

**INFORME FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL
TITULO DE INGENIERA CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE RESIDENCIA EN LA ADMINISTRACIÓN
Y SUPERVISIÓN DE OBRAS, DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y
REHABILITACIÓN DE LA DOBLE CALZADA SUR, VÍA AL BOSQUE, UBICADA
EN LA TRANSVERSAL NOVENA NORTE – CIUDAD DE POPAYÁN (CAUCA)**

LUISA FERNANDA CHAVES CHILITO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN- CAUCA
2020**

**INFORME FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL
TITULO DE INGENIERA CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE RESIDENCIA EN LA ADMINISTRACIÓN
Y SUPERVISIÓN DE OBRAS EN EL PROYECTO CONSTRUCCIÓN Y
REHABILITACIÓN DE LA DOBLE CALZADA SUR VÍA AL BOSQUE UBICADO
EN LA TRANSVERSAL NOVENA NORTE – CIUDAD DE POPAYÁN (CAUCA)**

LUISA FERNANDA CHAVES CHILITO

COD. 100412020624

Cel. 3107594974

DIRECTOR:

ING. LUIS ILDEMAR BOLAÑOS ANDRADE

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN- CAUCA**

2020

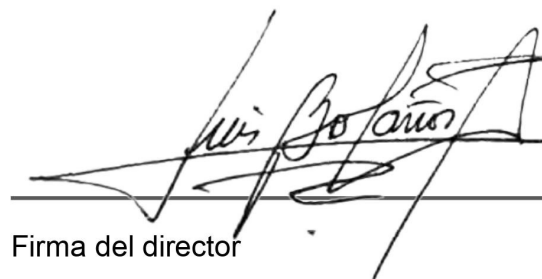
NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han evaluado el presente documento y la sustentación del mismo por su autora el cual aprueban, por lo cual autorizan a la egresada para que desarrolle las gestiones administrativas para optar por el título de ingeniera civil.

Firma del presidente del jurado



Firma del jurado



Firma del director

DEDICATORIA

“Para el Dios que no falla, el que blindo mi camino de amor y aunque no siempre lo entienda tiene un plan eterno para mí. A mi madre, por ella y para ella abandoné los miedos y me llene de valor cada mañana en la que pensé que no podría hacerlo. A mi padre, con honra llevo sobre mi rostro su rostro y su legado es tan gigante que me queda una vida entera llena de triunfos para lograr calzar sus zapatos, de la manera más pintoresca cuando reciba mi diploma él reirá desde el cielo y yo haré mi venia para ofrecerle este triunfo, la hija del coronel eligió las botas y el casco de una ingeniera civil”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias por la fuerza y la paz que sobre pasa todo entendimiento cuando más lo necesite en esta construcción de saber, carácter y de dominio propio.

A mi madre, Juani y mi hermano por su entrega total, por su apoyo y el carácter que fundieron en mis enseñanzas desde que era una niña, por enseñarme a tener criterio para elegir siempre lo que quería, lo que me hacía bien y lo que iba a ser de provecho para los que me rodean, por enseñarme a creer que cada acción pequeña hecha con mucho amor era suficiente para crear un mundo mejor, por la FÉ genuina que me ayudaron a construir que no tiene que ver con templos o religiones, es lo que me sostiene y me hace la mujer que soy.

A los que un día sin sospecharlo fueron usados por Dios diciéndome “usted tiene pinta de ingeniera civil” y cambiaron el curso de mis decisiones.

Gracias al ingeniero Nelson Rivas porque una de sus clases me salvo y decidí continuar estudiando ingeniería civil, “nunca reniegues de la ingeniería, pero sobre cualquier cosa no se te ocurra abandonar tus pasiones”.

A mi tío Jorge, porque con su visión de arquitecto entendí que lo mío era la ingeniería.

Gracias a Nancy López, porque juntas nos dimos fuerzas para continuar y supimos que valía la pena cada esfuerzo por lograr ejercer un día esta delirante profesión.

A Mario, Isabel y Edward por el apoyo y por enseñarme a amar la amistad que se crea en un aula de clase.

Al ingeniero Lisandro Marinque por enseñarme que si quieres ser feliz al pasar los años solo tienes la opción de seguir haciendo tu trabajo con pasión, como si fuera la primera vez. Gracias por iniciarme en este camino.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	13
2	RESUMEN	15
3	OBJETIVOS	17
3.1	OBJETIVO GENERAL	17
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4	INFORMACIÓN GENERAL.....	18
4.1	ENTIDAD RECEPTORA.....	18
4.2	MISIÓN Y VISIÓN.....	19
4.2.1	Misión.....	19
4.2.2	Visión	19
4.3	TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERDAD DEL CAUCA	19
4.4	TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	19
5	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	20
5.1	GENERALIDADES	20
5.2	LOCALIZACIÓN.....	22
6	EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA.....	24
6.1	ESTUDIO DE LA SUB RASANTE	25
6.1.1	Estudio deflectométrico	25
6.1.2	Estudio geotécnico	28
6.1.3	Unidades homogéneas de diseño:	31
6.1.3.1	Primera unidad homogénea, desde la intersección de la transversal novena norte con la variante norte de la ciudad de Popayán hasta la abscisa K1+000:.....	32
6.1.3.2	Segunda unidad homogénea, desde la abscisa K1+000 hasta la intersección de la transversal novena norte y la glorieta de brisas:	33
6.2	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	34
6.2.1	Determinación del espesor de la losa:	34
6.2.2	Estructura del pavimento rígido, primera unidad homogénea, desde la intersección de la transversal novena norte con la variante norte de la ciudad de Popayán hasta la abscisa K1+000:	34

6.2.3	Estructura de pavimento rígido, segunda unidad homogénea, desde la abscisa K1+000 hasta la intersección de la transversal novena norte y la glorieta de brisas:	35
6.2.4	Características del concreto hidráulico:.....	36
6.3	PROCESO CONSTRUCTIVO	37
6.3.1	Trabajo topográfico	37
6.3.1.1	Excavación:.....	38
6.3.1.1.1	Maquinaria para excavación:	40
6.3.1.2	Nivelación:	40
6.3.1.3	Compactación	43
6.3.1.4	supervisión, control y planeación por parte del pasante:	44
6.3.2	Concreto hidráulico:	49
6.3.2.1	Instalación de formaletas:	51
6.3.2.2	Vaciado del concreto:.....	52
6.3.2.3	Vibrado de la mezcla de concreto extendida:	53
6.3.2.4	Nivelación con rodillo liso:.....	53
6.3.2.5	Proceso de acabado:	54
6.3.2.5.1	Flotador o enrasador:.....	54
6.3.2.5.2	Micro texturizado:.....	54
6.3.2.5.3	Macro texturizado:	55
6.3.2.6	Curado:	56
6.3.2.7	Acero:.....	57
6.3.2.7.1	Instalación de barras de amarre:	57
6.3.2.7.2	Pasadores o barras pasa juntas:	59
6.3.2.7.3	Refuerzo de losas, parrillas de acero:.....	60
6.3.2.8	Remoción de formaleta:.....	63
6.3.2.9	Corte de juntas de dilatación:.....	63
6.3.2.10	Sello de juntas:	63
6.3.2.11	Supervisión, control y planeación por parte del pasante:	64
6.3.2.11.1	Supervisión en la construcción de parrillas de acero:	64

6.3.2.11.2	Identificación de las losas:	66
6.3.2.11.3	Proyección de las fundiciones:	69
6.4	CONTROL DE CALIDAD	70
6.4.1	Control de calidad de material de mejoramiento y sub base:	70
6.4.2	Control del grado de compactación de la sub rasante y la sub base:	70
6.4.3	Control de la resistencia a flexo-tracción del concreto hidráulico:	72
6.4.4	Control se asentamiento del concreto hidráulico:	73
6.5	OBRAS PARALELAS	75
6.5.1	Obras de drenaje en la vía:	75
6.5.2	Reparación de redes húmedas:	77
6.5.3	Reubicación de redes húmedas:	77
6.5.4	Construcción de cámaras de inspección de aguas lluvia:	79
6.5.5	Demoliciones de concreto:	80
6.6	ESPACIO PÚBLICO	81
6.6.1	Conformación de la estructura de espacio público:	81
6.6.2	Elementos del espacio público:	82
6.7	TRABAJO DE OFICINA Y ACTAS	85
7.	CONCLUSIONES	87
8.	BIBLIOGRAFÍA	89

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Proyecto construcción de la calzada sur doble carril vía al bosque.	20
Imagen 2. Localización del proyecto.	22
Imagen 3. Perfil deflectométrico tramo entre la variante y la glorieta de brisas.	26
Imagen 4. Perfil de módulos resilientes de la sub rasante (kg/cm ²) tramo entre la variante y la glorieta de brisas.	26
Imagen 5. Mejoramiento unidad homogénea 1.	32
Imagen 6. Mejoramiento unidad homogénea 2.	33
Imagen 7. Estructura de pavimento rígido, unidad homogénea de diseño 1.	35
Imagen 8. Estructura de pavimento rígido, unidad homogénea de diseño 2.	36
Imagen 9. Primer frente excavación abscisa K0+535.	39
Imagen 10. Segundo frente de excavación K0+330.	39
Imagen 11. Retroexcavadoras "Hitachi ZAXIS 200" y "Mitsubishi MS070".	40
Imagen 12. Material de mejoramiento extendido por la motoniveladora.	42
Imagen 13. Geomalla biaxial extendida.	42
Imagen 14. Compactación de la sub rasante con rodillo liso de 13 ton/m ²	43
Imagen 15. Tanque de riego para compactar sub base granular.	44
Imagen 16. Inundación en la K0+535.	47
Imagen 17. Retiro de fallo en material de mejoramiento.	47
Imagen 18. Instalación de formaleta carril izquierdo.	51
Imagen 19. Vaciado de mezcla de concreto hidráulico.	52
Imagen 20. Vibrado de mezcla de concreto con vibrador de aguja.	53
Imagen 21. Utilización de rodillo liso para la nivelación de la mezcla de concreto.	54
Imagen 22. Proceso de micro texturizado sobre el concreto con tela de fique.	55
Imagen 23. Macro texturizado de la superficie de concreto.	56
Imagen 24. Aplicación de Anti sol sobre la superficie de concreto.	57
Imagen 25. Barras de amarre perpendiculares en junta longitudinal-carril izquierdo.	58

Imagen 26. Pasadores de carga.	59
Imagen 27. Parrilla sencilla en losa con cámara de inspección lateral.	61
Imagen 28. Parrilla doble en resalto vehicular	61
Imagen 29. Parrilla doble para losa con cámara de inspección concéntrica.....	62
Imagen 30. Parrillas sencillas en losas irregulares.	62
Imagen 31. Equipo con disco de diamante para realizar corte de juntas en losa. .	63
Imagen 32. Refuerzo de losas en planos. Sombreado sencillo, parrilla sencilla. Sombreado doble, parrilla doble.	65
Imagen 33. Ensayo de cono y arena para tomar densidad de campo.	71
Imagen 34. Vigas de muestra para el ensayo de flexo-tracción.....	72
Imagen 35. Control de asentamiento, Slump.	73
Imagen 36. Resultado del ensayo de asentamiento en pulgadas.....	74
Imagen 37. Sumidero en construcción K0+227.	76
Imagen 38. Tubería de alcantarillado de diametro 6" reparada con unión en PVC 6".....	77
Imagen 39. Tubos de red domiciliaria de alcantarillado sobre el diseño de la sub base.	78
Imagen 40. Acero figurado para construcción de brocal en cámara de inspección.	79
Imagen 41. Formaleta para fundir cámara de inspección de aguas lluvia, K0+220.	79
Imagen 42. Capa de arena espesor 4 cm para espacio público.	81
Imagen 43. Losetas lisas.	82
Imagen 44. Loseta toperol	82
Imagen 45. Loseta paradero.	83
Imagen 46. Loseta guía.	83
Imagen 47. Bordillo A80.....	84
Imagen 48. Bordillo A10.....	84
Imagen 49. Rampas vehiculares.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de suelo de sub rasante, resultados de laboratorio.....	29
Tabla 2. Resistencia de la sub rasante según estudio geotécnico año 2012.....	30
Tabla 3. Resistencia de la sub rasante según estudio geotécnico año 2018.....	30
Tabla 4. Características mecánicas del concreto hidráulico.	36
Tabla 5. Retiro de metros cúbicos de material semana 1 en obra.....	45
Tabla 6. Retiro de metros cúbicos de material semana 2 en obra.....	45
Tabla 7. Conteo de sub base recibida semana 2 de octubre.....	48
Tabla 8. Diseño de mezcla concreto fraguado normal Geoacopio S.A.S.	49
Tabla 9. Diseño de mezcla de concreto fraguado acelerado Geoacopio S.A.S.....	50
Tabla 10. Especificaciones para el material de sello de juntas en pavimentos de concreto hidráulico.....	64
Tabla 11. Información fundición de losas, octubre 2019.....	66
Tabla 12. Información fundición de losas, noviembre 2019 PARTE 1	67
Tabla 13. Información fundición de losas, noviembre PARTE 2	68
Tabla 14. Grado de compactación con respecto a los resultados de densidad en laboratorio y densidad tomada en campo.	71
Tabla 15. Resultados consolidados de la Resistencia a Flexo-tracción del concreto pre mezclado durante la ejecución de la obra.....	73
Tabla 16. Registro de sumideros calzada sur, transversal novena norte.....	75

