

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD PASANTÍA, PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INTERVENTORÍA EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA  
DE OBRA EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO ESTACIÓN DE  
INTEGRACIÓN NORTE A CARGO DE LA EMPRESA DE INTERVENTORÍA  
HERNANDEZ PANTOJA S.A.S.**



**Autor:  
EDWIN STEVEN ESPINAL MAYA  
100417011319**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN (CAUCA)  
2022  
INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD PASANTÍA, PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INTERVENTORÍA EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA  
DE OBRA EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO ESTACIÓN DE  
INTEGRACIÓN NORTE A CARGO DE LA EMPRESA DE INTERVENTORÍA  
HERNANDEZ PANTOJA S.A.S.**



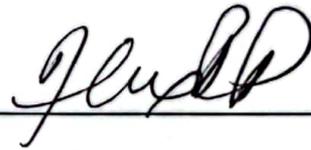
**Autor:  
EDWIN STEVEN ESPINAL MAYA  
100417011319**

**Director (a):  
ING. ALEXANDRA ROSAS PALOMINO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN (CAUCA)  
2022**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y el jurado han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.



Firma director trabajo de grado



Firma del jurado

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
3.1. OJETIVO GENERAL .....	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
<b>4. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	<b>9</b>
<b>5. ACTIVIDADES REALIZADAS COMO PASANTE</b> .....	<b>15</b>
5.1. Construcción del eje 3 y 4 desde las abscisas K0+163 hasta K0+220 y K0+095 hasta K0+145 respectivamente. ....	19
5.1.1. Trabajo topográfico, nivelación y compactación. ....	22
5.1.2. Fundición losa de pavimento en concreto hidráulico. ....	25
5.2. Columnas (Plataforma 1 - Módulos 1 y 2) .....	29
5.2.1. Fundición de columnas (Módulo 1 y Módulo 2) .....	30
5.3. Obras complementarias .....	33
5.4. Obras complementarias para el eje 5.....	35
5.4.1. Construcción de empalmes con mezcla asfáltica densa en caliente.....	35
5.4.2. Construcción de juntas de dilatación.....	37
5.5. Construcción del eje 7 entre abscisas K0+027 – K0+081 .....	41
5.5.1. Trabajo topográfico, nivelación y compactación. ....	43
5.5.2. Instalación de las parrillas de acero de refuerzo y fundición de la losa de concreto. ....	45
5.5.3. Construcción de sumideros y brocales. ....	48
5.6. Construcción de marquesinas (Pasarelas metálicas).....	50
5.6.1. Localización y replanteo. ....	51
5.7. Vigas de cubierta. ....	54
5.8. Construcción muro de contención en talud lateral del eje 6.....	59



5.9.	Control de cantidades de obra ejecutadas. ....	61
5.10.	Cálculo de cantidades de obra proyectadas. ....	62
5.11.	Supervisión en obra.....	64
5.12.	Trazabilidad del concreto .....	73
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Diseño de tránsito de la Estación de integración norte.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 2. Secciones transversales E.I.N.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 3. Profundidad de nivel freático de los sondeos realizados. ....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 4. Descripción de actividades de obra realizadas. ....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 5. Longitudes de acero (Módulo 1).....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 6. Longitudes de acero (Módulo 2).....</b>	<b>57</b>



## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Localización del proyecto.....</b>	<b>9</b>
<b>Ilustración 2. Ejes de diseño - alineamientos horizontales. ....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 3. Planta general Estación de Integración Norte. ....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 4. Metodología durante la pasantía.....</b>	<b>15</b>
<b>Ilustración 7. Perfiles del terreno e implantación de los módulos.....</b>	<b>16</b>
<b>Ilustración 8. Filtro subsuperficial. ....</b>	<b>18</b>
<b>Ilustración 9. Avance de la obra durante la iniciación de la práctica.....</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 10. Localización general tramo eje 3.....</b>	<b>20</b>
<b>Ilustración 11. Localización general tramo eje 4.....</b>	<b>20</b>
<b>Ilustración 12. Estructura de pavimento vía externa.....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 13. Estructura de pavimento vía interna.....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 14. Nivelación y compactación del eje 4 con material de mejoramiento ..</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 15. Traslapo mínimo para geomalla. ....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 16. Instalación de geomalla en eje 4.....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 17. Subbase granular y material de mejoramiento. ....</b>	<b>25</b>
<b>Ilustración 18. Acero de refuerzo en eje 4.....</b>	<b>26</b>
<b>Ilustración 19. Vibrado y compactación del concreto hidráulico en eje 3 .....</b>	<b>27</b>
<b>Ilustración 20. Acabado superficial del pavimento en eje 3.....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 21. Juntas de dilatación y material de sello.....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 22. Localización general columnas plataforma 1.....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 23. Despiece de columnas (Plataforma 1).....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 24. Valores del coeficiente de importancia.....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 25. Encofrado de columnas.....</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 26. Fundición de columnas (Módulo 1).....</b>	<b>32</b>
<b>Ilustración 27. Ensayo Slump para concreto autocompactante.....</b>	<b>32</b>
<b>Ilustración 28. Armado de la tapa del tanque de almacenamiento. ....</b>	<b>33</b>
<b>Ilustración 29. Instalación de tubería sanitaria (Plataforma 1).....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 30. Construcción de sumideros en eje 5.....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 31. Instalación de losetas en eje 5.....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 32. Localización general eje 5.....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 33. Construcción de empalmes con MDC-19 en eje 5.....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 34. Compactación de mezcla asfáltica en eje 5.....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 35. Juntas con material de sello.....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración 36. Instalación de tirilla de respaldo.....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 37. Instalación del material de sello.....</b>	<b>40</b>



<b>Ilustración 38. Apertura del eje 5.</b> .....	40
<b>Ilustración 39. Localización general tramo eje 7.</b> .....	41
<b>Ilustración 40. Plano récord modulación eje 7.</b> .....	42
<b>Ilustración 41. Estado inicial eje 7.</b> .....	43
<b>Ilustración 42. Instalación de geomalla eje 7.</b> .....	44
<b>Ilustración 43. Humedecimiento de subbase en eje 7.</b> .....	45
<b>Ilustración 44. Instalación de refuerzo en eje 7.</b> .....	46
<b>Ilustración 45. Instalación de refuerzo en cámara de inspección (eje7).</b> .....	47
<b>Ilustración 46. Ensayo Slump y aditivo retardante.</b> .....	48
<b>Ilustración 47. Armado y fundición de brocales en eje 7.</b> .....	48
<b>Ilustración 48. Construcción de sumideros dobles.</b> .....	49
<b>Ilustración 49. Localización general de las pasarelas.</b> .....	50
<b>Ilustración 50. Localización y replanteo de zapatas.</b> .....	51
<b>Ilustración 51. Fundición de solado y encofrado.</b> .....	52
<b>Ilustración 52. Armado e instalación de anclajes en pasarelas.</b> .....	53
<b>Ilustración 53. Fundición de vigas de cimentación y pedestales.</b> .....	53
<b>Ilustración 54. Localización general vigas de cubierta.</b> .....	54
<b>Ilustración 55. Secciones tipo (Vigas de cubierta).</b> .....	55
<b>Ilustración 56. Vista en planta vigas de cubierta (Módulo 1).</b> .....	56
<b>Ilustración 57. Vista en planta vigas de cubierta (Módulo 2).</b> .....	57
<b>Ilustración 58. Armado de andamios (Módulo 1).</b> .....	58
<b>Ilustración 59. Acero transversal para vigas de cubierta.</b> .....	58
<b>Ilustración 60. Localización general muro de contención.</b> .....	59
<b>Ilustración 61. Ubicación del muro de contención.</b> .....	60
<b>Ilustración 62. Encofrado del dentellón y fundición de solado.</b> .....	61
<b>Ilustración 63. Plano récord modulación del pavimento rígido.</b> .....	63
<b>Ilustración 64. Pasarelas (Render).</b> .....	64
<b>Ilustración 65. Hormiguo del concreto en columnas.</b> .....	64
<b>Ilustración 66. Método de vaciado para fundición de columnas.</b> .....	65
<b>Ilustración 67. Esfuerzos de torsión en columnas.</b> .....	66
<b>Ilustración 68. Longitud de desarrollo horizontal.</b> .....	67
<b>Ilustración 69. Concreto no cohesivo.</b> .....	67
<b>Ilustración 70. Pasadores de carga sin engrasado.</b> .....	68
<b>Ilustración 71. Fisuración de losa en eje 4.</b> .....	70
<b>Ilustración 72. Formaleta deformada.</b> .....	71
<b>Ilustración 73. Soporte para andamios (Módulo 2).</b> .....	72
<b>Ilustración 74. Material de sello en eje 5.</b> .....	72



## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de obras civiles es importante velar por la optimización de los recursos que se tienen dispuestos para el desarrollo del proyecto, generando una reducción de los índices de corrupción y el avance de la obra en conformidad con los planos y sus especificaciones. De acuerdo con el artículo 26 de la ley 80 de 1993 referente al principio de responsabilidad se dicta lo siguiente: *Los servidores públicos están obligados a buscar el cumplimiento de los fines de la contratación, a vigilar la correcta ejecución del objeto contratado y a proteger los derechos de la entidad, del contratista y de los terceros que puedan verse afectados por la ejecución del contrato.* En este orden de ideas para garantizar la transparencia de la actividad contractual las entidades están obligadas a vigilar de forma permanente la adecuada ejecución del objeto contratado por medio de un órgano supervisor o interventor.

La figura de interventoría es la actividad bajo la cual se rige el presente trabajo de grado realizado con el fin de obtener el título de ingeniero civil en modalidad de pasantía durante la fase constructiva del proyecto “ESTACIÓN DE INTEGRACIÓN NORTE” ubicado en la ciudad de Popayán y a cargo de la empresa de interventoría Hernández Pantoja S.A.S la cual tiene como principales funciones velar porque se cumplan las especificaciones técnicas del objeto del contrato al igual que las actividades o acciones administrativas, legales, financieras y presupuestales a cargo del contratista, de las cuales el pasante tiene participación a fin de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante su etapa de formación universitaria.

Las actividades realizadas en el presente documento pertenecen al ámbito práctico de la ingeniería referente a la supervisión en obra y al trabajo administrativo, las cuales hicieron parte de la rutina del pasante y se trabajaron conjuntamente de acuerdo con los lineamientos del ingeniero a cargo.



## 2. JUSTIFICACIÓN

La estación de integración norte permitirá la integración de los modos (bicicleta, taxis, transporte mixto e intermunicipal) de transporte en la ciudad con el nuevo sistema estratégico de transporte público mediante infraestructura sostenible con accesibilidad universal. Su construcción contribuirá con el desarrollo de la ciudad y el avance en la implementación de un sistema de transporte público más eficiente.

La necesidad de un sistema de transporte público adecuado en la ciudad se justifica bajo los siguientes criterios:

- Es una alternativa más ecológica para los desplazamientos que se realizan dentro de la ciudad, ya que su emisión de gases es mucho menor a la de los vehículos convencionales necesarios para transportar la misma cantidad de personas.
- Disminuye los embotellamientos en los espacios viales junto con la contaminación acústica.
- En términos económicos, el transporte público resulta más barato que un vehículo privado.

En el contexto local, uno de los principales problemas de transporte en el municipio corresponde con los constantes embotellamientos en las principales vías que conectan puntos estratégicos de la ciudad, esto acompañado de una precaria malla vial, lo que a su vez aumenta los reportes de siniestros viales y la baja accesibilidad de los usuarios de los diferentes modos de transporte, no solo población urbana sino también aquellos que viven en la periferia de la ciudad y que deben efectuar pagos dobles por el transbordo entre sus residencias y los centros de trabajo, es por esta razón, que uno de los principales componentes del SETP como lo es la estación de integración norte, contribuirá a un sistema de transporte más eficiente, seguro, accesible y ambientalmente sostenible lo que la constituye en una obra de inversión social para el mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo de la ciudad.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OJETIVO GENERAL

Participación como auxiliar de ingeniería en la supervisión técnica y administrativa de la obra en la etapa de ejecución del proyecto estación de integración norte a cargo de la empresa de interventoría Hernández Pantoja S.A.S.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

