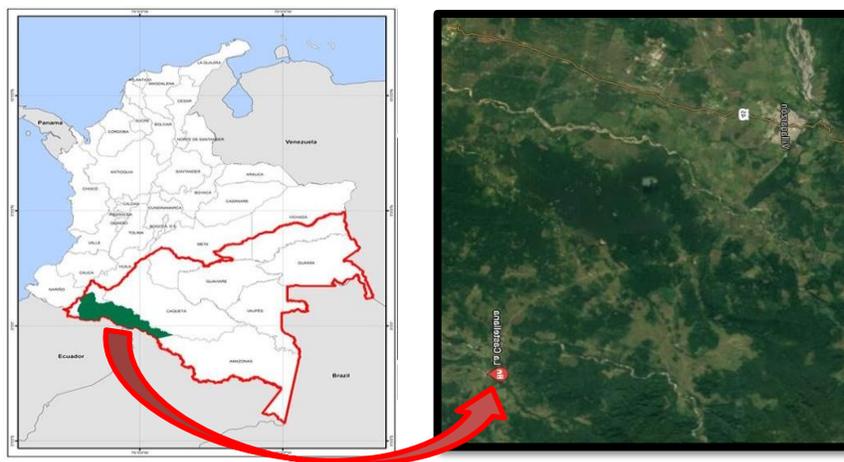
#### 3.1 Localización del proyecto

El proyecto “MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO” comunica la vereda Kofania con la vereda La Castellana en el tramo puente sobre el río Putumayo, ubicadas en el sector rural del municipio de Villagarzón (Putumayo).

*Ilustración 16. Localización del proyecto en la Vereda La Castellana, Villagarzón – Putumayo.*

*Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. Memorias de diseño geométrico del contrato de obra*

*N° 441 de 25 de agosto de 2020.*



*Ilustración 17. Micro-localización de la vereda La castellana, zona de ejecución del proyecto. Fuente: Google Maps.*



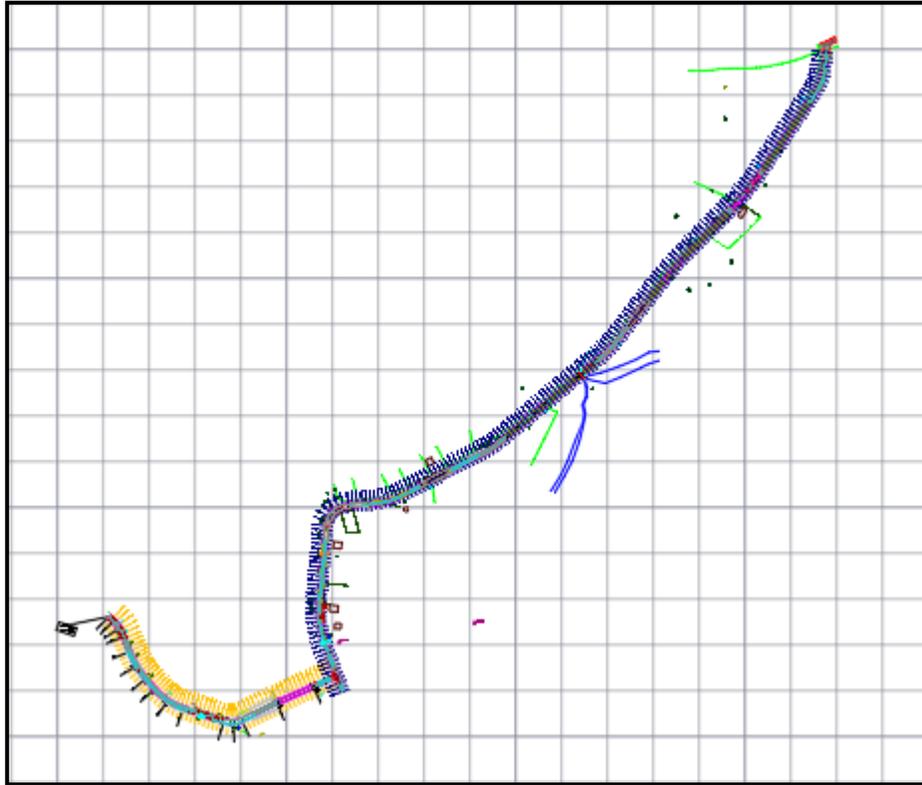
### **3.2 Especificaciones generales de obra**

El tramo existente entre las veredas Kofania y La Castellana pertenece a las vías terciarias del municipio de Villagarzón y se encontraba construida en material de afirmado.

La ejecución del proyecto comprendió el estudio de una vía de 1244 metros de longitud con un ancho de calzada de 5,00 metros. Con base en el ancho promedio y descripción general de la capa de rodadura, la vía se considera un único tramo de diseño.

Se consideran dos alineamientos dentro del diseño: El tramo uno con una longitud de 975 metros, con abscisado azul en la ilustración 3, y el tramo dos con 314 metros con abscisado amarillo en la ilustración 3.

*Ilustración 18. Tramos de diseño para el mejoramiento vial mediante la construcción de pavimento en placahuella. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*



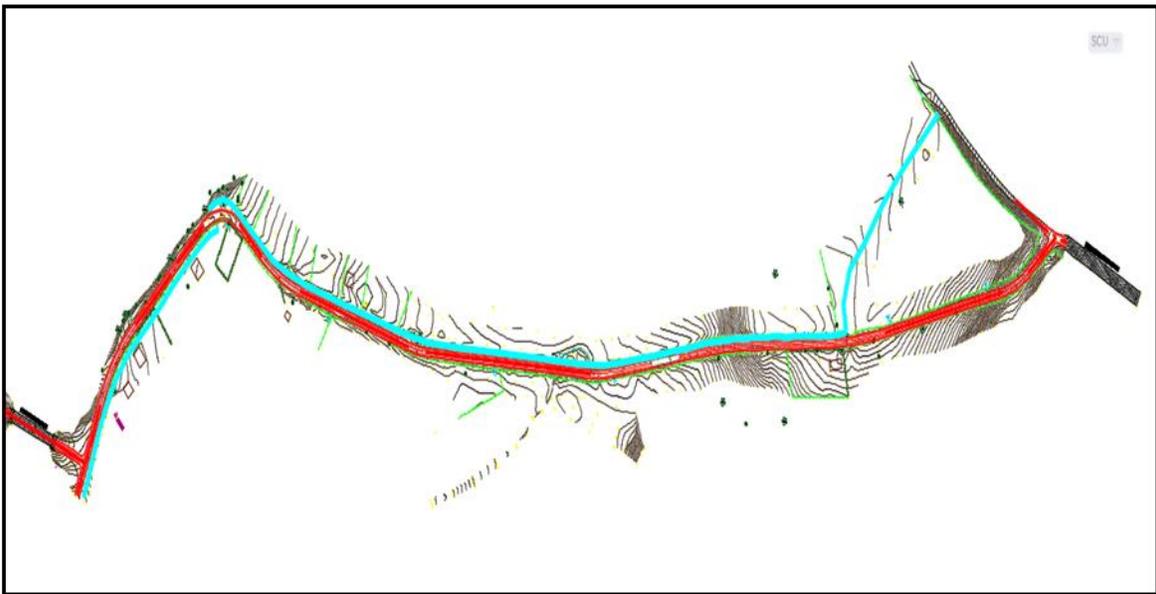
*Tabla 2. Características del tramo en estudio. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*

*Memorias de diseño geométrico del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.*

TRAMO	REFERENCIACIÓN	LONGITUD (m)	ANCHO PROMEDIO (m)	DESCRIPCIÓN
1	VIA RURAL VILLAGARZÓN – VEREDA KOFANIA – VEREDA LA CASTELLANA	1244,00	5,00	Capa de rodadura en material de afirmado, obras de drenaje deficientes.

Dado que el proyecto formulado inicialmente fue realizado por una entidad ajena al Consorcio Villa Amazónica 2020, se hallaron inconsistencias que llevaron a realizar nuevamente el levantamiento topográfico, localización y replanteo. Esto, con la finalidad de realizar las alternativas para la construcción de un paso provisional para el tramo uno, el diseño geométrico de la vía, mejoras al diseño de la placahuella y la adición de estructuras de drenaje en el tramo uno, según los requerimientos técnicos y la normatividad vigente. Por este motivo se presenta la solicitud de adicional al contrato, sustentada por el informe técnico-financiero y el acta de modificación donde se dan a conocer las falencias, soluciones y costos adicionales.

*Ilustración 19. Paso provisional para el tramo uno de diseño (color cian). Fuente:  
Consorcio Villa Amazónica 2020.*



En el caso del tramo dos se cuenta con una vía variante que inicia en el sector puente sobre el río Alguacil y comunica con las demás veredas, incluida la vereda La Castellana. Esto permite aislar las obras en dicho tramo para la ejecución del proyecto.

*Ilustración 20. Desvío para el tramo dos de diseño (color naranja). Fuente: Elaboración propia.*



Realizadas las actividades de localización y replanteo de la zona de influencia del proyecto, con la finalidad de aprovechar el tiempo contractual mientras se terminan los diseños definitivos, el contratista inicia la **etapa de ejecución** con la construcción de algunas estructuras de drenaje, un box culvert y una alcantarilla, ubicadas en el tramo dos del proyecto.

Realizadas dichas estructuras en el tramo dos, es posible iniciar con las actividades de adecuación y conformación del terreno (subrasante) y la fundición de placa-huella. Por lo tanto, el presente documento de trabajo de grado tiene como objetivo y alcance el desarrollo de las actividades anteriormente mencionadas.

Ilustración 21 . Vista en planta del tramo dos de diseño (placa-huella). Fuente: Elaboración propia.

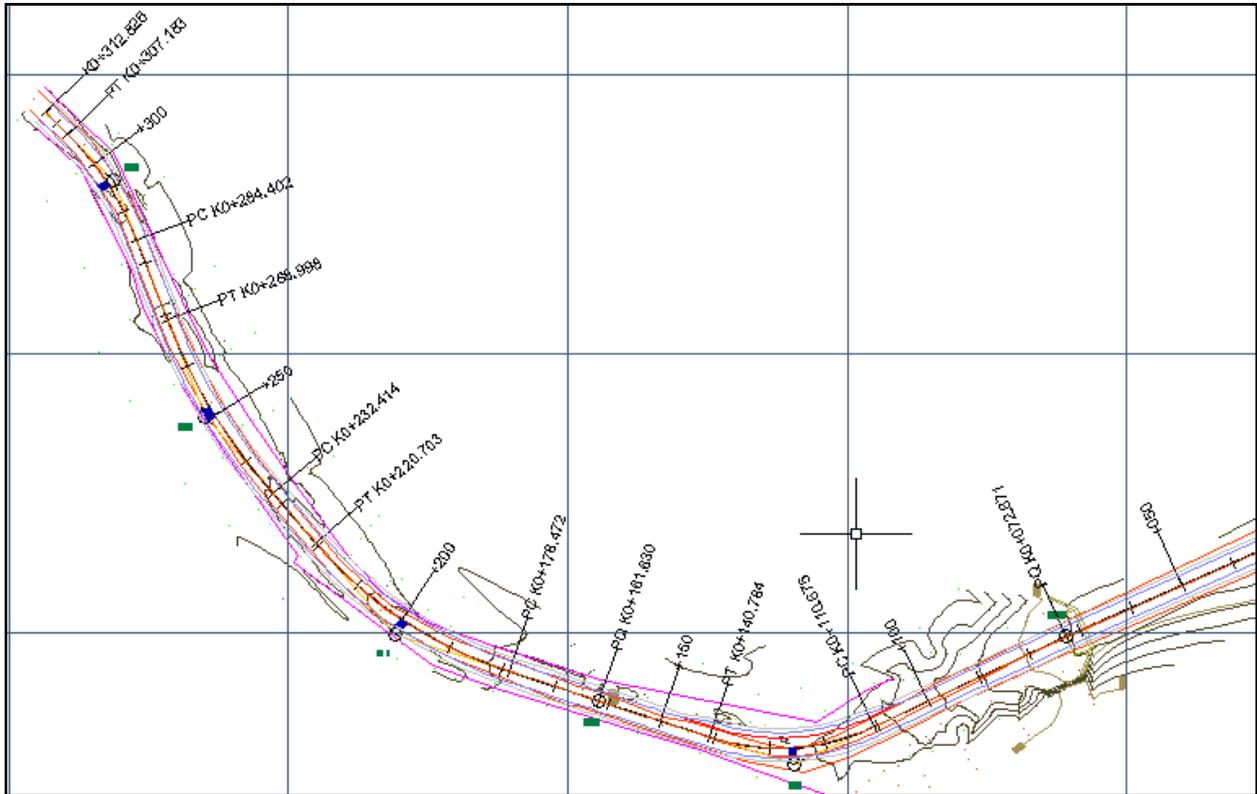
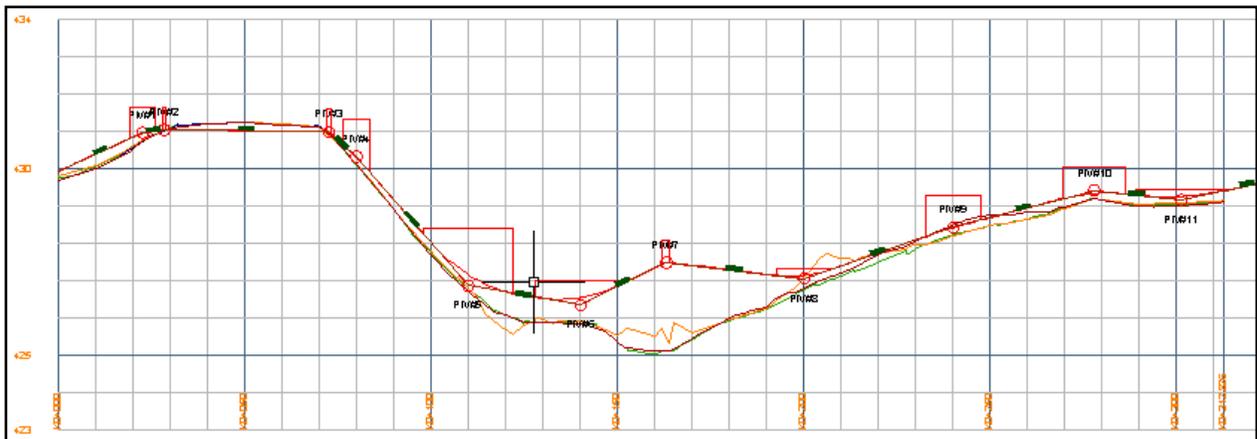


Ilustración 22 . Vista en perfil del tramo dos de diseño (placa-huella). Fuente: Elaboración propia.