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Resolución No. 229 del 09 de octubre de 2019

Anexo B: certificación práctica profesional-pasantía Consorcio Cauca 2017

1 INTRODUCCIÓN

El proceso de la pasantía o práctica profesional se realizó conforme lo permite la resolución No. 820 del 14 de octubre de 2014, en la que se reglamenta el trabajo de grado en la facultad de ingeniería civil de la universidad del Cauca, por lo que se establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial para optar por el título de ingeniera civil basado en los conocimientos teóricos aprendidos previamente en la institución. Se realizó la participación como auxiliar de residencia en la administración y supervisión de obras en el proyecto construcción de la doble calzada sur vía al bosque ubicado en la transversal novena norte de la ciudad de Popayán, Cauca. Este proyecto hace parte del objeto contratado por el **CONSORCIO CAUCA 2017 a MOVILIDAD FUTURA S.A.S.** que originalmente consistió en **LA REHABILITACIÓN VIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL SETP (SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE DE POPAYÁN) DEL TRAMO 9A: TRANSVERSAL 9N (CARRERA 9A VARIANTE).**

El consorcio Cauca 2017 integrado por las empresas constructoras AMEZQUITA Y NARANJO y FERNANDO CASTRO SPADAFORRA ambas empresas caleñas, me dieron la oportunidad y las herramientas necesarias para participar en la construcción de dicho tramo como auxiliar del residente apoyando la ejecución de las actividades diarias de obra, la proyección de la construcción de la estructura de pavimento rígido y el espacio público, supervisando que los procesos constructivos se hicieran conforme al objeto contratado y a los detalles determinados por el diseño.

En este documento se encuentra la información sobre el estado en el que se encontraba la obra al iniciar la pasantía, las actividades realizadas en obra durante el tiempo de duración del contrato de aprendizaje, así mismo el estado en el que se encontraba al finalizar dicho contrato con el fin de constatar que se dio cumplimiento

a los objetivos planteados para este trabajo. También se describen las labores que el consorcio Cauca 2017 requería.

Uno de los objetivos de la academia es formar profesionales con la capacidad de planear, diseñar y ejecutar proyectos que beneficien a la comunidad, la ciudad y el país en general, esta experiencia laboral fue de gran apoyo para complementar los conceptos teóricos aprendidos en las aulas de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca y así lograr ser de los futuros egresados que contribuyen al desarrollo de la comunidad y el entorno.

2 RESUMEN

El contrato de aprendizaje tuvo lugar en el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2019 hasta el 11 de enero de 2020, periodo en el que la pasante se desempeñó como auxiliar del residente de obra Ingeniero Lisandro Manrique, que fue el tutor asignado para la pasante por el Consorcio Cauca 2017, la función de la pasante fue dar apoyo y acompañamiento al residente en todo lo relacionado con las actividades de planeación, desarrollo y construcción del proyecto “CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA SUR DE LA TRANSVERSAL NOVENA NORTE VÍA AL BOSQUE”.

La pasantía se realizó principalmente en campo durante el tiempo del contrato sin ningún impedimento, de la misma forma también hubo actividades de oficina que fueron necesarias para complementar el trabajo y la información que se requería en obra. Las tareas en obra y en oficina enriquecieron el aprendizaje que a lo largo de los años se recibió en las aulas de clase y cada actividad estaba al alcance de la formación que recibe un estudiante de ingeniería civil de la universidad del Cauca.

Las actividades de obra fueron las relacionadas con la topografía para definir la excavación, nivelación y compactación del suelo que soportaría la estructura del pavimento, la supervisión de la calidad de roca muerta (material de mejoramiento) y material de sub base granular que se recibía diariamente, control del volumen de retiro de material e inspección de las volquetas de carga que salían de la obra. Control del volumen de fallos en la sub rasante y en la sub base por acumulación de agua. También se resume el trabajo conjunto entre el contratista y la interventoría para liberar los tramos que estuvieran listos para poder realizar el siguiente procedimiento. De la misma forma para asegurar la calidad del concreto hidráulico que se instaló conforme al artículo 500 de 2013 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS se supervisaron todos los procesos que describe el mencionado artículo desde la instalación de formaletas, vaciado y

vibrado del concreto, el curado adecuado, la instalación de barras de amarre, pasadores y parrillas de acero en los casos en los que fuera necesario, el proceso de retiro de la formaleta y el estado de las losas fundidas.

Paralelamente se supervisó la construcción de los diferentes sumideros que hacían parte del diseño geométrico de la vía. Se dio solución a la reparación y en algunos casos reubicación de redes húmedas como alcantarillado y acueducto y redes secas como internet, televisión y telefonía.

En este acompañamiento también fue necesario aprender de las diferentes labores que se tenían que ejecutar para poder avanzar con la construcción del pavimento y espacio público, labores que desempeñaron los residentes ambientales, SISO (seguridad industrial y salud ocupacional), forestales, sociales y que eran imprescindibles para poder favorecer el ambiente y entorno en el que se desarrolló la obra.

Por último, el espacio público requería la supervisión para realizar las respectivas nivelaciones, toma de densidades, alineamientos y también se resumen inconvenientes como deterioro de losetas, bordillos, adoquines.

Las actividades de oficina estuvieron relacionadas con la entrega de información de datos de campo para poder realizar las pre actas de cobro y las de cobro final, el registro de modulaciones de losas del concreto hidráulico, para poder establecer el rendimiento del trabajo de obra, proyectar fundiciones futuras y así poder encargar el material que se necesitaba para no parar la obra (roca muerta de mejoramiento, sub base, geo malla, acero de refuerzo, sacos de cemento).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Ofrecer acompañamiento y apoyo al residente de obra ingeniero Lisandro Manrique como auxiliar de residencia en todo lo relacionado con la planeación, desarrollo y ejecución del proyecto “CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA SUR DE LA TRANSVERSAL NOVENA NORTE VÍA AL BOSQUE”

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Supervisar que los procedimientos constructivos se realicen con calidad conforme a los diseños establecidos y al cumplimiento de la normatividad.
- Realizar informes al residente de obra sobre las anomalías, inconsistencias o novedades presentados en el desarrollo del trabajo de campo.
- Registrar la información necesaria para la realización de actas finales y actas de pago.
- Realizar informes al residente sobre materiales y equipo que se requieren para realizar las actividades diarias en la obra.

4 INFORMACIÓN GENERAL

4.1 ENTIDAD RECEPTORA



Nombre: CONSORCIO CAUCA 2017

Dirección: transversal 9N (carrera 9 a Variante)

Teléfonos:3174883872

Correo: consorciocauca2017@gmail.com

Tipo de sociedad: consorcio por contratación pública

Actividad principal: rehabilitación vial y construcción del espacio público para el SETP Popayán del tramo 9A: transversal 9N (carrera 9N a la variante) de la ciudad de Popayán

Director de obra: ingeniero Alejandro Flórez

4.2 MISIÓN Y VISIÓN

4.2.1 Misión

CONSORCIO CAUCA 2017 se creó para llevar a cabo la rehabilitación, construcción y operación de obras viales, relacionadas con el contrato de obra pública N°098 de 2017 Para lo que se apoya con personal competente, herramientas y maquinaria necesarios y en la implementación de modelos de gestión integral formal.

4.2.2 Visión

Asegurara la ejecución del contrato de obra pública N°098 de 2017 garantizando a el SETP de MOVILIDAD FUTURA S.A.S de la ciudad de Popayán y demás entes interesados el cumplimiento de los requisitos acordados, el mejoramiento de las condiciones de movilidad de la comunidad en la zona intervenida y el bienestar de nuestro recurso humano, así como los resultados esperados en el proyecto.

4.3 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Ingeniero Luis Ildemar Bolaños Andrade

4.4 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

Ingeniero Lisandro Manrique, residente de obra

5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

5.1 GENERALIDADES



Imagen 1. Proyecto construcción de la calzada sur doble carril vía al bosque.

Fuente: propia.

El proyecto consistió en la rehabilitación de 700 metros lineales de la calzada sur doble carril y la construcción de su espacio público y ciclo ruta que componían el diseño total del contrato, localizado en la transversal novena entre la glorieta de brisas y la variante Popayán. Este tramo hacía parte de la totalidad del objeto contratado por el Consorcio Cauca 2017 “REHABILITACIÓN VIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL SETP DEL TRAMO 9A” que inició en marzo de 2018 y constaba de la construcción de 1500 metros lineales en

cada calzada doble carril sur y norte, con la construcción de su respectivo espacio público y ciclo ruta, las obras se suspendieron en febrero de 2019 por falta de recursos quedando inconclusos 700 metros lineales de la calzada sur. El 19 de septiembre de 2019 se reinician las actividades de obra para empalmar la calzada sur con la variante.

Para iniciar la rehabilitación de la vía, fue necesario realizar la demolición del pavimento asfáltico existente para poder construir la estructura de pavimento de concreto hidráulico o pavimento rígido, la vía que antiguamente era de un carril fue reemplazada por una calzada doble carril, cada carril con 3 metros de ancho, con diferentes bahías de estacionamiento para cargue y descargue de pasajeros de transporte público y dos retornos vehiculares norte y sur, cuenta también con un separador en el que se construyó la ciclo ruta, se aseguró que tuviera a lo largo de los 1500 metros lineales 2 metros de ancho.

5.2 LOCALIZACIÓN



Fuente: Google Maps

SECTOR (COLOR)



DIRECCION

Intersección (Transversal 9 N con Variante Po payán)
Transversal 9 N
Intersección (Transversal 9 N con Glorieta las Brisas)

Imagen 2. Localización del proyecto.

Fuente: Movilidad futura S.A.S. documentación

El proyecto se está realizando en el área urbana del municipio de Popayán, capital del departamento de Cauca, ubicado a una altitud de 1.738 msnm, con una temperatura media de 19° C, con una población de 300.837 habitantes aproximadamente en área urbana según el DANE, con datos procesados del censo 2005 proyectados a 2016.

Popayán limita al occidente con los municipios El Tambo y Timbío, al oriente con los municipios de Totoró, Puracé y el departamento del Huila, al norte con Cajibío y Totoró y al sur con los municipios de Sotaró y Puracé.

Popayán se encuentra dividido en 9 comunas en el área urbana y 23 corregimientos para el área rural con una extensión de 483.11 Km².

El proyecto está localizado en Popayán – Cauca, contiguo a la Variante Panamericana Norte – transversal novena norte, en la comuna 2.

El sector es bastante transitado tanto vehicular como peatonalmente ya que se encuentran diferentes conjuntos residenciales, variedad de restaurantes, almacenes, mini markets y droguerías, además se encuentran 3 colegios, colegio Colombo Francés, colegio Campestre Americano, Academia militar Gral. Tomas C. de Mosquera y un jardín infantil. También el centro comercial Monserrat está a la espera de su inauguración en cuanto se habilite la vía con la que colinda.

6 EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

Cada actividad que se llevó a cabo con el fin de favorecer al CONSORCIO CAUCA 2017 y a la pasante de ingeniería civil, se hizo conforme a las actividades estipuladas en el anteproyecto de pasantía presentado por la aspirante al título de ingeniera civil y aprobado mediante la resolución No.229 del 9 de octubre de 2019 por el consejo de facultad de ingeniería civil.

El siguiente cronograma de trabajo indica la cantidad de horas por mes dedicadas al proyecto, para que fuera posible que se cumplieran las 576 horas reglamentadas por la Universidad del Cauca.

