

**Práctica empresarial con la empresa MINCIVIL S.A como auxiliar de ingeniería en control
de obra en la construcción del tercer carril Mosquera – Anapoima**

Camilo Silva Remolina

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Álvaro Viviescas Jaimes

PhD en Ingeniería de la Construcción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Marco teórico	13
1.1 Definición de básicos:.....	13
1.1.1 Diseño estructural.	13
1.1.2 Diseño geométrico.	13
1.1.3 Diseño hidráulico.	14
1.1.4 Diseño geotécnico.	14
1.1.5 Pilote.	14
1.1.6 Suelo mecánicamente estabilizado SME.	14
1.1.7 Base granular.	15
1.1.8 Subbase granular.	15
1.1.9 Terraplén.	15
1.1.10 Mezclas densas en caliente.	16
1.1.11 Base estabilizada con asfalto (BTA).	16
1.1.12 Concreto postensado.	16

2. Descripción del proyecto	17
2.1 Sectores asignados:	19
2.1.1 Tramo 8.....	19
2.1.2 Tramo 9.....	20
3. Alcance de la práctica empresarial	22
3.1 Control documental de estudios y diseños.....	22
3.2 Seguimiento de dificultades presentadas en campo: Vaciado de las vigas postensadas de 30m - Puente 8, Tramo 9.....	25
3.3 Apoyo en la gestión de comunicaciones	28
3.4 Presupuesto de obra:	31
3.4.1 Valorización de los puentes pertenecientes al Tramo 9.....	33
3.5 Avance del montaje de las vigas metálicas - Puente 1 calzada derecha e izquierda, Tramo 9. 36	
3.6 Seguimiento suelo mecánicamente estabilizado SME: Puente 4 y Puente 5 en el Tramo 9 ..	43
4. Otras actividades realizadas	50
5. Conclusiones	52
Referencias Bibliográficas	54

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Tercer carril del Tramo 1.	19
<i>Figura 2.</i> Tercer carril en construcción en el Tramo 8.	20
<i>Figura 3.</i> Calzada derecha e izquierda, Tramo 9.	20
<i>Figura 4.</i> Comunicación tipo de remisión de diseños. Tomado de: Consorcio Conexión del Tequendama, (14 de junio de 2019). Diseño geométrico del Tramo 5. Comunicación 360-4960.	23
<i>Figura 5.</i> Comunicados pendientes por alcance de observaciones de interventoría en el área estructuras.	24
<i>Figura 6.</i> Diseños pendientes por aprobación de Interventoría.	24
<i>Figura 7.</i> Zona afectada en el borde derecho de la viga No.1	25
<i>Figura 8.</i> Sección transversal Viga No.1 Puente 8, Tramo 9.	26
<i>Figura 9.</i> Elevación del borde izquierdo y derecho de la viga No.1 previsto en el diseño vs disposición de la viga posterior a su vaciado.	26
<i>Figura 10.</i> Elevación del borde izquierdo y derecho de la viga No.1 previsto en el diseño vs disposición final de la viga al tensionar los cables.	27
<i>Figura 11.</i> Montaje de vigas postensadas en el Puente 8 - Tramo 9.	28
<i>Figura 12.</i> Línea camellón dañada por tráfico durante proceso de secado.	29
<i>Figura 13.</i> Desprendimiento de las líneas de demarcación horizontal.	29

<i>Figura 14.</i> Falta de uniformidad de las líneas de demarcación vial.	30
<i>Figura 15</i> Reparación trabajos realizados en demarcación horizontal.	30
<i>Figura 16.</i> Avance montaje de vigas metálicas Puente 1 Calzada Derecha e Izquierda al 20 de junio de 2019 - Tramo 9.....	40
<i>Figura 17.</i> Avance del montaje de las vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha e izquierda al 20 de junio de 2019.....	43
<i>Figura 18.</i> SME Puente 5 Eje 1 Calzada Derecha.....	44
<i>Figura 19.</i> Vista perfil tipo SME sobre los estribos de los puentes. Tomado de: Geoterra Consultores, (2 de abril de 2019). MT-329-C151-2019. Muros SME Tramo 9.....	45
<i>Figura 20.</i> SME en Puente 4 estribo 2 calzada derecha al 20 de junio de 2019.....	48
<i>Figura 21.</i> Interferencia presentada en Puente 5 calzada derecha K1+900 – Tramo 9.....	50

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Distribución de los tramos del proyecto por municipios.....</i>	18
Tabla 2. <i>Características de los puentes en Tramo 9.....</i>	21
Tabla 3. <i>Sectores por intervenir en el proyecto.</i>	31
Tabla 4. <i>Cantidades totales de acuerdo a los ítems contractuales - Tramo 9.....</i>	32
Tabla 5. <i>Valor de actividades según los ítems contractuales – Tramo 9.</i>	33
Tabla 6. <i>Costo de los puentes en Tramo 9.</i>	34
Tabla 7. <i>Costo puentes vigas metálicas, Tramo 9.</i>	35
Tabla 8. <i>Costo por metro lineal de los puentes en vigas postensadas, Tramo 9.</i>	35
Tabla 9. <i>Costo por metro cuadrado de los puentes en vigas postensadas, Tramo 9.....</i>	36
Tabla 10. <i>Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada izquierda al 20 de febrero de 2019.....</i>	37
Tabla 11. <i>Rendimiento esperado montaje total de las vigas metálicas Puente 1 calzada izquierda.</i>	38
Tabla 12. <i>Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada izquierda al 20 de junio de 2019.....</i>	39
Tabla 13. <i>Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha al 20 de febrero de 2019.....</i>	40

Tabla 14. <i>Rendimiento esperado montaje total de las vigas metálicas Puente 1 calzada derecha.</i>	
.....	41
Tabla 15. <i>Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha al 20 de junio de 2019.</i>	
.....	42
Tabla 16. <i>Separación vertical según tipo de geotextil y número de capas para una altura de 7 metros.</i>	
.....	46
Tabla 17. <i>Separación vertical según tipo de geotextil y número de capas para una altura de 7.5 metros.</i>	
.....	47
Tabla 18. <i>Cantidades SME y geotextil en puente 4 y Puente 5.</i>	
.....	49

Resumen

TITULO: Práctica empresarial con la empresa MINCIVIL S.A como auxiliar de ingeniería en control de obra en la construcción del tercer carril Mosquera – Anapoima*

AUTOR: Camilo Silva Remolina**

PALABRAS CLAVE: Diseños, Seguimiento, Cantidades, Mincivil.

DESCRIPCIÓN:

El presente documento tiene como objeto describir las actividades realizadas durante la práctica empresarial con la Empresa Mincivil S.A como auxiliar de ingeniería en control de obra en la construcción del Tercer Carril Anapoima-Balsillas y Doble Calzada Balsillas-Mosquera en el Departamento de Cundinamarca. Se realizó el correspondiente acompañamiento en el control documental de los estudios y diseños del proyecto, en donde a través de una gestión directa con los especialistas de las áreas de Hidráulica, Estructuras, Geotecnia y Geometría, se buscaba la aprobación de los diseños presentados a la Interventoría, o bien sea, para realizar las respectivas modificaciones debido a las diferentes necesidades que se presentaban durante la ejecución del proyecto. A su vez, se realizó el seguimiento a las obras ejecutadas, se brindó apoyo en la revisión y cálculo de cantidades de obra como lo es la base tratada con asfalto, mezcla densa en caliente, terraplén, estructura metálica, concretos, aceros, entre otros, con el fin de realizar el presupuesto del proyecto, o con el objetivo tramitar el respectivo reconocimiento económico de las mismas obras ejecutadas, en este caso los llenos en suelo mecánicamente estabilizado dispuestos en los accesos de los puentes. Finalmente se brindó apoyo en la identificación de las redes eléctricas que presentaban interferencia para la ejecución de la Doble Calzada del Proyecto.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Álvaro Viviescas Jaimes, PhD en Ingeniería de la Construcción.