En la siguiente tabla se encuentran cada una de las actividades a ejecutar en el contrato y sus unidades.

*Tabla 3. Actividades para la construcción del pavimento en placa huella. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020, Propuesta económica del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.*

<b>“MEJORAMINETO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UND</b>
<b>I</b>	<b>PLACA HUELLA</b>	
1,1	Excavación mecánica en material común a nivel de sub rasante	M3
1,2	Excavación manual H=0,15 m y 0.20 m para riostras y dentellados.	M3
1,3	Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado	M3
1,4	Conformación de la sub rasante	M2
1,5	Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación).	M3
1,6	Huellas (Placas en Concreto de 3.000 psi espesor 0,15 m)	M3
1,7	Entre huellas (concreto ciclópeo 40% piedra- 60% concreto de 3000 PSI)	M3
1,8	Vigas riostras (concreto de 3.000 psi)	M3
1,9	Acero de refuerzo 4.200 kg/cm <sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras, cunetas y bordillo	KG
1,10	Berma cuneta como se indica en los planos incluye bordillo y dentellón (Concreto de 3.000 psi)	M3

La siguiente ilustración presenta un resumen del proceso constructivo básico en placa huella, teniendo en cuenta que los proyectos podrán tener aspectos particulares que implicarán realizar otras actividades no planeadas.

*Ilustración 23. Proceso constructivo para placa huella. Fuente: Departamento Nacional de Planeación. Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella, 2016.*



### 3.3 Resumen ejecutivo del contrato de obra

#### 3.3.1 Generalidades

*Tabla 4. Desarrollo del plazo contractual. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*

<b>OBJETO:</b> “MEJORAMINETO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”				
<b>CONTRATISTA</b>	<b>VALOR CONTRATADO</b>	<b>PLAZO DE EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA DE TERMINACIÓN No1</b>
CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L JUAN PABLO RUIZ QUIÑONEZ	\$1.696.575.688	SEIS (06) MESES A PARTIR DEL ACTA DE INICIO	29 DE OCTUBRE DE 2020	28 DE ABRIL DE 2021
<b>FECHA DE SUSPENSION No. 1</b>	<b>FECHA DE REINICIO No. 1</b>	<b>FECHA DE SUSPENSION No. 2</b>	<b>FECHA DE REINICIO No. 2</b>	<b>FECHA DE TERMINACIÓN No2</b>
14 DE DICIEMBRE DE 2020	22 DE FEBRERO DE 2021	30 DE ABRIL DE 2021	15 DE JULIO DE 2021	06 DE JULIO DE 2021
<b>FECHA DE TERMINACIÓN No3</b>				
21 DE SEPTIEMBRE DE 2021				

#### 3.3.2 Avance físico

*Tabla 5. Avance físico según los informes de obra. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*

<b>Avance Físico MES 1</b>	3,00%
<b>Avance Físico MES 2</b>	7,12%
<b>Avance Físico MES 3</b>	22,81%
<b>Avance Físico MES 4</b>	1,24%
<b>Avance Físico Acumulado</b>	31,17%

El avance físico mensual reportado en el cuadro anterior corresponde a la obra ejecutada hasta el 31 de julio de 2021. Se debe tener en cuenta que la pasantía se realiza entre el Mes 3 que va desde el 22 de Marzo al 20 de abril y el Mes 4 que va desde el 21 de Abril hasta el 30 de abril y desde el 15 de julio hasta el 31 de julio.

### 3.3.3 Componentes básicos del proyecto

*Tabla 6. Presupuesto general del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*

<b>OBJETO: “MEJORAMINETO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”</b>					
<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>					
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>I</b>	<b>PLACA HUELLA</b>				
1,1	Excavación mecánica en material común a nivel de sub rasante	M3	1.800,00	\$5.887,97	\$10.598.345,86
1,2	Excavación manual H=0,15 m y 0.20 m para riostras y dentellados.	M3	72,00	\$19.231,58	\$1.384.673,68
1,3	Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado	M3	2.433,60	\$48.608,27	\$118.293.087,52
1,4	Conformación de la sub rasante	M2	6.000,00	\$4.455,64	\$ 26.733.834,59
1,5	Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación).	M3	900,00	\$ 139.072,93	\$125.165.639,10
1,6	Huellas (Placas en Concreto de 3.000 psi espesor 0,15 m)	M3	302,40	\$548.560,15	\$165.884.589,47
1,7	Entre huellas (concreto ciclópeo 40% piedra- 60% concreto de 3000 PSI)	M3	302,40	\$435.141,35	\$131.586.745,26
1,8	Vigas riostras (concreto de 3.000 psi)	M3	120,00	\$577.118,80	\$69.254.255,64

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE VÍAS**

1,9	Acero de refuerzo 4.200 kg/cm <sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras, cunetas y bordillo	KG	55.207,49	\$5.270,68	\$290.980.830,75
1,10	Berma cuneta como se indica en los planos incluye bordillo y dentellón(Concreto de 3.000 psi)	M3	403,20	\$579.674,44	\$233.724.732,63
<b>2</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>				
2,1	Excavación mecánica en material común	M3	39,40	\$5.887,97	\$231.986,01
2,2	Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado	M3	51,22	\$48.608,27	\$2.489.715,62
2,3	Construcción de boxculvert de 2m x 2m	UND	1,00	\$41.458.530,83	\$41.458.530,83
2,4	Construcción de alcantarilla en concreto hidráulico según diseños	UND	1,00	\$8.970.703,76	\$8.970.703,76
<b>3</b>	<b>CARACTERIZACION VIAL</b>				
3,1	VIA VILLAGARZON -LA COFANIA	KM	15,50	\$440.251,88	\$6.823.904,14
3,2	LA COFANIA- PUERTO HUMBRIA	KM	22,86	\$440.251,88	\$10.064.157,97
<b>CD</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>\$1.243.645.732,00</b>
	<b>PMA Y PMT</b>				<b>\$42.526.864,00</b>
<b>A</b>	<b>Administración</b>	<b>25%</b>			<b>\$ 310.911.433,00</b>
<b>I</b>	<b>Imprevistos</b>	<b>3%</b>			<b>\$ 37.309.371,96</b>
<b>U</b>	<b>Utilidades</b>	<b>5%</b>			<b>\$ 62.182.286,60</b>
<b>CT</b>	<b>TOTAL AIU</b>				<b>\$1.696.575.688,00</b>

### 3.4 Especificaciones técnicas

En el diseño geométrico de una carretera todos los elementos deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Para el diseño geométrico de la carretera es necesario iniciar clasificando la carretera e identificando tramos homogéneos de acuerdo con la topografía predominante.

#### 3.4.1 Clasificación de la carretera.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del año 2008 establece que una carretera se puede clasificar según su funcionalidad y el tipo de terreno.

- Clasificación de acuerdo con la funcionalidad

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles: Primarias, secundarias y terciarias.

##### **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.

Según el criterio de funcionalidad la carretera VÍA RURAL VEREDA KOFANIA – VEREDA LA CASTELLANA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN clasifica como carretera terciaria, dado que une la cabecera municipal de Villagarzón con las veredas La Castellana, y Kofania e intermedias y derivadas. Sin embargo, la pavimentación de esta vía requiere que su diseño cumpla con las especificaciones geométricas establecidas para vías secundarias.

---

- Clasificación de acuerdo con 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. Terreno plano, Terreno ondulado y Terreno montañoso.

**Terreno plano:**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores a cinco grados ( $< 5^\circ$ ). 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%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

*Tabla 7. Resumen de la clasificación de carreteras según el tipo de terreno. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020. Memorias de diseño geométrico del contrato de obra N° 441 de 25 de agosto de 2020.*

Tipo de terreno	Plano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
Pendiente transversal	Menores de $5^\circ$	$6^\circ - 13^\circ$	$13^\circ - 40^\circ$	Mayores a $40^\circ$
Pendiente longitudinal	Menores de 3%	3% - 6%	6% - 8%	Mayores al 8%

En promedio presenta valores entre 1% y 3%, tanto longitudinal como transversalmente, y por lo tanto clasifica como carretera con tipo de terreno plano.

- Velocidad de diseño

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios, por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que puedan realizar el recorrido.

De acuerdo con las condiciones topográficas y geotécnicas uniformes de la vía rural en estudio y la longitud de la vía, se considera una unidad homogénea de diseño para establecer la velocidad de diseño del tramo homogéneo. Teniendo en cuenta la evaluación de clasificación y los requerimientos determinados en el manual de diseño geométrico, se adopta una velocidad de diseño de 40 Km /h.

*Tabla 8. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. Fuente: Tabla 2.1 MDGC INV 2008*

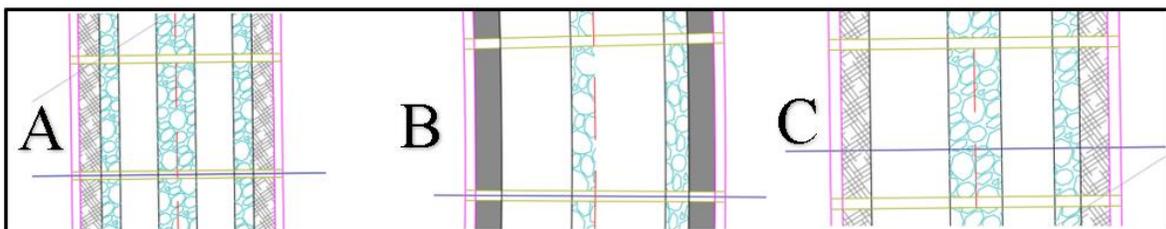
CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)																			
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110										
Primaria de dos calzadas	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Primaria de una calzada	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Secundaria	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Terciaria	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				

### 3.4.2 Diseño estructural de la placahuella.

El proyecto considera la sección transversal, modulación, zonas de cruce, sobreeanchos, configuración del refuerzo y tipos de concreto utilizados en la Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

Se contemplan algunas de las curvas tipo para el diseño en planta, donde por ejemplo, en la sección transversal se suprime la entrehuella exterior en el borde interno de la curva, se reduce la entrehuella central a 0,45 metros y se distribuye este espacio en las huellas que alcanzarían los 1,35 metros de ancho, manteniendo el ancho de calzada de 5,0 metros recomendado. Esto, con la finalidad de brindar un mayor confort a los usuarios y garantizando que el diseño no afecta la durabilidad de la placahuella, ya que el diseño debe realizar el control del tráfico que impida que los vehículos circulen sobre las franjas de piedra pegada a lo largo del periodo de servicio del pavimento.

*Ilustración 24. Secciones transversales A, B y C utilizadas. Fuente: Elaboración propia.*



Es necesario considerar elementos adicionales que corresponden al empalme que se debe realizar entre los tramos uno y dos de la vía, como también la conexión con los puentes sobre el río Alguacil y el río Putumayo, alcantarillas y el box coulvert que hacen parte de la misma.

Ilustración 25. Empalme de placahuella con el Puente sobre el río Putumayo. Fuente:

Consortio Villa Amazónica 2020.