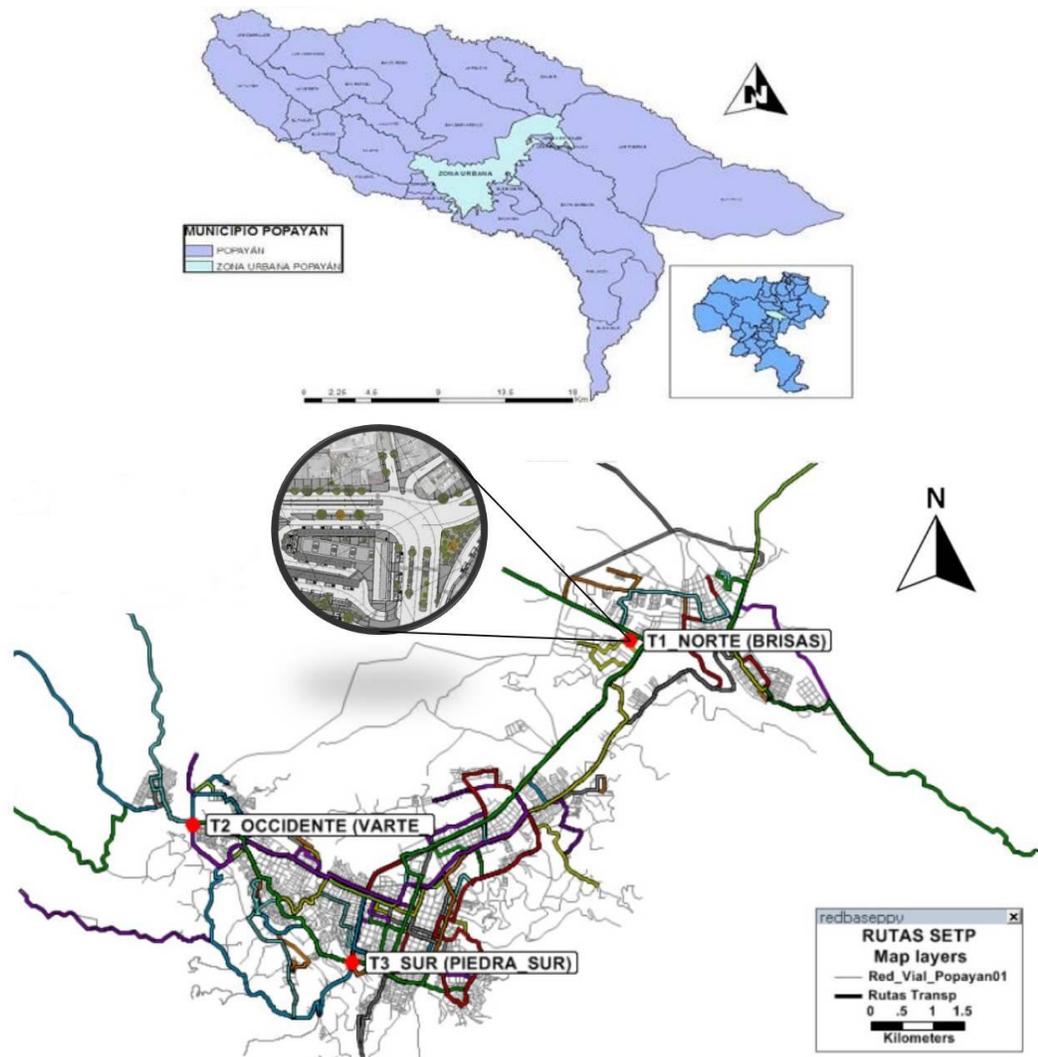
- Apoyo al interventor de la obra en lo referente al control de los procedimientos constructivos, al cálculo de las cantidades de obra y la elaboración de planos récord.
- Supervisión técnica y análisis de calidad de los materiales durante la fase constructiva.
- Revisión y organización sistemática de la información de cantidades de obra reportadas por el inspector para las preactas mediante el uso de herramientas ofimáticas.



#### 4. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El proyecto construcción de la estación de integración norte y conexiones viales asociadas, se encuentra ubicado en el sector de Bellavista, en la transversal 9N con carrera 9N. Está a cargo de la entidad SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS DE POPAYÁN MOVILIDAD FUTURA S.A.S y las empresas OXIKAB y HERNANDEZ PANTOJA S.A.S.

*Ilustración 1. Localización del proyecto.*



*Fuente: Movilidad Futura S.A.S.*



El presente contrato inició el pasado 31 de diciembre de 2021 y tiene un tiempo previsto de ejecución de 12 meses los cuales están divididos de la siguiente manera:

Pre-construcción: Etapa 1 (enero 2022).

Construcción: Etapa 2 (febrero – noviembre 2022).

Ajustes, correcciones, entrega de obra: Etapa 3 (diciembre de 2022)

La función de la estación de integración norte es permitir el intercambio modal de tal forma que exista una interacción de los diferentes medios de transporte con el SETP, es por esta razón que el proyecto contará con obras que permitan la conexión con ciclorrutas, además de ofrecer bici parqueos, locales especializados y aceras amplias, no solo para los biciusuarios sino también para el peatón el cual contará con accesibilidad peatonal y espacio público.

Además del sistema estratégico de transporte público dentro de la ciudad, se tendrá una integración con rutas cortas de transporte intermunicipal como Piendamó, Totoró entre otras, permitiendo la unión al sistema de las personas residentes en dichos municipios y veredas. De acuerdo con el diseño de tránsito del proyecto se tendrá lo siguiente:

**Tabla 1. Diseño de tránsito de la Estación de integración norte.**

<b>ESTACIÓN DE INTEGRACIÓN NORTE</b>
Atención en HMD: 154 Buses
Atención en Día: 2310 Buses
Abordajes en HMD: 4130
Abordajes en Día: 61900
<b>HMD: Hora de máxima demanda</b>

**Fuente: Movilidad Futura S.A.S.**

Para dar cumplimiento a la demanda de tránsito de diseño y mantener el funcionamiento adecuado de la estación con un flujo vehicular constante, el proyecto contará con 9 ejes viales de los cuales 3 serán propiamente para la circulación de vehículos del SETP (Ejes 4, 6 y 7) y los otros 6 para el transporte mixto. Cabe resaltar, que al ser este un proyecto que





**Tabla 2. Secciones transversales E.I.N**

EJE	Tipo	Ancho Calzada	Numero Carriles	Ancho Carril
EJE 01	Mixto	4.50 metros	1	4.50
EJE 02	Mixto	Inicial 7.0 metros (Carrera 9)	2	3.50
EJE 02	Mixto	Final 7.0 metros (Transversal 9)	2	3.00
EJE 03	Mixto	Inicial 7.0 metros (Carrera 9)	2	3.50
EJE 03	Mixto	Final 7.0 metros (Transversal 9)	2	3.00
EJE 04	SETP	7.00	2	3.50
EJE 05	Mixto	7.00	2	3.50
EJE 06	SETP	7.00	2	3.50
EJE 07	SETP	7.00	2	3.50
EJE 08	Mixto	7.00	2	3.50
EJE 09	Mixto	7.00	2	3.50

**Fuente: Consorcio GH**

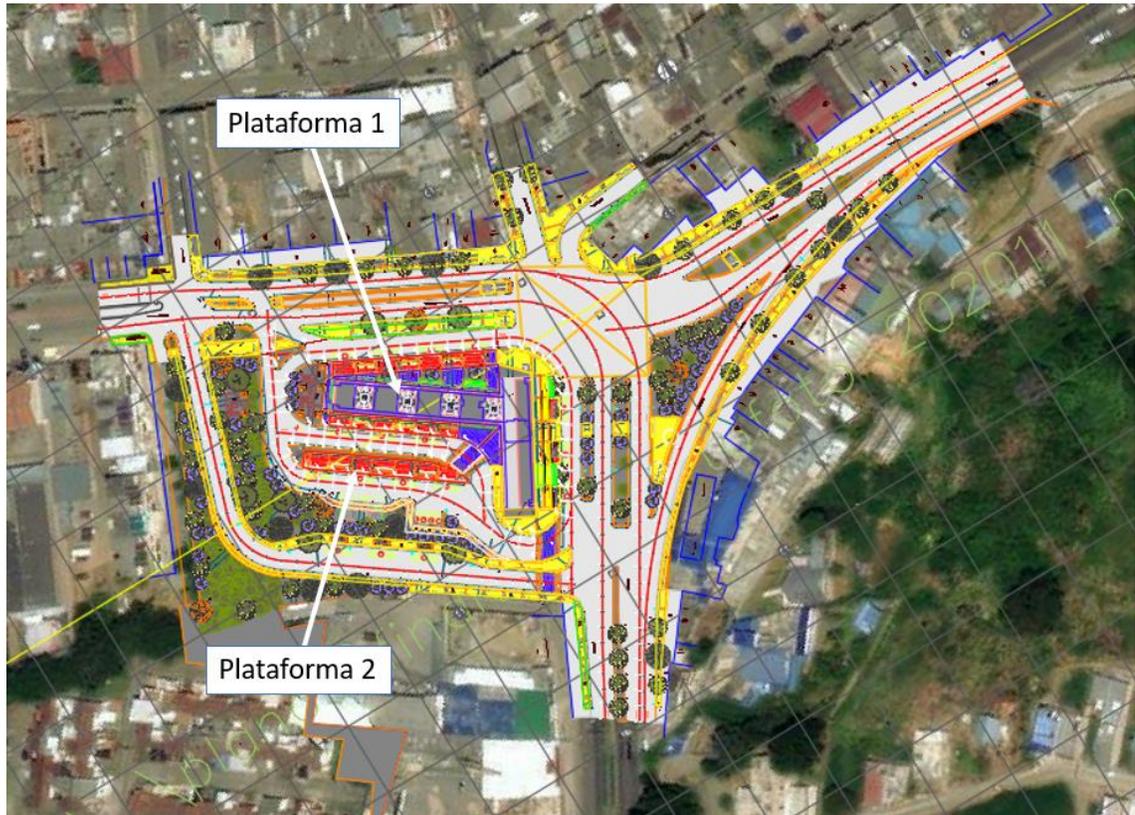
La calzada de conexión de la Transversal 9N le da continuidad al proyecto del SETP denominado tramo 2ª, el cual tiene incluido un ciclo ruta de 2.4 metros dentro del separador central en la vía al bosque.

Como nota importante respecto a la transición de peraltado y conociendo que esta estación se desarrolló en un sector urbano limitado por espacio público, se implementaron curvas circulares simples a fin de permitir un adecuado desarrollo de empalmes.

Además de los ejes viales, el proyecto también contará con dos plataformas para el acceso y la interacción de los usuarios del sistema. La plataforma 1 diseñada con un sistema estructural de pórticos de concreto, estará conformada por dos módulos los cuales bajo los conceptos de sostenibilidad y accesibilidad universal tendrán espacios especializados para los biciusuarios con Lockers y bici parqueos, además tendrá un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias con la construcción de un tanque de almacenamiento, la instalación de paneles solares en la cubierta y el reforzamiento de la vegetación existente. La plataforma 2 estará conformada por un sistema de pasarelas elaboradas en perfiles metálicos para el abordaje y descenso de los usuarios. El plano general del proyecto se muestra a continuación:



**Ilustración 3. Planta general Estación de Integración Norte.**



**Fuente: Consorcio GH.**

actualmente el proyecto se encuentra en la etapa de construcción la cual está dividida en dos fases: La primera fase comprende la construcción completa de los ejes 5, 6 y 7, parte del tramo vial de los ejes 3 y 4, el componente estructural de la plataforma 1 (Vigas de cimentación en T, columnas y vigas de cubierta) y obras complementarias como el tanque de almacenamiento y el muro de contención.

Adicionalmente para la fase II se planea la eliminación de la glorieta de bella vista para la implementación de un cruce semaforizado por lo cual se cerrará un carril de la carrera novena en el avance de la adecuación de la malla vial y se habilitarán pasos adicionales para que las personas que viven en dirección a la reserva del Bosque puedan acceder a sus residencias sin inconvenientes.



El área de influencia del proyecto es de 19.723 m<sup>2</sup> con un área total construida de 15.334 m<sup>2</sup> y un presupuesto total de 14.486.313.670 COP.

La interventoría del proyecto está a cargo de la entidad receptora Hernández Pantoja S.A.S, la cual, entre sus diversas funciones, se encarga de realizar la interventoría técnica, administrativa, financiera, contable y ambiental al contrato de obra, velando por que se dé cumplimiento a las especificaciones técnicas y a las obligaciones a cargo de contratista.



**Fuente:** [www.hernandezpantoja.com](http://www.hernandezpantoja.com)

**Razón social:** Hernández Pantoja Sas Bic.

**Representante legal:** Oscar Guillermo Hernández Pantoja.

**Tutor por parte de la entidad receptora:** Ing. Víctor Hugo Duque Zambrano

**Dirección:** Calle 7 N°14-23, Pereira (Risaralda).

**Correo:** [recepcion@hernandezpantoja.com](mailto:recepcion@hernandezpantoja.com)

**Teléfono:** 6063443300

**Página Web:** [hernandezpantoja.com](http://hernandezpantoja.com)

**NIT:** 8002210516

**Forma jurídica:** Sociedad por acciones simplificadas.

**Actividad:** Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.



## 5. ACTIVIDADES REALIZADAS COMO PASANTE

Las actividades solicitadas por la empresa para el cumplimiento de las 384 horas de pasantía fueron las siguientes: Inspección en obra, diligenciamiento de actividades diarias de obra, revisión y organización sistemática de la información de cantidades de obra, diligenciamiento de formatos para realización de ensayos y de trazabilidad para informes, actualización sistemática diaria de las cantidades de obra, apoyo en la elaboración de planos récord y revisión conjunta de las cantidades de obra durante la elaboración de las actas de recibo de pago.