SEMANA/MES	Número de horas trabajadas para el consorcio cauca 2017				
	Octubre/019	Noviembre/019	Diciembre/019	Enero/020	TOTAL HORAS
1	45	18	54	27	
2	54	45	54	45	
3	45	45	54	0	
4	54	54	45	0	
5	36	54	18	0	
TOTAL HORA/MES	234	216	225	72	

6.1 ESTUDIO DE LA SUB RASANTE

En el año 2012 el **SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE POPAYÁN** requirió que la universidad del Cauca realizara un estudio deflecométrico y geotécnico de la vía existente en la transversal novena norte comprendida entre la glorieta de brisas y la variante norte Popayán, con el fin de poder proyectar el diseño de la estructura del concreto hidráulico para este sector. Los resultados de este estudio realizado por la universidad del Cauca fueron respaldados por un segundo estudio en el que participo la firma CITEC Ltda. Ingeniería y geotecnia.

6.1.1 Estudio deflecométrico

Este estudio fue efectuado por la universidad del Cauca en el año 2012 usando un deflecometro de impacto FWD KUAB 50, realizando mediciones cada 50 m, en ambos carriles a lo largo del pavimento flexible existente.

Los resultados de este estudio arrojan el comportamiento de la sub rasante ya que a partir del registro deflecométrico del tramo en su totalidad también se obtuvieron los módulos resilientes de la sub rasante de forma detallada.

Estos resultados se muestran de manera detallada en las siguientes gráficas.

**Perfil deflectométrico. Transversal Novena entre La Variante y
 Glorieta Las Brisas**

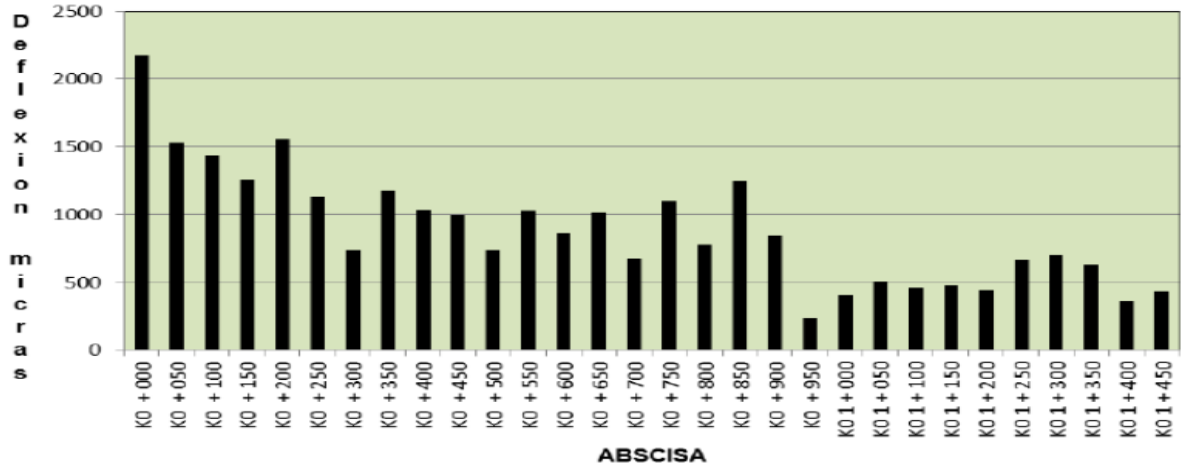


Imagen 3. Perfil deflectométrico tramo entre la variante y la glorieta de brisas.

Fuente: documentación movilidad futura S.A.S.

**Perfil de Módulos de Subsante (Kg/cm²)
 Transversal Novena entre La Variante y Glorieta Las Brisas**

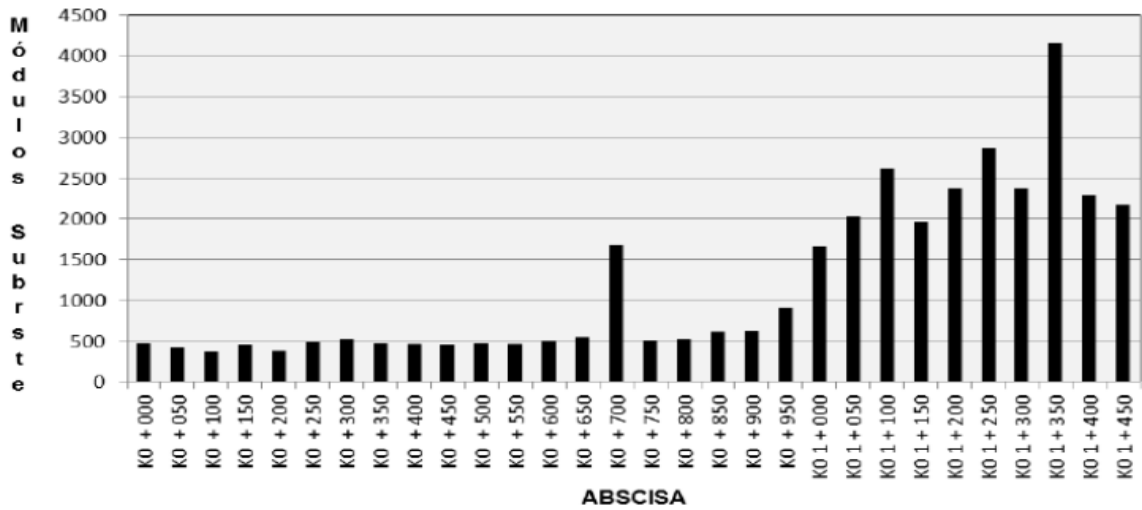


Imagen 4. Perfil de módulos resilientes de la sub rasante (kg/cm2) tramo entre la variante y la glorieta de brisas.

Fuente: documentación movilidad futura S.A.S

La evaluación de los resultados de deflectometría y módulos resilientes del tramo entre la glorieta de brisas y la variante norte determinó con claridad dos sectores en los que el suelo de sub rasante se comporta de manera diferente.

El primer sector se estableció desde la abscisa K0+000 a partir de la variante norte hasta la abscisa K0+950, este tramo presentó valores de deflexión superiores y menores valores de módulo resiliente con respecto al tramo restante. Por lo tanto, se concluye que este tramo tiene mayor potencial de deterioro desde el punto de vista estructural.

El segundo sector se estableció desde la abscisa K0+950 hasta la intersección de la transversal novena con la glorieta de brisas. Presentó un mejor comportamiento estructural, pues los valores deflectométricos son bajos y los módulos resilientes superan considerablemente a los del tramo anterior.

Como resultado final de este estudio se determinaron las bases para realizar el estudio geotécnico que se requería para proyectar el futuro pavimento.

6.1.2 Estudio geotécnico

Este estudio fue realizado por la firma **CITEC Ltda. INGENIERIA Y GEOTECNIA** de la ciudad de Popayán los primeros días del mes de febrero del año 2018.

Con el objetivo de ampliar la información que ya se tenía con anterioridad sobre la sub rasante a lo ancho de la vía, se realizaron 5 apiques de los que se obtuvieron la resistencia de la sub rasante medida, mediante el ensayo de CBR inalterado (California Bearing Ratio) en condiciones naturales y bajo inmersión.

Este muestreo se realizó en las zonas de ampliación de la vía, cubriendo la totalidad del tramo. Las perforaciones se realizaron 1.60 m por debajo del nivel de la sub rasante. Se tomaron muestras en diferentes puntos a diferentes profundidades para realizar ensayos de laboratorio como resistencia CBR, humedad y plasticidad.

Según el informe geotécnico que la firma **CITEC Ltda. INGENIERÍA Y GEOTECNIA** presentó a movilidad futura S.A.S. se establece que la sub rasante del tramo de estudio está conformada por un suelo fino limoso de color amarillo oscuro y amarillo con vetas grises. Se clasifica según el sistema unificado de clasificación de suelos **(SUCS) como un limo de alta compresibilidad MH.**

la información sobre las propiedades físicas de la sub rasante se encuentra resumida en la siguiente tabla, en la que se contemplan condiciones de humedad y plasticidad a diferentes profundidades de cada apique. Se estableció que la sub rasante presenta valores de humedad de medios a altos, siendo el menor porcentaje de humedad 35.7% y 96.5% el más alto, valores típicos de los suelos de formación de cenizas volcánicas de la ciudad de Popayán.

Tabla 1. Caracterización de suelo de sub rasante, resultados de laboratorio.

APIQUE	PROFUNDIDAD (m)	Wn %	LL%	LP%	IP%	CLASIFICACION SUCS
AP #1 M1	0.5	41.9	122.3	84.3	38	MH
AP #1 M2	1.5	91.4	128.4	77.4	51.1	MH
AP #1 M3	2.0	96.5				
AP #2 M1	0.5	63				
AP #2 M2	0.7	85.9	116.1	63	53.1	MH
AP #2 M3	1.0	79.34				MH
AP #2 M4	1.5	90.3				
AP #3 M1	0.5	40.9				
AP #3 M2	0.7	79.6	111.5	78.7	32.8	MH
AP #3 M3	1.0	72.4				
AP #3 M4	1.5	82.4				
AP #4 M1	0.5	35.7				MH
AP #4 M2	1.0	38.6				
AP #4 M3	1.2	38.8	74.5	42.5	32	MH
AP #4 M4	1.5	43.3				
AP #5 M1	0.5	41.9				
AP #5 M2	0.6	49.5	79.9	45.5	34.4	MH
AP #5 M3	1.0	47.4				
AP #5 M4	1.5	46.2				

Fuente: documentación movilidad futura S.A.S.

Tabla 2. Resistencia de la sub rasante según estudio geotécnico año 2012.

Sondeo o Apique	Localización	CBR medido %	Ensayo PDC		Resultados deflectómetro		
			PDC mm/golpe	CBR %	Deflexión máxima mm	Deflexión ultimo sensor mm	Módulo resiliente kg/cm2
S.1	K0+010	5.2	65	2.7	1.52	0.135	419
S.2	K0+120		46	4.0	1.55	0.146	387
A.57	K0+120						
S.3	K0+320		44	4.2	1.03	0.121	465
S.4	K0+530		60	3.0	0.86	0.113	501
S.5	K0+720	5.1	48	3.8	0.78	0.107	525
A.56	K0+870				0.24	0.020	635
S.6	K1+050		38	5.0	0.50	0.028	682 a 1200
S.7	K1+230		28	7.0	0.69	0.024	794 a 1200

Fuente: documentación movilidad futura S.A.S.

Tabla 3. Resistencia de la sub rasante según estudio geotécnico año 2018.

APIQUE	SITIO	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD SECA gr/cc	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
				HUMEDAD PENETRACION %	CBR %	HUMEDAD PENETRACION %	CBR %	% EXPANSIÓN
1	K0+040	0.50	0.968	83.5	11.0	101.5	5.3	0.12
2	K0+520	0.50	0.888	85.9	5.0	101.2	2.5	0.22
3	K0+720	0.70	0.970	79.6	6.3	91.6	2.5	0.51
4	K0+870	1.20	1.395	38.8	11.0	51.9	3.0	0.37
5	K1+200	0.60	1.412	49.5	6.0	50.03	5.5	0.24

Fuente: documentación movilidad futura S.A.S.

El estudio del año 2018 respalda los resultados del estudio hecho con anterioridad por la Universidad del Cauca, este estudio reportó los resultados de CBR (California

Bearing Ratio), los cuales indican que no hay uniformidad en la resistencia de la sub rasante a lo largo del tramo. Las condiciones de resistencia fueron satisfactorias cuando se evaluaron con la humedad natural del suelo, con valores que oscilan entre el 5% y 11%, en el caso del ensayo bajo inmersión hay un cambio significativo en esta variable con valores entre el 2.5% al 5.5%.

Por la diferencia hallada en la resistencia de la sub rasante bajo inmersión, se proyectó un diseño con mejoramiento de suelo para proteger la estructura del pavimento en los meses de altos niveles de precipitación, para Popayán generalmente son el mes de octubre y noviembre, ya que esto podía incrementar la humedad de la sub rasante y provocar una pérdida en la resistencia.

6.1.3 Unidades homogéneas de diseño:

La resistencia de la sub rasante a lo largo del tramo fue el criterio con el que se determinó como sería la configuración de la estructura de suelo que soportaría el concreto hidráulico. Como se había mencionado anteriormente, se establecieron dos sectores con características y comportamientos mecánicos diferentes. El primer sector se define desde la intersección de la transversal novena norte con la variante norte de la ciudad de Popayán hasta la abscisa K1+000 que tenía resistencias bajas respecto al segundo sector comprendido desde la abscisa K1+000 hasta la intersección de la transversal novena norte con la glorieta de brisas.