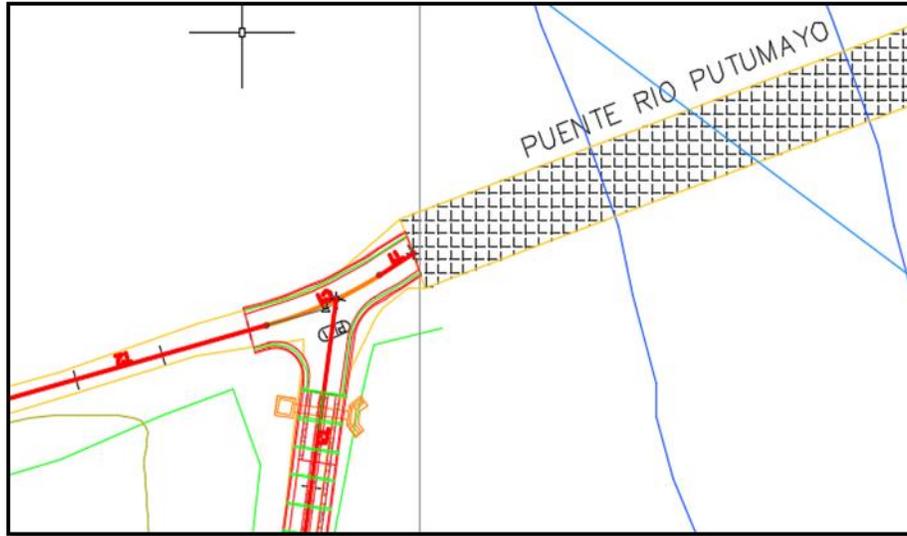
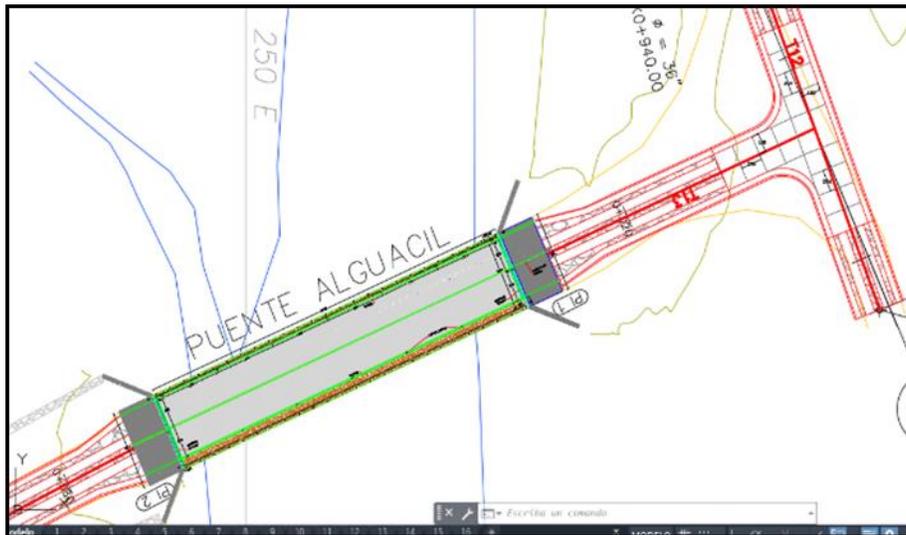


Ilustración 26. Empalme de placahuella con el Puente sobre el río Alguacil. Fuente:

Consortio Villa Amazónica 2020.



### 3.4.3 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

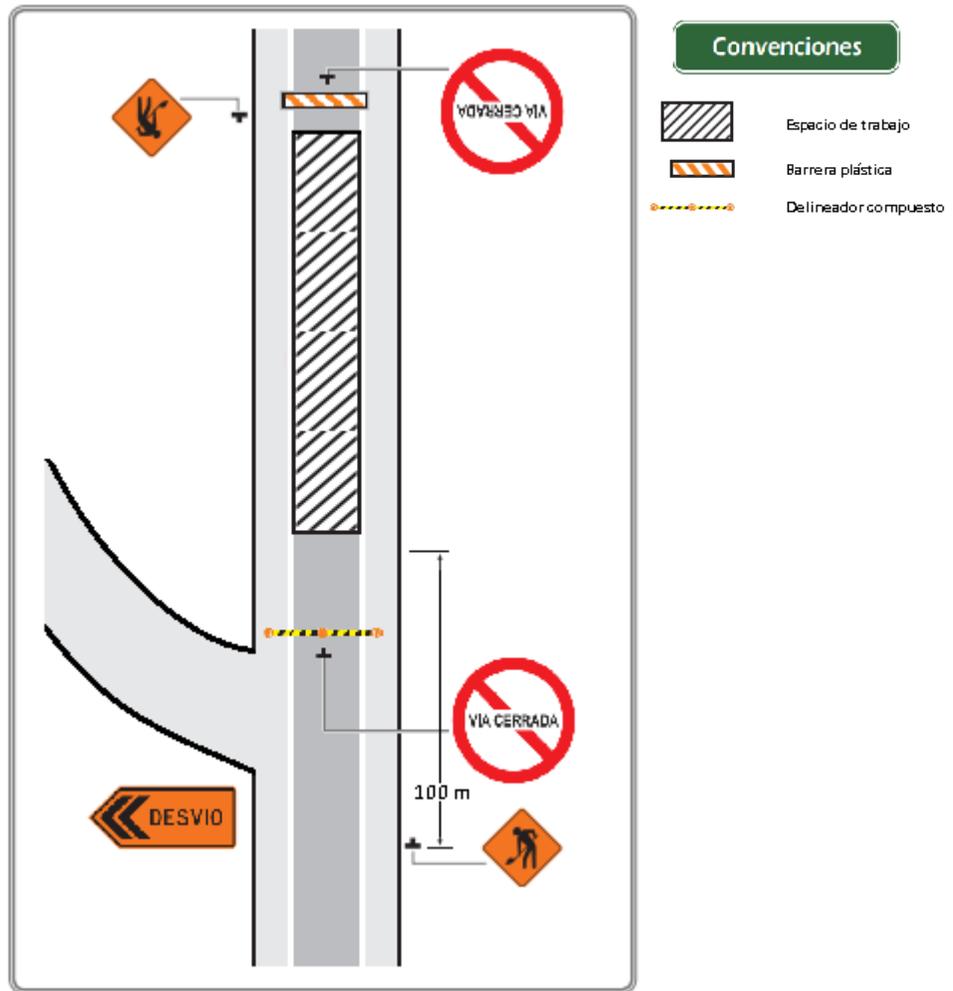
En el Manual de señalización vial (2015) se contempla la implementación del PMT con el objetivo de mitigar el impacto generado en las condiciones normales de movilización y desplazamientos de los usuarios causados por la ejecución de una obra vial o aquellas que intervengan el espacio público en cumplimiento de las normas establecidas para la regulación del tránsito, de manera que se favorezca en primera instancia la seguridad de los usuarios de la vía, de los ciudadanos y del personal de obra.

Para las obras en infraestructura vial se distinguen categorías de acuerdo a la complejidad de los trabajos que se van a realizar y el nivel de intervención o afección en el normal tránsito de los usuarios. A partir de esto, se determina que el tramo dos en ejecución presenta la **categoría III**, ya que este tipo obra implica cierres totales para el tránsito vehicular y/o peatonal, y se requiere en consecuencia plantear alternativas de desvíos.

Se establece como zona de influencia el área abarcada entre el sector puente sobre el río Alguacil hasta la abscisa k0+314 del tramo dos de diseño y el área de la vía variante, las cuales hacen parte de la vía terciaria que comunica las veredas: La Castellana – Kofania. La consideración de un desvío del flujo vehicular (vía variante entre el sector puente sobre el río Alguacil - Vereda La Castellana) permite aislar la zona de trabajos con el fin de garantizar el rendimiento de la obra y condiciones de seguridad del personal.

Una vez cerrada la vía del tramo dos de diseño para el inicio de actividades, paralelamente se rehabilita la vía variante y se implementa una adecuada señalización a través de la aplicación de un esquema de tránsito. El cierre se realiza hasta la habilitación de la placa-huella (construcción y curado).

Ilustración 27. Esquema de señalización y de medidas de seguridad. Fuente: Elaboración propia.



Como se observa, se implementan las señales SRO-01(fin vía cerrada), SPO-01 (trabajos en la vía) y SIO-07 (desvío), que junto a barreras plásticas tipo maletín y delineadores compuesto tubulares compuestos es posible controlar el tránsito de los usuarios.

#### 4. METODOLOGÍA

La ejecución y desarrollo del trabajo de grado, práctica profesional-pasantía titulado: “AUXILIAR DE RESIDENTE DE OBRA EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”, se realizó en un ámbito teórico-práctico, en donde el pasante se encontró en campo: participando, supervisando y acompañando la construcción del pavimento en placa-huella, y en oficina fomentando sus conocimientos, todo bajo un plan de trabajo que contempla actividades como: revisión documental, registro de datos, recolección de muestras de laboratorio, acompañamiento de personal y apoyo en conocimientos de ingeniería civil en la obra.

A partir de los planos estructurales y constructivos suministrados se realiza el cálculo y el chequeo de las cantidades de obra del proyecto, a través del uso de los softwares:

Microsoft Excel para la elaboración y revisión de formatos, actas, entre otros documentos contractuales, y AutoCAD para la revisión y actualización de planos, verificación de dimensiones, cálculo y control de los materiales. Adicionalmente el estudiante implementó el software TOPO3 con el fin de aplicar sus conocimientos, sustentar ideas y dar a conocer al consorcio la utilidad de dicha herramienta.

En la construcción de cualquier obra de infraestructura convencional se encuentran establecidas normas que principalmente definen, controlan y evalúan como parámetro de calidad la resistencia a la compresión del concreto, el cual se determina mediante el ensayo de resistencia a la compresión de muestras elaboradas de acuerdo a las normas NTC 550, NTC 673 o el capítulo C de la norma NSR-10.

---

Además, se debe considerar que el tiempo de curado y la edad de la muestra a ensayar constituyen una limitación en el control de la resistencia, porque mientras se obtienen los resultados del ensayo, la obra continua en ejecución y los datos tenderán a ser extemporáneos. Por estas razones, el control de calidad debe tener un carácter preventivo y no curativo, donde inicialmente se consideren y verifiquen las propiedades de los materiales, la dosificación y la mezcla en estado fresco, donde es posible apreciar y anticipar las propiedades del concreto en estado endurecido. Respecto a la mezcla en estado fresco se realiza el ensayo de consistencia o asentamiento del concreto de cemento hidráulico (Slump) según la norma INV E- 404.

Para el desarrollo del trabajo de grado se realizaron los siguientes documentos:

- El anteproyecto de pasantía contiene los objetivos y la descripción de las actividades a realizar durante la duración de la pasantía, y a su vez, los diferentes compromisos adquiridos. Se presentó ante la Universidad del Cauca en la facultad de Ingeniería Civil, donde se obtuvo la RESOLUCION No.242 DE 2021 que autoriza el trabajo de grado y avala el anteproyecto.
- Los informes mensuales donde se reportan las actividades, experiencias, dificultades y el avance de la pasantía conforme al cronograma.
- Un informe final el cual tendrá detalladamente los aspectos que constituyen el desarrollo de la pasantía, metodología, consideraciones, conclusiones y recomendaciones, además del registro fotográfico.

Cumplido el tiempo exigido por la Universidad del Cauca para el trabajo de grado y realizadas cada una de las actividades planteadas en el cronograma, el pasante obtuvo las competencias y la experiencia en los procesos en que formo parte, permitiendo que logre afrontar

con criterio e idoneidad proyectos dentro del mismo campo de la ingeniería civil durante el ejercicio de su vida profesional.

### 4.1 Cronograma de actividades

SEMANA / ACTIVIDAD	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Excavación mecánica en material común a nivel de subrasante.															
Excavación manual H= 0,15 m y 0,20 m para riostras y dentellados.															
Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado															
Conformación de la subrasante															
Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación).															
Huellas (Placas en Concreto de 3.000 psi espesor 0,15 m)															
Entre huellas (concreto ciclópeo, 40% piedra- 60% concreto de 3000 PSI)															
Vigas riostras (concreto de 3.000 psi)															
Acero de refuerzo 4.200 kg/cm <sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras, cunetas y bordillo															
Berma cuneta como se indica en los planos incluye bordillo y dentellón (Concreto de 3.000 psi)															

## **4.2 Proceso constructivo**

### **4.2.1 Implementación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) del tramo dos: Señalización, cierre de la vía y mejoramiento de la vía variante.**

Se realiza la implementación del PMT, el esquema de señalización y de medidas de seguridad, se rehabilita el desvío que corresponde a una vía variante entre el sector puente sobre el río Alguacil - Vereda La Castellana. Estas medidas permiten garantizar el aislamiento de la zona de trabajos, el rendimiento de la obra y condiciones de seguridad del personal y/o usuarios. También, es necesario realizar rellenos, escarificación y compactación para rehabilitar la vía variante que se encuentra en material de afirmado.

### **4.2.2 Localización y replanteo.**

Esta actividad se desarrolla por parte de la comisión topográfica y comprende la localización del sitio exacto de la obra, que las profundidades de excavación sean las estipuladas en los planos de construcción también comprende el chequeo permanente de las cotas tanto en sub rasante como en la capa de sub-base y capa de rodadura, pendiente, bombeo, peralte y alineamiento de la vía, entre otras. Para esto se realiza en el terreno un estacado de referencia, siguiendo el abscisado cada cinco (5) metros y a ambos bordes del tramo a intervenir.

### **4.2.3 Adecuación y conformación del terreno.**

- ***Excavación mecánica en material común a nivel de subrasante.***

Se considera esta actividad al momento de ubicar de manera exacta y disponer el espacio para las obras de arte como el box culvert y las alcantarillas. En el tramo dos estas estructuras se realizaron anteriormente al inicio de la pasantía.

También es necesario verificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar. Específicamente se debe revisar la capacidad portante del material o capa que va a funcionar como subrasante, para determinar la calidad de la misma. Según las especificaciones, resultados menores al 3% en el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) de acuerdo a la norma INV E-148, caracterizan suelos blandos de baja calidad para comportamiento como subrasante. En el caso que se presente esta condición es necesario considerar procedimientos de mejoramiento o estabilización para el suelo o relleno analizado, según las especificaciones y criterio de un especialista, de mano del contratista e interventoría, pues se requieren tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos que doten a la subrasante.

En el caso de resultados del ensayo de CBR mayores al 3%, la capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular en subbase. Esta conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación y compactación simple. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar material de la misma conformación o si no se cuenta con él se podrá utilizar un relleno de características similares para reemplazar el faltante.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad incluirán la excavación en sitios aprobados de los materiales no utilizables (cajeos) hasta una profundidad donde se garantice la capacidad portante, así como la conformación de los utilizables, a su vez el

suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran, para obtener la sección típica prevista.