**Ilustración 4. Metodología durante la pasantía.**



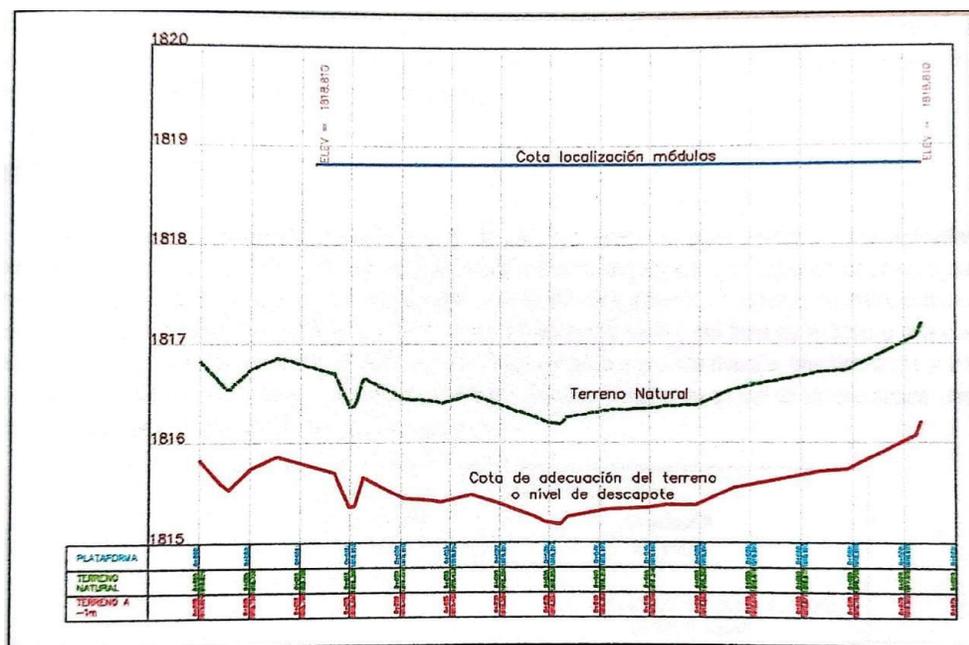
**Fuente: Autor**

Durante la fase de iniciación se realizó un primer recorrido de obra con la finalidad de familiarizar al pasante con cada uno de los componentes del proyecto y su respectivo avance en fase constructiva. A partir de esta primera actividad se logran identificar espacialmente las siguientes obras que conforman el proyecto: Dos plataformas, la primera compuesta por dos módulos y dos pasarelas y la segunda compuesta por una pasarela, estas plataformas tienen la función de permitir la integración y accesibilidad de los usuarios del sistema, se tienen además 5 ejes de vías en la primera fase del proyecto nombrados así: eje 3, 4, 5, 6 y 7 de los cuales los ejes 5 y 3 se proyectarán como vías externas y los



ejes 4, 6 y 7 corresponderán a vías internas, se identifica un tanque de almacenamiento en fase de armado de acero el cual tendrá la función de reciclar agua lluvia para el servicio y seguridad de la estación, un muro de contención proyectado en el talud formado por el desnivel entre el eje 6 y el eje 5 y la instalación de bordillos y losetas a cargo del componente de arquitectura. Es importante resaltar que hasta la fecha se encontraban concluidas las siguientes actividades: Fundición de la cimentación de la plataforma 1 compuesta por zapatas corridas o vigas en T, armado de acero longitudinal y parte del acero transversal de las columnas de la plataforma 1, fundición de la losa de concreto de todo el eje 5 y algunas cámaras de inspección con su respectiva tubería de conexión entre cámaras, sumideros y cajas de inspección, además por la topografía presentada en el terreno fue necesario realizar durante actividades preliminares un relleno de gran magnitud en conjunto con la instalación y construcción de filtros en espina de pescado en toda el área, para controlar y evitar problemas provocados por un alto nivel freático en la zona.

**Ilustración 5. Perfiles del terreno e implantación de los módulos.**



**Fuente: Citec Ltda.**



Teniendo en cuenta lo anterior, en el sector donde se construyeron los módulos de la estación de integración norte se debió conformar un terraplén con alturas entre los 3.0 y 4.0 m de altura con el fin de alcanzar las cotas de diseño de la plataforma.

Para la construcción y conformación del terraplén, se retiró el primer metro de material el cual estaba compuesto por una capa de material antrópico tipo relleno sin consolidar y un suelo orgánico, esto con la finalidad de evitar que el primer metro se comporte como una superficie de falla debido a que esta capa presenta valores de resistencia al corte bajos y además alta compresibilidad.

Previamente a la conformación del terraplén, se realizaron perforaciones para detectar la presencia de nivel freático, como resultado se observaron aguas freáticas en profundidades entre los 0.6 y 4.0 metros.

**Tabla 3. Profundidad de nivel freático de los sondeos realizados.**

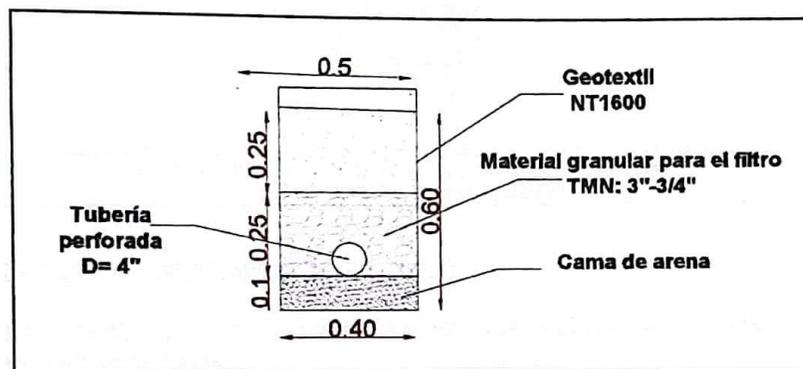
ZONA HOMOGÉNEA DE DISEÑO	SONDEO N°	PROFUNDIDAD (m)
A	1	2,8
	2	1,9
	3	1
	4	1
	5	0,8
	6	0,8
	7	0,6
B	8	4
	9	3,5
	10	4

**Fuente: Autor**

Los filtros en espina de pescado se construyeron con la finalidad de evitar que las fluctuaciones del nivel freático afectaran las capacidades físico-mecánicas del suelo. Al agua recolectada por el filtro se le realizó el descole a la quebrada Charco de burro la cual se encuentra dentro del área de estudio.



**Ilustración 6. Filtro subsuperficial.**



**Fuente: Citec Ltda.**

**Tabla 4. Descripción de actividades de obra realizadas.**

<b>Obra N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1	Construcción ejes viales 3 y 4.	Se construyeron los ejes 3 y 4 en concreto MR45 con espesores de 25.5 cm y 23 cm respectivamente.
2	Construcción de columnas (Módulos 1 y 2)	Armado y fundición de columnas con concreto autocompactante.
3	Construcción de empalmes en eje 5	Se utilizó mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.
4	Construcción eje vial 7	Se fundieron 54 metros en concreto MR45
5	Sumideros y brocales	Se construyeron los sumideros y las tapas de las cámaras de inspección para los ejes 3, 4, 5 y 7.
6	Construcción de pasarelas	Se realizó la construcción de la cimentación y los pedestales para el soporte de los perfiles metálicos.
7	Vigas de cubierta	Se construyeron las vigas de cubierta del módulo uno con el refuerzo para la construcción del muro parapeto.
8	Construcción muro de contención	Se proyectó un muro de contención para la estabilidad del talud lateral del eje 6. (Se describe el proceso constructivo de la cimentación).

**Fuente: Autor**



**Ilustración 7. Avance de la obra durante la iniciación de la práctica**



**Fuente: Autor**

**5.1. Construcción del eje 3 y 4 desde las abscisas K0+163 hasta K0+220 y K0+095 hasta K0+145 respectivamente.**



**Ilustración 8. Localización general tramo eje 3.**



**Fuente: Autor**

**Ilustración 9. Localización general tramo eje 4.**



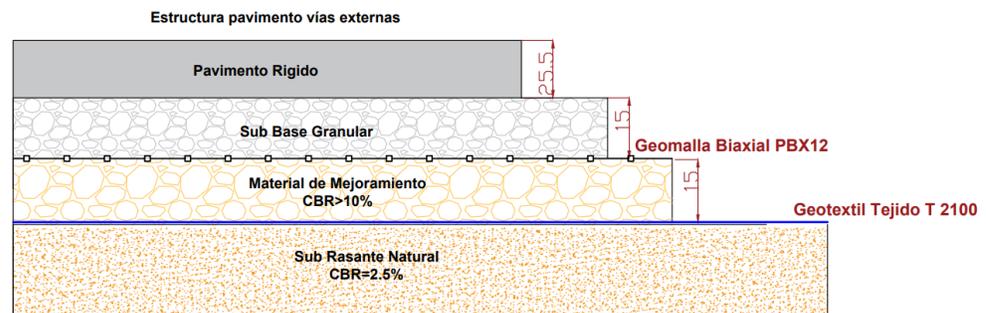
**Fuente: Autor**



El eje 3 y 4 del proyecto corresponden a una vía externa e interna respectivamente, las cuales se proyectaron en concreto hidráulico con un módulo de rotura mínimo de 45 Kg/cm<sup>2</sup> y con espesores de 25.5 Cm y 23 Cm respectivamente de acuerdo con la categoría de tránsito. Es importante resaltar que los pavimentos de concreto son muy sensibles al subdiseño o a la presencia de cargas no contempladas en el estudio de tránsito, por esta razón, un aumento en el espesor de uno o dos centímetros proporciona una protección adecuada contra eventuales sobrecargas.

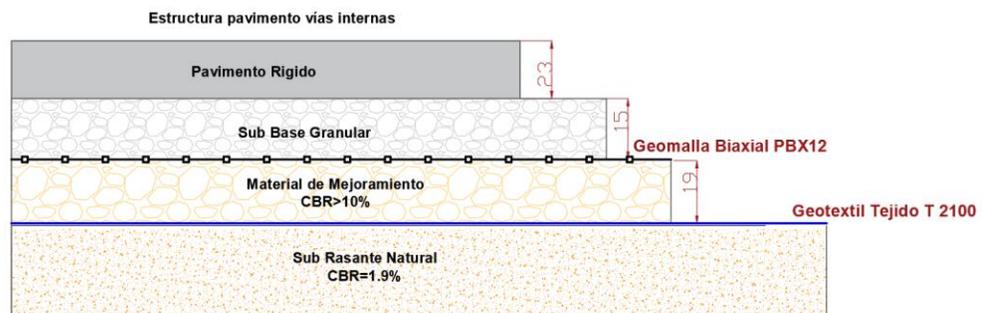
La estructura del pavimento para las vías internas y externas del proyecto se muestra a continuación:

**Ilustración 10. Estructura de pavimento vía externa.**



**Fuente: Consorcio GH**

**Ilustración 11. Estructura de pavimento vía interna.**



**Fuente: Consorcio GH**



Para la construcción de los ejes 3 y 4, se realizaron las siguientes actividades:

### **5.1.1. Trabajo topográfico, nivelación y compactación.**

Con base al levantamiento topográfico y los planos del proyecto se establecen las secciones transversales de relleno, cotas de nivelación y ubicación de los puntos que definen el ancho de la calzada, estas actividades consistieron en la nivelación y compactación de subrasante, de la capa de material de mejoramiento y el extendido, nivelación y compactación de material de subbase. La clasificación de la subrasante se hace con base en la relación de soporte de California del suelo CBR evaluada según la norma INVE-148-07 la cual indica que para subrasantes con CBR menor a 2 se requieren tratamientos especiales como la remoción total o parcial del material inaceptable, mejoramientos mecánicos o la adición de cal o cemento que doten a la subrasante de características mecánicas adecuadas.

Para la capa de subrasante no fue necesario realizar excavación puesto que el proyecto requirió rellenos con material seleccionado para alcanzar las respectivas cotas de diseño, por lo tanto, se procedió a escarificar, conformar y compactar el terreno de acuerdo con las exigencias de compactación definidas por INVIAS en una profundidad de 20 Cm los cuales se pueden reducir a 15 Cm cuando el relleno se deba construir sobre un afirmado o relleno granular existente como en el presente caso.

Previamente a la conformación de la capa de material de mejoramiento, se realizó la instalación de geotextil tejido T2100, esto para evitar la contaminación del bloque granular estructural y en consecuencia más consumo de materiales granulares, menos durabilidad a largo plazo y deformación de la vía antes de que termine su vida útil.

NOTA: A pesar de que el geotextil se usa para vías construidas sobre suelos extremadamente blandos y en el proyecto la mayor parte de las vías esta apoyada sobre material seleccionado con CBR > 10%, se tomó la decisión por parte de interventoría de continuar con la instalación del geotextil debido a que el material extraído de canteras como “La yunga” y “Puracé” pese a que tenía



buena capacidad portante, su índice de plasticidad estaba casi al límite del permitido.

El material de mejoramiento se colocó en capas paralelas de espesor uniforme, cumpliendo los requisitos de adherencia y homogeneidad entre capas, además, se aseguró un contenido de humedad que garantizara el nivel de compactación exigido por las especificaciones en cada capa del cuerpo del material, esta compactación se realizó de los bordes hacia el centro de la vía con pasadas traslapadas en por lo menos la mitad del ancho de la unidad de compactación hasta conformar los 15 cm (Vías externas) o 19 cm (Vías internas).

**Ilustración 12. Nivelación y compactación del eje 4 con material de mejoramiento**



**Fuente: Autor**

Se realizaron pruebas de densidad de campo tanto por parte del contratista como por parte de interventoría con la finalidad de determinar los porcentajes de compactación alcanzados y así mismo se realizó el ensayo Speedy para determinar la humedad de la capa previamente compactada y su equivalencia con la humedad óptima determinada de acuerdo con el ensayo Proctor.

Una vez que la subrasante de apoyo se preparó adecuadamente, se procedió con la colocación de la geomalla de tipo biaxial, la cual cumple una función de



estabilización de subrasante que de acuerdo con INVIAS es apropiada para un suelo con CBR entre 1% y 3% o con resistencia al corte entre 30 y 90KPa, esta geomalla se colocó en la dirección de avance de la vía con traslapes longitudinales de 30 cm recomendados para un CBR mayor o igual al 3%.

**Ilustración 13. Traslapo mínimo para geomalla.**

Tabla 233 - 3. Traslapo mínimo

CONDICIÓN	TRASLAPO MÍNIMO
$CBR \geq 3\%$	30 cm
$1 < CBR < 3\%$	60 cm
$0.5 < CBR \leq 1\%$	90 cm
$CBR \leq 0.5$	Unión mecánica
Todo final de rollo	0.90 m

**Fuente: INVIAS 2012**

Esta Geomalla debe ser templada manualmente y se aseguró a la superficie con ganchos para mantener la tensión, una vez asegurada se procedió con la colocación del material de cobertura referente a la subbase, el cual se extendió cuidadosamente sobre la geomalla hasta alcanzar una capa de mínimo 15 Cm para permitir la circulación de equipos.

**Ilustración 14. Instalación de geomalla en eje 4.**



**Fuente: Autor**



El material de subbase debidamente preparado se extendió a lo largo y ancho del eje vial para ser compactado y obtener así el espesor, ancho y bombeo requeridos. Se supervisó que el material extendido fuera de una granulometría uniforme y sin segregaciones como lo indica la norma y posteriormente se realizó su compactación siguiendo los mismos lineamientos hasta alcanzar un nivel de densificación mínimo del 95%.