Teniendo en cuenta que los resultados de los ensayos demostraron que el suelo de sub rasante tenía plasticidades altas, elevados contenidos de humedad y baja resistencia, con resultados de CBR (California Bearing Ratio) cercanos al 2.5% en condiciones de inmersión, se diseñó un mejoramiento de la capacidad de soporte de la estructura de pavimento para cada una de las unidades homogéneas de diseño, utilizando un refuerzo con geo sintético de alta resistencia y la construcción

de un material de roca muerta que permitió una mejora en la distribución de los esfuerzos generados por la aplicación de las cargas vehiculares.

Este procedimiento para el diseño del mejoramiento del soporte se realizó utilizando la metodología de la **Asociación Americana de Carreteras y Transportes del Estado (AASHTO)** y de la **J. P GIROUD AND J. HANDS**.

6.1.3.1 Primera unidad homogénea, desde la intersección de la transversal novena norte con la variante norte de la ciudad de Popayán hasta la abscisa K1+000:

Se determinó que la unidad homogénea 1, sería reforzada con 35 centímetros de material de mejoramiento que incrementaría el valor de CBR en mínimo el 15%, combinado con una geo malla biaxial, Geomatrix BX30, con resistencia mínima a la tracción de 20 KN/m. La estructura del mejoramiento de la primera unidad homogénea se muestra en el siguiente gráfico.

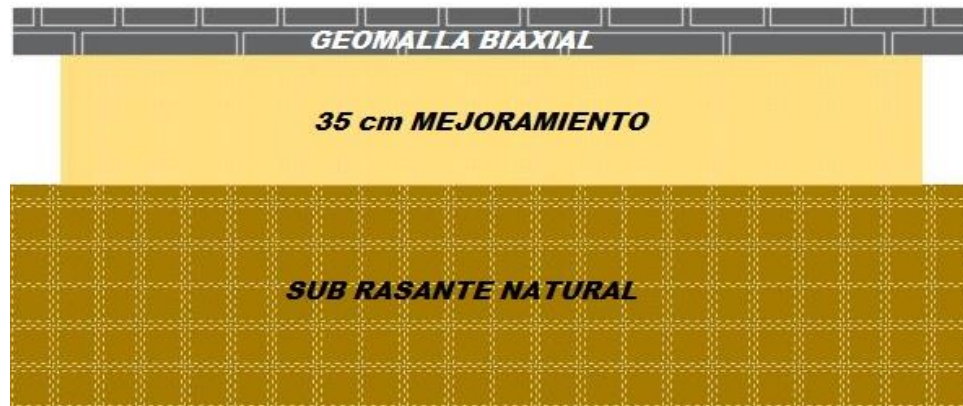


Imagen 5. Mejoramiento unidad homogénea 1.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2 Segunda unidad homogénea, desde la abscisa K1+000 hasta la intersección de la transversal novena norte y la glorieta de brisas:

Se determinó que la unidad homogénea 2 sería reforzada con 15 cm de material de mejoramiento y una geo malla biaxial, geomatrix BX30 de resistencia mínima a la tracción de 20 KN/m, ya que este sector presentó mejores condiciones de plasticidad, humedad, resistencia. La estructura de mejoramiento de la segunda unidad homogénea se muestra en el siguiente gráfico.

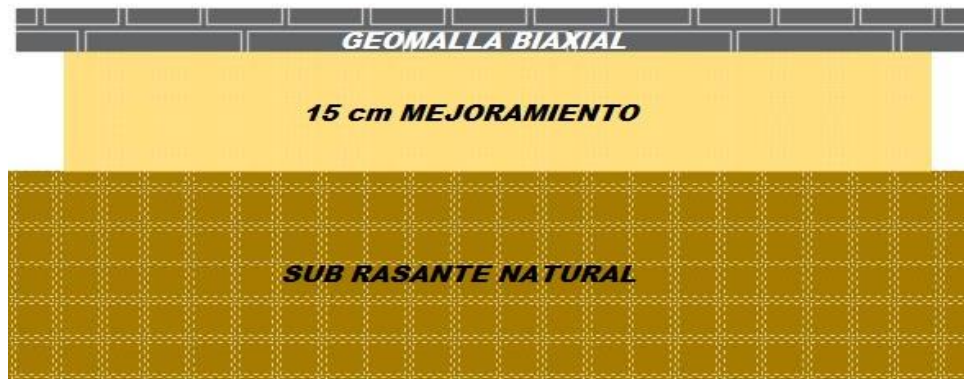


Imagen 6. Mejoramiento unidad homogénea 2.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

6.2.1 Determinación del espesor de la losa:

La losa se diseñó con base en el método de pavimentos rígidos de **PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) 1984**.

Se obtuvo como solución de diseño 25 centímetros de espesor de la losa de concreto, apoyada sobre una capa de material granular de sub base de 20 cm, para cumplir con los criterios generales de diseño del método.

Para los ejes simples de rueda doble, tándem y tridem, los cálculos del espesor para los análisis de erosión y fatiga se realizaron utilizando los criterios del método PCA (Portland Cement Association) y para los cálculos de deflexiones y esfuerzos para los ejes simples de rueda simple se utilizó la teoría de esfuerzos y deflexiones simplificada de **Westergaard**.

6.2.2 Estructura del pavimento rígido, primera unidad homogénea, desde la intersección de la transversal novena norte con la variante norte de la ciudad de Popayán hasta la abscisa K1+000:

Este sector presentó valores de resistencia inferiores respecto a la otra unidad de diseño, por ello se recomendó remover la estructura de pavimento flexible existente, realizar una excavación hasta un nivel de sub rasante de 80 cm, reforzar el apoyo con mejoramiento de roca muerta y espesor de 35 cm, una geomalla biaxial con resistencia a la tracción de 20 KN/m, una capa de sub base granular de 20 cm y finalmente la capa de rodadura de concreto hidráulico con módulo de rotura 4.2 Mpa. de 25 cm de espesor.

La estructura total del mejoramiento y del pavimento rígido para el primer sector se muestra en el siguiente gráfico.



Imagen 7. Estructura de pavimento rígido, unidad homogénea de diseño 1.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Estructura de pavimento rígido, segunda unidad homogénea, desde la abscisa K1+000 hasta la intersección de la transversal novena norte y la glorieta de brisas:

Este sector presentó valores de resistencia mayores respecto a la otra unidad de diseño, por ello se recomendó remover la estructura de pavimento flexible existente, realizar una excavación hasta un nivel de sub rasante de 60 cm, reforzar el apoyo con un mejoramiento de 15 cm y una geomalla biaxial con resistencia a la tracción de 20 KN/m, una capa de sub base granular de 20 cm y finalmente la capa de rodadura de concreto hidráulico con módulo de rotura 4.2 Mpa. de 25 cm de espesor.

La estructura total del mejoramiento y del pavimento rígido para el segundo sector se muestra en el siguiente gráfico.



Imagen 8. Estructura de pavimento rígido, unidad homogénea de diseño 2.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 Características del concreto hidráulico:

Para poder dimensionar la estructura del pavimento rígido, se solicitó la utilización de un concreto hidráulico producido en planta, con un valor mínimo de módulo de rotura a flexión de 4.2 Mpa con el respectivo control de calidad.

De la misma manera se adoptaron las características mecánicas del concreto como: Modulo de elasticidad del concreto $E=280000 \text{ kg/cm}^2$ y relación de Poisson $\nu = 0.15$, parámetros considerados en el método de diseño de la PCA.

Tabla 4. Características mecánicas del concreto hidráulico.

Características mecánicas del concreto hidráulico	
Módulo de rotura a flexión	4.2 Mpa
Módulo de elasticidad	280000 kg/cm ²
Relación de Poisson	0.15

Fuente: Documentación Movilidad futura S.A.S.

6.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

El objeto de la pasantía fue servir de apoyo como auxiliar del residente en la reanudación de la construcción de los 700 metros lineales restantes de la calzada sur de la transversal novena norte vía al bosque de la ciudad de Popayán. Las labores para finalizar la construcción de dicho tramo fueron reiniciadas el día 19 de septiembre de 2019.

La pasantía inicio el día 1 de octubre de 2019 y la obra se encontraba en el siguiente estado.

La reanudación el 19 de septiembre se dio a partir de la abscisa K0+595 en dirección a la variante norte, colindando al borde derecho con el conjunto residencial torres del bosque y al frente con el colegio Colombo francés. Iniciando actividades de excavación de la carpeta asfáltica existente y descendiendo a una cota de 80 cm por debajo de la sub rasante.

El 1 de octubre se había logrado excavar sin mayor inconveniente 60 metros lineales hasta el nivel de sub rasante llegando a la abscisa K0+535. La concurrencia de volquetas estaba limitada por el sub contratista y por esta razón no se había llegado a la meta propuesta de metros cúbicos excavados por día, para ese entonces.

6.3.1 Trabajo topográfico

Para dar reinicio a la construcción de los últimos 700 metros lineales de la calzada sur de la transversal novena norte, se requirió hacer un nuevo levantamiento topográfico del estado actual del sector en su totalidad. Trabajo que se realizó antes del 19 de septiembre de 2019, con esta nueva información se pudieron generar nuevas secciones transversales de corte y cotas de excavación.

Las actividades topográficas básicamente consistieron en la excavación hasta el nivel de sub rasante, nivelación de la sub rasante, mejoramiento con roca muerta, sub base granular y formaletas, compactación de cada una como se detallará a continuación.

6.3.1.1 Excavación:

La excavación para este sector que como se señaló antes hace parte de la primera unidad homogénea de diseño, se realizó hasta una cota de 80 centímetros bajo el nivel de sub rasante en el que se encontraba un suelo limoso de alta compresibilidad. Fue necesario retirar la carpeta asfáltica existente del pavimento antiguo. La excavación siguió los lineamientos del último levantamiento topográfico realizado, cumpliendo con los requerimientos del diseño geométrico de la nueva vía y el diseño de la estructura del pavimento.

La excavación realizada fue de 6.40 metros de ancho en la mayoría del tramo con el fin de asegurar 3 metros para ambos carriles y 0.20 metros de ancho para la instalación de cada bordillo interno y externo de la vía que hacían parte del diseño. En algunas secciones del tramo fue necesaria la excavación de sobre anchos para proyectar la construcción de bahías de estacionamiento.

De forma paralela se realizó la excavación de la ciclo ruta a nivel de espacio público que contó con 2 metros de ancho y también hizo las veces de separador vial en medio de la calzada sur y norte. También se efectuó la excavación del retorno vehicular en forma de corbatín ubicado entre las abscisas K0+405 a la K0+518.

Para cumplir con las metas y tiempos estipulados en el cronograma de obra se decidió realizar la excavación en 2 frentes diferentes. El primer frente inicio desde la abscisa K0+535 y el segundo desde la K0+330. Se adecuaron los pasos necesarios para el cargue y transporte de volquetas.



Imagen 9. Primer frente excavación abscisa K0+535

Fuente: Propia.



Imagen 10. Segundo frente de excavación K0+330

Fuente: Propia.

6.3.1.1.1 Maquinaria para excavación:

La excavación se dividió en dos frentes diferentes pues se contaba con el apoyo de dos retroexcavadoras de oruga.



Imagen 11. Retroexcavadoras "Hitachi ZAXIS 200" y "Mitsubishi MS070"

Fuente: Propia.

6.3.1.2 Nivelación:

La nivelación consistió en la operación de determinar una cota en el terreno que pudiera satisfacer el diseño geométrico de la vía y sobre todo el diseño del pavimento. Conociendo previamente una cota inicial y una cota final para que posteriormente cada capa de la estructura del pavimento fuera construida.

La nivelación se hizo de acuerdo a las carteras de rasante del estudio topográfico inicial y para realizar y coordinar esta actividad el consorcio contaba con un topógrafo, cadenero primero y cadenero segundo.

La excavación siempre fue realizada con el control de la nivelación, procurando que no hubiera excavaciones fuera de las estipuladas, es decir que no se retirara más material del necesario, pues esto generaría rellenos posteriores con material de mejoramiento o de sub base granular, lo cual no es conveniente ni para la construcción de la vía bajo el punto de vista estructural y de calidad, ni bajo el punto de vista económico para el contratista.

Luego de la excavación a nivel de sub rasante y del procedimiento de compactación se extendió el material de mejoramiento (roca muerta) con ayuda de la motoniveladora para posteriormente con el uso del nivel y la mira llevar el nivel de mejoramiento hasta cero. Proceso que en campo llaman “céreo”, en el que se asegura que el espesor en cada capa de la estructura del diseño del pavimento en todo punto a lo ancho de la sección transversal evaluada sea el mismo con el que se contempló el diseño. Para el caso del mejoramiento de la primera unidad homogénea de diseño, fue de 35 cm, la instalación de la geomalla biaxial y por último la sub base granular de 20 cm.