Abstract

TITLE: Business practice with the company MINCIVIL S.A as an engineering assistant in construction control in the construction of the third lane Mosquera - Anapoima*

AUTHOR: Camilo Silva Remolina**

KEY WORDS: Designs, Monitoring, Quantities, Mincivil.

DESCRIPTION:

The purpose of this document is to describe the activities that were carried out during the business practice in Mincivil SA as an engineering assistant in the construction control of the Third Lane Anapoima-Balsillas and Double Carriageway Balsillas-Mosquera in the department of Cundinamarca. The corresponding accompaniment was made in the documentary control of the studies and designs of the project, where through a direct management with the specialists of the hydraulics, structures, geotechnical and geometric areas, the approval of the designs submitted to the auditing was sought or to make the respective modifications due to the different needs that were presented during the execution of the project. At the same time, the executed works were monitored, support was provided in the revision and calculation of work quantities, such as the base treated with asphalt, hot dense mixture, embankment, metal structure, concrete, steels, between others, either for budget elaborations or with the objective to process the respective economic recognition of the executed works, in this case those filled in mechanically stabilized soil arranged in the accesses of the bridges. Finally, support was provided in the identification of the electrical networks that presented interference for the execution of the Double Road of the Project.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Álvaro Viviescas Jaimes, PhD en Ingeniería de la Construcción.

Introducción

La práctica empresarial es una experiencia que permite al estudiante conocer algunas áreas para el futuro desempeño profesional, aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, entender la estructura organizacional de una empresa y su dinámica laboral, y cumplir con los objetivos establecidos dentro de la misma de manera íntegra, competente y eficiente.

El buen desarrollo de las prácticas empresariales, además de proporcionar al estudiante el fortalecimiento sus aptitudes, brinda una oportunidad laboral a corto o largo plazo de acuerdo a las mismas necesidades que tenga la empresa y su satisfacción por las labores realizadas en dicha etapa.

Esta práctica empresarial se realizó durante la ampliación del Tercer Carril Anapoima-Balsillas y la Doble Calzada en el sector Balsillas-Mosquera en Mincivil S.A, una empresa de construcción de obras de infraestructura, explotación minera, producción y comercialización de agregados pétreos, mezclas asfálticas y minerales que busca y mejora continuamente su sistema integrado de gestión de calidad, ambiente, seguridad y salud – SIG-CASS, con el fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos de sus partes interesadas (Mincivil S.A, 2018).

1. Marco teórico

1.1 Definición de básicos:

1.1.1 Diseño estructural. Abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones durante las distintas etapas de su existencia.

El estructural se encuentra inserto en el proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar (Meli, 1995).

1.1.2 Diseño geométrico. Se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de manera cómoda y segura.

Está compuesto por tres elementos bidimensionales (alineamiento horizontal, alineamiento vertical, diseño transversal) que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo de otros y que al unirlos finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente (Agudelo, 2002).

1.1.3 Diseño hidráulico. Desde los estudios hidrológicos, análisis de lluvias, y recopilación de toda la información hidroclimatológica de las redes existentes y sus debidas reparaciones para que finalmente y con la realización de los respectivos cálculos hidráulicos y la identificación de las estructuras e inventario de las estructuras existentes del corredor requerido, se permite definir las características de las obras a realizar conforme las variaciones del diseño geométrico o por requerimiento hidrológico (Consortio Conexión del Tequendama, 2016).

1.1.4 Diseño geotécnico. Contiene las recomendaciones pertinentes para la realización de las obras de estabilidad o cimentación de las diferentes estructuras a partir de los registros de perforación y resultados de los ensayos para la caracterización de los materiales, los cuales permiten obtener parámetros de diseño (resistencia y compresibilidad) (Consortio Conexión del Tequendama, 2016).

1.1.5 Pilote. Es una estructura de cimentación consistente en un cilindro o prisma de acero, de hormigón o de madera que se hince o se excava en el suelo. La capacidad portante de un pilote puede desarrollarse por fricción de sus paredes con el suelo (pilotes de fricción), por transmisión de la carga a un estrato portante (pilote de punta) o por una combinación de estos dos mecanismos (Hoyos, 2001).

1.1.6 Suelo mecánicamente estabilizado SME. Son estructuras económicas que toleran mayores asentamientos diferenciales que cualquier muro en concreto reforzado, manteniendo su condición de estabilidad. La colocación de geosintéticos de refuerzo, en una masa de suelo, mejoran significativamente la resistencia de la masa, al punto de poder construir sistemas de

contención con taludes autosoportados y cuya inclinación es menor a 70° . Estas estructuras son económicas, ideales para aplicaciones donde tradicionalmente se han utilizado muros de contención en concreto, tales como, ampliación de terraplenes, estribos a puentes, muros pantalla, excavaciones en terrenos donde el suelo no garantiza taludes estables, en laderas de alta pendiente o terrenos con suelos de muy baja capacidad portante (Torres, 2003).

1.1.7 Base granular. Es la capa de la estructura asfáltica que por lo general subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible y tiene como función transmitir las cargas impuestas por el tránsito con intensidades adecuadas a las capas subyacentes, contribuye al drenaje y facilita los procesos constructivos (Rondón & Reyes, 2015).

1.1.8 Subbase granular. Es la capa de la estructura de pavimento que subyace a la base granular, compuesta por materiales granulares no tratados colocados generalmente sobre el terraplén, contribuye al drenaje y transmite a las capas adyacentes los esfuerzos que el tránsito impone en magnitudes moderadas y tolerables por esta (Rondón & Reyes, 2015).

1.1.9 Terraplén. Es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la capa de la subbase. Tiene como función, además de transmitir las cargas impuestas por el tránsito, ayudar a nivelar y conformar la plataforma de la estructura de pavimento en zonas donde la subbase no presenta un alineamiento y perfil longitudinal y transversal definido, cuenta con espesor variable ya que depende del estado en que se encuentre el terreno natural (Rondón & Reyes, 2015).

1.1.10 Mezclas densas en caliente. Es la combinación de agregados uniformes, mezclados y cubierto de asfalto, donde el agregado se calienta (entre 140°C a unos 180 °C) para su secado, de esta manera se elimina el agua de sus poros. Son mezclas de alta calidad utilizadas en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Además de esto, pueden conformar subcapas dentro de la capa asfáltica (rodadura, base intermedia y/o base asfáltica), se caracterizan por presentar un bajo contenido de vacíos con aire en volumen (entre 3% a 9% por lo general. Estas se pueden clasificar según la granulometría, bien sea MDC-25 con agregado de tamaño máximo 25 mm, MDC-19 con agregado de tamaño máximo 19 mm, entre otros (Ortíz & Prieto, 2018).

1.1.11 Base estabilizada con asfalto (BTA). Se refiere a materiales de pavimentación que corresponde a mezclas de una o más fuentes de material granular, y una cantidad suficiente de agua; dando como resultado materiales húmedos, cuya consistencia es no plástica, y que pueden ser compactados para formar una masa densa y ganar fuerza resistencia. El propósito de una capa estabilizada de base es proporcionar un estado que soporte la carga entre la capa de pavimento, que recibe directamente las cargas de la rueda del tráfico vehicular, y el suelo subyacente, igualmente se puede usar para proporcionar soporte para pavimentos flexibles o rígidos, pero se utilizan con mayor frecuencia en pavimentos flexibles (Arteaga, 2018).