**Ilustración 15. Subbase granular y material de mejoramiento.**



**Fuente: Autor**

### **5.1.2. Fundición losa de pavimento en concreto hidráulico.**

Una vez nivelada y compactada la subbase se procedió con la ubicación de las formaletas metálicas de altura equivalente al espesor del pavimento, estas se colocaron de forma lineal y respectivamente niveladas con fijación al suelo.

Antes de verter el concreto se verificó que los pasadores estuvieran debidamente revestidos con una capa de grasa que permitiera su libre movimiento dentro del concreto con el fin de no bloquear los movimientos de apertura y cierre de la junta por efectos de temperatura y tráfico, además se verificó que las barras estuvieran paralelas entre sí y que su ubicación estuviera referenciada, para el presente caso el eje 3 correspondiente a una vía externa contó con una distancia entre juntas transversales de 4m y el eje 4 correspondiente a una vía interna con una distancia de 4.5m.



Inmediatamente antes del vaciado del concreto se humedeció la superficie de apoyo del pavimento compuesta por la subbase granular y con una porción de concreto se realizó el ensayo Slump y se tomaron las muestras referentes a viguetas y cilindros para pruebas de flexión y compresión respectivamente. Las especificaciones particulares del proyecto exigían un Slump entre 3 In y 5 In siendo motivo de no aceptación del concreto un valor fuera de este rango tomando como base la baja plasticidad de un concreto con asentamiento inferior a 3 In y la baja cohesión para un concreto con asentamiento superior a 5 In.

Una vez aprobado el concreto, se realizó el vaciado ubicando previamente las parrillas de refuerzo en zonas con geometría irregular, parrillas doblemente reforzadas en losas con presencia de cámaras y sumideros y los pasadores y barras de amarre en las juntas transversales y longitudinales respectivamente para dar cumplimiento a la transmisión de carga entre losas adyacentes.

**Ilustración 16. Acero de refuerzo en eje 4.**



**Fuente: Autor**

Tanto los pasadores como las barras de amarre se instalaron aproximadamente en la mitad del espesor de la losa, chequeando además que las barras que conforman la canastilla que soporta los pasadores fueran cortadas antes de quedar embebidas en el concreto.



**Ilustración 17. Vibrado y compactación del concreto hidráulico en eje 3**



**Fuente: Autor**

Durante el vaciado del concreto, la zona extendida se iba vibrando con la finalidad de evitar problemas de segregación y posteriormente se compactaba con ayuda del rodillo vibratorio. Después de extendido y compactado, el concreto fue sometido a un proceso de acabado superficial con ayuda de un elemento enrasador y la aplicación de un producto retardante para mantener la manejabilidad del concreto, de tal forma que el acabado fuera superficialmente plano y se ajustara a las cotas del proyecto. Posteriormente con ayuda de una escuadra colocada perpendicularmente al eje de la vía se verificó que las irregularidades no excedieran los 5mm como indica la norma INVIAS.

Una vez terminado el acabado superficial y antes del inicio del fraguado del concreto, se texturizó transversalmente el pavimento con un peine de dientes metálicos manteniendo una profundidad y linealidad adecuadas.



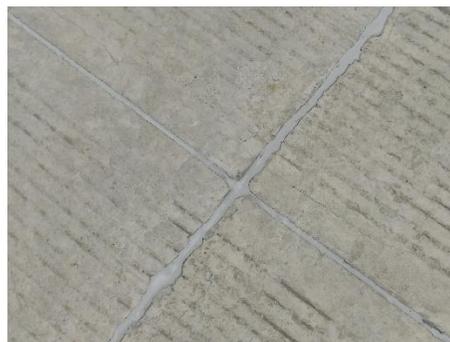
**Ilustración 18. Acabado superficial del pavimento en eje 3.**



**Fuente: Autor**

De acuerdo con la norma INVIAS, pasadas 16 horas después de la fundición de la losa de concreto se pueden retirar las formaletas conforme a la consistencia que presente el concreto. Finalmente, se procedió con el corte del pavimento para la construcción de las juntas empezando con las juntas transversales y posteriormente las juntas longitudinales, realizando en ambas un corte inicial con un ancho de 3mm a una profundidad de  $(1/3)$  del espesor de la losa de concreto y con un corte adyacente adicional para el alojamiento del material de sello.

**Ilustración 19. Juntas de dilatación y material de sello**



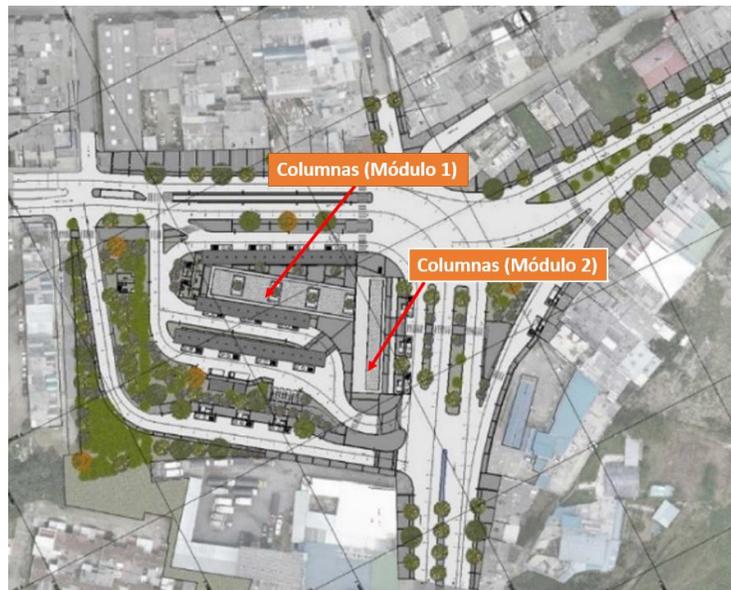
**Fuente: Autor**



## 5.2. Columnas (Plataforma 1 - Módulos 1 y 2)

De acuerdo con los planos estructurales del proyecto, el sistema estructural de la plataforma 1 consiste en pórticos de concreto los cuales presentan dos tipos de columnas correspondientes a los módulos 1 y 2 respectivamente como se muestra a continuación:

**Ilustración 20. Localización general columnas plataforma 1.**

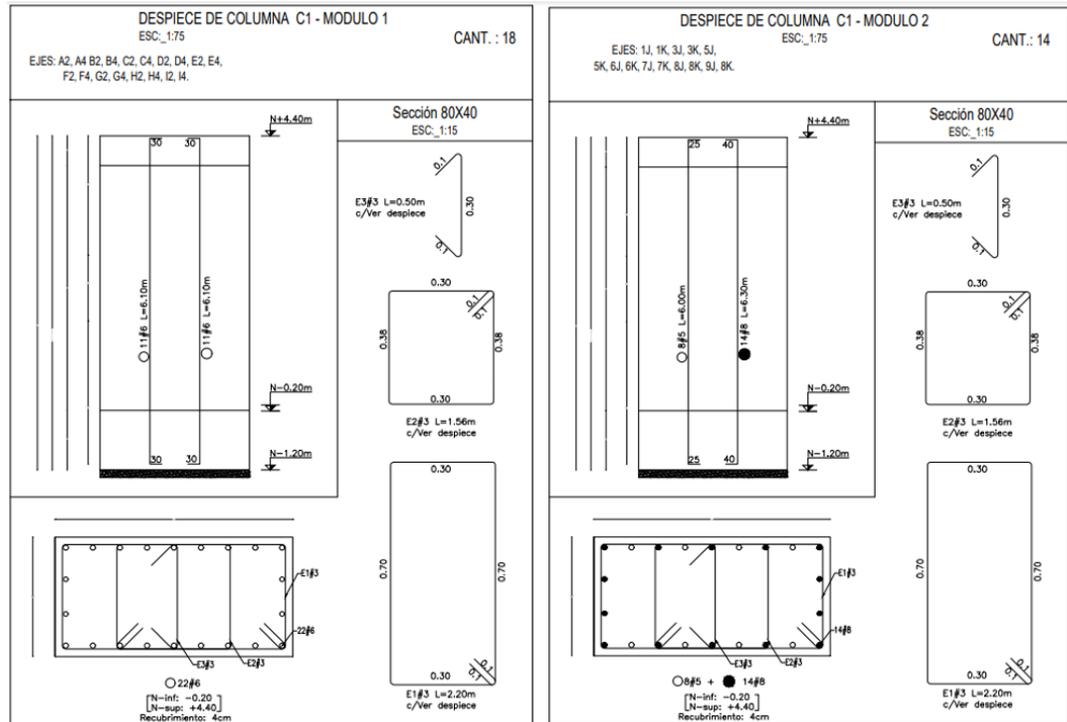


**Fuente: Autor**

Cada columna cuenta con una sección de 80X40 cm con una altura total de 5.60 m y con 52 estribos repartidos en toda su altura. Para la columna tipo 1 correspondiente al módulo 1, el refuerzo longitudinal consiste en 22 barras N°6 y para la columna tipo 2 se tienen 8 barras N°5 en conjunto con 14 barras N°8, con longitudes totales de 6.1, 6 y 6.3 m respectivamente. Como se puede apreciar a partir del diseño estructural se tiene una alta densidad de acero debido al grupo de uso de la estructura catalogado como una edificación indispensable la cual debe funcionar durante y después de un sismo y que de acuerdo con la NSR-10 le corresponde un coeficiente de importancia de 1.50.



**Ilustración 21. Despiece de columnas (Plataforma 1).**



Fuente: Consorcio GH

**Ilustración 22. Valores del coeficiente de importancia.**

**Tabla A.2.5-1**  
**Valores del coeficiente de importancia, I**

Grupo de Uso	Coficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: NSR-10

**5.2.1. Fundición de columnas (Módulo 1 y Módulo 2)**

El encofrado de las columnas se realizó con formaleta de madera de 20 Cm de ancho y 4 Cm de espesor aproximadamente, la cual se reforzó mediante el uso de barrotes y pernos cada 40 Cm y puntales en su parte superior. Antes del



vaciado de concreto se revisó el estado de las formaletas y su nivelación, de tal forma que estuviera debidamente aplomada.

**Ilustración 23. Encofrado de columnas.**



**Fuente: Autor**

Para la fundición de las columnas se empleó una bomba de concreto para facilitar el vaciado y mantener la resistencia del concreto equivalente a 28MPa de acuerdo con el diseño estructural, de esta manera se fundieron grupos de 4 columnas conforme a la disponibilidad de la formaleta.

Es importante resaltar que antes del vaciado al igual que en el pavimento rígido, se debe realizar el ensayo slump con la diferencia de que el cono se posiciona de manera inversa y se toman perpendicularmente dos medidas horizontales, ya que el concreto debe tener una fluidez tal que le permita circular completamente alrededor de cada barra.



**Ilustración 24. Fundición de columnas (Módulo 1).**



**Fuente: Autor**

**Ilustración 25. Ensayo Slump para concreto autocompactante.**



**Fuente: Autor**

Una vez desencofradas las columnas, se revisten con antisol para evitar la pérdida prematura de humedad y garantizar un curado completo del material.



### **5.3. Obras complementarias**

Se realizaron adicionalmente obras complementarias como: La fundición del tanque de almacenamiento, instalación de bordillos y losetas en las márgenes del eje 5, excavación e instalación de tubería de alcantarillado pluvial y sanitario, construcción de cajas de inspección, fundición de solado para zapatas individuales de las pasarelas 1, 2 y 3, armado de vigas de cimentación para muros internos de la plataforma, armado de vigas de cimentación y pedestales de la pasarela 3, construcción de sumideros, excavación y reubicación de redes de gas y telefonía, compactación con material de mejoramiento para la construcción del contrapiso en la plataforma 1 y la posterior instalación de tubería sanitaria en la plataforma 1.

***Ilustración 26. Armado de la tapa del tanque de almacenamiento.***



***Fuente: Autor***



**Ilustración 27. Instalación de tubería sanitaria (Plataforma 1).**



**Fuente: Autor**

**Ilustración 28. Construcción de sumideros en eje 5.**



**Fuente: Autor**



**Ilustración 29. Instalación de losetas en eje 5.**



**Fuente: Autor**

#### **5.4. Obras complementarias para el eje 5.**

##### **5.4.1. Construcción de empalmes con mezcla asfáltica densa en caliente.**

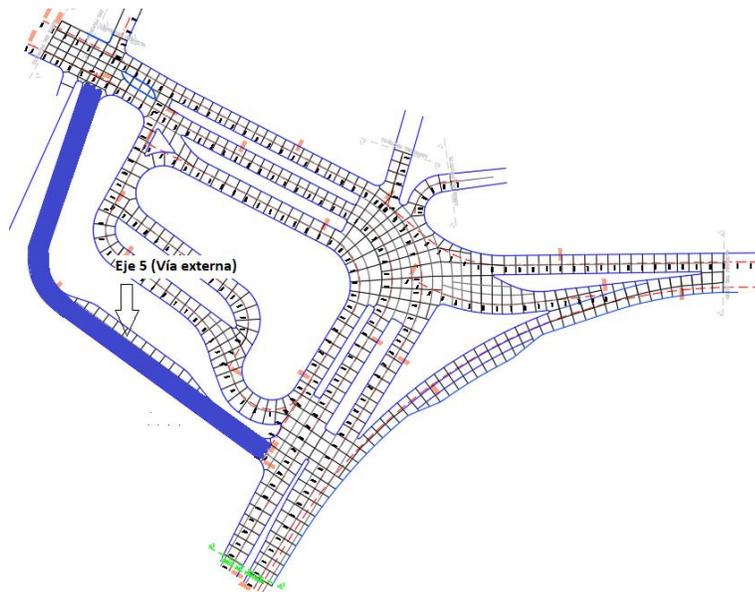
Una vez culminadas las actividades de fundición de las losas de concreto que conforman el tramo vial entre las abscisas K0+005 y K0+176 del eje 5 y las actividades de urbanismo que comprenden la instalación de bordillos A-80, A-10 y loseta B-40 para la construcción de andenes en los márgenes derecho e izquierdo del mismo eje, se procedió con las siguientes obras complementarias: Suministro e instalación de mezcla densa en caliente para la construcción de los empalmes provisionales entre el eje 5 y el eje 3, sello de juntas, fundición y armado de tapas para cámaras de inspección y construcción de sumideros dobles para alcantarillado pluvial.