Lo anterior deberá estar ceñido a las especificaciones del INVIAS para el caso del capítulo 2 Explanaciones y capítulo 3 Afirmados, Subbases y Bases.

Usando la máquina retroexcavadora sobre llantas se realizó el mejoramiento del suelo en los bordes de la vía (tramos dos) mediante cajeros longitudinales que incluyen actividades de excavación mecánica, relleno y compactación a nivel de sub rasante en las abscisas:

- K0+200-K0+235 borde derecho de la vía, volumen de 5.6 m<sup>3</sup>.
- K0+195-K0+250 borde izquierdo de la vía, volumen de 11.0 m<sup>3</sup>.

*Ilustración 28. Sección transversal y localización de cajeros longitudinales en el borde izquierdo.*

*Fuente: Elaboración propia.*

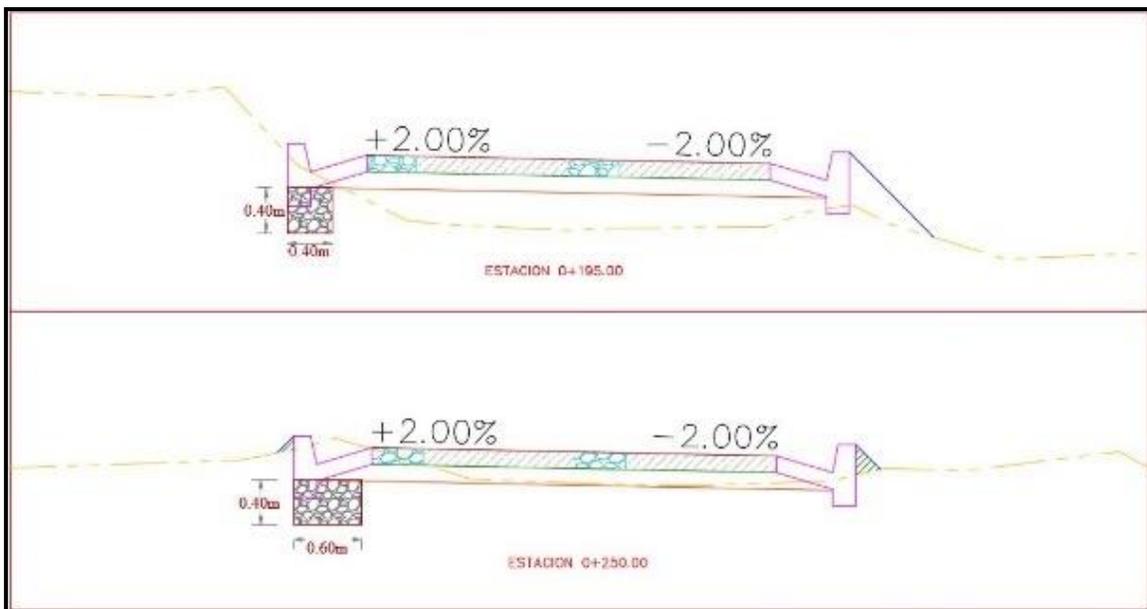
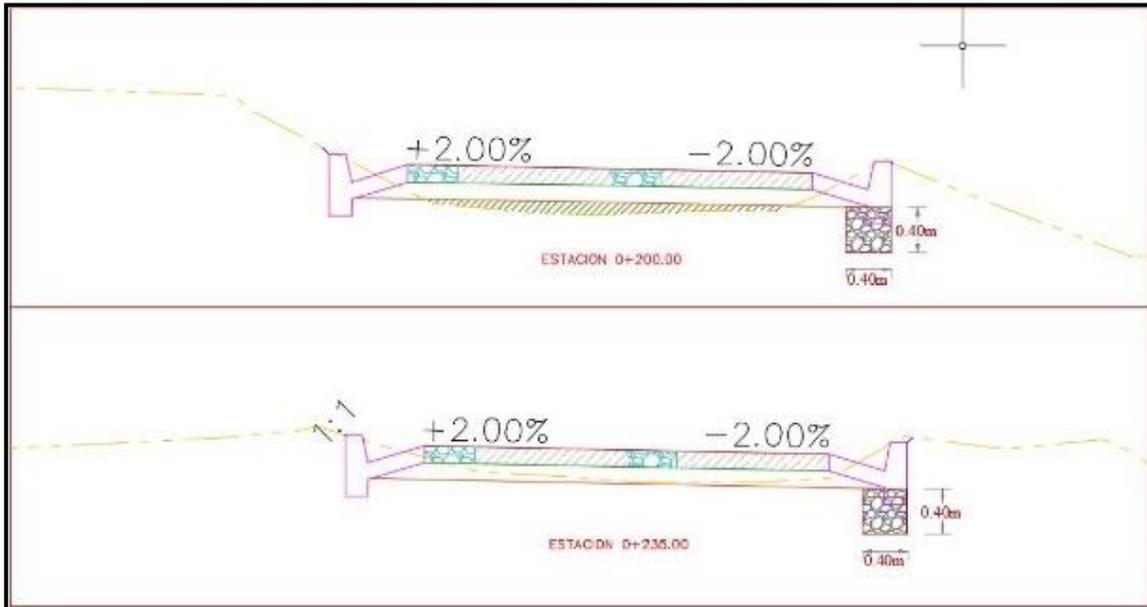


Ilustración 29. Sección transversal y localización de cajeos longitudinales en el borde derecho.

Fuente: Elaboración propia.



También se realizaron cajeos puntuales en las abscisas:

- K0+240, dimensiones en metros: 2.0 x 2.0 x 1.0 (4.0 m<sup>3</sup>).
- K0+220 – K0+224, con dos (2) áreas compuestas de dimensiones en metros:  
1.0 x 1.0 x 1.2 (1.2m<sup>3</sup>)  
(1.8+2.0) / 2 x 3.0 x 1.2 (6.8 m<sup>3</sup>)
- K0+242 – K0+245, dimensiones en metros: 0.9 x 3.0 x 1.20 (3.3 m<sup>3</sup>).
- K0+275, dimensiones en metros: 0.8 x 3.0x 1.0 (2.4 m<sup>3</sup>).
- K0+280, dimensiones en metros: 1.4 x 4.0 x 1.0 (5.6 m<sup>3</sup>).

Para un volumen total de 39.9 m<sup>3</sup> de excavación de material común. Las dimensiones tienen el orden de ancho (m), largo (m) y profundidad (m) respectivamente.

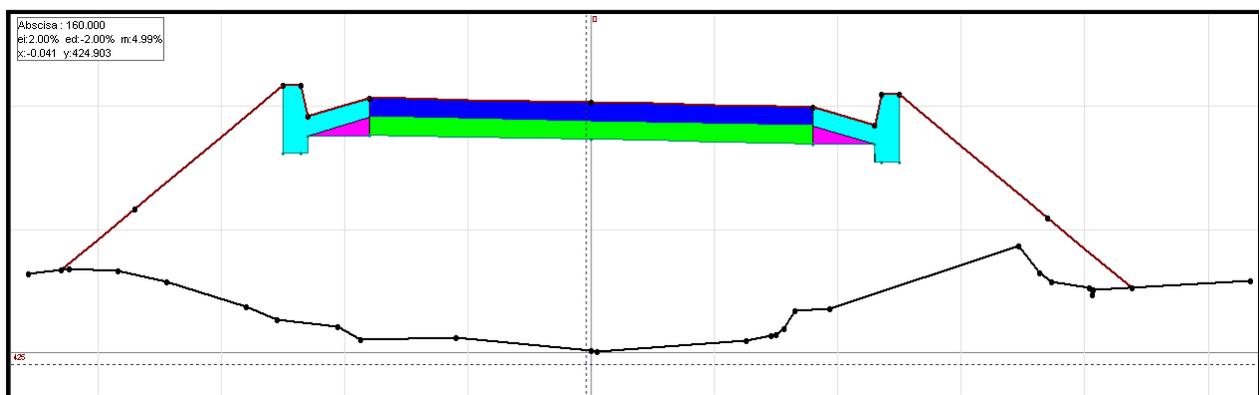
Cabe resaltar que los cajeos longitudinales se realizan dado que el ancho de vía existente en dicho tramo era menor a los cinco (5.0) metros que se requerían, pero este espacio carecía del material de vía existente e implicaba un mejoramiento mediante el método de cajeos a nivel de sub rasante.

En el sector correspondiente al box culvert, entre las abscisas K0+160 - K0+168, se realizó un relleno considerable puesto que el nivel de esta estructura es superior al nivel de suelo a ambos lados del mismo.

El material utilizado corresponde a un material seleccionado de río, donde el suministro, la extensión y la compactación se logran con la ayuda de volquetas y la máquina retroexcavadora sobre orugas. La compactación se realiza en capas uniformes de cincuenta centímetros (0,5 m) considerando el diseño planta-perfil del proyecto.

*Ilustración 30. Sección transversal en el punto de ubicación del box culvert. Fuente:*

*Elaboración propia.*



- **Conformación de la subrasante.**

La capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular. Esta

---

conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación mediante la maquina motoniveladora y compactación simple mediante vibrocompactador. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar material de la misma conformación o si no se cuenta con él, se podrá utilizar un relleno de características similares para obtener el faltante.

- ***Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado.***

Esta actividad consiste en el cargue, transporte y disposición del material sobrante en obra en el botadero certificado más cercano o en donación a la comunidad. Se utilizan volquetas de 6 m<sup>3</sup>.

- ***Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación).***

La construcción de la subbase deberá ajustarse a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto y cubriendo un ancho mayor al que la calzada, de al menos 10 cm a ambos costados. Se depositarán y se esparcirán los materiales, en una capa uniforme, de manera que la capa tenga el espesor requerido al ser compactada. La colocación del material granular sólo se iniciará una vez que se haya dado cumplimiento a los requerimientos establecidos para la subrasante. La capa de subbase granular no deberá extenderse sobre superficies que presenten capas blandas, suelos cohesivos. Los procesos para la colocación, perfilado, compactación del material de subbase y la verificación de espesores por diferencia de cotas por parte de la comisión de topografía, deben asegurar que la subbase se ajuste a los perfiles del proyecto. La subbase granular debidamente preparada se extenderá sobre la plataforma de camino, debiendo quedar el material listo para ser

---

compactado sin necesidad de mayor manipulación para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado.

Después que el agregado haya sido esparcido, se le deberá compactar por medio de vibro compactador y riego. La compactación deberá avanzar gradualmente desde los costados hacia el centro de la vía en construcción. El vibro compactador deberá continuar hasta lograr la densidad especificada y hasta que no sea visible el deslizamiento del material delante del compactador. La distribución y el vibro compactador continuaran alternadamente tal como se requiere para lograr una subbase lisa, pareja y uniformemente compactada. No se deberá compactar cuando la capa subyacente se encuentre blanda o dúctil, o cuando la compactación cause ondulaciones en la capa de la sub-base dado que se ha presentado una falla en el suelo y se requiere un mejoramiento, generalmente mediante el método de cajeros puntuales. Durante su construcción, se deberán tomar todas las precauciones para que la subbase granular no esté sometida al tránsito tanto de la construcción como de los usuarios, a excepción de los peatones a quienes se les dará prioridad.

El constructor no podrá iniciar la fundida del pavimento en concreto si la subrasante o la subbase granular no ha sido aprobada previamente por el interventor, el que habrá constatado el cumplimiento por parte del constructor de todas las exigencias especificadas (especialmente cotas de proyecto), en la subbase inmediatamente antes de ser cubierta por el pavimento.

Se debe considerar que aunque el material posee un análisis granulométrico que evidencia sus propiedades como subbase, es normal la presencia de sobretamaños debido a las variaciones que por error se presenten en la elaboración del material pétreo. Es por esto que al momento de extender y conformar la capa de subbase se debe estar atento al retiro manual de estos

sobretamaños, que generan retrasos considerables al momento de la excavación manual para la placa-huella.

#### **4.2.4 Actividades preliminares a la fundición.**

- ***Excavación manual  $h=0.15m$  y  $0.20m$  para riostras y dentellados.***

Una vez conformada la sub-base como superficie de apoyo para el pavimento en placa huella, se realiza la localización de los bordes externos de vía (bordillos) y riostras para disponer del espacio necesario para el encofrado y la instalación del acero de refuerzo especificado.

La localización se logra mediante el uso de equipos de topografía y la verificación de medidas con metro y plomada a partir del eje abscisado in situ.

- ***Formaleta***

Para la construcción de la placa huella en la superficie previamente acondicionada, el constructor instalará las formaletas de madera o metálicas para garantizar que los elementos queden contruidos con las secciones y espesores indicados.

El constructor deberá suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma a los elementos, de acuerdo con lo mostrado en los planos. Debe poderse ensamblar firmemente las formaletas y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen deflexiones entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni que se pueda escapar la mezcla.

Esta actividad es necesaria al momento de establecer el espacio de fundición de la placahuella y sus diferentes elementos, donde se usarán tableros para los bordillos y cajones para el caso de las entrehuellas. La madera de tener una cara cepillada por razones de un buen acabado

y para los cajones se decidió usar tablones de madera con el fin de aumentar su vida útil y linealidad en el acabado. Para el caso de los cajones, cada tablón en forma longitudinal de la vía se corta acorde a la separación entre riostras que varía principalmente en tangente (curva), ya que en entretangencia no representan mayor complicación.

Las formaletas se ubican de manera paralela al eje de la vía, verificando las dimensiones de la sección transversal, el diseño en planta y aplomado de todos los elementos.