Imagen 12. Material de mejoramiento extendido por la motoniveladora.

Fuente: Propia.



Imagen 13. Geomalla biaxial extendida.

Fuente: Propia.

6.3.1.3 Compactación

El proceso de compactación del terreno es de suma importancia en la construcción de carreteras, pues se debe asegurar que cada capa de la estructura del pavimento cumpla con la densidad de campo requerida, es la forma de asegurar la resistencia con la que se diseñó el pavimento y para evitar asentamientos futuros. Para esta actividad se contó con un compactador rodillo liso que aplicaba un esfuerzo en el terreno de 13 toneladas/m². También fue necesario usar un compactador de impacto “la rana” para compactar los bordes de la excavación en donde posteriormente se instalarían los bordillos.

La compactación de la sub rasante y del material de mejoramiento no tuvo mayor inconveniente, solo dependía del número de veces que se repetía el paso del rodillo liso. Para el material granular de sub base fue necesaria la adición de agua al momento de compactar para obtener el resultado de densidad que según estipula la norma deberá ser superior al 95% de la densidad del ensayo de proctor modificado del material de sub base granular.



Imagen 14. Compactación de la sub rasante con rodillo liso de 13 ton/m².

Fuente: la propia.



Imagen 15. Tanque de riego para compactar sub base granular.

Fuente: Propia.

6.3.1.4 supervisión, control y planeación por parte del pasante:

Los primeros días en obra requirieron la observación de la dinámica de las principales actividades que se realizaban a diario en obra. A partir del conteo de volquetas de cargue que se despachaban y de los metros lineales excavados se determinaba el rendimiento de esta actividad. Para ello fue necesario sustentar la información al residente a cargo en una presentación de tablas en Excel, para finalmente tomar la decisión de crear dos frentes de excavación, pues se tenía la posibilidad de contratar un mayor número de volquetas para hacer que el retiro de material en obra fuera más eficiente y se cumpliera con la fecha estimada en el cronograma de actividades de obra.

Tabla 5. Retiro de metros cúbicos de material semana 1 en obra.

CANTIDAD DE MATERIAL	SEMANA 1 (1 OCT- 5 OCT)				
	m^3	8	15	16	17
	LUNES				
	MARTES				
	MIERCOLES	9		6	
	JUEVES	13			
	VIERNES	16		5	
	SABADO	21		5	
	TOTAL	472	0	256	0
	TOTAL M3 RETIRADOS EN LA SEMANA	728			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Retiro de metros cúbicos de material semana 2 en obra.

CANTIDAD DE MATERIAL	SEMANA 2 (7 OCT- 12 OCT)				
	m^3	8	15	16	17
	LUNES	12			
	MARTES	9			
	MIERCOLES	15	3	7	4
	JUEVES	26		14	
	VIERNES	21		18	
	SABADO				
	TOTAL	664	45	624	68
	TOTAL M3 RETIRADOS EN LA SEMANA	1401			

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de presentar esta información clara y ordenada al residente fue la toma de decisión de excavar por dos frentes, haciendo que el rendimiento de la excavación se incrementara de una semana a la otra. En la semana 1 se lograron excavar 728 m³ y en la semana 2, 1401 m³, aproximadamente se mejoró el 48% en rendimiento de una semana respecto a la otra.

Sin embargo, se presentaron grandes inconvenientes por la acumulación de agua en la excavación por la época de lluvia que atravesaba la ciudad de Popayán para octubre y noviembre de 2019. Además, en estas circunstancias los botaderos de material autorizados tenían que evitar el paso de volquetas para no provocar accidentes. Por esta razón, aunque se mejoró notablemente el rendimiento del retiro y cargue de volquetas no se logró en todos los casos la meta que se proponía al finalizar cada semana.

Otro de los retos que se originaron por causa del invierno en la construcción de la calzada sur fueron los fallos en el suelo por acumulación de agua que se presentaban en cada una de las capas de la estructura del pavimento luego de ser compactados. Fue necesario hacer el retiro de cada uno de estos fallos que se detectaban visualmente como un “colchón de agua”, para hacer el retiro de agua que ocasionaba el fallo, secar al aire el material retirado, en algunos casos hacer la debida estabilización del suelo con material cementante y volver a compactar para lograr una terminación homogénea en cada capa de la estructura. Cada retiro de fallos representaba para el contratista un incremento en costos, pues el fallo usualmente se retiraba con un mini cargador “Caterpillar” que cobraba por horas, aunque su uso fuera el mínimo. Desde el punto de vista de calidad, hay que evitar extender la estructura posterior hasta que sea retirado el fallo, pues se produce disminución de la resistencia en el suelo de apoyo y la filtración de agua puede deteriorar el concreto hidráulico a largo plazo. Para evitar que se generen dichos fallos hay que hacer un control del trabajo de compactación y asegurar de que se está haciendo correctamente. De la misma forma, en el proceso de excavación hay

que asegurar pasos de drenaje para dejar fluir el agua estancada, buscar las pendientes necesarias para llevar el agua al sumidero más cercano de la calzada contigua. Si no había posibilidad de crear estos desagües, era necesario hacer uso de una motobomba pequeña para retirar el agua antes de que se formaran los fallos. Se presentaron informes ordenados al residente de obra con la cantidad de volumen de fallos retirados, control del tiempo en el que se usó el mini cargador “Caterpillar”, la motobomba y cantidad de bultos de cemento que se usaron para estabilizar el suelo.



Imagen 16. Inundación en la K0+535.

Fuente: Propia.



Imagen 17. Retiro de fallo en material de mejoramiento.

Fuente: Propia.

También se llevó un registro de incidentes ocurridos durante la excavación, daños en redes húmedas, acueducto y alcantarillado, gas natural, en redes aéreas, internet, telefonía y televisión. Se hablará con más detalle de estas situaciones en un capítulo posterior.

En el área de la nivelación, fue posible hacer una participación activa gracias a los conocimientos en topografía impartidos en las clases de la universidad. Fue necesario dar apoyo al cadenero primero que se encontraba en el segundo frente, haciendo las lecturas de nivelación con el nivel de precisión mientras él hacía uso de la mira.

En todas las actividades topográficas mencionadas con anterioridad se trabajaba en conjunto con el equipo de topografía de la interventoría, que rectificaba todos los procesos y liberaban cada tramo para poder continuar con el siguiente procedimiento. En el capítulo de control de calidad se destaca un poco más el trabajo en equipo con la interventoría.

Con el conteo de material excavado y retirado se podía proyectar la cantidad necesaria para hacer pedidos de material de mejoramiento a “AGREGADOS PURACÉ” y material de sub base granular a “CONEXPE” para evitar que se acumulara el material sin ser extendido y por motivos del invierno se deteriorara.

Tabla 7. Conteo de sub base recibida semana 2 de octubre.

CANTIDAD DE SUB BASE	SEMANA 2 (7 OCT- 12 OCT)					
	m^3	7	8	15	16	17
LUNES						
MARTES			6		1	
MIERCOLES						
JUEVES			2	1		
VIERNES	4		1	1		
SABADO			6		4	
TOTAL	28	120	30	80	0	
TOTAL M3 RECIBIDOS A LA SEMANA	258					

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Concreto hidráulico:

Todo proceso constructivo relacionado con la mezcla de concreto hidráulico en forma de losas realizado en la construcción de la calzada sur de la transversal novena norte de Popayán, está sujeto a las especificaciones del artículo 500 de 2013 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS.

El proyecto se encuentra ubicado en una zona de tránsito vehicular y peatonal promedio, pues en la zona se encuentran diferentes conjuntos residenciales, colegios, droguerías. Por esta razón se decidió contar con dos tipos de diseño de mezcla para la fundición. Un concreto de fraguado normal a 28 días para las losas en general y un concreto acelerado a 7 días para las losas en pasos residenciales, con el fin de no obstaculizar el paso de vehículos por demasiado tiempo.

El concreto contratado fue premezclado MR 42 como se había descrito anteriormente, fabricado por GEOACOPIO S.A.S.

A continuación, se muestran los diseños de la mezcla que se emplearon en la fundición:

Tabla 8. Diseño de mezcla concreto fraguado normal Geoacopio S.A.S.

REPORTE DISEÑO DE MEZCLA GEOACOPIO S.A.S.	
DESCRIPCIÓN	C. pavimento MR 42 TM 1"
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	42
EDAD ESP. (días)	28
ASENTAMIENTO (pulgadas)	4" +o- 1"
RELACION (A/MC)	0.472
CEMENTANTE (kg)	381
% ADICIÓN	3

REL. AR/AGR		0.36
ADITIVOS	PLASTIFICANTE RETARDANTE	1525
	ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	1906

Fuente: Documentación Movilidad futura S.A.S.

Tabla 9. Diseño de mezcla de concreto fraguado acelerado Geoacopio S.A.S.

REPORTE DISEÑO DE MEZCLA GEOACOPIO S.A.S.		
DESCRIPCIÓN		C. pavimento plástico MR 42 TM 1" RA7D
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)		42
EDAD ESP. (días)		7
ASENTAMIENTO (pulgadas)		4" +o- 1"
RELACION (A/MC)		0.416
CEMENTANTE (kg)		445
% ADICIÓN		0
REL. AR/AGR		0.36
ADITIVOS	PLASTIFICANTE RETARDANTE	1780
	ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	2225

*Fuente: Documentación
Movilidad futura S.A.S.*

Estos son algunos de los datos de diseño de la mezcla:

- Cemento empleado para los dos diseños de la mezcla: cemento hidráulico de uso general- portland tipo 1, marca Cemex.
- Arena natural de río.
Fuente: río casa blanca
- Grava de trituración
Fuente: La calera

Todos los datos entregados por Geoacopio S.A.S. al consorcio Cauca 2017 sobre el diseño de las mezclas de concreto hidráulico, fueron aceptados por la interventoría, ratificando el cumplimiento de los requisitos de diseño establecido en la norma de INVIAS 2013 para la construcción de carreteras.

6.3.2.1 Instalación de formaletas:

La longitud de la formaleta instalada nunca fue superior a 3 metros y la altura fue de 25 centímetros como se contempló en el diseño, pero se permitía una tolerancia de 1 centímetro, por eso en la rectificación de la instalación se encontraban espesores de 24 a 26 centímetros, era metálica con la suficiente rigidez para que no se deformara con la colocación del concreto. En la mitad de su espesor había que asegurar los orificios para insertar mínimo 3 barras de amarre por cada losa. La fijación de las formaletas al suelo se realizó mediante pasadores de anclaje que impedían cualquier desplazamiento horizontal o vertical por la presión de la mezcla o la vibración del equipo.



Imagen 18. Instalación de formaleta carril izquierdo.

Fuente: Propia.

6.3.2.2 Vaciado del concreto:

La mezcla de concreto podía ser extendida cuando la interventoría hubiera autorizado los niveles de la sub base y hubiera recibido los niveles de la formaleta, con la tolerancia aceptada. Se tenía que garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada evitando la segregación y la aparición de vacíos. Se debía lograr el espesor y la densidad adecuada. La mezcla era vertida en la formaleta en caída libre, desde el vehículo de mezcla y la altura de esta caída no podía ser mayor de 1.5 metros. Una vez extendido se vibra el concreto con vibrador de aguja y se enrasa con un rodillo liso uniforme, evitando un terminado poroso, con marcas y con bordes irregulares.



Imagen 19. Vaciado de mezcla de concreto hidráulico.

Fuente: Propia.

6.3.2.3 Vibrado de la mezcla de concreto extendida:

La vibración interna por medio de un vibrador de aguja es indispensable para la consolidación adecuada de la mezcla de concreto. Esta vibración se efectuaba por al menos 3 segundos, una vez el concreto era extendido en varios puntos del área total de la losa, así se evitaba un sobre vibrado que provoca segregaciones en la mezcla.



Imagen 20. Vibrado de mezcla de concreto con vibrador de aguja.

Fuente: Propia.

6.3.2.4 Nivelación con rodillo liso:

Esta es una herramienta de uso manual que se usa para nivelar el concreto, desplazándola de forma longitudinal a las formaletas sobre la mezcla de concreto ya vibrada. Esto produce la nivelación y consolidación del concreto extendido.



Imagen 21. Utilización de rodillo liso para la nivelación de la mezcla de concreto.

Fuente: Propia.

6.3.2.5 Proceso de acabado:

6.3.2.5.1 Flotador o enrasador:

Esta herramienta de acabado manual como lo describe el numeral 500.3.4.1. del artículo 500 de 2013 del manual de construcción de carreteras de INVIAS, es de superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado que permite el deslizamiento planeando sobre la superficie de concreto. Sus bordes son curvos evitando así que se hunda en la mezcla.