Para la construcción de los empalmes en las abscisas K0+005 y K0+176 del eje 5 se utilizó una mezcla asfáltica densa en caliente (MDC-19) para la conformación de la capa de rodadura con un espesor de 80mm. Previamente a la extensión de la mezcla se verificaron las cotas del proyecto mediante topografía y se realizó el riego de imprimación con emulsión asfáltica sobre



una superficie humedecida y libre de cualquier material suelto que pueda ocasionar daños.

**Ilustración 30. Localización general eje 5.**



**Fuente: Autor**

**Ilustración 31. Construcción de empalmes con MDC-19 en eje 5.**



**Fuente: Autor**



El extendido de la mezcla se realizó de forma manual mediante palas y rastrillos de tal manera que la superficie fuera uniforme y con un espesor tal que en el momento de la compactación hubiera correspondencia con lo indicado por interventoría, en total se cubrió un área de 86.2 metros cuadrados.

La compactación de la mezcla se realizó longitudinalmente de los bordes hacia el centro de la vía por medio de un vibro compactador de rodillo liso y adicionalmente se corrigieron irregularidades con trabajo manual.

**Ilustración 32. Compactación de mezcla asfáltica en eje 5.**



**Fuente: Autor**

**5.4.2. Construcción de juntas de dilatación.**

La ejecución de las juntas es una actividad fundamental para garantizar la durabilidad y el funcionamiento adecuado del pavimento durante su fase de operación ya que cumplen la función de dividir la losas para evitar variaciones como la contracción del concreto producto del proceso de endurecimiento y secado por la pérdida de agua mediante evaporación y el alabeo del concreto debido a los gradientes térmicos con el cambio de temperatura a lo largo del día. De no construirse las juntas correctamente se induce el concreto a la formación de fisuras de forma irregular.



De acuerdo con el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos niveles de tránsito, la relación entre el largo y el ancho de la losa de concreto debe oscilar entre 1.0 y 1.3, ya que las losas que tienden a ser cuadradas presentan un mejor comportamiento. De acuerdo con el plano de modulación del pavimento rígido, para el eje 5 se tiene una relación entre el largo y el ancho de 1.23, por lo cual la distribución de las juntas de contracción es apropiada.

**Ilustración 33. Juntas con material de sello.**



**Fuente: Autor**

Posteriormente a las actividades de corte de las juntas, se procedió con la colocación del material de sello (silicona), inicialmente se realizó la limpieza de la junta de tal forma que se removieran residuos y cualquier otro elemento que generara obstrucción, seguidamente se realizó la instalación de elementos sintéticos de sección en T para evitar la introducción de elementos a las juntas previamente limpiadas.



**Ilustración 34. Instalación de tirilla de respaldo.**



**Fuente: Autor**

De acuerdo con la norma INVIAS 2012, el sistema de sellado de juntas debe garantizar:

- La hermeticidad del espacio sellado.
- La adherencia del sello a las caras de la junta.
- La resistencia a la fatiga por tracción y compresión.
- La resistencia al arrastre por las llantas del vehículo.
- La resistencia a la acción del agua, de los solventes, de los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad.

El sellado de las juntas se realizó pasados los 28 días del vaciado del concreto, en horas diurnas y con clima soleado. Inicialmente se instaló una tirilla de respaldo como se observa en la ilustración N° 27 la cual se presionó dentro de la junta con una rueda metálica, posteriormente se aplica y se enrasa el material de sello el cual de acuerdo con INVE-500-13 deberá quedar tres milímetros (3mm) por debajo de los bordes de la junta.



**Ilustración 35. Instalación del material de sello.**



**Fuente: Autor**

Finalmente se verificó por parte de interventoría la instalación del sello y se realizaron operaciones de señalización e instalación de alumbrado público para dar apertura de forma segura a todo el tramo vial del eje 5.

**Ilustración 36. Apertura del eje 5.**

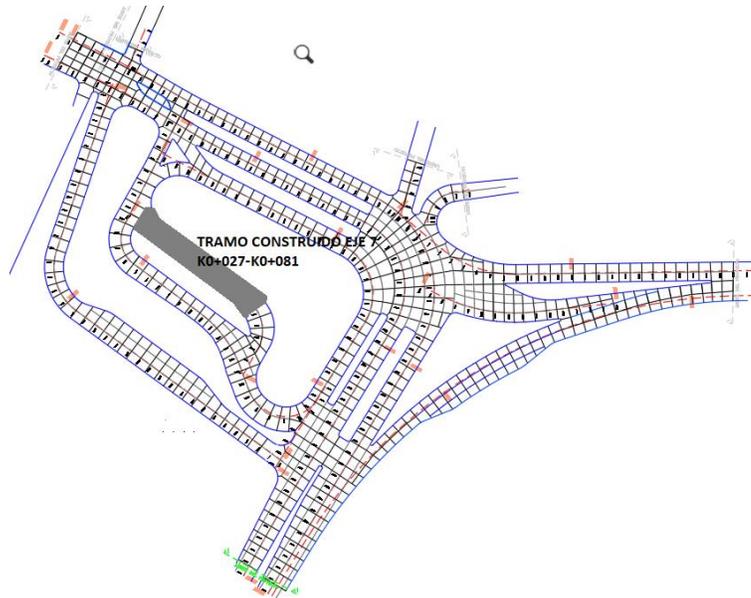


**Fuente: Movilidad futura S.A.S**



## 5.5. Construcción del eje 7 entre abscisas K0+027 – K0+081

**Ilustración 37. Localización general tramo eje 7.**



**Fuente: Autor**

El proyecto estación de integración norte, cuenta con 3 ejes viales internos, para los cuales se tiene un espesor de losa de 23 cm determinado a partir de la categoría del tránsito, efectos del medio ambiente y de la resistencia y deformación que presentan los materiales de soporte. El eje 7 corresponde a uno de los ejes viales internos ubicado entre las plataformas 1 y 2 y empalmado en sus extremos con el eje 6 perteneciente también a una vía interna, su ancho de calzada es de 7m con un ancho de carril de 3.5m y una longitud total de vía de 85m.

El elemento estructural del pavimento correspondiente a la losa de concreto soportada sobre una capa de subbase de 15 cm y una capa de material de mejoramiento de 19 cm, fue diseñada con un concreto MR45 el cual a diferencia del concreto normal, tiene una relación grava – arena mayor, lo que le proporciona

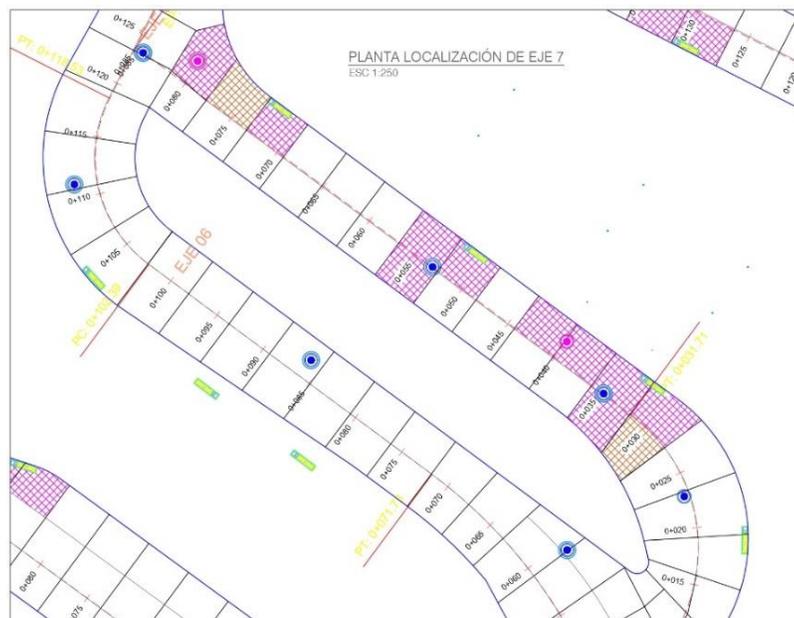


una mayor resistencia a la flexión y mayor resistencia a la abrasión y al desgaste superficial.

A lo largo de la vía se proyectaron 5 cámaras de inspección de las cuales 3 corresponden con alcantarillado pluvial y las otras dos con alcantarillado sanitario, además esta cuenta con 4 sumideros dobles para aguas lluvias ubicados al costado del carril derecho y la construcción de un pompeyano en la abscisa K0+024, por lo tanto, las losas estarán doblemente reforzadas con barras de  $\frac{1}{2}$ " cada 0.20m en ambos sentidos en los tramos con irregularidades provocadas por estructuras de alcantarillado y simplemente reforzadas en el resto de tramos que por las condiciones de diseño no presentan formas rectangulares.

Por otra parte, el pompeyano que cumple la función de garantizar la seguridad del peatón y priorizar su paso, conectando de forma segura la plataforma 1 con la plataforma 2 estará reforzado con acero de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ " en su parte superior.

**Ilustración 38. Plano récord modulación eje 7.**



**Fuente: Autor**



### **5.5.1. Trabajo topográfico, nivelación y compactación.**

Al igual que con los ejes 3 y 4 se realiza inicialmente un levantamiento topográfico en el cual se establecen las secciones transversales de relleno, cotas de nivelación y márgenes de la vía. Las actividades de excavación para reemplazo de material de subrasante no fueron desarrolladas debido al relleno previo con material seleccionado, sin embargo, se continuó con la colocación de geotextil tejido T2100.

El extendido, nivelación y compactación con material de mejoramiento para la conformación de la capa de 19 cm se realizó siguiendo los lineamientos aplicados para los ejes 3 y 4. Los rellenos para mejoramiento de la subrasante fueron construidos hasta una cota superior a la especificada en los planos con una dimensión tal que permitiera compensar los asentamientos producidos por la consolidación y de esta manera obtener la cota proyectada con las tolerancias que permite la norma.

**Ilustración 39. Estado inicial eje 7.**



**Fuente: Autor**

Una vez conformada la capa de subrasante, se procede con la instalación de la geomalla biaxial, este material tiene la finalidad de brindar una resistencia adicional a esfuerzos cortantes generados en el suelo distribuyendo las cargas



en distintas direcciones cuyas cargas son producidas por el tránsito que circula sobre el pavimento, en este orden de ideas se puede considerar que la geomalla disminuye las presiones generadas por cargas vivas y en consecuencia mejora la capacidad portante de la subrasante.

**Ilustración 40. Instalación de geomalla eje 7.**



**Fuente: Autor**

Al igual que las operaciones de instalación en el eje 3 y 4, la geomalla se colocó en la dirección de avance de la vía cuidando la medida de 30 cm referente a los traslapes, posteriormente se templó manualmente y se aseguró a la superficie. Una vez instalada la geomalla y previamente a la extensión de los 15 cm de subbase, se debe evitar a toda costa la circulación de equipos directamente sobre el material ya que la fricción con las llantas puede ocasionar roturas y en consecuencia disminuir notablemente su efectividad. La capa de material de subbase se extendió, se niveló y se compactó hasta alcanzar el espesor y el bombeo requerido con ayuda del equipo topográfico. Previamente a la compactación, la superficie se humedeció con ayuda de un carro tanque de tal forma que se lograra la humedad óptima definida por los ensayos Proctor.



**Ilustración 41. Humedecimiento de subbase en eje 7.**



**Fuente: Autor**

Finalmente, se realizaron tomas de humedad y densidades de campo cada 5 metros por parte del equipo contratista e interventoría para verificar el grado de compactación alcanzado y que el nivel de densificación alcanzara un nivel mínimo del 95%.

**5.5.2. Instalación de las parrillas de acero de refuerzo y fundición de la losa de concreto.**

Posteriormente a la conformación de la capa de subbase, se procedió con la instalación de la formaleta metálica, para esta etapa del proyecto, fue necesario el reemplazo de la formaleta utilizada en los ejes 3, 4 y 5 debido al desgaste y falta de linealidad, además se empleó formaleta de madera en los tramos curvos y en las zonas para la construcción de cámaras y sumideros. Para la fundición de las losas que conforman el pavimento se empleó un concreto MR45 el cual tiene una resistencia a la flexión de 45 Kg/cm<sup>2</sup>, previamente al vaciado se realizó el ensayo Slump ya que el criterio de aceptación o rechazo del producto en la obra es el asentamiento por lo tanto es recomendable medirlo en cada viaje y en lo posible dentro de los 15 minutos siguientes a la llegada del mixer.



Una vez emitida la aceptación del concreto, se humedeció la zona de vaciado y se ubicaron las parrillas de refuerzo en el menor tiempo posible. A medida que se realizaba el vaciado una parte de la cuadrilla se encargaba del vibrado de la mezcla para evitar segregación y de la compactación con ayuda de un rodillo vibratorio. Una vez fundida la longitud de la losa se ubicaron los pasadores de carga debidamente engrasados con su respectivo acero de canastilla y se instalaron las barras de amarre en las juntas longitudinales por medio de las aberturas presentes en la formaleta, este proceso se realizó repetidamente hasta completar el vaciado en la longitud de disposición del encofrado.

**Ilustración 42. Instalación de refuerzo en eje 7.**



**Fuente: Autor**



**Ilustración 43. Instalación de refuerzo en cámara de inspección (eje7).**



**Fuente: Autor**

Se realizó finalmente el acabado superficial y el texturizado con el uso de retardantes de evaporación para mantener la manejabilidad del concreto. Por parte de interventoría, se prohibió la utilización de agua u otros aditivos de obra que alteraran el diseño del concreto y una vez iniciado el fraguado se protegió el concreto de actividades de vibración y mezclado. En ocasiones los imprevistos de obra como el no cumplimiento del ensayo Slump obligaban a la utilización de aditivos como el Plastol y el Eucon WR los cuales son reductores de agua y a su vez prolongan el tiempo de manejabilidad del concreto, sin embargo, el uso de esto productos debe hacerse bajo estricta supervisión y por personal calificado que tenga conocimiento de las cantidades de aditivo según la actividad a realizar para asegurar resultados óptimos.