- ***Acero de refuerzo 4.200 kg/cm<sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras y cunetas y bordillo.***

Previamente, se debe retirar cualquier material no deseado que se encuentre sobre la superficie de la placa huella para luego instalar el acero de refuerzo.

Los trabajos cubiertos por este capítulo consisten en el corte, doblaje, figuración e instalación de varillas de acero para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de estos elementos como elementos de soporte y amarre, de conformidad con los diseños y detalles. Los requisitos de estas especificaciones deben corresponder con lo especificado en el artículo INVIAAS 640. Las varillas de acero para refuerzo suministradas deberán ser nuevas, de calidad certificada, sin defectos, dobladuras o curvas.

Las placas de concreto hidráulico tendrán un refuerzo dispuesto en parilla a la mitad de la altura de cada placa, el acero longitudinal será de varillas No.4 con separación entre sí de 0,15 m y el acero de refuerzo transversal será de varillas No.2 con una separación entre sí de 0.30 m, también esta misma configuración se usa en las berma-cunetas. Para el caso del bordillo (dentellones), se empleará como refuerzo longitudinal varillas No.4 y refuerzo transversal ganchos en “S” con varilla No.3.

La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 es de mínimo 0.60 m y se deben realizar en el tercio central con un máximo del 50% de acero en la sección. Se debe garantizar el recubrimiento del acero a través del uso de panelas en concreto simple.

En la ejecución del proyecto se realiza esta actividad de forma paralela a las actividades concernientes a la subrasante y subbase, dado que es posible pre-armar un tramo del armazón en acero de refuerzo de la placahuella (huellas y riostras) con el objetivo de trasladarlo cuidadosamente al espacio dispuesto para su instalación y armado total (bordillos).

#### **4.2.5 Fundición.**

- *Mezcla de concreto*

La mezcla se realiza en sitios estratégicos para minimizar el esfuerzo para el transporte al lugar de fundición y conforme al diseño de mezcla que había realizado el contratista, donde las proporciones para un concreto de 3000 psi son 0.71:1:2.6:3.9 (relación A/C, cemento, arena, grava). Para la elaboración de mezclas se utilizó el método tradicional con baldes, donde es necesario hacer control en la mezcladora, con el fin de garantizar la dosificación.

El constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, acorde a la resistencia exigida; transportarla y entregarla, conforme se establece en la especificación correspondiente del INVIAS.

Un aspecto fundamental para que el concreto alcance su resistencia requerida es el curado, donde se tomará las medidas necesarias para que se conserve la humedad suficiente y se garantice la adecuada hidratación del cemento.

• *Huellas (Placas en concreto de 3.000 psi espesor de 0.15 m).*

Previamente se debe chequear las dimensiones y aplomado del refuerzo y formaletas para proceder a verter el concreto hidráulico, si es posible comenzando por el extremo inferior de la placa huella, avanzando en el sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, el señalado en estas especificaciones.

La fundición de las huellas y riostras se realiza monolíticamente, para conformar un módulo. Según el diseño de la sección transversal de la placa-huella es posible también fundir una de las berma-cunetas si se cuenta con la presencia de entrehuellas externas donde se puede disponer el espacio para la instalación de formaleta y su posterior retiro.

El concreto hidráulico que se utilice para la placa huella deberá cumplir con lo establecido en el artículo 500, Pavimento de Concreto Hidráulico, de las especificaciones del INVIAS, particularmente en lo que se refiere a cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero. Deberá tener una resistencia a la compresión de 3000 psi (21 Mpa). Después del vertimiento del concreto puede ser necesario la aplicación de antisol si la placa-huella no cuenta con la protección a la radiación solar y es por esto que una opción muy favorable es la construcción de una estructura de protección para el clima, por lo que se realizó una cubierta portátil en guadua y plástico para proteger al personal y la placa-huella, mejorando el rendimiento y la calidad de la obra.

Se considera que en algunos sectores especiales de la obra, como los empalmes a los puentes, será necesario la aplicación de aditivos (acelerante) para el concreto con el fin de garantizar la continuidad del flujo vehicular y la comodidad de los usuarios.

El constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la placa huella quede con la forma y dimensiones indicadas en el diseño. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de reparación. El acabado superficial consiste en el allanado (coloquialmente codaliada), y el rayado con el cepillo de cerdas metálicas, o sea un estriado en el sentido transversal al flujo vehicular.

Para el caso de las juntas entre concretos hidráulico-ciclópeo, se considera es una junta constructiva donde no se produce la infiltración de agua a la capa de subbase y que no evolucionará a fenómenos de bombeo que afecten la capa inferior y la integridad de la placa huella.

- ***Vigas riostras (concreto de 3.000 psi).***

Se debe seguir el mismo procedimiento de fundición de las huellas, puesto que estos elementos trabajan monolíticamente.

El concreto hidráulico que se utilice para la placa huella deberá cumplir con lo establecido en el artículo 500, Pavimento de Concreto Hidráulico, de las especificaciones del INVIAS, particularmente en lo que se refiere a cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero. Deberá tener una resistencia a la compresión de 3000 psi (21 Mpa).

Dentro de las curvas donde se localizan los sobreanchos, según el diseño y las recomendaciones de la Guía, las dimensiones longitudinales de las riostras evidentemente tenderán a aumentar por el nuevo ancho de calzada.

En el transcurso de la construcción de la placa-huella se evidencia la necesidad de cada cantidad razonable de riostras hacer junto a la comisión topográfica la localización exacta de

alguna de ellas con el objetivo de chequear sus coordenadas y evitar la acumulación de error en las medidas, que afecta directamente la separación y la cantidad teórica de riostras según el diseño en planta.

• *Berma cuneta como se indica en los planos incluye bordillo y dentellón (concreto de 3.000 psi).*

La superficie sobre la que se realizará la fundición es uno de los puntos críticos dentro de la placa-huella, ya que suele alterarse el estado del suelo (descompactación o desconfinamiento), debido a la necesidad de perfilar el espacio de estos elementos. Por lo anterior se puede requerir una re-compactación de forma manual mediante un pisón o de forma mecánica mediante el uso del equipo saltarín o rana.

Se debe seguir el mismo procedimiento de fundición de las huellas, puesto que estos elementos trabajan monolíticamente.

• *Entre huellas (Concreto ciclópeo, 40% piedra-60% concreto de 3000psi, espesor 0.15m).*

La piedra pegada está conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por concreto simple en un 60% y agregado ciclópeo de canto rodado en un 40 %. Se debe colocar sobre la subbase granular, una vez se encuentre fundida y fraguada la placa-huella, la riostra y berma-cuneta circundante. Inicialmente, para su construcción se colocará una capa de concreto simple de espesor cinco centímetros (0,05 m), a continuación la colocación uniforme del agregado ciclópeo y finalmente se completa la huella con concreto. Se debe garantizar una superficie

relativamente plana respecto al nivel en que sobresale el agregado y un acabado superficial estético del concreto.

En el tramo dos, se consideró la opción constructiva de fundir este elemento en primera instancia, pero fue descartada debido a que por sus dimensiones (0.45mx2.8mx0.15m) podría ser afectada por esfuerzos superiores al módulo de rotura durante la “carreteada” del concreto. Además, la Guía establece que no es el proceso constructivo adecuado debido al mecanismo en que trabaja la estructura.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Dentro del desarrollo del proyecto se presentaron diferentes imprevistos, por ejemplo a nivel mundial a causa de la pandemia, nacional a causa de las manifestaciones sociales, y a nivel contractual debido a falencias de la consultoría y la fuerte temporada de lluvias en la etapa de ejecución, pero esto no deslegitima el hecho de que se realizó una obra de calidad y acorde a la programación establecida en el contrato una vez se presente una solicitud de prórroga debidamente motivada.

- Durante el tiempo establecido de pasantía se logró la ejecución de las siguientes cantidades de obra: 214 metros lineales (1070 m<sup>2</sup>) de adecuación y conformación del terreno entre las abscisas k0+072-k0+314, y la fundición de 146 metros lineales en placa-huella entre las abscisas k0+314-k0+168. Se debe tener en cuenta que el tiempo de pasantía corresponde al mes tres (3) y parte del mes cuatro (4) según el cronograma del contrato de obra No. 441, que abarcan un periodo que va desde el día 22 de marzo de 2021 al 31 de julio de 2021, y en donde se presentó la suspensión No.2 desde el 30 de abril del 2021 al 15 de julio de 2021.

Dicha suspensión se produce a causa de los eventos referentes al paro nacional y la posterior escasez de materiales como cemento, varillas y combustibles. Por estos causales, el rendimiento se encuentra por debajo de lo esperado, ya que el porcentaje ejecutado es del **30.36%** y el porcentaje programado del **59.33%**, pero se considera que se alcanzará el valor de avance programado una vez sean superadas las secuelas del paro nacional y se conceda una prórroga al plazo contractual contemplada en el Otro si No.1.

La suspensión repercutió también en el desarrollo de la pasantía, pues obligó a que los últimos quince (15) días de ella se realizaran en actividades administrativas desde oficina.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE VÍAS**

*Ilustración 31. Cronograma de actividades para los meses No. 3 y No. 4 según lo ejecutado y programado. Fuente: Consorcio Villa Amazónica 2020.*

ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	VALOR \$	% SOBRE EL VALOR DEL CONTRATO	% EJECUTADO SOBRE EL V. DEL V.G.P.P.	% EJECUTADO SOBRE EL VALOR DEL CONTRATO	ETAPA DE EJECUCIÓN											
									MES 3			MES 4								
									SEMANA1	SEMANA2	SEMANA3	SEMANA4	SEMANA1	SEMANA2	SEMANA3	SEMANA4	SEMANA5	SEMANA6	SEMANA7	SEMANA8
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y FLUJO DE CAJA</b>																				
<b>1 PLACA HUELLA</b>																				
1.1	Excavación mecánica en material común a nivel de subrasante	m³	1800.00	5887.97	\$ 10,596,345.84	0.852%	17.90%	0.11%	PROGRAMADO	0.107%	0.107%	0.107%	0.107%	0.107%						
									EJECUTADO	0.01%			0.02%							0.04%
1.2	Excavación manual No. 11.5 m y 0.20 m para riestras y derrielladas.	m³	72.00	19331.58	\$ 1,384,478.48	0.111%	25.00%	0.03%	PROGRAMADO	0.027%	0.027%	0.027%	0.027%	0.027%						
									EJECUTADO				0.02%	0.02%	0.02%					0.01%
1.3	Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado	m³	2433.60	4609.27	\$ 11,203,987.52	9.121%	13.72%	1.31%	PROGRAMADO	1.902%	1.902%	1.902%	1.902%	1.902%						
									EJECUTADO	0.22%			0.04%	0.04%	0.04%					0.3056%
1.4	Conformación de la subrasante	m³	6000.00	4425.64	\$ 26,539,834.59	2.155%	60.54%	1.30%	PROGRAMADO	0.161%	0.203%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%	0.267%
									EJECUTADO	0.22%			0.14%							
1.5	Subbase granular (incluye suministro, extendido, nivelación, humedecido y compactación)	m³	900.00	13972.93	\$ 125,156,439.38	10.044%	60.18%	6.05%	PROGRAMADO	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%	1.250%
									EJECUTADO	0.64%			0.59%							
1.6	Huellas (Placas en Concreto de 3.000 psi espesor 0.15 m)	m²	302.40	54850.15	\$ 16,584,589.47	13.339%	42.79%	5.71%	PROGRAMADO	0.889391326%		0.889%	0.889%	0.889%	0.889%	0.889%	0.889%	0.889%	0.889%	0.889%
									EJECUTADO				1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%
1.7	Entre huellas (concreto colado 40% piedra - 60% concreto de 3000 PSI)	m²	302.40	40543.35	\$ 12,258,746.24	10.002%	14.90%	1.56%	PROGRAMADO		0.205%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%	0.265%
									EJECUTADO				0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%
1.8	Vigil riestras (concreto de 3.000 psi)	m³	120.00	57318.80	\$ 6,878,253.64	5.569%	22.84%	1.37%	PROGRAMADO	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%	0.373%
									EJECUTADO				0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
1.9	Asfalto de refuerzo 4.000 kg/m³ (60.000 psi) para pistas, riestras, curvas y bordillos	kg	55207.49	5270.68	\$ 290,960,836.75	23.397%	30.53%	7.14%	PROGRAMADO	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%	1.950%
									EJECUTADO	0.04%	0.04%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%
1.10	Bermas curvas como se indica en los planos (incluye bordillo y derriellado) (Concreto de 3.000 psi)	m³	403.20	57874.44	\$ 233,724,732.43	18.794%	29.39%	5.52%	PROGRAMADO		1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%	1.252%
									EJECUTADO				1.38%	1.38%	1.38%	1.38%	1.38%	1.38%	1.38%	1.38%
<b>2 OBRAS DE DRENAJE</b>																				
2.1	Excavación mecánica en material común	m³	39.40	5,887.97	\$ 231,396.81	0.019%	100.00%	0.019%	PROGRAMADO											
									EJECUTADO											
2.2	Retiro de material de excavación hasta escombrera o sitio autorizado	m³	51.22	46,698.27	\$ 2,390,753.43	0.200%	100.00%	0.200%	PROGRAMADO											
									EJECUTADO											
2.3	construcción de boxculvert de 2m x 2m	und	1.00	41,458,530.83	\$ 41,458,530.83	3.344%	100.00%	3.344%	PROGRAMADO											
									EJECUTADO											
2.4	construcción de alcantarilla en concreto hidráulico según diseños	und	1.00	6,370,703.76	\$ 6,370,703.76	0.522%	100.00%	0.522%	PROGRAMADO											
									EJECUTADO											
VIA VILLAGAZON- LA COFANIA																				
LA COFANIA- PUERTO HUMBRIA																				
100.000%																				
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>\$ 2,214,612,331</b>															
<b>TOTAL - AMU</b>					<b>\$ 5,654,000,425</b>															
<b>TOTAL - AMU - PMF - PMA</b>					<b>\$ 5,149,575,000.00</b>															
<b>TOTAL COSTO DIRECTO OTRO SI No. 1</b>					<b>\$ 1,409,038,285</b>															
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS OTRO SI No. 1</b>					<b>\$ 2,801,000,522</b>															
									% PROGRAMADO MES	5.500%	0.720%	0.720%	0.720%	0.720%	0.720%	6.690%	6.690%			
									% EJECUTADO MES	1.157%	0.700%	0.000%	0.302%	0.302%	0.302%	0.302%	0.302%	0.302%	0.302%	
									VALOR PROGRAMADO-AMU	\$ 91,899,952.39	\$ 144,339,851.02	\$ 144,339,851.02	\$ 144,339,851.02	\$ 144,339,851.02	\$ 144,339,851.02	\$ 110,749,951.95	\$ 110,749,951.95	\$ 110,749,951.95	\$ 110,749,951.95	
									VALOR EJECUTADO-AMU	\$ 19,208,630.24	\$ 11,469,843.54	\$ 100,706,469.45	\$ 88,955,207.74	\$ 88,955,207.74	\$ 88,955,207.74	\$ 88,955,207.74	\$ 88,955,207.74	\$ 88,955,207.74		
<b>PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO</b>									\$ 34,907,314.00											
									PROGRAMADO MES	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19	\$ 503,905.19		
									EJECUTADO MES			\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36	\$ 4,206,304.36		
<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>									\$ 6,515,550.00											
									PROGRAMADO MES	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33	\$ 189,323.33		
									EJECUTADO MES			\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75	\$ 1,064,943.75		
									VALOR PROGRAMADO MES - (PMF y PMA)	\$ 91,791,101.00	\$ 144,031,079.00	\$ 144,031,079.00	\$ 144,031,079.00	\$ 144,031,079.00	\$ 110,416,031.00	\$ 110,416,031.00	\$ 110,416,031.00	\$ 110,416,031.00		
									VALOR EJECUTADO MES - (PMF y PMA)	\$ 19,208,630.24	\$ 11,469,843.54	\$ 106,927,317.85	\$ 93,666,965.74	\$ 93,666,965.74	\$ 93,666,965.74	\$ 93,666,965.74	\$ 93,666,965.74	\$ 93,666,965.74		
									% PROGRAMADO MES - (PMF y PMA)	5.431%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	0.540%	
									% EJECUTADO MES - (PMF y PMA)	1.132%	0.688%	0.249%	0.212%	0.212%	0.212%	0.212%	0.212%	0.212%	0.212%	
									VALOR PROGRAMADO ACUMULADO - (PMF y PMA)	\$ 203,140,518.00	\$ 348,082,088.20	\$ 492,173,687.20	\$ 636,164,767.20	\$ 780,146,847.20	\$ 924,128,927.20	\$ 1,068,111,007.20	\$ 1,212,093,087.20	\$ 1,356,075,167.20		
									VALOR EJECUTADO ACUMULADO - (PMF y PMA)	\$ 109,011,545.62	\$ 200,481,389.16	\$ 326,784,106.87	\$ 453,051,171.61	\$ 632,417,475.97	\$ 821,783,680.72	\$ 1,011,728,884.47	\$ 1,201,672,848.22	\$ 1,391,616,792.97		
									% PROGRAMADO ACUMULADO - (PMF y PMA)	12.004%	20.522%	29.101%	37.648%	46.190%	52.366%	57.909%	63.440%	68.869%		
									% EJECUTADO ACUMULADO - (PMF y PMA)	6.40%	7.22%	13.73%	18.69%	24.42%	29.820%	35.349%	40.878%	46.407%		