6.3.2.5.2 Micro texturizado:

El numeral 500.3.4.2. establece que el micro texturizado del concreto se deberá realizar con una tela de fique o yute que se pasa en sentido longitudinal a lo largo de la vía luego de haber realizado el allanado. Se tenía que supervisar que la tela

no tuviera costuras internas que dejaran marcas en la superficie del concreto hidráulico.



Imagen 22. Proceso de micro texturizado sobre el concreto con tela de fique.

Fuente: Propia.

6.3.2.5.3 Macro texturizado:

El macro texturizado se realizó con un cepillo metálico de uso manual como lo describe la norma con el fin de dejar una textura estriada transversal en la superficie del concreto. Esta herramienta consta de un cepillo principal en forma de rastrillo o peine, debe medir aproximadamente 80 centímetros de largo, con dientes flexibles metálicos y un mango.



Imagen 23. Macro texturizado de la superficie de concreto.

Fuente: Propia.

6.3.2.6 Curado:

El curado de concreto para este proyecto se realizó con película líquida, mediante la aplicación de ANTI SOL SIKA sobre la superficie del pavimento. El curado se realiza después del acabado final, después de aproximadamente 50 minutos cuando el concreto empieza a perder su brillo inicial. Este producto se aplica en toda la superficie libre incluyendo el borde de la losa.



Imagen 24. Aplicación de Anti sol sobre la superficie de concreto.

Fuente: Propia.

6.3.2.7 Acero:

6.3.2.7.1 Instalación de barras de amarre:

Especificación Artículo 500-13 INVIAS:

- Acero corrugado N°4 (1/2)
- Longitud: 1 metro
- Espaciamiento: 1 metro
- Límite de fluencia $f_y=420$ Mpa, $f_y=42000$ kg/cm²

Las barras se instalaron de forma perpendicular a la junta longitudinal de la losa, con la separación dada de acuerdo a la modulación registrada en los planos, asegurando mínimo 3 barras de amarre por cada losa (0.75m-1m).

Estas barras se instalaron aproximadamente en la mitad del espesor de la losa, con la mitad de su longitud a cada lado de la junta.

La instalación se realizó manualmente a través de las formaletas fijas, antes de dar acabado a la mezcla de concreto.



Imagen 25. Barras de amarre perpendiculares en junta longitudinal-carril izquierdo.

Fuente: Propia.

6.3.2.7.2 Pasadores o barras pasa juntas:

Especificación Artículo 500-13 INVIAS:

- Acero redondo y liso, límite de fluencia $f_y=280$ Mpa.
- El diámetro de las barras debe ser $1/8$ del espesor de las losas.
- Longitud= 45 cm
- Espaciamiento centro a centro de cada barra de 30 cm. La primera dovela estará a 15 cm de la losa.



Imagen 26. Pasadores de carga.

Fuente: Propia.

Los pasadores se disponen sobre canastas hechas de varillas metálicas #6, solidas, con uniones soldadas. Estas canastillas se ubican en la junta transversal antes del vertimiento del concreto. Los pasadores deben revestirse de grasa para permitir su libre movimiento dentro del concreto y también para impedir su oxidación.

estos pasadores se usan como un mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de cargas y deformaciones entre las losas adyacentes.

6.3.2.7.3 Refuerzo de losas, parrillas de acero:

Estas parrillas se usan como sistema para controlar la aparición o el ensanchamiento de grietas, también en losas en donde internamente existan obras de drenaje superficial, cámaras, pozos de inspección que afectan la continuidad de la masa de concreto que pueden generar fisuras por efectos térmicos y de carga. De acuerdo con el artículo 500-13 de INVIAS una guía general para saber cuándo se requiere instalar una parrilla de refuerzo en las losas será:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho superior a 1.4.
- Losas de forma irregular (diferente de rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.

Estas parrillas estaban constituidas por acero corrugado de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con límite de fluencia $f_y=420$ Mpa.

Los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización estaban definidos claramente en los planos del proyecto.



Imagen 27. Parrilla sencilla en losa con cámara de inspección lateral.

Fuente: Propia.



Imagen 28. Parrilla doble en resalto vehicular

Fuente: Propia.



Imagen 29. Parrilla doble para losa con cámara de inspección concéntrica.

Fuente: Propia



Imagen 30. Parrillas sencillas en losas irregulares.

Fuente: Propia.

6.3.2.8 Remoción de formaleta:

El retiro de la formaleta se realizó al transcurrir 8 horas después de haber terminado la fundición, para el concreto de fraguado normal. En el caso del concreto de fraguado acelerado, la formaleta se retiró al transcurrir 6 horas después de haber terminado la fundición.

6.3.2.9 Corte de juntas de dilatación:



Imagen 31. Equipo con disco de diamante para realizar corte de juntas en losa.

Fuente: Propia.

6.3.2.10 Sello de juntas:

Después de realizar el corte final, el exceso de cemento deberá ser completamente removido de la junta mediante un chorro de agua a presión. Cuando finalice la limpieza de la junta, esta debe ser soplada con un compresor de aire. Las juntas deben ser selladas entre los 21 y 28 días de edad del concreto, antes de que el pavimento sea habilitado para que transiten vehículos. Las juntas deberán ser

verificadas en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento. Se vierte el material de sello en la junta, previamente, se deberá colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado con rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. El sellado debe ser hermético, debe garantizar la adherencia del sello a las caras de la junta. Debe asegurarse la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, la resistencia a la acción del agua y a solventes externos que se puedan aplicar con posterioridad sobre el pavimento.

Según el numeral 500.2.5.1 del artículo 500-13 del INVIAS el material de sello podrá ser de silicona o de aplicación en caliente. Y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla 10. Especificaciones para el material de sello de juntas en pavimentos de concreto hidráulico.

TIPO DE SELLO	ESPECIFICACIÓN ASTM
Sello de silicona	D5893, tipo autonivelante
Sello de aplicación en caliente	D 6690

Fuente: artículo 500 de 2013 INVIAS

Para el sello se juntas se empleó silicona autonivelante SIKAFLEX y cordón de respaldo, cordón SIKA ROLL.

6.3.2.11 Supervisión, control y planeación por parte del pasante:

6.3.2.11.1 Supervisión en la construcción de parrillas de acero:

El diseño de parrillas de acero estaba contemplado y estipulado con anterioridad en planes record. Sin embargo, antes de proyectar la fundición que se haría en un día determinado, era necesario alistar el acero, transportarlo a la obra para que pudiera

ser figurado y anclado a la superficie de fundición por medio de pines. Se tenía control de que la altura por encima de la superficie y la parrilla de acero fuera de 7.5 centímetros. De igual manera, en la instalación de una parrilla doble se aseguraría de que la parrilla superior también se encontrara a una distancia de 7.5 centímetros de la superficie de la losa.

Se presentaron situaciones en las que los planos no aclaraban ni estipulaban la construcción de parrillas de acero, por eso fue necesario tener en cuenta los requisitos que tenía que presentar una losa para no ser reforzada. Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma, losas con relación largo/ancho superior a 1.4, losas de forma irregular (diferente de rectangular o cuadrada), losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros, por orden de la interventoría se decidió el movimiento y construcción de sumideros diferentes a los del diseño y a su vez el refuerzo de más losas. Estos datos se presentaron al residente de forma ordenada, haciendo un conteo de la cantidad de varillas utilizadas por fundición y por ubicación según la modulación de las losas en los planos record.

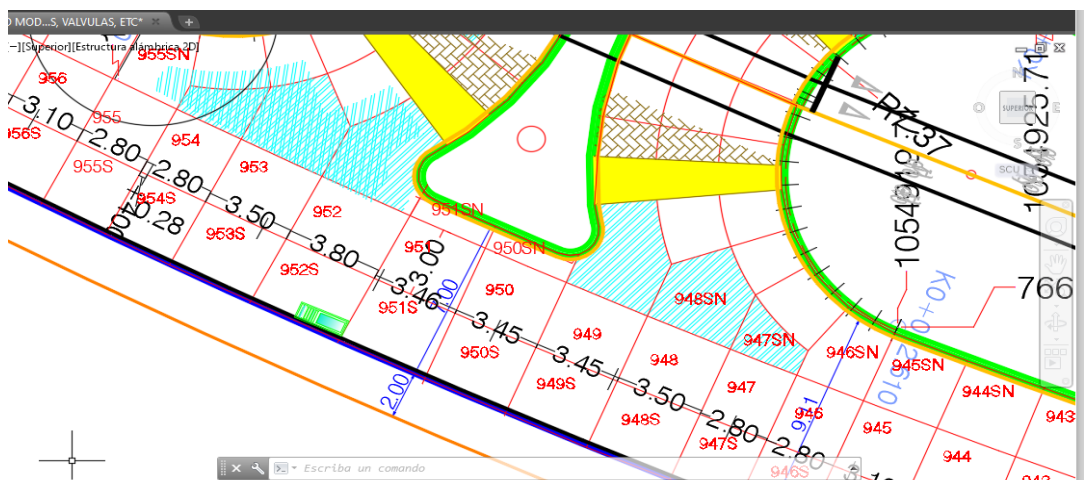


Imagen 32. Refuerzo de losas en planos. Sombreado sencillo, parrilla sencilla. Sombreado doble, parrilla doble.

Fuente: Planos record, documentación Consorcio Cauca 2017.

6.3.2.11.2 Identificación de las losas:

Según el numeral 500.4.12. del artículo 500-13 de INVIAS, todas las losas deberán recibir una identificación, la cual se imprimirá en un sitio previsto para una de sus esquinas. La marcación en físico en obra, se realizó cada 10 losas, y la identificación de cada una se encontraba en planos y documentación. La claridad de esta identificación era necesaria, ya que cada losa fundida era lo que se cobraba en las actas. Para la terminación de la construcción de la calzada sur, se reinició desde la losa #884 para el carril izquierdo y para el derecho la #884S, a partir de ahí, las losas se numeraban de forma ascendente hasta llegar al empalme con la variante norte. Esta información se registró en tablas de Excel para que el equipo del residente y director de obra, tuvieran claridad de la cantidad de losas fundidas y su ubicación.

Tabla 11. Información fundición de losas, octubre 2019.

FUNDICIÓN OCTUBRE TRAMO SUR TRANSVERSAL NOVENA NORTE 2019 CONSORCIO CAUCA 2017					
FECHA	CARRIL	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	NÚMERO DE LOSA	FECHA DE LIBERACIÓN 28 DIAS
18-oct	izquierdo	K0+470	K0+520	917-932	16-nov
19-oct	derecho	K0+470	K0+510	917S-920S	17-nov
23-oct	derecho	K0+416.50	K0+450	939S-949S	21-nov
24-oct	derecho	K0+402.20	K0+416.50	950S-953S	22-nov
	centro	K0+429.20	K0+451.25	939-945	
25-oct	centro	K0+406.20	K0+429.40	946-952	23-nov
		413.9	417	parrilla doble	
	derecho	K0+390.5	K0+402.2	954S-957S	
26-oct	izquierdo	K0+429.20	K0+451.25	939SN-945SN	24-nov
	izquierdo	K0+460.70	K0+470	933SN-935SN	
	centro	K0+390.5	K0+402.20	955-958	
	derecho	K0+510.7	K0+520.90	917S-919S	
29-oct	izquierdo	K0+451.25	K0+454.35	940SN	27-nov
	centro	K0+451.25	K0+454.35	940	
	derecho	K0+451.25	K0+454.35	940S	
	izquierdo	K0+460.7	K0+485	935SN	
31-oct	izquierdo	K0+378.85	K0+396.58	956-961	29-nov

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Información fundición de losas, noviembre 2019 PARTE 1

FUNDICIÓN NOVIEMBRE TRAMO SUR TRANSVERSAL NOVENA NORTE 2019 CONSORCIO CAUCA 2017					
FECHA	CARRIL	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	NÚMERO DE LOSA	FECHA DE LIBERACIÓN 28 DIAS
1-nov	derecho	365.67	390.5	958S-966S	30-nov
5-nov	centro	365.67	390.5	958-965	4-dic
6-nov	izquierdo	520.6	529.6	914-916	5-dic
	izquierdo	533.6	562.2	904-912	
7-nov	izquierdo	562.2	577.2	899-903	6-dic
8-nov	derecho	520.60	529.6	914S-916S	7-dic
	derecho	533.8	567.8	904S-912S	
9-nov	derecho	567.8	577.2	899S-903S	8-dic
12-nov	izquierdo	306.12	315.72	981-984	11-dic
	izquierdo	318.92	334.8	976-979	
13-nov	izquierdo	290.12	306.12	985-989	12-dic
14-nov	izquierdo	270.92	290.12	990-995	13-dic
	izquierdo	577.75	590.55	895-898	
15-nov	izquierdo	315.72	318.92	980	14-dic
	derecho	267.72	318.92	980S-996S	
18-nov	izquierdo	454.40	460.7	935SN-936SN	17-dic
	centro	454.40	460.7	935-936	
	derecho	454.40	460.7	935S-936S	
	derecho	577.75	590.55	895S-898S	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Información fundición de losas, noviembre PARTE 2