**Ilustración 44. Ensayo Slump y aditivo retardante.**

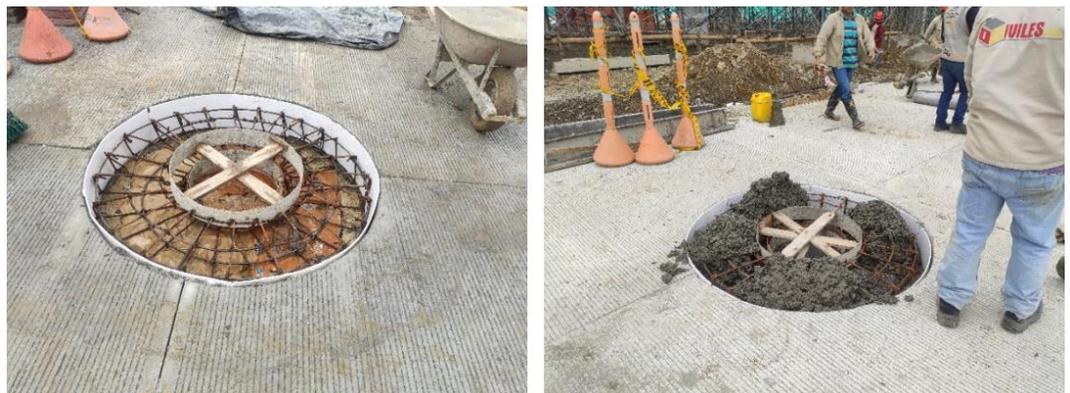


**Fuente: Autor**

### **5.5.3. Construcción de sumideros y brocales.**

Terminado el vaciado y el acabado superficial del concreto que conforma las losas del pavimento rígido se procedió con la instalación del armado y posterior fundición de los brocales o tapas para las cámaras de inspección.

**Ilustración 45. Armado y fundición de brocales en eje 7.**



**Fuente: Autor**



El acero previamente armado se instaló en conjunto con paredes de poliestireno expandido correspondientes a las juntas de dilatación, seguidamente se vació concreto de resistencia MR45, se vibró y se le realizó un acabado superficial.

Por otra parte, la construcción de los sumideros se realizó después de los 28 días de la fundición del pavimento rígido hasta alcanzar la resistencia del concreto. Inicialmente se realizaron las excavaciones hasta el nivel especificado en los planos, posteriormente se llevó a cabo el encofrado de las paredes laterales y la fundición con concreto de 28Mpa. Las tapas o rejillas de los sumideros se elaboraron en concreto y se instalaron una vez endurecido el concreto que conforma la caja.

**Ilustración 46. Construcción de sumideros dobles.**

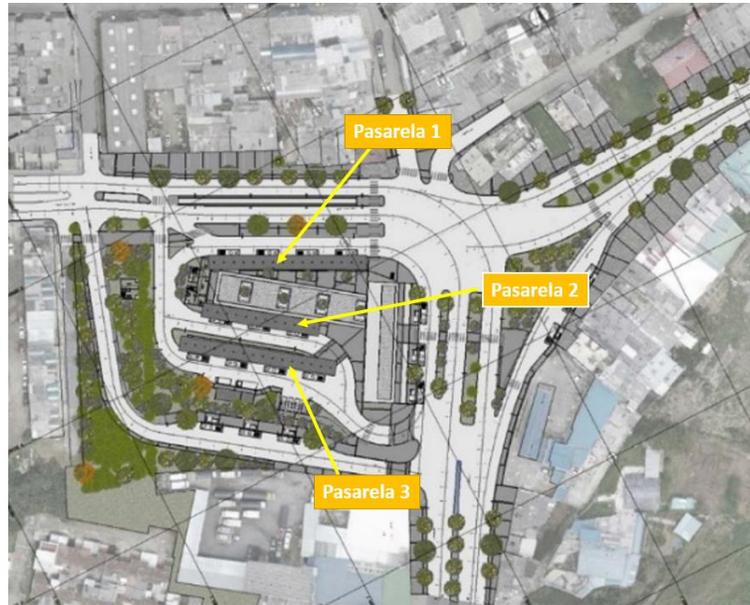


**Fuente: Autor**



## 5.6. Construcción de marquesinas (Pasarelas metálicas).

**Ilustración 47. Localización general de las pasarelas.**



**Fuente: Autor**

Debido al creciente desarrollo social, las estructuras metálicas en paradas de autobuses se han vuelto un elemento indispensable para las personas usuarias del sistema, ya que brindan comodidad durante los tiempos de espera y así mismo se evita la exposición al sol y a la lluvia.

La pasarela metálica para la cobertura de usuarios de la estación de integración norte está compuesta de la siguiente manera:

- Cimentación: Formada por zapatas aisladas de 2.5mX1.6m con 0.4m de espesor en concreto de resistencia de 21MPa apoyado sobre una capa de solado de limpieza; vigas de cimentación de sección de 0.4mX0.40m en concreto de 21MPa con refuerzo longitudinal de barras de 5/8" y acero transversal de 3/8"; pedestales en concreto de 21MPa para el soporte de la estructura metálica, con secciones de 0.8mX0.5m y 0.8mX0.87m.



- Estructura: Formada por 6 cerchas con perfiles tubulares de 6" y 4" de diámetro por 6mm de espesor y platinas con espesores de 6mm, 9mm y 15mm. Las columnas están conformadas igualmente por perfiles tubulares de 6" y 4" de diámetro con 6mm de espesor y un perfil de 8" de diámetro por 8.2mm de espesor, platinas de 12mm, 19mm y 25mm de espesor. La zona de la cubierta está conformada por correas PHR-C160X60X2.5mm, vigas compuestas por perfiles tubulares de 6" de diámetro por 6mm de espesor, tensores con ángulos L1-1/2X1-1/2X1/8, contraviento compuesto por tornillos VL de 5/8" y los anclajes correspondientes a platinas de 6mm y 12mm de espesor con tuercas, tornillos y arandelas de 5/8".

#### **5.6.1. Localización y replanteo.**

Con ayuda del equipo topográfico se realizó el trazado y replanteo de las 21 zapatas que conforman las 3 pasarelas de la estación distribuidas así: 8 zapatas aisladas para la pasarela 1 con 4 vigas de cimentación, 7 zapatas aisladas con 4 vigas de cimentación para la pasarela 2 y 6 zapatas aisladas con 3 vigas de cimentación para la pasarela 3 correspondientes a las plataformas 1 y 2 del proyecto.

**Ilustración 48. Localización y replanteo de zapatas.**



**Fuente: Autor**



Una vez ubicadas las zapatas, se procedió con la excavación hasta el nivel especificado en los planos constructivos, seguidamente se realizó el vaciado del solado con concreto sobrante de las columnas de 28MPa. Terminada la fundición del solado, se realizó el armado de las parrillas de acero y los anclajes para los pedestales, luego se instaló formaleta de madera y se realizó el vaciado de forma manual con concreto preparado en obra de 21MPa.

**Ilustración 49. Fundición de solado y encofrado.**



**Fuente: Autor**

Después de alcanzada la resistencia del concreto, se realizaron rellenos con material de mejoramiento para la conformación del soporte de las vigas de cimentación, este material se compactó manualmente con ayuda de un vibro compactador tipo saltarín. El armado de las vigas de cimentación se realizó con barras N°5 para acero longitudinal y barras N°3 para acero transversal, adicionalmente se instalaron y nivelaron pernos de anclaje con una platina provisional para garantizar la ubicación y el ensamblado con la estructura metálica.



**Ilustración 50. Armado e instalación de anclajes en pasarelas.**



**Fuente: Autor**

Finalmente, se realizó el encofrado de las vigas de cimentación y pedestales y se autorizó el vaciado por parte de interventoría, se realizaron ensayos de asentamiento y se tomaron muestras conformando cilindros y viguetas para ensayos de compresión y flexión respectivamente. Durante el vaciado se vigiló el adecuado vibrado del concreto y el retiro de las platinas de soporte una vez el concreto iniciara su fase de fraguado.

**Ilustración 51. Fundición de vigas de cimentación y pedestales.**

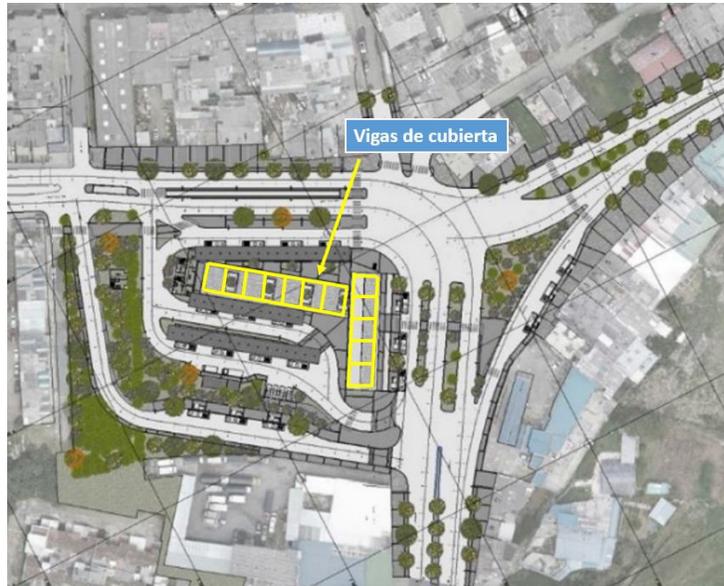


**Fuente: Autor**



## 5.7. Vigas de cubierta.

**Ilustración 52. Localización general vigas de cubierta.**



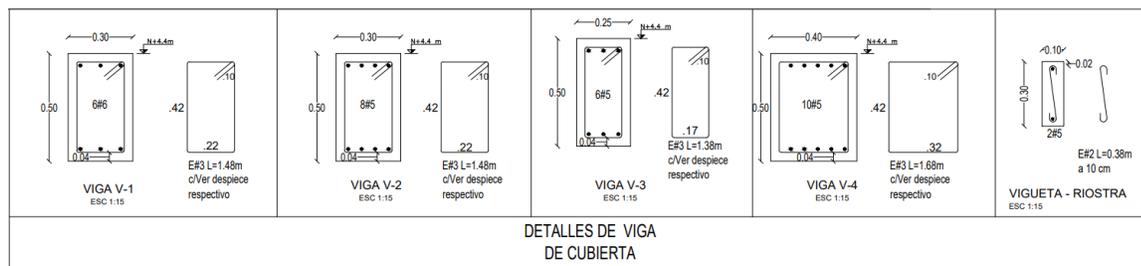
**Fuente: Autor**

De acuerdo con los planos estructurales inicialmente se tenía proyectada la construcción de una losa tipo aligerada para la cubierta de la plataforma 1, sin embargo, por facilidad constructiva se realizó un cambio de losa aligerada a losa Steel deck la cual requería además de las vigas de cubierta la instalación de perfiles metálicos en I en los vanos centrales lo que significaba más inversión, por lo tanto, fue necesario el cálculo de cantidades de obra referentes a concreto y acero tanto para la losa aligerada como para la losa Steel deck con la finalidad de hacer un análisis comparativo y tomar decisiones por parte de la interventoría. Después de un análisis detallado del presupuesto necesario, durante el comité de obra se tomó la decisión de excluir la construcción de cualquier tipo losa y en su reemplazo realizar la construcción de las vigas de cubierta junto con la instalación de teja termoacústica y la perfilería metálica correspondiente, puesto que el nivel superior de la estructura no tendría ningún uso.

Las secciones tipo para las vigas de cubierta se muestran a continuación:



### Ilustración 53. Secciones tipo (Vigas de cubierta).



**Fuente: Consorcio GH**

El módulo 1 consta de 24 vigas con las siguientes dimensiones:

- Las vigas de los ejes 2 y 4 correspondientes a los ejes principales tienen una longitud total de 53.9m y 55.6m respectivamente con una sección de 0.3mX0.5m.
- Las vigas de los ejes 2' y 4' corresponden a las vigas de borde que conforman el voladizo de la estructura, sus longitudes son de 53.9m y 55.6m respectivamente y las dimensiones de su sección equivalen a 0.25mX0.50m.
- Se tiene un total de 11 vigas intermedias entre los ejes A-I con una longitud de 11m y una sección de 0.25mX0.50m.
- Las vigas de los ejes B, C, D, E, F, G y H poseen una longitud de 11m y una sección de 0.3mX0.5m.
- La viga del eje A igualmente posee una longitud de 11m sin embargo tiene una sección 0.4mX0.5m.
- La viga del eje I corresponde con la viga en diagonal, la cual tiene una longitud de 11.2m y una sección de 0.3mX0.5m.