SUSPENSIÓN No. 2

- El pavimento con placa-huella implementado en vías terciarias se concibe como una solución para la inversión en infraestructura para el desarrollo del campo y la consolidación de la paz, pero se considera que hay un sobre costo en el proyecto generado principalmente por factores social-económicos experimentados a nivel nacional en los últimos años, que afectan la etapa de ejecución y que incide en el aumento de precios de los insumos para la elaboración del concreto reforzado.

- Es posible comparar el costo total de la obra con un tipo de pavimento convencional, el pavimento rígido de tránsito bajo, ya que presenta características similares a la placa-huella respecto al espesor de la capa de rodadura y subbase.

Se conoce en base a proyectos tipo del Departamento Nacional de Planeación (DNP) del año 2017, que el costo directo de un (1) kilómetro de pavimento rígido de tránsito bajo es de aproximadamente \$ 975.491.985,00 y el costo directo para un (1) kilómetro de pavimento en placa-huella es de \$ 667.725.277,00. En contraste, el contrato de obra No. 441 tiene un costo directo de \$ 1'243.645.732,00 que es considerablemente superior al estándar de valores, que aunque son extemporáneos, evidencian como ha incrementado la inversión en los proyectos y como la cantidad/costo más representativa en el presupuesto corresponde efectivamente a los ítems para la elaboración de concreto reforzado que presentan sobre costos.

- La placahuella presenta ciertas ventajas y desventajas frente al mejoramiento de vías secundarias y terciarias mediante la pavimentación con concreto asfáltico.

Tabla 9. Comparación del pavimento en placahuella respecto al pavimento flexible. Fuente:

*Elaboración propia.*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Adaptabilidad a la vía existente (diseño en planta) debido a una menor rigurosidad en el diseño geométrico.</li> <li>❖ El concreto hidráulico requiere una elaboración más sencilla que el concreto asfáltico, lo que incide en el rendimiento, en un proceso constructivo más versátil y en el precio unitario.</li> <li>❖ No requiere de maquinaria o mano de obra especializada, ni tampoco materiales menos asequibles para la construcción de la capa de rodadura.</li> <li>❖ La rigidez del suelo de apoyo (subrasante) es despreciable en el análisis de la estructura de pavimento.</li> <li>❖ No se presenta un desgaste por fatiga, pues el método de análisis es por resistencia última.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ El diseño del pavimento flexible requiere de un diseño geométrico de vía que garantiza mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios.</li> <li>❖ Según el comportamiento de los usuarios la placa-huella tendrá una menor durabilidad a causa de las zonas de entrehuellas, ya que aunque se restringe el tránsito por ellas, también son el eslabón débil de la estructura.</li> <li>❖ En ambos pavimentos los proveedores de material pétreo certificado se encuentran a una distancia de transporte considerable.</li> <li>❖ Conservar la superficie de rodadura existente (afirmado), limita los alineamientos y/o curvas en el diseño geométrico de la vía y cualquier corrección implica mejoramientos al suelo de subrasante.</li> <li>❖ Su presupuesto depende en gran medida de los precios del acero y su variación en el tiempo.</li> </ul>

Frente a los objetivos específicos planteados en este proyecto se analiza y reflexiona sobre los siguientes puntos:

- Primero, se realizó la supervisión, vigilancia y control mediante toma de muestras y ensayos de laboratorio. La verificación de las diferentes actividades y los procesos de la obra ejecutada conforme a las especificaciones técnicas.

- Segundo, se aprendió acerca de la planeación en obra y actividades de carácter social, como la elaboración de actas de vecindad, la socialización a la comunidad para la construcción del paso provisional donde fue necesario obtener permisos para la ocupación temporal de los predios que pudieran verse afectados y la realización de prácticas que mejoran el rendimiento de la mano de obra y trabajo en equipo, a través de metas diarias y premiación.

- Tercero, se realizó informes parciales acorde al cronograma, al igual que un informe final que presenta las actividades ejecutadas en el contrato y el proceso constructivo realizado, mostrando paso a paso el conocimiento obtenido, los logros alcanzados y la validez del trabajo ejecutado durante la pasantía.

## 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Señalización y cierre de la vía.



Fotografía 2. Relleno del sector box coulvert



Fotografía 3. Compactación y conformación.



Fotografía 4. Conformación de subrasante.



Fotografía 5. Conformación de subrasante.



Fotografía 6. Compactación de subrasante.



Fotografía 7. Cajeo longitudinal en subrasante.



Fotografía 8. Cajeo puntual en subrasante.



Fotografía 9. Relleno de cajeos.



Fotografía 10. Compactación de cajeos.



Fotografía 11. Extendido de subbase.



Fotografía 12. Conformación de subbase.



Fotografía 13. Chequeo de la altimetría.



Fotografía 14. Compactación de subbase.



Fotografía 15. Cálculo de densidades.



Fotografía 16. Ensayo del cono y arena.



Fotografía 17. Corte del acero de refuerzo.



Fotografía 18. Corte y figurado del refuerzo.



Fotografía 19. Armado previo del refuerzo.



Fotografía 20. Refuerzo pre-armado.



Fotografía 21. Localización de elementos de la placa-huella.



Fotografía 22. Excavación manual para la instalación de formaleta en bordillos.



Fotografía 23. Instalación de formaletas para huellas y entrehuellas.



Fotografía 24. Protección de la zona de trabajo.



Fotografía 25. Excavación manual.



Fotografía 26. Instalación de acero de refuerzo de huellas, riostras y bordillos.



Fotografía 27. Paneles para el recubrimiento.



Fotografía 28. Elaboración del concreto.



Fotografía 29. Vibrado del concreto.



Fotografía 30. Acabados del concreto.



Fotografía 31. Fundición de placa-huella.



Fotografía 32. Terminado de placa-huella, primera etapa constructiva.



Fotografía 33. Aplicación del antisol.



Fotografía 34. Retiro de formaletas.



Fotografía 35. Selección de agregado ciclópeo.



Fotografía 36. Fundición de entrehuellas.



Fotografía 37. Colocación de piedra pegada.



Fotografía 38. Fundición de bordillos.



Fotografía 39. Terminado de placa-huella, segunda etapa constructiva.



Fotografía 40. Espacio dispuesto para la construcción de cajilla de alcantarillado.



Fotografía 41. Elaboración de muestras para ensayo de compresión del concreto.



Fotografía 42. Ensayo de asentamiento para el concreto (Slump).

## 7. CONCLUSIONES

- Conocer y comprender las especificaciones y el proceso constructivo de la obra civil objeto de un contrato son la base primordial para fomentar la ética y la responsabilidad como futuro ingeniero civil, consolidando su integridad como persona y ciudadano, garantizando la calidad y la estabilidad de una obra civil que busca dar bienestar y rentabilidad social.

- Los elementos estructurales de la placa-huella construidos en concreto reforzado cumplieron con los requisitos de resistencia, durabilidad, funcionalidad y calidad.

- En la actualidad la pavimentación en placa-huella no es una clara alternativa económica respecto a los pavimentos convencionales, puesto que el aumento de precios en el acero y el cemento generan sobrecostos a estos proyectos de inversión. Por lo tanto, debe realizarse un estudio y análisis más profundo que compare el costo de un pavimento rígido o flexible (según la factibilidad y aplicación en vías terciarias), y el costo del mejoramiento de la subrasante donde el diseño geométrico de vías lo requiera debido al cambio de alineamientos y/o curvas con respecto al eje de la vía existente.

- El pasante cuenta con la experiencia y conocimiento necesario para ser parte de proyectos de construcción de pavimentos en placa-huella, según las especificaciones y normatividad vigente para este tipo de infraestructura vial.

## 8. RECOMENDACIONES

En base a la experiencia, criterios y conocimientos adquiridos una vez realizada la práctica profesional se consideran las siguientes recomendaciones:

- El pavimento en placa-huella es una infraestructura donde se aplican múltiples conocimientos de distintos campos cursados en el pregrado de ingeniería civil de la Universidad del Cauca, principalmente el estudio de suelos, hidrología, hidráulica, tránsito, vías, pavimentos y concreto armado, además de la parte administrativa donde es necesario el análisis de costos, presupuestos y contratación pública en este caso. Por esto, se considera que es una pasantía exigente, pero muy pedagógica, pues a medida que se desarrolla el proyecto y se construye esta estructura, se requieren dichas áreas en determinado momento.
- La implementación del software TOPO3 permite al pasante aprender los parámetros de diseño geométrico aplicables a una vía de este tipo, que contribuyen a desarrollar su criterio en el diseño geométrico de vías terciarias que aunque no fue un tema profundizado dentro de la asignatura de vías, implícitamente se dieron las bases para su análisis y diseño. De igual manera, la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (INVIAS, 2016) no fue parte de la etapa académica, pero se dieron las herramientas necesarias para su interpretación y aprendizaje.
- Se debe comprender los procesos constructivos y los planos de diseño, conocer cada día que tramo se va ejecutar, su diseño en planta, dimensiones, peraltes o bombeo, señalización en la obra y medidas de seguridad, seguir con el sentido común que se ha desarrollado en la etapa universitaria.

- Una vez desarrollado un criterio, tener el carácter para expresarlo y argumentarlo, considerando que si se está errando se está aprendiendo como profesional. Los imprevistos son el principal mecanismo que fortalece el desarrollo del “ingenio”, que junto con el acompañamiento de un ingeniero civil residente y el apoyo del director de grado, se genera un ambiente de aprendizaje que lleva a la selección de alternativas factibles y efectivas.