1.1.12 Concreto postensado. Es un método en el que se crea un estado de esfuerzos a compresión ante la aplicación de las cargas, en el cual, utilizando cables de acero que se colocan entre un ducto para evitar su adherencia con el concreto, este se somete a fuerzas opuestas a las producidas por las cargas de trabajo, logrando aumentar así su capacidad de carga. Este es un

estado especial de esfuerzos y deformaciones. La aplicación de estas fuerzas es realizada después del fraguado del concreto cuando el concreto ha alcanzado un porcentaje de resistencia especificado por el calculista. Este tipo de concreto es utilizado tanto en elementos prefabricados como en elementos fundidos en sitio (Silva, 2018).

2. Descripción del proyecto

El proyecto Terceros Carriles de Adelantamiento Tramo Anapoima-Balsillas y Segunda Calzada Balsillas-Mosquera, distribuido en nueve tramos (Ver **Tabla 1**), se encuentra localizado al suroeste de la ciudad de Bogotá en la vía que comunica a los municipios de Mosquera, La Mesa y Anapoima del Departamento de Cundinamarca. Está suscrito bajo el Contrato de Obra Pública del INVIAS No. 1686-2015 adjudicado al CONSORCIO CONEXIÓN DEL TEQUENDAMA que lo firman MINCIVIL S.A y TOPCO S.A.

Tabla 1.

Distribución de los tramos del proyecto por municipios.

Tramo	Desde	Hasta	Longitud (m)	Municipio
1	K54+786	K56+409	1623	Anapoima
2	K58+227	K61+010	2783	Anapoima La Mesa
3	K61+685	K64+420	2735	La Mesa
4	K66+368	K647+500	1132	La Mesa
5	K71+800	K75+500	3700	La Mesa
6	K78+547	K83+767	5220	Tena La Mesa
7	K85+215	K91+223	6008	Tena
8	K99+279	K113+000	13721	Bojacá Mosquera
9	K0+000	K3+976	3976	Mosquera

El proyecto se encuentra referenciado en el sistema de coordenadas planas de Gauss N=1.034.165m; E=962.308 m al inicio, y coordenadas finales N=979.977m; E = 1.009.283 m, designadas técnicamente desde el K54+785 del Tramo 1 conformado por un tercer carril como se evidencia en la **Figura 1**, hasta el K3+976 en la doble calzada del Tramo 9 , comprendiendo aproximadamente 40km de intervención. A su vez, este beneficia a las provincias de Tequendama (Municipios de Anapoima, La Mesa y Tena) y Sabana Occidente (Municipios de Bojacá y Mosquera) correspondiendo a la cuenca principal del río Bogotá.



Figura 1. Tercer carril del Tramo 1.

2.1 Sectores asignados:

Para fines de seguimiento y alcance de las prácticas empresariales fueron asignados: el Tramo 8, comprendido entre el K99+279 al K113+000 (tercer carril) y el Tramo 9 que comprende el K0+000 al K3+976 (doble calzada), se describen a continuación:

2.1.1 Tramo 8. Inicia en la abscisa K99+279 (2486 msnm), en el sector conocido como San Antonio y termina en la abscisa K113+000 (2546.5 msnm), perteneciente a la zona identificada con el nombre de Balsillas localizado en terreno montañoso y media ladera en su gran mayoría; cuenta con una vía existente conformada por una calzada sencilla bi-direccional además de un ancho promedio de calzada de 7.30 metros y bermas laterales cuya dimensión varía entre 0.50 y 1.0 metro, y que por tal razón se definió la ampliación por el costado derecho en el sentido del abscisado (ver **Figura 2**), favoreciendo las condiciones ambientales del proyecto junto con la menor afectación predial posible.



Figura 2. Tercer carril en construcción en el Tramo 8.

2.1.2 Tramo 9. Con aproximadamente 4 kilómetros de longitud, se extiende desde el sector de Balsillas - punto de referencia PR113 del corredor actual que a su vez es la abscisa final del Tramo 8 - hasta el PR117, localizado en el sector Glorieta Toreros en la cabecera municipal del municipio de Mosquera.

Aquí se encuentra en ejecución la doble calzada, (calzada derecha CD, calzada izquierda CI) luego de la transición contemplada desde el tercer carril del Tramo 8 y que a su vez cuenta con una velocidad de diseño de 80 kilómetros por hora; conformada por dos carriles de circulación de 3.65 metros de ancho (Ver **Figura 3**).



Figura 3. Calzada derecha e izquierda, Tramo 9.

Dentro de la doble calzada, y con el objeto de darle continuidad a los canales que hacen parte del sistema de riego y drenaje de la zona fue necesario la construcción de 16 puentes, descritos en la **Tabla 2**.

Tabla 2.

Características de los puentes en Tramo 9.

PUENTE	SECTOR	ALTURA (m)	LONGITUD (m)	PILOTES L=32 (m)	TIPO DE VIGAS
PUENTE 1 CD	K0+360	8,3	450	278	METÁLICA
PUENTE 1 CI	K0+360	8,3	450	298	METÁLICA
PUENTE 3 CD	K01+170	4,7	65	144	METÁLICA
PUENTE 3 CI	K01+170	4,7	65	144	METÁLICA
PUENTE 4 CD	K01+565	8,2	45	36	METÁLICA
PUENTE 4 CI	K01+565	8,2	45	36	METÁLICA
PUENTE 5 CD	K01+800	8,1	30	64	POSTENSADA
PUENTE 5 CI	K01+800	8,2	30	56	POSTENSADA
PUENTE 6	K01+900	5,5	95	454	POSTENSADA
PUENTE 7	K02+013	6,6	26	54	METÁLICA
PUENTE 8	K02+405	6,3	30	52	POSTENSADA
PUENTE 9	K02+520	6,3	160	326	POSTENSADA
RETORNO 00	K02+180	5,3	75	40	POSTENSADA
RETORNO 01	K02+180	5,3	80	40	POSTENSADA
RETORNO 02	K01+800	5,3	80	44	POSTENSADA
BALSILLAS	K0+120	6,7	85	21	METÁLICA

3. Alcance de la práctica empresarial

La práctica empresarial realizada en MINCIVIL S.A con fecha de inicio del 20 de febrero de 2019 y finalización del 20 de junio del 2019, se basó en los siguientes criterios:

- 1) Control documental de los estudios y diseños del proyecto: teniendo en cuenta las solicitudes de interventoría, las actualizaciones debido a las condiciones reales encontradas en campo y remisión de las aprobaciones para los diferentes frentes de obra.
- 2) Seguimiento, revisión y cálculo de cantidades de las obras ejecutadas: se estimaban de acuerdo a los estudios y diseños aprobados del proyecto y según los diferentes requerimientos que se iban presentando.

3.1 Control documental de estudios y diseños

Después de conocer el avance general del proyecto y de recibir los estudios y diseños, se realizó la correspondiente trazabilidad de cada uno de los diseños que habían sido aprobados por la interventoría, aquellos que no se habían presentado a la interventoría para su respectiva revisión y los diseños que requerían ser ajustados de acuerdo a las necesidades que se presentaban en campo.

Los diseños eran remitidos mediante comunicados a la interventoría manteniendo el consecutivo del proyecto y a su vez era referenciado el oficio de la interventoría a la cual se estuviera dando alcance. (Ver **Figura 4**)



360-4960

Mosquera, 14 de junio de 2019

Señores

CONSORCIO INTEGRAL-SEG 117
Atención: Ingeniero EMILIO FRANCO TOVAR
Director de Interventoría
 Ciudad

Referencia: Contrato-1686 de 2015 "MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LOS TERCEROS CARRILES DE ADELANTAMIENTO TRAMO ANAPOIMA- BALSILLAS Y SEGUNDA CALZADA TRAMO BALSILLAS- MOSQUERA, PARA LA AMPLIACION DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CARRETERA CHIA-MOSQUERA – GIRARDOT, SECTOR MOSQUERA ANAPOIMA, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD."