Las longitudes totales de acero se resumen en la siguiente tabla:

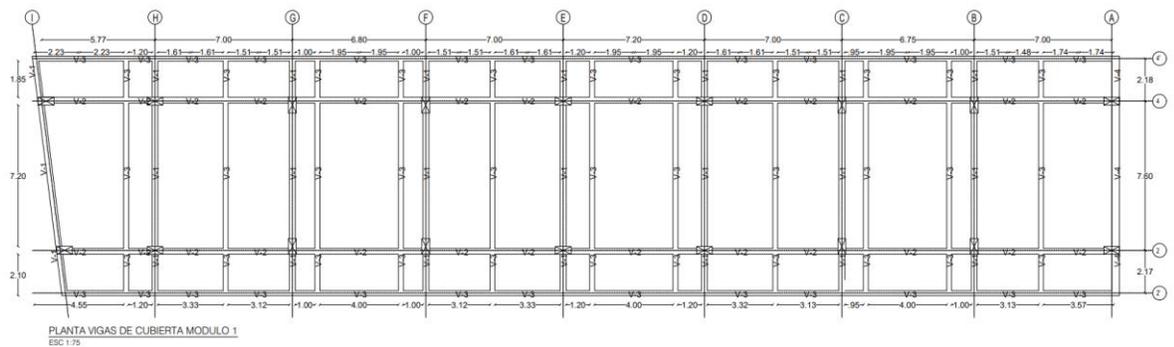


**Tabla 5. Longitudes de acero (Módulo 1)**

DIÁMETRO	LONGITUD TOTAL
7/8	446 m
3/4	681.6 m
5/8	2671.5 m
3/8	6801 m

**Fuente: Autor**

**Ilustración 54. Vista en planta vigas de cubierta (Módulo 1).**



**Fuente: Consorcio GH**

El módulo 2 consta de 17 vigas con las siguientes dimensiones:

- Las vigas de los ejes J y K correspondientes a los ejes principales tienen una longitud total de 43.4m con una sección transversal de 0.3mX0.5m.
- Las vigas de los ejes J' y K' correspondientes a las vigas de borde que conforman el voladizo del módulo 2 poseen una longitud de 43.4m con una sección transversal de 0.25mX0.5m.
- Se tienen 6 vigas intermedias entre los ejes 1-9 con longitudes de 10.2m y sección tipo de 0.25mX0.5m.
- Las vigas de los ejes 3, 5, 6, 7 y 8 poseen una longitud de 10.2m y una sección transversal de 0.3mX0.5m.
- Las vigas extremas de los ejes 1 y 9 poseen una longitud de 10.2m y una sección transversal de 0.4mX0.5m.





**Ilustración 56. Armado de andamios (Módulo 1).**



**Fuente: Autor**

Debido a la alta densidad de acero, fue necesario realizar operaciones de corte en el acero longitudinal de las columnas que conformarían el nudo superior con las vigas de cubierta, ya que de lo contrario no era posible garantizar el recubrimiento mínimo exigido por la norma NSR-10 equivalente a 4 cm.

**Ilustración 57. Acero transversal para vigas de cubierta.**

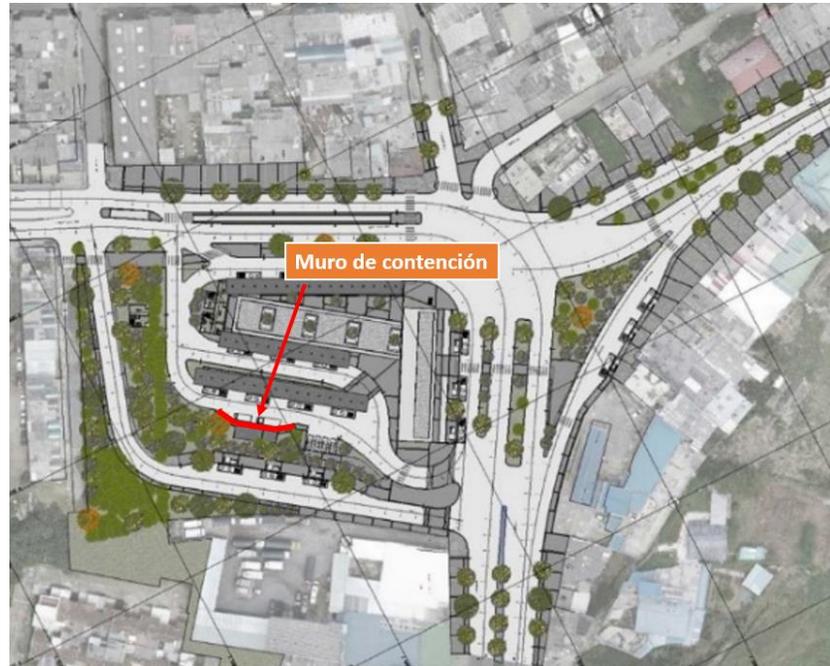


**Fuente: Autor**



## 5.8. Construcción muro de contención en talud lateral del eje 6.

*Ilustración 58. Localización general muro de contención.*



*Fuente: Autor*

Cuando las condiciones del proyecto no permiten que la masa de suelo asuma su pendiente natural, es necesario la construcción de un muro de contención. Esta situación es común cuando la excavación o el terraplén están restringidos por condiciones de propiedad o por la utilización de la estructura como es el caso del proyecto ya que la zona inferior del talud entre el eje 6 y el eje 5, será empleada para zonas de recreación y disposición de residuos.

Se proyectó un muro de contención en voladizo con un prediseño obtenido de las cartillas de Colombia rural para garantizar la estabilidad del talud compuesto por material de mejoramiento y evitar gastos adicionales en diseño.



**Ilustración 59. Ubicación del muro de contención.**



**Fuente: Autor**

Inicialmente se realizó el trazado y replanteo de la cimentación con ayuda de equipo topográfico, luego se procedió con la excavación del dentellón el cual tiene una altura de 0.8m, este dentellón cumple la función de apoyar el muro sobre un suelo de mejores características mecánicas y a su vez evitar su deslizamiento por las presiones activas que ejerce el material de relleno.

Una vez realizada la excavación se instaló la formaleta para las paredes del dentellón y se continuó con el trazado del talón y la puntera del muro para realizar posteriormente el vaciado de la capa de solado, actividad hasta la cual se cubrió la totalidad de la pasantía.



**Ilustración 60. Encofrado del dentellón y fundición de solado.**



**Fuente: Autor**

### **5.9. Control de cantidades de obra ejecutadas.**

Se realizó un trabajo conjunto con el inspector en obra y los planos constructivos del proyecto con la finalidad de llevar un control actualizado de las cantidades de obra ejecutadas de la lista de actividades que comprenden el proyecto, por lo tanto, mediante el uso de hojas de cálculo y un formato preestablecido, se digitalizaron las cantidades de obra con su respectivo ítem, unidad, localización, dimensiones y subtotal, verificando cada dato medido en obra con el valor especificado en el plano constructivo, además en los casos en los que se utilizó materiales que no se encontraban contemplados en el presupuesto general, fue necesario incluirlos en una lista de actividades no previstas para llevar un control estricto y equivalente con las cantidades calculadas por parte del contratista. Esta actualización y verificación de las cantidades de obra permiten agilizar el proceso durante las actas de pago además de disminuir la probabilidad de irregularidades que este pueda presentar, en este orden de ideas, las dimensiones, el tipo de material y las especificaciones dadas por los planos del proyecto deben ser consistentes con las entregas parciales a cargo del contratista y en caso de presentar variaciones debe haber una aprobación previa por parte de interventoría.



### **5.10. Cálculo de cantidades de obra proyectadas.**

Como complemento en las cantidades de obra, se recalculó la cantidad de acero de refuerzo y la cantidad de concreto para las estructuras principales del proyecto, lo cual requirió la elaboración de formatos en Excel en conjunto con la lectura de planos. Los elementos sujetos a cálculo de cantidades fueron los siguientes:

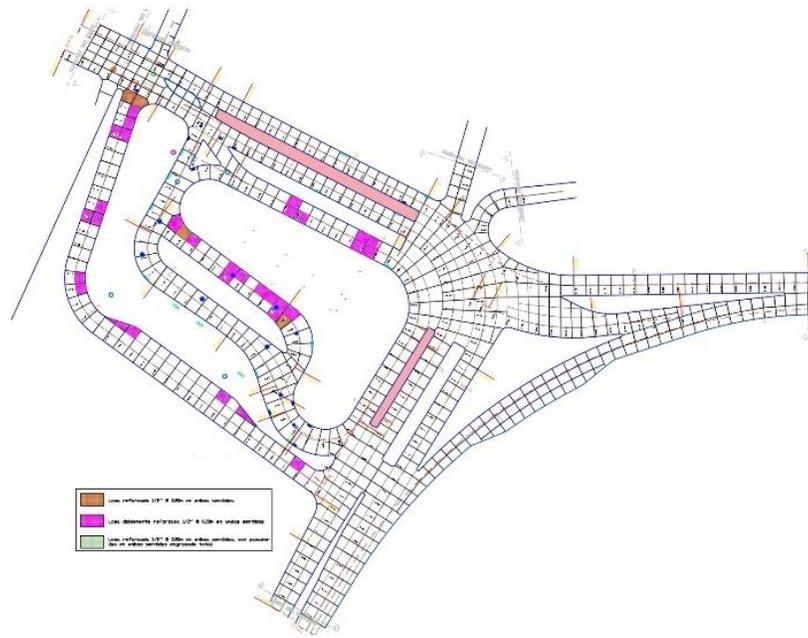
- Columnas principales (Modulo 1 y módulo 2).
- Vigas de cimentación para la plataforma 1.
- Vigas de cubierta para la plataforma 1.
- Vigas de cimentación para muros divisorios con dovelas en plataforma 1.
- Refuerzo para pavimento (Parrillas de acero, pasadores, barras de amarre y acero de canastillas).
- Acero para pasarelas metálicas.

Adicional al cálculo de cantidades de obra, se elaboraron los planos récord referentes a la modulación del pavimento rígido y las estructuras que conforman el alcantarillado pluvial y sanitario.

Para la elaboración de los planos récord, se siguió un procedimiento detallado mediante la ubicación de las estructuras materializadas y su comparación con las cantidades de obra reportadas por el inspector, estos deben ser ejecutados desde el inicio de la obra hasta la finalización del proyecto y su realización permite tener una aproximación de los cambios presentados durante la fase constructiva con los diseños entregados por la consultoría, además estos planos permiten tener una ubicación de redes o elementos no visibles para futuras reparaciones o mantenimientos.



**Ilustración 61. Plano récord modulación del pavimento rígido.**



**Fuente: Hernández Pantoja S.A.S**

Finalmente, como parte del proceso del cálculo de cantidades de obra se realizó el cálculo del peso total de acero para las estructuras metálicas que conforman las pasarelas, de esta manera se realizó el chequeo de dimensiones mediante el software AutoCAD y tomando como base el valor de la densidad de acero proporcionada por la NSR-10 en la tabla B.2.3-1, se estableció el peso lineal y total de elementos como: pernos, arandelas, platinas, correas, tensores, perfiles tubulares y ángulos, todo esto con el fin de comprobar la veracidad de las cantidades de acero compradas por el contratista. Se pudo verificar que las cantidades correspondientes a desperdicios son cobradas por el contratista al obtener una diferencia de aproximadamente 625 Kg de acero con el peso real de las 21 secciones que conforman la estación.



**Ilustración 62. Pasarelas (Render).**



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

### **5.11. Supervisión en obra**

La supervisión de obra se encarga de todo lo relacionado con la asistencia técnica y la dirección de la obra, cumpliendo el proyecto constructivo con base en la implementación de las especificaciones, reglamentos y los conceptos adquiridos en la etapa de formación y práctica por parte del profesional de la ingeniería. Durante el tiempo de supervisión en obra se lograron evidenciar los siguientes problemas.

- Hormigqueo del concreto en columnas.

**Ilustración 63. Hormigqueo del concreto en columnas.**



**Fuente: Autor**



Este fenómeno se presenta cuando burbujas de aire quedan atrapadas entre la superficie del concreto y la formaleta, su origen puede depender de varios factores entre los más comunes se encuentra la calidad de la mezcla y el método utilizado para el vaciado.

**Ilustración 64. Método de vaciado para fundición de columnas.**



**Fuente: Autor**

Inicialmente se verificó el estado de la formaleta de tal forma que no se presentaran aberturas en la zona inferior y en consecuencia una fuga de la lechada, posteriormente se verificó que el vibrado se realizara de manera adecuada introduciendo la cabeza del vibrador hasta la zona más baja de la columna con el fin de evitar segregación del material, sin embargo, debido a la alta densidad de acero requerida para una estructura con nivel de importancia IV tanto el vibrado, la circulación del concreto y la introducción del cabezal de la bomba representaron un problema a la hora de fundir las columnas ya que la altura de caída del concreto tenía una magnitud de casi 4.10 m sobrepasando los 2 m máximos recomendados, por esta razón, para la fundición del resto de elementos fue necesario el empleo de concreto autocompactante el cual por su fluidez presentó una mejor circulación entre el acero y alrededor de este, con menos compactación y sin necesidad de vibrado, evitando así problemas más serios como la corrosión del acero.



- Esfuerzos de torsión en columnas.

**Ilustración 65. Esfuerzos de torsión en columnas.**



**Fuente: Autor**

Uno de los problemas antes de la fundición de las columnas es la inclinación y giro del armado respecto al eje vertical ocasionado por el viento, en consecuencia, al enderezar manualmente el elemento durante el encofrado y la posterior fundición, se somete el acero a esfuerzos de torsión adicionales no contemplados durante el diseño.

Para evitar esfuerzos de torsión adicionales es importante apuntalar el armado en todos los sentidos para evitar que estos esfuerzos sigan aumentando su magnitud.

- Longitud de desarrollo insuficiente.



**Ilustración 66. Longitud de desarrollo horizontal.**



**Fuente: Autor**

Durante el armado de las vigas de cimentación que soportarán los muros divisorios, se pudo evidenciar que la longitud de desarrollo horizontal (Ldh) comprendida entre la cara del apoyo y el gancho no contaba con la magnitud exigida por la NSR-10, por lo cual, no se garantiza la teoría de adherencia y anclaje que soporta el diseño. Ante este problema se solicitó al contratista realizar las respectivas correcciones.

- No cumplimiento del ensayo Slump.