FUNDICIÓN NOVIEMBRE TRAMO SUR TRANSVERSAL NOVENA NORTE 2019 CONSORCIO CAUCA 2017					
FECHA	CARRIL	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	NÚMERO DE LOSA	FECHA DE LIBERACIÓN 28 DIAS
20-nov	izquierdo	236.32	257.92	996-999	19-dic
	izquierdo	261.92	270.92	1001-1006	
	izquierdo	365.67	378.07	965SN-968SN	
22-nov	izquierdo	219.64	236.32	1007-1011	21-dic
23-nov	izquierdo	170	219.64	1012-1027	22-dic
	derecho	529.6	533.6	913S RESALTO	
	izquierdo	529.6	533.6	913 RESALTO	
29-nov	derecho	198.4	272	1005S-1027S	28-dic
	derecho	262	265	1007S	parrilla sencilla sumidero
	derecho	258	262	1008S	parrilla doble resalto
	derecho	252	255	1010S	parrilla doble camara
	derecho	230	233	1017S	parrilla sencilla sumidero
	derecho	227	230	1018S	parrilla sencilla sumidero
	derecho	212	220	1020S-1021S	dos losas aceleradas
30-nov	derecho	171	198.4	1019S-1027S	29-dic

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas anteriores muestran un resumen de la información de fechas de construcción y liberación de las losas a los 28 días y a los 7 días, ubicación y modulación de cada losa del mes de octubre y noviembre. Esta información fue registrada desde el 1 de octubre hasta el 11 de enero del 2020.

6.3.2.11.3 Proyección de las fundiciones:

Por la ubicación del proyecto, no era factible realizar la fundición en tramos continuos, se realizaría por diferentes tramos, en los que la exigencia estructural y los detalles eran diferentes.

La excavación no había culminado el 18 de octubre que es la fecha en la que se registra la primera fundición de 50 metros lineales. Por esta razón, fue necesario elaborar un plan de trabajo diario, pues en obra se estaban realizando diferentes actividades al día, excavación, fresado de carpeta asfáltica antigua, reparación e instalación de tubos de aguas lluvia, construcción de sumideros, construcción de parrillas y fundición de losas de concreto hidráulico.

Al finalizar la jornada de trabajo, el director de obra, el residente y la auxiliar de residencia por medio de diagramas de flujo de procesos, realizaban la planificación del día siguiente, y la posible fundición de la siguiente semana. Esta información indicaba cual era el requerimiento de acero, pasadores de ½", canastillas, que se pedían al almacén de Amezquita y Naranjo en Cali, Valle del Cauca, una semana era tiempo suficiente para que el pedido de acero llegara y no se detuviera la fundición.

Por asuntos de trámites que estipulaba Movilidad Futura S.A.S. que era el ente contratante, se gestionó un plan de movilidad para la zona, usando la calzada norte como doble calzada, haciendo la respectiva señalización en el sector. Se planearon las fundiciones dejando el sector de entrada a los diferentes conjuntos residenciales libres. Se informó con 5 días de anterioridad, a los residentes de los conjuntos residenciales en los que se haría el cierre de pasos vehiculares, para fundir con concreto acelerado a 7 días, estos pasos vehiculares podrían habilitarse a los 3 días después de retirar la formaleta. En algunos casos no fue necesario cerrar totalmente los pasos y se planteaba alguna solución para pasar el flujo vehicular por otro sector.

6.4 CONTROL DE CALIDAD

6.4.1 Control de calidad de material de mejoramiento y sub base:

Al inicio del proyecto y siempre que la interventoría lo requiera y exigiera se realizaban diferentes ensayos al material de mejoramiento proveniente de agregados Puracé y de sub base proveniente de Conexpe.

Se realizó esta verificación de acuerdo al artículo 230-13 “Mejoramiento de sub rasante con adición de materiales” y la calidad de los materiales para mejoramiento de sub rasante, que debían cumplir los requisitos exigidos en el numeral 220.2 “terraplenes”.

De la misma forma para el material de sub base se hicieron las verificaciones de acuerdo al artículo 320-13.

6.4.2 Control del grado de compactación de la sub rasante y la sub base:

Este control se realizaba mediante un ensayo de densidad de campo IN SITU de cono y arena, que toma en cuenta diferencias de pesos y volumen, para correlacionar la densidad, esta se compara porcentualmente con el resultado de la densidad optima del Proctor del material de sub rasante y sub base según sea el caso. Por requerimiento, la densidad in situ era tomada cada 50 metros lineales. Con este procedimiento la interventoría liberaba los tramos en los que se podía realizar el siguiente procedimiento.

Tabla 14. Grado de compactación con respecto a los resultados de densidad en laboratorio y densidad tomada en campo.

GRADO DE COMPACTACIÓN				
Material	Densidad max. De laboratorio	criterio de aceptación	porcentaje de compactación	verificación
SUB RASANTE	1.388	≥90%	86.00-88.00	SE VUELVE A COMPACTAR
			90.0-95.0	CUMPLE
SUB BASE	2.083	≥95%	92.0	SE VUELVE A COMPACTAR
			95.0-101.0	CUMPLE

Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S

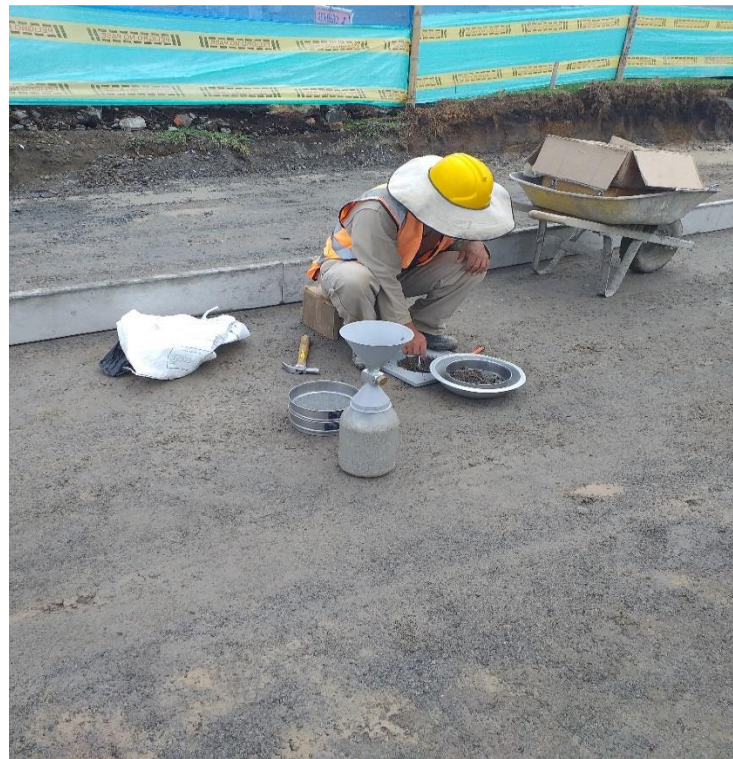


Imagen 33. Ensayo de cono y arena para tomar densidad de campo.

Fuente: Propia.

6.4.3 Control de la resistencia a flexo-tracción del concreto hidráulico:

Para mantener el control de la resistencia a flexo-tracción del concreto producido en planta, se tomaban 4 muestras en cada jornada de fundición. Las primeras dos muestras se ensayaban a los 7 días y las otras dos a los 28 días.



Imagen 34. Vigas de muestra para el ensayo de flexo-tracción.

Fuente: Propia.

La realización de los ensayos se remitía a Geofísica Ltda., los resultados se analizaban de forma periódica y en caso de encontrar inconsistencias en la resistencia de concreto premezclado, se tomarían las medidas respectivas con el sub contratista Geoacopio S.A.S.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados que se obtuvieron en general en el desarrollo del proyecto:

Tabla 15. Resultados consolidados de la Resistencia a Flexo-tracción del concreto pre mezclado durante la ejecución de la obra.

RESULTADOS CONSOLIDADOS DE LA RESISTENCIA A FLEXO-TRACCIÓN DEL CONCRETO PRE MEZCLADO			
CALZADA	RESISTENCIA DE DISEÑO (Mpa)	RESISTENCIAS OBTENIDAS (Mpa)	VERIFICACIÓN
SUR	4.2	4.1-4.4	CUMPLE

Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S.

6.4.4 Control de asentamiento del concreto hidráulico:



Imagen 35. Control de asentamiento, Slump.

Fuente: Propia.

Los controles de asentamiento del concreto tienen como objetivo principal medir la consistencia del concreto. De la misma forma se mide su manejabilidad que de manera usual se juzga a simple vista. Para la construcción de pavimentos hidráulicos el método usado para hallar el asentamiento es el descrito en la norma I.N.V.E- 404, “asentamiento del concreto SLUMP”.

La remisión con la que llegaba cada mixer de concreto, especificaba cual era el asentamiento mínimo (3”), el máximo (5”), y el asentamiento teórico (4”).

El ensayo se realizaba inmediatamente después de iniciar la descarga de la mixer. En caso de que el resultado del asentamiento del ensayo realizado en obra fuera diferente al de la remisión del concreto, se detenía la fundición y se devolvía la mixer a la empresa contratada.



Imagen 36. Resultado del ensayo de asentamiento en pulgadas.

Fuente: la pasante

6.5 OBRAS PARALELAS

6.5.1 Obras de drenaje en la vía:

La construcción de sumideros se había determinado con anterioridad en los planos record, sin embargo, en conjunto con la interventoría se cambió la ubicación de varios de los sumideros que tenían que construirse porque en su diseño se habían omitido detalles que en campo podían apreciarse mejor, como la necesidad de construir sumideros al final de un PIV que es el final de una curva que conecta dos tramos rectos de vía.

La necesidad de construir obras de drenaje adecuadas para una carretera son la de dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino, evitar que el agua provoque daños estructurales, evitar tasas altas de accidentalidad.

Tabla 16. Registro de sumideros calzada sur, transversal novena norte.

SUMIDEROS FUNDIDOS CALZADA SUR TRANSVERSAL NOVENA NORTE CONSORCIO CAUCA 2017				
ABSCISA	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN (m3)	VOLUMEN DE CONCRETO FUNDIDO (m3)	LONGITUD DE TUBO (m)	PULGADAS TUBO
K0+508	1.08	0.54	9	10"
K0+410	1.2	0.52	14.4	10"
K0+320	1.3	0.5	4	10"
K0+262	1.0	0.57	9	10"
K0+231	1.0	0.51	4	10"
K0+227				
SUMIDERO DOBLE K0+225	2.3	1.1	1 1	10" 16"
SUMIDERO LATERAL CALZADA NORTE K0+144	1.9	1.2	8	10"
K0+144	1.1	0.52	6	10"
K0+009 HACIA LA VARIANTE K0+100 HACIA LA VARIANTE	SIN CONSTRUIR ANTES DE TERMINAR LA PASANTÍA			

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de planeación y construcción, se designó a la pasante el registro de los sumideros que tenían que construirse, la elección de una cuadrilla de al menos dos trabajadores para que se ocuparan únicamente de esta tarea, desde la excavación, instalación de formaletas, fundición y acabados, los pedidos del material necesario para realizar la construcción de dichas obras.



Imagen 37. Sumidero en construcción K0+227.

Fuente: Propia.

6.5.2 Reparación de redes húmedas:

Mientras se ejecutaba la excavación, era inevitable que la retroexcavadora tocara los tubos de redes domiciliarias de alcantarillado, causándoles ahuellamientos y perforaciones. En muchas ocasiones los tubos quedaban totalmente deteriorados, por lo que tenía que instalarse un tubo nuevo o cortarse en algún tramo para hacer la instalación de accesorios como uniones y un tramo de tubo nuevo.

La mayoría de los tubos domiciliarios que se cambiaron fueron de diámetro 6”.



Imagen 38. Tubería de alcantarillado de diámetro 6" reparada con unión en PVC 6".

Fuente: Propia.