ASUNTO: Su comunicación CIS-117-2373-2019 – DISEÑO GEOMÉTRICO TRAMO 5

Cordial saludo Ingeniero Emilio,

Atendiendo los comentarios presentados en la comunicación referido en el asunto, nos permitimos remitir el Diseño Geométrico del Tramo 5, el cual contiene los planos, informe y carteras correspondientes a su actualización y verificación topográfica.

Se anexa la siguiente información en medio magnético

PLANO	CONTENIDO	ARCHIVO
CCT-DG-LG-T5_V3	LOCALIZACIÓN GENERAL - TRAMO 5	CCT-DG-LG-T5_V3.dwg
CCT_T5_VOL2_GE_PP_PL01 AL PL04_V3	PLANTA PERFIL	CCT_T5_VOL2_GE_PP_PL01 AL PL04_V3.dwg
CCT_T5_VOL2_GE_ST_PL01 AL PL10_V3	SECCIONES TRANSVERSALES	CCT_T5_VOL2_GE_ST_PL01 AL PL10_V3.dwg

Figura 4. Comunicación tipo de remisión de diseños. Tomado de: Consorcio Conexión del Tequendama, (14 de junio de 2019). Diseño geométrico del Tramo 5. Comunicación 360-4960.

Una vez identificados los estudios y diseños del proyecto y con el objetivo de obtener las aprobaciones por parte de la interventoría, se realizó el seguimiento de los diseños que presentaban observaciones y que requerían ser atendidos por los especialistas de las áreas de geotecnia, hidráulica, geometría. Las actividades se detallaban con las correspondientes áreas, oficios y fechas de emisión tal como se muestra en la Figura 5.

No. Documento	FECHA	ÁREA DE ESTUDIO	TRAMO	SECTOR	ASUNTO	ALCANCE A:
CIS-117-2163-2019	29-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 8	Diseño Estructural del Puente 8 CD	360-4413
CIS-117-2162-2019	29-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 5 CD CI	Diseño Estructural de los Puentes 5	360-4397
CIS-117-2122-2019	20-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 1 CI E9	Diseño Estructural Muro Aproveche Puente 1 Eje 9 CI	360-4382
CIS-117-2113-2019	20-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	RETORNOS 00 01 02	Diseño Estructural Retornos 00, 01, 02	
CIS-117-2017-2019	20-2-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 1 CI E1 E2 E2' E3'	Diseño Vigas Metálicas 30m - Puente 1 CI	360-4109

Figura 5. Comunicados pendientes por alcance de observaciones de interventoría en el área estructuras.

Asimismo, se realizaba el seguimiento de las actividades que la interventoría no había emitido una aprobación. Estas se detallaban con las respectivas áreas y oficios como se puede apreciar en la Figura 6.

No. Documento	FECHA	ÁREA DE ESTUDIO	TRAMO	SECTOR	ASUNTO	ALCANCE A:
360-4472	26-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 6	Diseño Estructural Puente 6	CIS-117-1749-2018
360-4416	15-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 9	Diseño Estructural Puente 9 Calzada Derecha Tramo 9	CIS-117-2059-2019
360-4372	7-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 9 EJE 1	Diseño Estructural Muro Aproveche Puente 9 Eje 1.	CIS-117-1982-2019
360-4361	6-3-19	DISEÑO ESTRUCTURAL	9	PUENTE 1 PILOTE 6'	Resultados prueba de carga dinámica PDA - Puente 1 Calzada Izquierda Eje 3' Pilote 6'	
360-4476	26-3-19	FABRICACIÓN Y MONTAJE	9	PUENTE 1 CI E7 E8	Planos de fabricación Puente 1, entre los ejes 7-8 CI.	CIS-117-1986-2019
360-4431	19-3-19	FABRICACIÓN Y MONTAJE	9	PUENTE 1 CD E7 E8	Planos de fabricación Puente 1, entre los ejes 7-8 72m CD	
360-4430	19-3-19	FABRICACIÓN Y MONTAJE	9	PUENTE 1 CD CI E8 E9	Planos de fabricación Puente 1 Ejes 8-9 Calzada izquierda y Calzada Derecha	CIS-117-2035-2019

Figura 6. Diseños pendientes por aprobación de Interventoría.

Finalmente, y una vez se obtuviera el aval de la interventoría, los diseños eran remitidos a los sectores correspondientes con el fin de dar inicio a las actividades que fueron aprobadas.

3.2 Seguimiento de dificultades presentadas en campo: Vaciado de las vigas postensadas de 30m - Puente 8, Tramo 9.

La viga postensada No.1 del Puente 8 en el Tramo 9, sufrió un levantamiento en la formaleta que soportaba el concreto durante el proceso de vaciado generando un cambio en la geometría en la cara superior de la viga (**Ver Figura 7**). Por tal razón, la interventoría solicitó al especialista en estructuras del contratista un concepto técnico en donde se realizara la revisión estructural a la viga debido a la situación evidenciada.



Figura 7. Zona afectada en el borde derecho de la viga No.1

De acuerdo a lo requerido por el especialista en el área de estructuras, fue suministrado el levantamiento topográfico de la viga con el fin de evidenciar la desviación respecto a lo previsto en el diseño de la viga (**Ver Figura 8**).

Con base al levantamiento topográfico de la viga posterior al vaciado de concreto se apreció que la elevación máxima en el centro de la viga era de 7.2cm para el borde izquierdo de la viga y 6.4cm para el borde derecho tal como se muestra en la **Figura 9**.

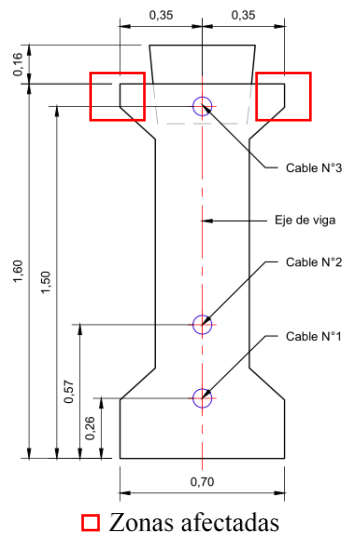


Figura 8. Sección transversal Viga No.1 Puente 8, Tramo 9.

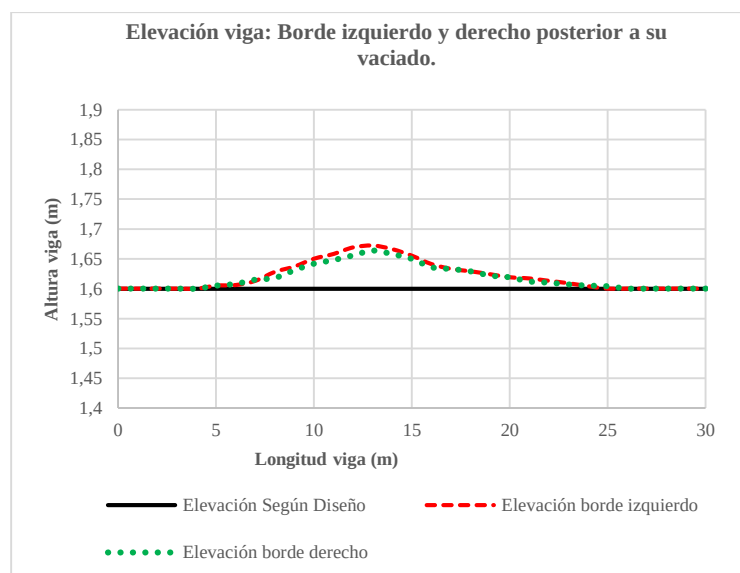


Figura 9. Elevación del borde izquierdo y derecho de la viga No.1 previsto en el diseño vs disposición de la viga posterior a su vaciado.