## 9. ANEXOS

### 9.1 Anexo 1: Resultado de muestras de compresión

Nº	LOCALIZACION	FECHA TOMA	FECHA ROTURA	RESISTENCIA EXIGIDA (PSI)	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)	LABORATORIO
				R28	R28	
1	HUELLA T2 K0+260	24/03/2021	21/04/2021	3000	4212.0	Geotek sas.
2	HUELLA T2 K0+260	24/03/2021	21/04/2021	3000	4189.0	Geotek sas.
3	HUELLA T2 K0+180	31/03/2021	28/04/2021	3000	3804.9	Geotek sas.
4	HUELLA T2 K0+180	31/03/2021	28/04/2021	3000	3611.2	Geotek sas.
5	ENTREHUELLA T2 K0+180	01/04/2021	29/04/2021	3000	3630.9	Geotek sas.
6	ENTREHUELLA T2 K0+180	01/04/2021	29/04/2021	3000	3621.1	Geotek sas.

9.2 Anexo 2: Ensayo de proctor modificado para el cálculo de densidad máxima y humedad óptima

MATERIAL:	Subbase
Densidad seca máx. (g/cm <sup>3</sup> ):	2.23
Humedad óptima (%):	7.04

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA:	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIRONEZ		
DESCRIPCION:	Material Granular para Base (Grava mal graduada color café)	FECHA :	22-feb-21
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO			

Molde No.	1.00	1.00	1.00	1.00
Diametro del molde (cm)	15.02	15.02	15.02	15.02
Altura del molde (cm)	11.50	11.50	11.50	11.50
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2037.65	2037.65	2037.65	2037.65
Peso suelo humedo + molde (gr)	10610.00	10610.00	10903	10893
Peso molde (gr)	5970.00	5970.00	5970	5970
Peso suelo humedo (gr)	4640.00	4344.00	4933.00	4923.00
Peso unitario humedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.28	2.13	2.42	2.42
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.19	2.19	2.21	2.19
Recipiente No.	G2	G2	G2	G2
Peso S. Humedo + Recipiente (gr)	600.00	581.00	665	625
Peso S. Seco + Recipiente (gr)	581.00	575.00	615	575
Peso recipiente (gr)	91.00	91.00	95	92
Humedad (%)	3.88%	1.24%	9.62%	10.35%

METODO DE COMPACTACION	
DINAMICA	
Peso del martillo (Lb)	10
Altura de caída (Pg)	18
Número de capas	5
# de golpes por capa	56
ESTATICA	
Fuerza de apisonado	
Número de capas	
# pasadas por capa	
Diametro del piston	
RESULTADO DE COMPACTACION	
Densidad seca max. (gr/cm <sup>3</sup> )	2.23
Humedad óptima (%)	7.04

**GEOTEK SAS.**  
 Laboratorio de Suelos  
 TOPOGRAFIA  
 Nit: 89294376-3

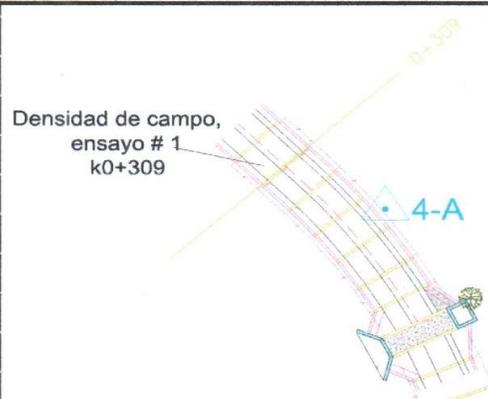
### 9.3 Anexo 3: Determinación de densidades por el método del cono y arena.

Resumen de valores obtenidos:

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE SUELOS EN EL CAMPO - METODO DEL CONO DE ARENA			
Abscisa	Borde	% alcanzado	Especificación
K0+309	I	99.88	CUMPLE (>95%)
K0+270	D	96.33	CUMPLE (>95%)
K0+265	I	100.00	CUMPLE (>95%)
K0+215	I	99.87	CUMPLE (>95%)
K0+170	I	100.00	CUMPLE (>95%)
K0+125	D	100.00	CUMPLE (>95%)
K0+090	I	98.07	CUMPLE (>95%)

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T.191-61		
	Elaborado Por:	Fecha	
	Ing. Yasmin Montenegro	30/03/2021	
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑÓNEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-001
<b>I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA</b>			
Ubicación de la muestra	Abcisa K0+309		
Fecha de compactación	30-03-21		
Capa	1		
Lado	Derecho		
Número de Prueba	01		
<b>II.- DATOS DE CAMPO</b>			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (W <sub>0</sub> )	4255	gr.	
P. FINAL ARENA + FRASCO (W <sub>1</sub> )	1065	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	3190	gr.	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr.	
P. ARENA EN EL HOYO	1515	gr.	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416	gr/cm <sup>3</sup>	
VOLUMEN HUECO (V)	1069.92	cm <sup>3</sup>	
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	2525	gr.	
P. RECIPIENTE (t)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	2525	gr.	
DENS. SUELO HÚMEDO (γ <sub>h</sub> )	2.360	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>III.- DATOS DE LABORATORIO</b>			
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	195.72	gr.	
P. TOTAL SECO (W <sub>s</sub> )	184.59	gr.	
P. RECIPIENTE (t) (Capítulo)	7.39	gr.	
P. AGUA (W <sub>w</sub> )	11.13	gr.	
P. SUELO SECO (W <sub>s</sub> )	177	gr.	
% HUMEDAD SUELO (%w)	6.29%	%	
DENS. SUELO SECO (γ <sub>d</sub> )	2.220	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. MÁX. PROCTOR (γ <sub>dmax</sub> )	2.223	gr/cm <sup>3</sup>	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (%w)	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANZADO	99.88	%	
CUMPLE	SI		

Densidad de campo, ensayo # 1 k0+309



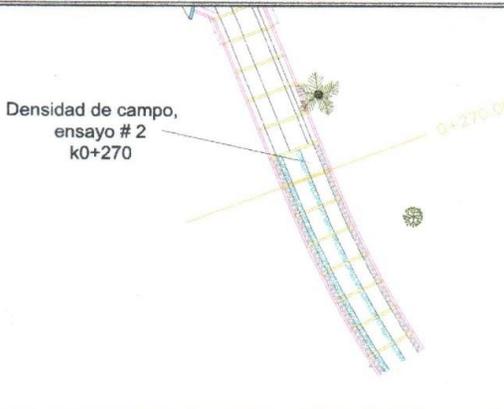


**OBSERVACIONES:**

- 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Laboratorio de Suelos  
 GEOGRAFIA  
 No. 800940486 - 3

Realizado por:  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRRN

		DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA	
		NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T 191-61	
		Elaborado Por: Ing. Yasmin Montenegro	Fecha: 30/03/2021
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑONEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-002
I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA			
Ubicación de la muestra	Abscisa K0+270	 <p>Densidad de campo,                      ensayo # 2                      K0+270</p>	
Fecha de compactación	30/03/21		
Capa	1		
Lado	Izquierdo		
Numero de Prueba	02		
II.- DATOS DE CAMPO			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (W <sub>0</sub> )	4560 gr.		
P. FINAL ARENA + FRASCO (W <sub>1</sub> )	1285 gr.		
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	3275 gr		
P. ARENA EN EL HOYO	1600 gr		
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416 gr/cm <sup>3</sup>		
VOLUMEN HUECO (V)	1129.94 cm <sup>3</sup>		
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	2605 gr.		
P. RECIPIENTE (R)	0 gr.		
P. SUELO HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	2605 gr.		
DENS. SUELO HÚMEDO (γ <sub>h</sub> )	2.309 gr/cm <sup>3</sup>		
III.- DATOS DE LABORATORIO			
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	201.86 gr.		
P. TOTAL SECO (W <sub>s</sub> )	188.61 gr.		
P. RECIPIENTE (R) (Capítulo)	7.64 gr.		
P. ARENA (W <sub>s</sub> )	180.97 gr.		
P. SUELO SECO (W <sub>s</sub> )	180.97 gr.		
% HUMEDAD SUELO (%w)	7.32 %		
DENS. SUELO SECO (γ <sub>d</sub> )	2.148 gr/cm <sup>3</sup>		
DENS. MAX PROCTOR (γ <sub>dmax</sub> )	2.230 gr/cm <sup>3</sup>		
% HUMEDAD REL. O. LABORATORIO (%w <sub>o</sub> )	7.040 %		
PORCENTAJE EXIGIDO	95 %		
PORCENTAJE ALCANZADO	96.33 %		
CUMPLE	SI		
			

OBSERVACIONES:  
 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.  
 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

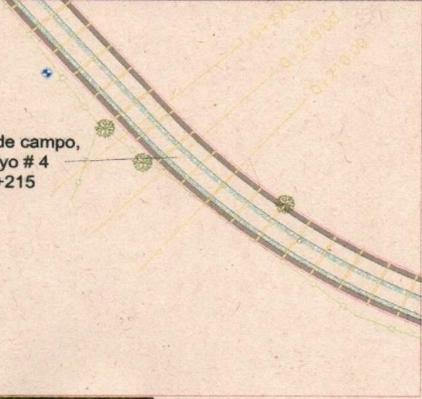
  
**GEOTEK SAS.**  
 Laboratorio de Suelos  
 FOTOGRAFIA  
 Realizado por:  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRR

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T191-G1		
	Elaborado Por: Ing. Yasmín Montenegro		Fecha: 30/03/2021
	CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020		
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIRÓNEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-003
I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA			
Ubicación de la muestra	Abcisa K0+265		
Fecha de compactación	30/03/21		
Capa	1		
Lado	Derecho		
Número de Prueba	03		
II.- DATOS DE CAMPO			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (W <sub>0</sub> )	4455	gr.	 <p>Densidad de campo, ensayo # 3 K0+265</p>
P. FINAL ARENA + FRASCO (W <sub>1</sub> )	1175	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	3280	gr.	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr.	
P. ARENA EN EL HOYO	1605	gr.	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.41b	gr/cm <sup>3</sup>	
VOLUMEN HUECO (V)	1133.47	cm <sup>3</sup>	
P. TOTAL HUMEDO (W <sub>1</sub> )	2795	gr.	
P. RECIPIENTE (R)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (W <sub>1</sub> )	2795	gr.	
DENS. SUELO HUMEDO (W <sub>1</sub> )	2.456	gr/cm <sup>3</sup>	
III.- DATOS DE LABORATORIO			
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>1</sub> )	209.09	gr.	
P. TOTAL SECO (W <sub>0</sub> )	197.15	gr.	
P. RECIPIENTE (R) (Capsula)	7.66	gr.	
P. AGUA (W <sub>0</sub> )	11.94	gr.	
P. SUELO SECO (W <sub>0</sub> )	189.49	gr.	
% HUMEDAD SUELO (W <sub>0</sub> )	6.30%	%	
DENS. SUELO SECO (W <sub>0</sub> )	2.320	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. MAX. PROCTOR (W <sub>0</sub> max)	2.330	gr/cm <sup>3</sup>	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (W <sub>0</sub> )	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANIZADO	104.02	%	
CUMPLE	SI		

OBSERVACIONES:  
 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.  
 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
**GEOTEK SAS.**  
 Ingeniería de Suelos  
 Realizado por:  
 Nit. 1000143434  
 Ing. Juan Pablo Ruiz Quirónez - 3  
 MP. 52266-306984 NRR

	<b>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA</b>		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T191-61		
	Elaborado Por: Ing. Yasmin Montenegro	Fecha 16/03/2021	
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
<b>CONTRATISTA</b>	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L JUAN PABLO RUIZ QUIÑONEZ		
<b>UBICACIÓN</b>	VILLAGARZON PUTUMAYO	<b>APLICACIÓN</b>	Sub-base Granular
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>		<b>TIPO/COD. MUESTRA</b>	GTK-CVA-004
<b>I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA</b>			
Ubicación de la muestra	Abscisa K0+215		
Fecha de compactación	16-04-21		
Capa	1		
Lado	Izquierda		
Número de Prueba	04		
<b>II.- DATOS DE CAMPO</b>			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (Wt)	4300	gr.	
P. FINAL ARENA + FRASCO (Wf)	1435	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	2865	gr.	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr.	
P. ARENA EN EL HOYO	1190	gr.	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416	gr/cm <sup>3</sup>	
VOLUMEN HUECO (V)	840.39	cm <sup>3</sup>	
P. TOTAL HÚMEDO (Wht)	2205	gr.	
P. RECIPIENTE (R)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (Wh)	0	gr.	
DENS. SUELO HÚMEDO (yh)	2.620	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>III.- DATOS DE LABORATORIO</b>			
P. TOTAL HÚMEDO (Wht)	191.45	gr.	
P. TOTAL SECO (Wht)	180.5	gr.	
P. RECIPIENTE (R) (Capas)	7.45	gr.	
P. AGUA (Ww)	10.95	gr.	
P. SUELO SECO (Wt)	173.05	gr.	
% HUMEDAD SUELO (%w)	6.33%	%	
DENS. SUELO SECO (yd)	2.464	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. SUELO SECO (yd) Corregido	2.220	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. MAX. PROCTOR (y <sub>dmax</sub> )	2.223	gr/cm <sup>3</sup>	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (%w <sub>L</sub> )	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANZADO	99.87	%	
CUMPLE	SI		

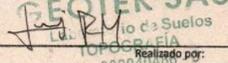


Densidad de campo, ensayo # 4  
k0+215

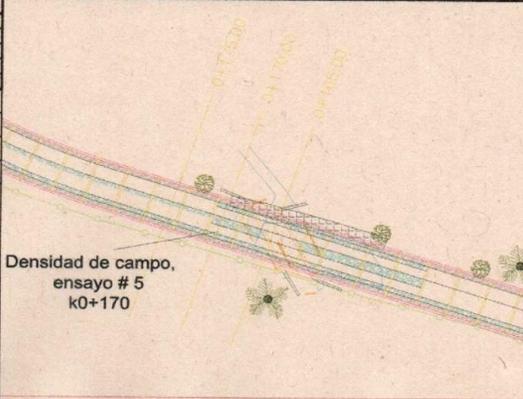




- OBSERVACIONES:**
- 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.
  - 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
  - 3.- Se realizó corrección por sobretamaño.