6.5.3 Reubicación de redes húmedas:

Al realizar la excavación se encontró con que algunos de los tubos domiciliarios de alcantarillado estaban ubicados en un nivel por encima del diseño del pavimento, en medio de la estructura de sub base, por tal motivo se consultó con la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán para reubicar estas redes fuera de donde

se construiría el pavimento. La solución fue construir cajas de inspección un metro abajo del nivel de espacio público y conectar la red de tubos en la cámara de inspección de aguas residuales más cercana.



Imagen 39. Tubos de red domiciliaria de alcantarillado sobre el diseño de la sub base.

Fuente: Propia.

6.5.4 Construcción de cámaras de inspección de aguas lluvia:

Durante la ejecución de la pasantía se construyeron dos cámaras de inspección de aguas lluvia.



Imagen 40. Acero figurado para construcción de brocal en cámara de inspección.

Fuente: Propia.



Imagen 41. Formaleta para fundir cámara de inspección de aguas lluvia, K0+220.

Fuente: Propia.

6.5.5 Demoliciones de concreto:

Estas demoliciones se realizaban con un demoledor manipulado por un obrero mientras otro manipulaba pedazos sueltos de concreto. La mayor parte de las demoliciones que se realizaron en obra fueron cabezales de alcantarillado antiguo, concreto de cámaras de inspección para nivelarlas con las losas del pavimento nuevo. Esta información era registrada y entregada al director de obra para la realización de actas de cobro.

6.6 ESPACIO PÚBLICO

6.6.1 Conformación de la estructura de espacio público:

Esta estructura estaba conformada por 10 cm de sub base, una capa de arena con espesor de 5 cm debidamente compactados con la rana (compactador de impacto), por último, los elementos que conforman el andén que tenían un espesor de 6 cm.

No se presentó mayor inconveniente en la ejecución de la construcción de espacio público.

La interventoría pidió el cambio de algunas losetas del primer lote que se recibió, pues se encontraban con terminación porosa.

Para liberar cada tramo de espacio público en el que se fueran a instalar andenes se hacían ensayos de densidades.



Imagen 42. Capa de arena espesor 4 cm para espacio público.

Fuente: Propia.

6.6.2 Elementos del espacio público:

- Losetas lisas:

Son las losetas empleadas para la configuración de los andenes, en los lugares en donde no es necesario instalar losetas especiales.

Dimensiones:

- ✓ 20 X 20 (cm)
- ✓ 20 X 10 (cm)

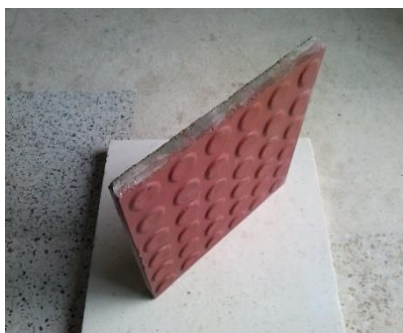


Imagen 43. Losetas lisas.

Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S.

- Losetas toperol:

Se instalan dentro de los andenes frente a algún obstáculo como: postes, al terminar o iniciar un andén. Se emplean para indicar a las personas con discapacidad visual.



Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S.

Imagen 44. Loseta toperol

- Loetas paradero:

Estas loetas se instalan frente a paraderos de transporte público. Indican a personas en condición de discapacidad visual, el lugar adecuado para tomar transporte.



Imagen 45. Loeta paradero.

Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S.

- Loetas guía:

Permiten dar continuidad y guía a personas con discapacidad visual.



Imagen 46. Loeta guía.

Fuente: Documentación IAR proyectos S.A.S.

- Bordillos:
 - ✓ Bordillo A80: su uso es para espacio público.



Fuente: Propia.

Imagen 47. Bordillo A80.

- ✓ Bordillo A10: su uso e instalación es para el borde de la vía.



Fuente: Propia

Imagen 48. Bordillo A10.

- ✓ Rampas vehiculares: se usa para los accesos residenciales.



Fuente: Propia.

Imagen 49. Rampas vehiculares.

6.7 TRABAJO DE OFICINA Y ACTAS

El trabajo de oficina consto de la recolección de datos claros, precisos y medibles de todas las actividades que se realizaban a diario en obra y que se ha detallado en las tablas de Excel de este documento.

El objetivo más claro de la entrega de esta información fue obtener la información para crear las actas de cobro y la creación de las actas PIPMA que es el plan de implementación de manejo ambiental, sin las que no eran validadas las actas de cobro por sí mismas. En esta situación era necesario realizar un buen trabajo interdisciplinario para llevar a cabo la construcción de la obra civil en la transversal novena norte de la ciudad de Popayán. Se contaba con el trabajo de un residente ambiental, forestal, SISO (seguridad industrial y salud ocupacional), social, con los que se trabajaba en conjunto para asegurar que el trabajo en la obra desde todos los frentes fuera el adecuado.

La recolección de datos generalmente fue:

- Cantidad de material retirado respecto a las volquetas de cargue en el transcurso diario.
- Trabajo en AutoCAD para generar anchos de excavación.
- Cálculos de volumen de retiro de fallos.
- Gráficos de perfiles de excavación de sumideros.
- Dimensiones de excavaciones paralelas, sumideros.
- Losas fundidas con su respectiva numeración, fecha de liberación tanto del concreto de 28 días y así mismo el acelerado con liberación de 7 días, usado en sectores donde se debe permitir el acceso vehicular.

MATERIAL RECIBIDO

- Cantidad de material de mejoramiento recibido.
- Cantidad de sub base recibida.

- Losetas de espacio público.

PEDIDO DE MATERIAL

- Material de mejoramiento (roca muerta) a “Agregados Puracé”.
- Material de sub base a CONEXPE.
- Acero de refuerzo, almacén de “AMEZQUITA Y NARANJO” (Cali, Valle del Cauca).
- Dovelas o canastillas, sub contratista (particular).

7. CONCLUSIONES

- El trabajo en la modalidad de pasantía fue gratificante y necesario para conocer los retos a los que un ingeniero civil en ejercicio debe enfrentarse.
- La pasantía afirma y complementa los conocimientos recibidos en las aulas de clase de la universidad del Cauca.
- Toda obra civil debe influir de forma positiva de manera directa o indirecta a la comunidad y sociedad en general. El ejercicio del ingeniero tiene razón de ser en el bien que cause a la comunidad, mejorando condiciones de seguridad, movilidad, comodidad y desarrollo socio económico.
- La construcción de estructuras viales fomenta el crecimiento y desarrollo económico, en un país en el que la mayor parte de transporte de carga es terrestre y es necesario contar con la adecuada infraestructura vial para reducir tiempos de transporte y mejorar el rendimiento.
- La construcción de un adecuado espacio público permite la movilidad segura, tranquila e incluyente para las personas.
- Trabajar desde el lado del contratista fue necesario para conocer el manejo de recursos económicos y el proceso constructivo de calidad como fin principal.
- El trabajo en equipo con diferentes disciplinas de la ingeniería es de suma importancia para garantizar el desarrollo, calidad y eficiencia de la construcción de la obra civil, en la que se presentan diferentes inconvenientes que necesitan soluciones inmediatas en las que es necesario emplearse el conocimiento de diversas disciplinas.
- Para mi desarrollo profesional es invaluable haber conocido el orden y la exactitud con el que se deben llevar y registrar los diferentes datos que generan las actividades de obra diarias.

- El trabajo en equipo entre el contratista y la interventoría es indispensable para asegurar la calidad de cada proceso constructivo, si se trabaja con honestidad y en busca siempre del mejor resultado.
- La planeación ordenada de actividades semanales, diaria, mejora considerablemente el rendimiento de la obra.
- Conocer las funciones y habilidades de cada persona que trabaja en obra es necesario para trabajar con eficiencia y en un ambiente que no genere estrés laboral.
- En el ejercicio de la construcción es indispensable tener claridad del requerimiento de la normatividad para hacerla cumplir. De igual forma, es necesario asociar la normatividad con los conceptos aprendidos en las aulas de clase, para tomar las decisiones acertadas y ágiles en la solución de un problema en obra.

8. BIBLIOGRAFÍA

- INTERVENTORIA IAR PROYECTOS S.A.S. documentación interna de la interventoría del proyecto REHABILITACION VIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL SETP POPAYÁN DEL TRAMO 9A: TRANSVERSAL 9N (CARRERA 9 A LA VARIANTE), DE LA CIUDAD DE POPAYÁN (CAUCA).
- MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON ADICIÓN DE MATERIALES ARTÍCULO 230-13.
Disponibile en internet:
<https://es.scribd.com/presentation/358646066/Articulo-230-13>
- Movilidad futura S.A.S. documentación interna del proyecto REHABILITACION VIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL SETP POPAYÁN DEL TRAMO 9A: TRANSVERSAL 9N (CARRERA 9 A LA VARIANTE), DE LA CIUDAD DE POPAYÁN (CAUCA).
- PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO ARTICULO 500-13.
Disponibile en internet:
<https://docplayer.es/19730035-Pavimento-de-concreto-hidraulico-articulo-500-13.html>
- TERRAPLENES ARTICULO 220-13
Disponibile en internet:
[file:///C:/Users/Asus/Downloads/CAP%C3%8DTULO%2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/CAP%C3%8DTULO%2021%20(1).pdf)


ANEXOS

Anexo A: Resolución No. 229 del 09 de octubre de 2019

Anexo B: certificación práctica profesional-pasantía Consorcio Cauca 2017

ANEXO A

Facultad de Ingeniería Civil



Universidad
del Cauca

RESOLUCIÓN No. 229 DE 2019
09 DE OCTUBRE
8.3.2-90.2

Por la cual se autoriza un TRABAJO DE GRADO, **PRACTICA PROFESIONAL - PASANTIA**, 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

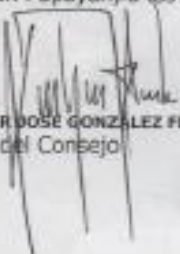
Que mediante los Acuerdos 002 de 1989, 003 y 004 de 1994 y 027 de 2012, emanados del Consejo Académico de la Universidad del Cauca, se estableció el TRABAJO DE GRADO y por Resolución No. 820 de 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil, se reglamentó dicho Trabajo de Grado en las modalidades Investigación,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

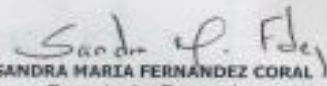
R E S U E L V E

ARTÍCULO ÚNICO: Autoriza al estudiante **LUISA FERNANDA CHAVES CHILITO**, con código 100412020624 la ejecución y desarrollo del Trabajo de grado, **Practica Profesional-Pasantía** titulado: Participación como Auxiliar de Residencia en la Administración y Supervisión de Obras en el Proyecto Construcción de la Doble Calzada Sur Vía al Bosque Ubicada en la Traversal 9na Norte, bajo la dirección del Ingeniero (a) Luis Bolaños Andrade, avalado por el Consejo de Facultad como requisito parcial para optar al título de Ingeniero(a) Civil.

C O M U N I Q U E S E Y C Ú M P L A S E

Se expide en Popayán, a los Nueve (09) días del mes de octubre de dos mil diecinueve (2019)


Ing. ALDEMAR JOSÉ GONZÁLEZ FERNÁNDEZ
Presidente del Consejo


SANDRA MARIA FERNANDEZ CORAL
Secretaria General

Elaboro: Diana Medina

ANEXO B

Santiago de Cali, 11 de enero de 2020



LA SUSCRITA JEFE DE TALENTO HUMANO DE LA EMPRESA

CONSORCIO CAUCA 2017

NIT 901.061.901-0

CERTIFICA QUE

La señorita **LUISA FERNANDA CHAVES CHILITO**, mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía No 1.061.771.174 expedida en Popayán, realizó su práctica laboral en esta empresa bajo las siguientes condiciones:

FECHA DE INGRESO:	1 de octubre de 2019
FECHA DE RETIRO	11 de enero de 2020
HORAS LABORADAS:	576 horas
CARGO QUE DESEMPEÑO:	Aprendiz Ingeniería Civil
TIPO DE CONTRATO:	Aprendizaje
RETIRO	Terminación de contrato
CONTRATO	LPN-0-2016-07
VALOR DEL CONTRATO	\$7.007.760.065
OBJETO DEL CONTRATO	Rehabilitación vial y construcción de espacio público para el STEP Popayán del tramo 9º.

Se expide la presente a solicitud del interesado y en cumplimiento del artículo 57 numeral 7 del Código Sustantivo del Trabajo.

Atentamente,

YENNY STELLA VARGAS
Jefe de Talento Humano

CRA 36 # 3 B 4 – 17 Barrio San Fernando – Teléfono 3583150
e-mail: talentohumano@castrospadaffors.com