El especialista en el área de estructuras al realizar la revisión estructural a la viga debido a la condición presentada manifestó:

“(...) esta consultoría no ve inconveniente alguno con lo presentado en geometría de la viga durante el vaciado de la misma, puesto que la altura no se modificó, por ende, la capacidad de esta permanece igual. Adicionalmente, se deberá ajustar la altura en esta viga con el fin de conservar la cota rasante y el espesor de losa en la zona donde se ubica la viga.” (L&L Consultores, 2019).

Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de tensionamiento de los cables de la viga. Se realizó nuevamente el levantamiento topográfico de la geometría de la viga con el fin de evidenciar su disposición final. Se pudo corroborar que la elevación máxima presentada en la viga en su borde izquierdo fue de 3.6cm mientras que en el borde derecho fue de 3.5cm tal como se muestra en la **Figura 10**.

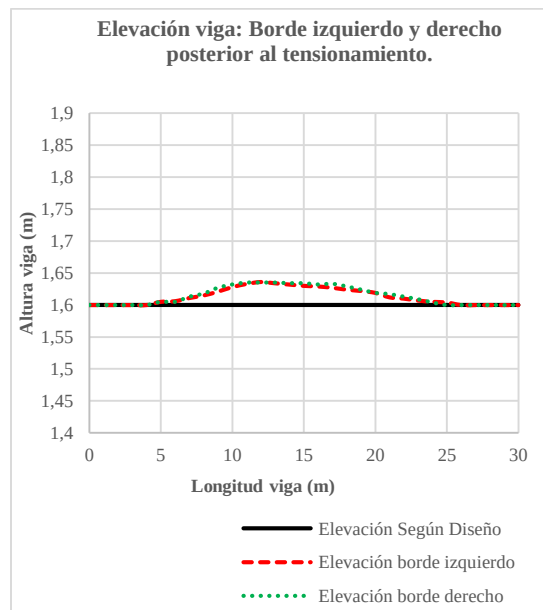


Figura 10. Elevación del borde izquierdo y derecho de la viga No.1 previsto en el diseño vs disposición final de la viga al tensionar los cables.

Por tal razón, con el fin de dar un parte final respecto a la disposición de la viga posterior al tensionamiento de los cables y para obtener aprobación para proceder a su montaje (Ver **Figura 11**), el especialista estructural mediante un concepto técnico manifestó:

“(...) esta consultoría no ve inconveniente con la geometría de la viga No.1 del Puente 8 según la última toma de datos por la Topografía, puesto que la altura no se modificó, y dado que la viga presenta una geometría ajustada a la de diseño, la capacidad del elemento permanece igual” (L&L Consultores, 2019).



Figura 11. Montaje de vigas postensadas en el Puente 8 - Tramo 9.

3.3 Apoyo en la gestión de comunicaciones

Habitualmente se requería brindar apoyo en la elaboración de comunicaciones dirigidas a los encargados en los diferentes frentes de trabajo, bien sea para mejorar la calidad de los trabajos realizados, sus respectivas correcciones a solicitud de la Interventoría, o con el fin de dejar en evidencia los retrasos en los programas de obra presentados.

Así mismo, en los trabajos de demarcación vial ejecutados en el sector del K106+680 (Peaje Alto de Mondoñedo) al K113+000 (Balsillas) pertenecientes al Tramo 8, la interventoría en un

recorrido de obra realizado en los tramos en mención, evidenció las falencias en demarcación vial, tales como líneas dañadas por el tráfico durante el proceso de secado (Ver **Figura 12**), desprendimiento de las líneas de demarcación horizontal (Ver **Figura 13**), falta de uniformidad en los anchos de las líneas (Ver **Figura 14**), entre otros.



Figura 12. Línea camellón dañada por tráfico durante proceso de secado.



Figura 13. Desprendimiento de las líneas de demarcación horizontal.

Por tal razón, se elaboraban comunicados a las áreas encargadas de la demarcación vial con el fin de dar atención a las observaciones presentadas por la Interventoría, a su vez, se hizo énfasis en realizar las reparaciones y hacer entrega de los trabajos de demarcación con base a los lineamientos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras del INVIAS 2013 en su capítulo 7, artículo 700 LÍNEAS DE DEMARCACIÓN Y MARCAS VIALES.



Figura 14. Falta de uniformidad de las líneas de demarcación vial.

Una vez realizada la solicitud al personal encargado, se procedió con las respectivas reparaciones en conjunto con la interventoría (Ver **Figura 15**) para obtener la liberación y reconocimiento económico de dichos trabajos.



Figura 15 Reparación trabajos realizados en demarcación horizontal.

3.4 Presupuesto de obra:

Con el propósito de definir la adecuada programación de las obras de acuerdo a los recursos disponibles del contrato, y a la solicitud realizada por la Interventoría respecto a presentar el balance económico del proyecto para obtener la autorización de intervención en los sectores que se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3.

Sectores por intervenir en el proyecto.

Tramo	Desde	Hasta
5	K71+800	K73+200
	K74+200	K75+500
6	K79+050	K81+120
	K82+040	K83+810
7	K85+200	K85+690
	K87+780	K88+580
	K90+880	K91+200
8	K99+240	K100+200

Por tal razón, se brindó apoyo en el cálculo de cantidades de los ítems más significativos en el Tramo 9 con el objetivo de conocer el valor total de las obras. En este caso se calcularon las cantidades de todas aquellas actividades que no habían sido culminadas y se encontraban proyectadas por ejecutar y a su vez, con base al Acta de Obra No. 39 del mes de abril, se estimaron todos aquellos ítems que habían sido ejecutados al mes en mención.

$$\text{Valor total} = \text{Valor unitario ítem} * \text{Cantidad total} \quad (1)$$

En donde,

$$\text{Cantidad total} = \text{Cantidad Ejecutada al Acta 39} + \text{Cantidad por Ejecutar} \quad (2)$$

En la **Tabla 4** se observan las cantidades calculadas, esto con el fin de valorizar los trabajos ejecutados en el tramo 9 tal como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 4.

Cantidades totales de acuerdo a los ítems contractuales - Tramo 9.

Actividad	Cantidad Ejecutada	Cantidad por Ejecutar	Cantidad Total
Subbase Granular Clase A [m3]	6.373	24.977	31.350
Mezcla densa en caliente MDC-19 [m3]	433	14.000	14.433
Pilote de concreto, diámetro 60cm [ml]	40.277	23.781	64.058
Concreto clase A, Placa Puentes [m3]	185	4.491	4.676
Concreto clase C (Muros, Estribos) [m3]	9.937	5.944	15.881
Acero de Refuerzo $F_y=420\text{Mpa}$ [kg]	3.227.784	2.595.328	5.823.112
Terraplen material tipo subbase [m3]	318.899	105.149	424.048
Base tratada con asfalto (BTA)n [m3]	1.395	10.421	11.816
Fabricación estructura metálica acero [kg]	1.652.071	2.002.554	3.652.625
Transporte estructura metálicas [kg]	1.095.000	2.557.625	3.652.625
Montaje de estructura metálica [kg]	161.290	3.491.335	3.652.625

Tabla 5.

Valor de actividades según los ítems contractuales – Tramo 9.