  
 Realizado por:  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRR

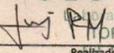
	<b>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA</b>		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T191-61		
	Elaborado Por:	Fecha:	
	Ing. Yasmin Montenegro	16/04/2021	
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑONEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-005
<b>I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA</b>			
Ubicación de la muestra	Abscisa K0+170		
Fecha de compactación	16-04-21		
Capa	1		
Lado	Izquierda		
Número de Prueba	05		
<b>II.- DATOS DE CAMPO</b>			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (W <sub>i</sub> )	4280	gr.	
P. FINAL ARENA + FRASCO (W <sub>f</sub> )	1540	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	2740	gr	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr	
P. ARENA EN EL HOYO	1065	gr	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416	gr/cm <sup>3</sup>	
VOLUMEN HUECO (V)	752.12	cm <sup>3</sup>	
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	1895	gr.	
P. RECIPIENTE (t)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	1895	gr.	
DENS. SUELO HÚMEDO (γ <sub>h</sub> )	2.520	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>III.- DATOS DE LABORATORIO</b>			
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>h</sub> )	180.09	gr.	
P. TOTAL SECO (W <sub>s</sub> )	170.32	gr.	
P. RECIPIENTE (t) (Capelita)	7.53	gr.	
P. AGUA (W <sub>w</sub> )	9.77	gr.	
P. SUELO SECO (W <sub>s</sub> )	162.79	gr.	
% HUMEDAD SUELO (%w)	6.00%	%	
DENS. SUELO SECO (γ <sub>d</sub> )	2.377	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. SUELO SECO (γ <sub>d</sub> ) Corregido	2.240	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. MAX. PROCTOR (γ <sub>dmax</sub> )	2.223	gr/cm <sup>3</sup>	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (%w)	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANZADO	100.76	%	
CUMPLE	SI		

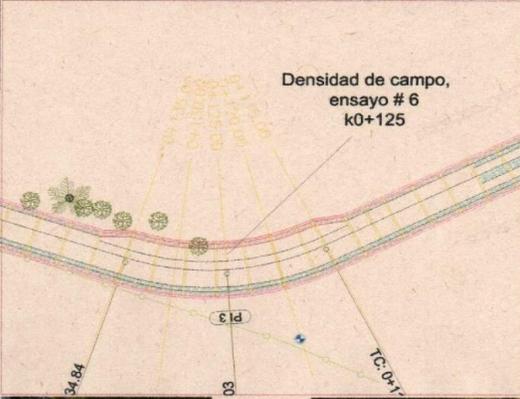


Densidad de campo, ensayo # 5 k0+170



- OBSERVACIONES:**
- 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.
  - 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
  - 3.- Se realizó corrección por sobregranaje.

  
 Laboratorio de Suelos  
 TOPOGRAFIA  
 Realizado por: 160421-3  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRR

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T191-61		
	Elaborado Por:	Fecha	
	Ing. Yasmin Montenegro	16/04/2021	
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑÓNEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-006
<b>I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA</b>			
Ubicación de la muestra	Abscisa K0+125		
Fecha de compactación	16-04-21		
Capa	1		
Lado	Derecho		
Número de Prueba	06		
<b>II.- DATOS DE CAMPO</b>			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (W <sub>0</sub> )	4270	gr.	
P. FINAL ARENA + FRASCO (W <sub>1</sub> )	1725	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	2545	gr	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr	
P. ARENA EN EL HOYO	870	gr	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416	gr/cm <sup>3</sup>	
VOLUMEN HUECO (V)	614.41	cm <sup>3</sup>	
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>1</sub> )	1610	gr.	
P. RECIPIENTE (R)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (W <sub>1</sub> )	1610	gr.	
DENS. SUELO HÚMEDO (γ <sub>1</sub> )	2.620	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>III.- DATOS DE LABORATORIO</b>			
P. TOTAL HÚMEDO (W <sub>1</sub> )	174.87	gr.	
P. TOTAL SECO (W <sub>0</sub> )	165.36	gr.	
P. RECIPIENTE (R) (Capasida)	5.92	gr.	
P. AGUA (W <sub>0</sub> )	9.51	gr.	
P. SUELO SECO (W <sub>0</sub> )	159.44	gr.	
% HUMEDAD SUELO (%w)	5.96%	%	
DENS. SUELO SECO (γ <sub>0</sub> )	2.473	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. SUELO SECO (γ <sub>0</sub> ) Corregido	2.240	gr/cm <sup>3</sup>	
DENS. MAX. PROCTOR (γ <sub>dmax</sub> )	2.223	gr/cm <sup>3</sup>	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (%w)	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANZADO	100.8	%	
CUMPLE	SI		

- OBSERVACIONES:**
- 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.
  - 2.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
  - 3.- Se realizó corrección por sobretamaño.


 Realizado por:  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRR

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA		
	NORMA: I.N.V. E-146 AASHTO T191-61		
	Elaborado Por:	Fecha:	
	Ing. Yasmin Montenegro	16/04/2021	
CONTRATO DE OBRA No. 441 DEL 25 DE AGOSTO DEL 2020			
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO - LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO		
CONTRATISTA	CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020 R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑÓNEZ		
UBICACIÓN	VILLAGARZON PUTUMAYO	APLICACIÓN	Sub-base Granular
LUGAR DE MUESTREO		TIPO/COD. MUESTRA	GTK-CVA-007
<b>I.- UBICACIÓN y/o PRUEBA</b>			
Ubicación de la muestra	Abscisa K0+090		
Fecha de compactación	16-04-21		
Capa	1		
Lado	Izquierda		
Número de Prueba	07		
<b>II.- DATOS DE CAMPO</b>			
P. INICIAL ARENA + FRASCO (Wc)	4260	gr.	
P. FINAL ARENA + FRASCO (Wf)	1620	gr.	
P. ARENA TOTAL UTILIZADA	2640	gr	
CONSTANTE DEL CONO	1675	gr	
P. ARENA EN EL HOYO	965	gr	
DENSIDAD DE LA ARENA	1.416	gr/cm3	
VOLUMEN HUECO (V)	681.50	cm3	
P. TOTAL HUMEDO(Wt)	1620	gr.	
P. RECIPIENTE (t)	0	gr.	
P. SUELO HÚMEDO (Wt)	1620	gr.	
DENS. SUELO HÚMEDO (yt)	2.377	gr/cm3	
<b>III.- DATOS DE LABORATORIO</b>			
P. TOTAL HÚMEDO (Wt)	187.23	gr.	
P. TOTAL SECO (Wt)	178.76	gr.	
P. RECIPIENTE (t) (Capas)	5.8	gr.	
P. AGUA (Ww)	8.47	gr.	
P. SUELO SECO (Wt)	172.96	gr.	
% HUMEDAD SUELO (%w)	4.90%	%	
DENS. SUELO SECO (yt)	2.266	gr/cm3	
DENS. SUELO SECO (yt) Corregido	2.180	gr/cm3	
DENS. MAX. PROCTOR (y <sub>dmax</sub> )	2.223	gr/cm3	
% HUMEDAD SUELO - LABORATORIO (%w)	7.040	%	
PORCENTAJE EXIGIDO	95	%	
PORCENTAJE ALCANZADO	98.07	%	
CUMPLE	SI		

Densidad de campo,  
 ensayo # 7  
 k0+090






- OBSERVACIONES:**
- 1.- Pruebas de compactación e identificación realizado por el personal de laboratorio.
  - 2.- El presente documento no debe ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.
  - 3.- Se realizó corrección por sobretamaño.

Laboratorio de Suelos  
 FOTOMAFIA  
 Realizado por:  
 Ing. Luis Ruales  
 MP. 52266-306984 NRR

## 9.4 Anexo 4: Resolución de trabajo de grado



Facultad de Ingeniería Civil  
Consejo de Facultad

RESOLUCIÓN No. 242 DE 2021  
24 DE MARZO  
8.3.2-90.13

Por la cual se autoriza un TRABAJO DE GRADO, **PRACTICA PROFESIONAL - PASANTÍA**, y se designa su Director.

EL CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL de la Universidad del Cauca, en uso de sus atribuciones funcionales y,

### C O N S I D E R A N D O

PRIMERO: Que mediante los Acuerdos 002 de 1989, 003 y 004 de 1994 y 027 de 2012, emanados del Consejo Académico de la Universidad del Cauca, se estableció el TRABAJO DE GRADO y por Resolución No. 820 de 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil, se reglamentó dicho Trabajo de Grado en las modalidades Investigación, Pasantía y Práctica Social.

SEGUNDO: Que la Universidad del Cauca emitió Resolución 666 del 24 de abril 2020: "Por medio de la cual se adopta el protocolo general de bioseguridad para mitigar, controlar y realizar el adecuado manejo de la pandemia del Coronavirus Covid-19".

TERCERO: Que los estudiantes autorizados para realización de Trabajo de Grado en modalidad de Investigación, Pasantía y Practica Social, conocen sobre las responsabilidades en la aplicación de los protocolos de bioseguridad listadas en el Artículo 3 de la Resolución 666 de 2020 y las resoluciones complementarias.

CUARTO: Que los estudiantes han expresado mediante carta debidamente firmada, la exoneración a la Universidad del Cauca de responsabilidades para quienes realicen prácticas presenciales en desarrollo de las modalidades de Trabajo de Grado y/o los procedimientos reglamentados por cada facultad.

### R E S U E L V E

ARTÍCULO PRIMERO: Autorizar al estudiante DANIEL STIVEN HENAO POVEDA, con código 100413010517, la ejecución y desarrollo del Trabajo de Grado, **Practica Profesional-Pasantía** titulado: AUXILIAR DE RESIDENTE DE OBRA EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO, bajo la dirección del Ing. Efraín de Jesús Solano, avalados por el Consejo de Facultad como requisito parcial para optar al título de Ingeniero(a) Civil.



9.5 Anexo 5: Certificado de cumplimiento de horas de pasantía.



NIT: 901392889-1

**CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020**

**IDENTIFICADO CON NIT:**

901392889-1

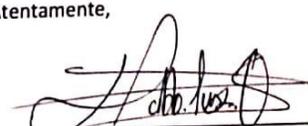
**CERTIFICA QUE:**

El estudiante Daniel Stiven Henao Poveda identificado con Cedula de Ciudadanía N. 1.006.946.618 de Popayán - Cauca, cumplió el tiempo establecido de trabajo de grado en modalidad de pasantía (576 horas) como auxiliar de residencia en el contrato de obra N° 441 del 25 de agosto 2020, cuyo objeto es MEJORAMIENTO DE LA VIA SECTOR PUENTE RIO PUTUMAYO – LA CASTELLANA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA EN EL MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO. Desde el (24) de marzo de 2021 hasta el 15 de julio del 2021.

Se considera que el grado de cumplimiento de la práctica, en escala 1 a 5 es 5.

Se expide a solicitud del interesado a los 26 días del mes de julio de 2021.

Atentamente,

  
R/L: JUAN PABLO RUIZ QUIÑONEZ  
CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020

  
Director de obra: CHRISTIAN CHAMORRO  
CONSORCIO VILLA AMAZONICA 2020

OFICINA CALLE 2 N° 3-64 B/FATIMA VILLAGARZON-PUTUMAYO  
CEL: 3148469587-3112372977 EMAIL: consorciovillaamazonica2020@gmail.com

## BIBLIOGRAFIA

Murgueitio, A; Orobio, J; Orobio, A; Sánchez, J; Ignacio, C; Mosquera, J; Hernández, C;

Gómez, J (2015). Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías.

(INVIAS). Bogotá, Colombia. Recuperado de

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella/file>

Departamento Nacional de Planeación (2016). 15 MEJORAMIENTO DE VÍAS Terciarias

MEDIANTE EL USO DE LA PLACA HUELLA DNP. Bogotá, Colombia. Recuperado

de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/placahuella/ptplacahuella.pdf>

Contrato de obra N° 441 del 25 de agosto de 2020, Consorcio Villa Amazónica 2020.

Recuperado de [Detalle del proceso: SPIM-LP-001-2020 \(contratos.gov.co\)](https://contratos.gov.co/contratos/SPIM-LP-001-2020)

Vargas, F; Carreño, J; Uha, F (2019). Implementación de la Guía de diseño de Pavimentos con

Placa-huella para la habilitación de la movilidad de la comunidad de la vereda Choapal en

el municipio de Restrepo/Meta. (Trabajo de grado). Universidad Cooperativa de

Colombia, Villavicencio. Recuperado de

[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12048/4/2019\\_Implementación\\_guia\\_a\\_diseno.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12048/4/2019_Implementación_guia_a_diseno.pdf)

Ovalle, C. (2019). AUXILIAR EN RESIDENCIA DE OBRA EN LA CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA EN VIAS RURALES DE POPAYAN. (Trabajo de grado).  
Universidad del Cauca, Popayán.