**Ilustración 67. Concreto no cohesivo.**



**Fuente: Autor**



Durante la fundición de una de las losas de concreto para la construcción del pavimento del eje 3, el resultado de la prueba de Slump arrojó un valor fuera del rango permitido por las especificaciones generales del proyecto entre 3" a 5" (Pulgadas) por lo cual, no se permitió el vaciado del concreto para la posterior fundición. Cabe resaltar que concretos con asentamientos menores a 3" pueden no ser lo suficientemente plásticos y los concretos con asentamientos mayores a 5" pueden no ser lo suficientemente cohesivos. Se verificó también que la mezcla no fuera afectada por la adición de agua ya que está establecido que el asentamiento se incrementa proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla y que dicho aumento se refleja en una disminución de la resistencia del concreto de acuerdo con INVIAS.

**Ilustración 68. Pasadores de carga sin engrasado.**



**Fuente: Autor**

Se chequeó el engrasado de los pasadores y que estuvieran debidamente paralelos entre sí para evitar la pérdida de eficiencia durante la transmisión de cargas producto del funcionamiento de la vía.



- Fisuración transversal en la totalidad de una de las losas del eje 4.

Las fisuras en el concreto durante la etapa constructiva pueden aparecer por efectos de retracción, retracción superficial o por deformación.

Las fisuras por retracción son producidas por la gran y apresurada pérdida de humedad debida a la implementación de agregados secos, la evaporación producida por el calor, un exceso de agua en la mezcla o en ocasiones por un retraso en el comienzo del proceso de curado.

Las fisuras por retracción superficial como su nombre lo indica, se suelen presentar en la superficie del concreto y son ocasionadas por la retracción de la pasta de cemento que es transportada a la superficie por lo que es recomendable evitar un exceso de vibrado. Estas fisuras también suelen aparecer cuando se utiliza agua para darle manejabilidad al concreto durante las actividades de acabado y en ocasiones por factores climáticos como el calor y el viento.

Por último, las fisuras por deformación o asentamiento plástico son ocasionadas por las perturbaciones que pueda sufrir el concreto antes de su endurecimiento como, por ejemplo, deformaciones en el terreno de apoyo, movimiento de las formaletas o desplazamiento de los aceros de refuerzo, inclusive algunas veces los agregados con características muy absorbentes pueden producir este tipo de fisuración. Generalmente se deben evitar los concretos más fluidos, debido a que tenderán a fisurarse.



**Ilustración 69. Fisuración de losa en eje 4.**



**Fuente: Autor**

De acuerdo con los datos de trazabilidad del concreto, el asentamiento para el concreto utilizado en el tramo K0+106-K0+118 del carril izquierdo del eje 4 arrojó un valor de 3.5" el cual es adecuado para concreto utilizado en pavimento, por lo tanto, una de las posibles causas se debe a las condiciones climáticas el día de la fundición, lo que provocó una pérdida de humedad acelerada en el concreto y en consecuencia la aparición de la fisura.

Inicialmente se tenía pensado demoler la totalidad de la losa, sin embargo, se optó por demoler la porción de losa más cercana a una junta transversal e instalar pasadores en la zona de la fisura para la correcta transmisión de carga y de esta forma crear una junta transversal adicional.



- Deformación de la formaleta durante el vaciado.

Durante el vaciado de las vigas de cimentación para la pasarela 3, una parte de la formaleta se deformó a causa de las presiones ejercidas por el concreto y el mal ensamblado con el resto del encofrado.

**Ilustración 70. Formaleta deformada.**



**Fuente: Autor**

- Elementos de soporte inadecuados para el vaciado de vigas de cubierta.

Durante la instalación de andamios para la construcción de vigas de cubierta, los elementos que no alcanzaron a soportarse directamente en el terreno, fueron soportados mediante pórticos en guadua los cuales no presentaban la resistencia adecuada dada las características del material y el peso al que serían sometidos, además varios elementos se encontraban soportados en la zona central del vano ejerciendo cargas que ocasionarían flexión en la guadua , la cual no es muy resistente a este tipo de esfuerzos.



**Ilustración 71. Soporte para andamios (Módulo 2).**



**Fuente: Autor**

- Material de sello por encima de la superficie del pavimento.  
De acuerdo con el ítem 500.4.21.2 del capítulo 5 “Pavimento de concreto hidráulico” de la norma de INVIAS, la superficie del sello debe quedar 3mm por debajo de los bordes de la junta para garantizar su resistencia principalmente al arrastre por las llantas de los vehículos.

**Ilustración 72. Material de sello en eje 5.**



**Fuente: Autor**



### **5.12. Trazabilidad del concreto**

En obra es indispensable llevar la trazabilidad del concreto ya que nos muestra su desarrollo en obra y permite medir, analizar y rectificar cualquier anomalía presentada durante la fase de construcción o la fase de operación.

De esta manera se registraron los datos referentes al volumen de concreto recibido, los resultados de la prueba Slump, horas de llegada, inicio de vaciado y terminación del vaciado del concreto, localización del vaciado, muestras tomadas, fecha de rotura, resultado del ensayo, resistencia esperada y observaciones de acuerdo con los acontecimientos presentados antes, durante y después de la fundición.

A parte de la trazabilidad del concreto se realizó también el llenado diario de la bitácora de obra, registrando actividades realizadas, personal disponible, equipo disponible y el estado del clima, así como también observaciones por parte de interventoría al contratista, esto al igual que la trazabilidad permite llevar un control de los procesos desarrollados durante la fase constructiva.



## 6. CONCLUSIONES

- Además de la interacción y aprendizaje con las diferentes actividades en obra referentes al campo de la ingeniería civil, se asimiló la importancia del trabajo conjunto con los demás componentes profesionales como lo son la parte arquitectónica, ambiental, forestal, social y de seguridad, primordiales para dar cumplimiento con el objeto del contrato.
- Durante las prácticas se logró cumplir con los objetivos propuestos en la fase inicial del trabajo de grado, realizando de manera satisfactoria el trabajo conjunto entre el componente teórico adquirido en academia y el componente práctico ejecutado en obra.
- La supervisión en obra permitió comprender la realidad del entorno constructivo y la importancia de las decisiones fundamentadas bajo los criterios adquiridos en el campo teórico-práctico para afrontar las adversidades durante la ejecución de la obra, que muchas veces no están contempladas en la fase de planeación ni en las especificaciones que rigen el proyecto.
- Además de cumplir funciones para llevar el control y seguimiento de la obra, se comprendió que la interventoría también cumple su función de apoyo al contratista de tal manera que las decisiones durante la fase constructiva conlleven a una correcta ejecución y se acojan con las especificaciones generales y particulares del proyecto.
- Para llevar un seguimiento del proyecto y verificar su comportamiento en el tiempo, fue importante la elaboración de las pre-actas de obra ya que permitieron definir avances y tomar decisiones ante posibles atrasos.
- Actividades como la elaboración de las tablas de trazabilidad del concreto, permitieron a los encargados de la obra conocer como fue el manejo del concreto durante las fundiciones y en caso de imprevistos conocer orígenes y plantear soluciones.
- El llenado de la bitácora de obra permitió cuantificar los avances en materia constructiva y mejorar el rendimiento del proyecto mediante las observaciones hechas por interventoría.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

BERNAL, Sergio Leandro. Importancia de la interventoría en el desarrollo de obras públicas. Neiva, 2021, 26 p. Universidad cooperativa de Colombia. Facultad de ingeniería civil. Huila.

ESTATUTO GENERAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA. Ley 80 de 1993. Edición 2019. Bogotá, Distrito Capital, Colombia: Editorial Unión Ltda. 2019. 266 p.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Más de 270 mil habitantes de Popayán se beneficiarán con la implementación del SETP. 23 mayo de 2019. [Consultado el 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/7436/mas-de-270-mil-habitantes-de-popayan-se-beneficiaran-con-la-implementacion-del-setp/>

MOVILIDAD FUTURA, Socialización inicio de obras estación de integración norte. 7 de febrero de 2022. Consultado el 25 de septiembre de 2022. Disponible en: <https://movilidadfutura.gov.co/wp-content/uploads/6.-Boletin-de-Prensa-Socializaci%C3%B3n-Estaci%C3%B3n-de-Integraci%C3%B3n-Norte-Febrero-4-2021.pdf>.

MANCOMUNIDAD. Ventajas del transporte urbano [Página web]. [Consultado el 25, septiembre, 2022]. Disponible en internet: <<https://www.mcp.es/transporte/habitos-responsables/ventajas-del-transporte-urbano#:~:text=Usar%20el%20transporte%20p%C3%ABlico%20resulta,de%20aparcamiento%20en%20zonas%20saturadas.>>>.

HERNANDEZ PANTOJA.COM, Hernandez pantoja. ¿Quiénes somos? [página web]. (2020). [Consultado el 2, agosto, 2022]. Disponible en internet: <<https://www.hernandezpantoja.com/nosotros>>.

MOVILIDAD FUTURA S.A.S, Conozca el SETP. Ciudad blanca SETP [página web]. Popayán (2019). [Consultado el 2, agosto, 2022]. Disponible en internet: <<https://movilidadfutura.gov.co/conozca-el-setp/>>.

COLOMBIA LICITA.COM, Licitación. Conexiones asociadas intersección – Sistema estratégico de transporte público de pasajeros de Popayán movilidad futura s.a.s [página web]. (2021). [Consultado el 2, agosto, 2022]. Disponible en internet: <<https://colombialicita.com/licitacion/163644279>>.

EMIS.COM, Company profile. Hernandez Pantoja Sas bic [página web]. (2022). [Consultado el 2, agosto, 2022]. Disponible en internet: <[https://www.emis.com/php/companyprofile/CO/Hernandez\\_Pantoja\\_Sas\\_Bic\\_es\\_4163449.html](https://www.emis.com/php/companyprofile/CO/Hernandez_Pantoja_Sas_Bic_es_4163449.html)>.



INSTITUTO DE DESARROLLO. Especificación técnica rellenos para conformación de la subrasante. Santafé de Bogotá D.C, 2019. 12 p. Sección 320-11.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras, 06 de mayo de 2022. Capítulos 2, 3 y 5.

EUCLID GROUP TOXEMENT. (2019). Guía básica para juntas en pavimentos de concreto (Versión 2019). Disponible en internet:  
<[https://www.toxement.com.co/media/3897/spec\\_juntas\\_en\\_pavimento-comprimido.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3897/spec_juntas_en_pavimento-comprimido.pdf)>.

360 EN CONCRETO, Como prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto [página web]. (2022). [Consultado el 10, octubre, 2022]. Disponible en internet:  
<<https://360enconcreto.com/blog/detalle/prevenir-fisuras-en-los-pavimentos-de-concreto/>>.

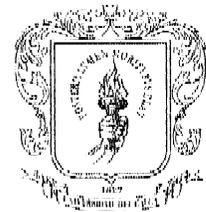


## 8. ANEXOS

**Anexo A:** RESOLUCIÓN No. 8.3.2-90.13/ 328 DE 2022.

**Anexo B:** Certificado de cumplimiento de horas de pasantía.





**RESOLUCIÓN No. 8.3.2-90.13/ 350 DE 2022  
(5 DE OCTUBRE)**

Por la cual se autoriza un **TRABAJO DE GRADO, PRÁCTICA PROFESIONAL EMPRESARIAL - 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,

**CONSIDERANDO**

**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, Práctica Social y Profundización Académica.

**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.

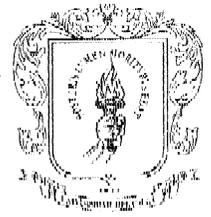
**CUARTO:** Que los estudiantes han expresado mediante carta debidamente firmada, la exoneración a la Universidad del Cauca de responsabilidades para quienes realicen prácticas presenciales en desarrollo de las modalidades de Trabajo de Grado y/o los procedimientos reglamentados por cada facultad.

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Autorizar al estudiante **EDWIN ESTEVEN ESPINAL MAYA**, con cédula de ciudadanía N° **1003474490**, la ejecución y desarrollo del Trabajo de Grado, **Práctica Profesional-Empresarial Pasantía**, titulado: **AUXILIAR DE INSPECTORÍA URBANÍSTICA EN PROCESOS DE CONTROL FÍSICO URBANO DE CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, CAUCA**, bajo la dirección de la Docente Alexandra Rosas Palomino, avalada por el Consejo de Facultad en sesión 18 del 5 de octubre de 2022, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil.



*Por una Universidad de excelencia y solidaria*



**COMUNIQUESE Y CÚMPLASE**

Se expide en Popayán, a los cinco (5) días del mes de octubre de dos mil veintidós (2022)

JUAN CARLOS CASAS ZAPATA  
Presidente de Consejo

SANDRA MARÍA FERNÁNDEZ CORAL  
Secretaria General

Elaborado por: Jorge González  
Revisado por: Sandra F.  
Aprobado por: A.J. González



*Por una Universidad de excelencia y solidaridad*

Facultad de Ingeniería Civil  
Calle 2 Carrera 15N Esquina, Campus Universitario de Tulcán  
Popayán - Cauca - Colombia  
Teléfono: 8209821, Comutador 8209800 Exta. 2200, 2201, 2205  
Email: [d-civil@unicauca.edu.co](mailto:d-civil@unicauca.edu.co), [www.unicauca.edu.co](http://www.unicauca.edu.co)



**HERNANDEZ PANTOJA SAS**  
**NIT 800.221.051-6**

**CERTIFICA QUE**

El pasante **EDWIN STEVEN ESPINAL MAYA**, identificado con la cédula de ciudadanía No. 4.577.996, realizo su pasantía en nuestra compañía en el periodo comprendido entre el 8 de agosto y el 04 de octubre de 2022, dando cumplimiento las 384 horas establecidas por la Universidad del Cauca. Actividades que estuvieron supervisadas por el ingeniero residente de interventoría Víctor Hugo Duque Zambrano dentro del proyecto “Construcción de la estación de integración norte y conexiones asociadas en la ciudad de Popayán”.

El presente certificado se expide a solicitud del interesado, y se firma en Pereira a los dieciocho (18) días del mes de octubre de 2022.

**ALFONSO LOPEZ TRUJILLO**  
Representante Legal  
HERNANDEZ PANTOJA SAS BIC