Actividad	Cantidad Total	Valor Unitario	Valor Total
Subbase Granular Clase A [m3]	31.350	\$ 176.040	\$ 5.518.854.000
Mezcla densa en caliente MDC-19 [m3]	14.433	\$ 689.673	\$ 9.954.050.409
Pilote de concreto, diámetro 60cm [ml]	64.058	\$ 510.455	\$ 32.698.726.390
Concreto clase A, Placa Puentes [m3]	4.676	\$ 1.109.019	\$ 5.185.772.844
Concreto clase C (Muros, Estribos) [m3]	15.881	\$ 866.458	\$ 13.760.219.498
Acero de Refuerzo $F_y=420\text{Mpa}$ [kg]	5.823.112	\$ 4.319	\$ 25.150.020.728
Terraplen material tipo subbase [m3]	424.048	\$ 142.366	\$ 60.370.017.568
Base tratada con asfalto (BTA)n [m3]	11.816	\$ 589.204	\$ 6.962.034.464
Fabricación estructura metálica acero [kg]	3.652.625	\$ 8.844	\$ 32.303.815.500
Transporte estructura metálicas [kg]	3.652.625	\$ 633	\$ 2.312.111.625
Montaje de estructura metálica [kg]	3.652.625	\$ 4.685	\$ 17.112.548.125

3.4.1 Valorización de los puentes pertenecientes al Tramo 9. De la misma manera, dando alcance a los requerimientos de la interventoría, las necesidades del mismo proyecto y para fines de realizar su balance económico, se brindó apoyo en cálculo del costo de los puentes del Tramo 9. Los resultados se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 6.

Costo de los puentes en Tramo 9.

Estructura	Ancho (m)	Longitud (m)	Valor total
PUENTE 1 CD	11.6	450	\$ 33 305 469 759
PUENTE 1 CI	11.6	450	\$ 34 847 185 309
PUENTE 3 CD	11.6	65	\$ 7 463 714 965
PUENTE 3 CI	11.6	65	\$ 7 467 659 895
PUENTE 4 CD	11.6	45	\$ 2 886 492 022
PUENTE 4 CI	11.6	45	\$ 2 881 729 178
PUENTE 5 CD	15.1	30	\$ 2 206 661 994
PUENTE 5 CI	11.6	30	\$ 2 138 091 510
PUENTE 6	11.9	95	\$ 15 803 105 130
PUENTE 7	12.2	26	\$ 2 232 748 109
PUENTE 8	11.6	30	\$ 1 830 940 237
PUENTE 9	11.6	160	\$ 13 226 584 733
RETORNO 00	9.3	75	\$ 1 439 303 989
RETORNO 01	9.3	80	\$ 1 490 605 991
RETORNO 02	9.3	80	\$ 1 748 544 335
P. BALSILLAS	11.6	85	\$ 7 192 822 067
TOTAL			\$ 138 161 659 223

La valorización de los puentes del Tramo 9 permitió determinar su costo por metro lineal y por metro cuadrado para aquellos previstos en vigas metálicas (Ver **Tabla 7**) y los dispuestos en vigas postensadas (Ver **Tabla 8** y **Tabla 9**).

Tabla 7.

Costo puentes vigas metálicas, Tramo 9.

Estructura	Area (m2)	Costo /ML	Costo/M2
PUENTE 1 CD	5220	\$ 74 012 155	\$ 6 380 358
PUENTE 1 CI	5220	\$ 77 438 190	\$ 6 675 706
PUENTE 3 CD	754	\$ 114 826 384	\$ 9 898 826
PUENTE 3 CI	754	\$ 114 887 075	\$ 9 904 058
PUENTE 4 CD	522	\$ 64 144 267	\$ 5 529 678
PUENTE 4 CI	522	\$ 64 038 426	\$ 5 520 554
PUENTE 7	318	\$ 85 874 927	\$ 7 021 662
PUENTE BALSILLAS	986	\$ 84 621 436	\$ 7 294 951

Tabla 8.

Costo por metro lineal de los puentes en vigas postensadas, Tramo 9.

Estructura	Area (m2)	Costo/ML
PUENTE 5 CD	453	\$ 73 555 400
PUENTE 5 CI	348	\$ 71 269 717
PUENTE 6	1131	\$ 166 348 475
PUENTE 8	348	\$ 61 031 341
PUENTE 9	1856	\$ 82 666 155
RETORNO 00	698	\$ 19 190 720
RETORNO 01	744	\$ 18 632 575
RETORNO 02	744	\$ 21 856 804

Tabla 9.

Costo por metro cuadrado de los puentes en vigas postensadas, Tramo 9.

Estructura	Area (m2)	Costo/M2
PUENTE 5 CD	453	\$ 4 867 995
PUENTE 5 CI	348	\$ 6 143 941
PUENTE 6	1131	\$ 13 978 863
PUENTE 8	348	\$ 5 261 323
PUENTE 9	1856	\$ 7 126 393
RETORNO 00	698	\$ 2 063 518
RETORNO 01	744	\$ 2 003 503
RETORNO 02	744	\$ 2 350 194

3.5 Avance del montaje de las vigas metálicas - Puente 1 calzada derecha e izquierda, Tramo 9.

Con el fin de prever los recursos necesarios para realizar el montaje de las vigas metálicas del Puente 1 Calzada Derecha e Izquierda (Ver **Figura 16**), se realizó el seguimiento de dicha actividad teniendo en cuenta las condiciones actuales del Puente en ambos costados y los planos aprobados de diseño.

En la **Tabla 10** se muestra el avance del montaje de las vigas metálicas, en toneladas, del Puente 1 en su **calzada izquierda** al 20 de febrero de 2019 (fecha de inicio de prácticas empresariales) teniendo en cuenta que el montaje total de las vigas metálicas será, según la meta trazada, el día 14 de noviembre de 2019, esto quiere decir, que se tienen previstos 267 días para dar por terminados los trabajos de montaje.

Tabla 10.

Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada izquierda al 20 de febrero de 2019.

Viga	Vigas	Montaje	% Avance
	montadas al 20-02-2019 (Ton)	Completo 14-11-2019 (Ton)	
1-2'-2		54	0%
1'-3'		41.4	0%
2-3	254	254	100%
3-4	254	254	100%
4-5		254	0%
5-6	253.2	253.2	100%
6-7		131	0%
7-8		124	0%
8-9		54	0%
Total	761.2	1419.6	53.6%

A su vez, y tal como se evidencia en la **Tabla 11**, para dar por finalizados los trabajos de montaje de las vigas metálicas del puente 1 **calzada izquierda** el día 14 de noviembre de 2019, según la meta trazada, se requiere un rendimiento de instalación de 2.47 toneladas por día.

Tabla 11.

Rendimiento esperado montaje total de las vigas metálicas Puente 1 calzada izquierda.

	Por	Días	Rendimiento
Vigas	montar	restantes	Esperado
	(Ton)	(día)	(Ton/día)
1-2'-2	54	267	0.20
1'-3'	41.4		0.16
2-3	0		0.00
3-4	0		0.00
4-5	254		0.95
5-6	0		0.00
6-7	131		0.49
7-8	124		0.46
8-9	54		0.20
Total	658.4		2.47

Teniendo en cuenta el rendimiento de instalación de 2.47 toneladas por día, se pudo realizar la estimación del avance del montaje de las vigas metálicas para la **calzada izquierda** del puente 1 al día 20 de junio de 2019 (fecha de finalización de las prácticas empresariales), es decir, a los 120 días transcurridos desde el inicio de las prácticas empresariales, así:

$$\text{Estimación} = \text{Rendimiento} * \text{días} \quad (3)$$

$$\text{Estimación} = 2.47 \text{ (Ton/días)} * 120 \text{ días}$$

$$\text{Estimación} = 296.4 \text{ Toneladas}$$

De acuerdo a la **Tabla 10**, el total de vigas montadas en la calzada izquierda al 20 de febrero de 2019 es de 761.2 Toneladas.

Por ende, la estimación del avance de vigas montadas al 20 de junio de 2019 es:

$$\text{Avance Estimado} = 296.4 + 761.2 = 1057.6 \text{ (Ton)} \quad (4)$$

Posteriormente, se registró el avance real de las vigas metálicas en el Puente 1 calzada izquierda el día 20 de junio de 2019 (fecha de finalización de prácticas empresariales), se pudo apreciar que se habían montado 1015.2 toneladas lo que corresponde a un avance del 71.5% (Ver Tabla 12) y que en comparación de la cantidad estimada de 1057.6 toneladas, existe un retraso de $1057.6 - 1015.2 = 42.4$ toneladas para dar cumplimiento a cabalidad con la meta trazada del día 14 de noviembre de 2019.

Tabla 12.

Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada izquierda al 20 de junio de 2019.

Vigas	Vigas	Montaje	% Avance
	montadas al 20-06-2019 (Ton)	completo 14-11-2019 (Ton)	
1-2'-2		54	0%
1'-3'		41.4	0%
2-3	254	254	100%
3-4	254	254	100%
4-5	254	254	100%
5-6	253.2	253.2	100%
6-7		131	0%
7-8		124	0%
8-9		54	0%
Total	1015.2	1419.6	71.5%



Figura 16. Avance montaje de vigas metálicas Puente 1 Calzada Derecha e Izquierda al 20 de junio de 2019 - Tramo 9.

De la misma manera, en la **Tabla 13** se observa el avance del montaje de las vigas metálicas, en toneladas, del Puente 1 en su **calzada derecha** al 20 de febrero de 2019 (fecha de inicio de prácticas empresariales) teniendo en cuenta que el montaje total de las vigas metálicas se tiene previsto para el 14 de noviembre de 2019.

Tabla 13.

Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha al 20 de febrero de 2019.

Vigas	Vigas	Montaje	% Avance
	montadas al 20-02-2019 (Ton)	completo 14-11-2019 (Ton)	
1-2	62	62	100%
2-3	254	254	100%
3-4	254	254	100%
4-5		254	0%
5-6	137	137	100%
6-7		140.7	0%
7-8		225	0%
8-9		56.2	0%
Total	707	1382.9	51.1%

Igualmente, como se muestra en la **Tabla 14**, para dar por finalizados los trabajos de montaje de las vigas metálicas del puente 1 **calzada derecha** el día 14 de noviembre de 2019 se requiere un rendimiento de instalación de 2.53 toneladas por día.

Tabla 14.

Rendimiento esperado montaje total de las vigas metálicas Puente 1 calzada derecha.

	Por	Días	Rendimiento
Vigas	montar	restantes	esperado
	(Ton)	(día)	(Ton/día)
1-2	0	267	0.00
2-3	0		0.00
3-4	0		0.00
4-5	254		0.95
5-6	0		0.00
6-7	140.7		0.53
7-8	225		0.84
8-9	56.2		0.21
Total	675.9		2.53

Teniendo en cuenta el rendimiento de instalación de 2.53 toneladas por día, se pudo realizar la estimación del avance del montaje de las vigas metálicas para la **calzada derecha** del puente 1 al día 20 de junio de 2019 (fecha de finalización de las prácticas empresariales), es decir, a los 120 días transcurridos desde el inicio de las prácticas empresariales, así:

$$\text{Estimación} = \text{Rendimiento} * \text{días} \quad (5)$$

$$\text{Estimación} = 2.53 \text{ (Ton/días)} * 120 \text{ días}$$

Estimación = 303.6 Toneladas

De acuerdo a la **Tabla 13**, el total de vigas montadas en la calzada derecha al 20 de febrero de 2019 es de 707 toneladas.

Por ende, la estimación del avance de vigas montadas al 20 de junio de 2019 es:

Avance Estimado = $303.6 + 707 = 1010.6$ (Ton) (6)

Posteriormente, se registró el montaje real de las vigas metálicas en el Puente 1 calzada derecha el día 20 de junio de 2019 (fecha de finalización de prácticas empresariales), se pudo apreciar que se habían montado 1101.7 toneladas lo que corresponde a un avance del 79.7% (Ver Tabla 15) y que en comparación de la cantidad estimada de 1010.6 toneladas, se tienen a favor $1015.2 - 1010.6 = 91.1$ toneladas para dar cumplimiento con la meta trazada del día 14 de noviembre de 2019.

Tabla 15.

Avance montaje vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha al 20 de junio de 2019.

Vigas	Vigas	Montaje	%
	montadas al	completo	
	20-06-2019	14-11-2019	
	(Ton)	(Ton)	Avance
1-2	62	62	100%
2-3	254	254	100%
3-4	254	254	100%
4-5	254	254	100%
5-6	137	137	100%
6-7	140.7	140.7	100%
7-8		225	0%
8-9		56.2	0%
Total	1101.7	1382.9	79.7%

En la **Figura 17** se muestra el avance del montaje de las vigas metálicas del Puente 1 en ambas calzadas al 20 de junio de 2019.

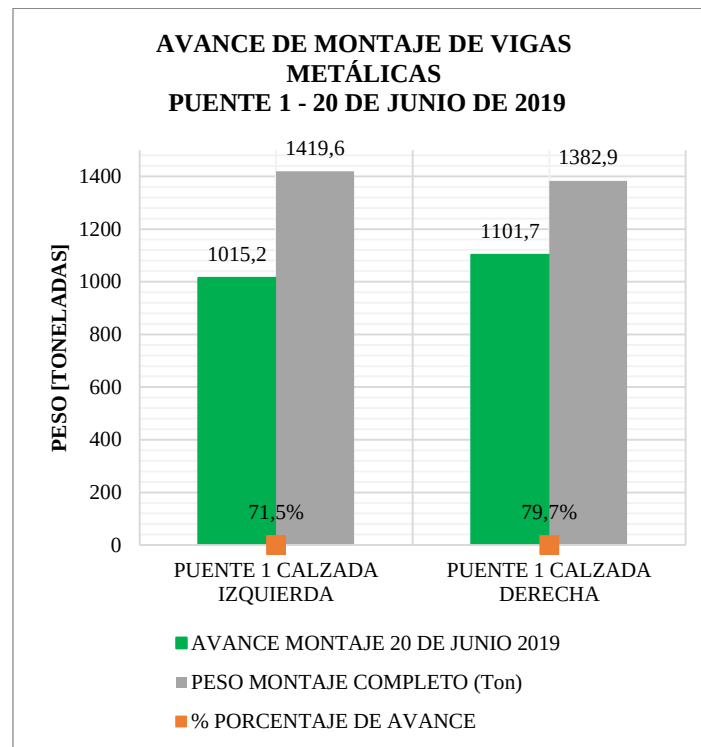


Figura 17. Avance del montaje de las vigas metálicas del Puente 1 calzada derecha e izquierda al 20 de junio de 2019.

3.6 Seguimiento suelo mecánicamente estabilizado SME: Puente 4 y Puente 5 en el Tramo 9

Con el objetivo de realizar la respectiva acta de cobro, se calcularon las cantidades ejecutadas (terraplén, geotextil TR4000 y geotextil TR6000) para el Suelo Mecánicamente Estabilizado SME, dispuestos con el fin de limitar los esfuerzos sobre los estribos de los puentes del Tramo 9 (Ver

Figura 18), los cuales son: puente 4 en su costado derecho e izquierdo, puente 5 costado derecho e izquierdo, Puente 7, Puente 8 y Puente 9.



Figura 18. SME Puente 5 Eje 1 Calzada Derecha.

A la fecha del 20 de junio de 2019 se habían ejecutado estas actividades en:

- Puente 4 costado derecho, estribo 1 (Altura SME = 7 mtrs.)
- Puente 4 costado izquierdo, estribo 1 (Altura SME = 7 mtrs.)
- Puente 4 costado derecho, estribo 2 (Altura SME = 7.5 mtrs.)
- Puente 4 costado izquierdo, estribo 2 (Altura SME = 7 mtrs.)
- Puente 5 costado derecho, estribo 1 (Altura SME = 7 mtrs.).

En la **Figura 19** se puede observar la distribución tipo de las capas del SME junto con el geotextil TR4000 y TR6000 dispuestos sobre el estribo de un puente.

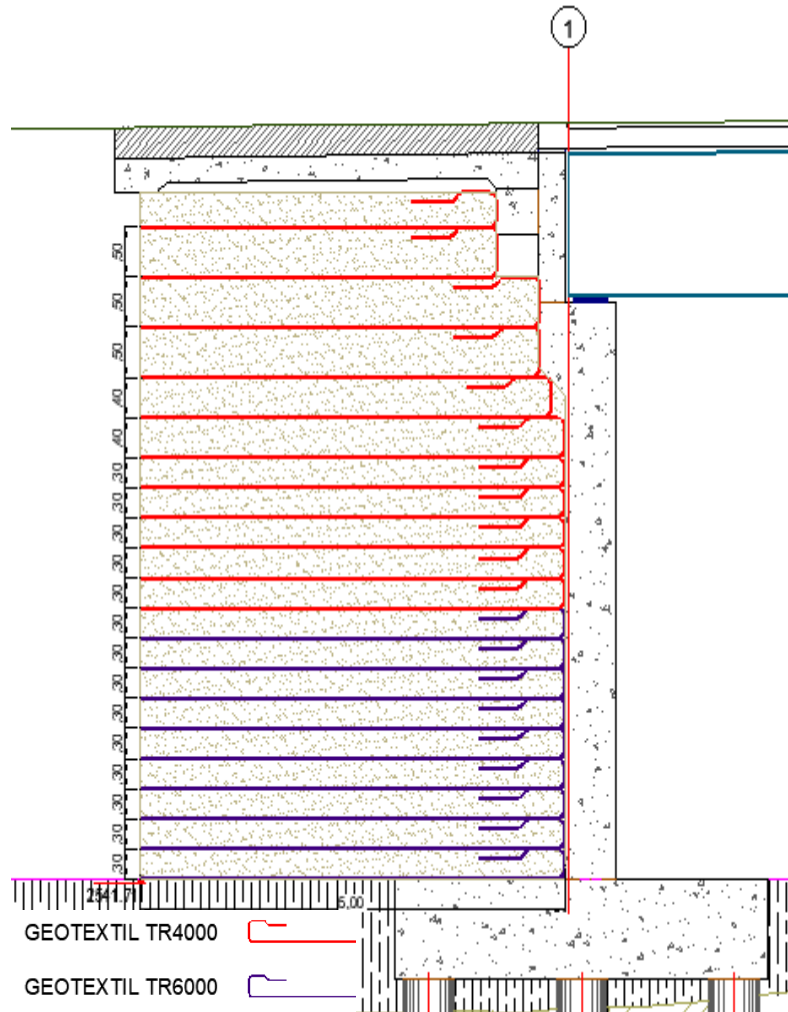


Figura 19. Vista perfil tipo SME sobre los estribos de los puentes. Tomado de: Geoterra Consultores, (2 de abril de 2019). MT-329-C151-2019. Muros SME Tramo 9.

La determinación de la separación vertical de las capas, la longitud y tipo de geotextil (TR4000 y/o TR6000) a usar según la altura del SME, se muestran en la **Tablas 16 y Tabla 17** respectivamente:

Tabla 16.

Separación vertical según tipo de geotextil y número de capas para una altura de 7 metros.

MURO SME H=7.00 m					
Capa	Geotextil	Sv (m)	Lr+Le (m)	Ll (m)	Lt=Lr+Le+Ll (m)
1	TR4000	0,5	5	1	6,5
2	TR4000	0,5	5	1	6,5
3	TR4000	0,5	5	1	6,5
4	TR4000	0,5	5	1	6,5
5	TR4000	0,4	5	1	6,4
6	TR4000	0,4	5	1	6,4
7	TR4000	0,3	5	1	6,3
8	TR4000	0,3	5	1	6,3
9	TR4000	0,3	5	1	6,3
10	TR4000	0,3	5	1	6,3
11	TR4000	0,3	5	1	6,3
12	TR6000	0,3	5	1	6,3
13	TR6000	0,3	5	1	6,3
14	TR6000	0,3	5	1	6,3
15	TR6000	0,3	5	1	6,3
16	TR6000	0,3	5	1	6,3
17	TR6000	0,3	5	1	6,3
18	TR6000	0,3	5	1	6,3
19	TR6000	0,3	5	1	6,3
20	TR6000	0,3	5	1	6,3

Nota. Tomado de: Geoterra consultores, (2 de abril de 2019). MT-329-C151-2019. Muros SME

Tramo 9.

Tabla 17.

Separación vertical según tipo de geotextil y número de capas para una altura de 7.5 metros.

MURO SME H=7.50 m					
Capa	Geotextil	Sv (m)	Lr+Le (m)	Ll (m)	Lt=Lr+Le+Ll (m)
1	TR4000	0,5	5,3	1	6,8
2	TR4000	0,5	5,3	1	6,8
3	TR4000	0,5	5,3	1	6,8
4	TR4000	0,5	5,3	1	6,8
5	TR4000	0,4	5,3	1	6,7
6	TR4000	0,4	5,3	1	6,7
7	TR4000	0,3	5,3	1	6,6
8	TR4000	0,3	5,3	1	6,6
9	TR4000	0,3	5,3	1	6,6
10	TR4000	0,3	5,3	1	6,6
11	TR4000	0,3	5,3	1	6,6
12	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
13	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
14	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
15	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
16	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
17	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
18	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
19	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
20	TR6000	0,3	5,3	1	6,6
21	TR6000	0,25	5,3	1	6,55
22	TR6000	0,25	5,3	1	6,55

Nota. Tomado de: Geoterra Consultores, (2 de abril de 2019). MT-329-C151-2019. Muros SME Tramo 9.

Con base en esto, fue posible realizar el cálculo del volumen de capas dispuestas con material terraplén y área de geotextil tipo TR4000 y TR6000 que conforman el SME en los puentes del Tramo 9 mencionados anteriormente (ver **Figura 20**).

Los cálculos realizados se muestran en la **Tabla 18**.

En resumen, para los accesos de los puentes dispuestos con llenos en Suelo Mecánicamente estabilizado, se ejecutaron al 20 de junio de 2019:

- Terraplén: 1796.40 [m3]
- Geotextil tipo TR6000: 4128.67 [m2]
- Geotextil tipo TR4000: 3053.37 [m2]



Figura 20. SME en Puente 4 estribo 2 calzada derecha al 20 de junio de 2019.

Tabla 18.

Cantidades SME y geotextil en puente 4 y Puente 5.

PUENTE 4 EJE 1 - Calzada Derecha H= 7m	Total Capas SME	Total Capas Instaladas	# Capa Actual de Diseño	Total
Terraplén (m3)	20,00	7	7	294,63
Geotextil TR6000 (m2)	9,00	9	12	766,87
Geotextil TR4000 (m2)	11,00	7	7	426,04
PUENTE 4 EJE 1 - Calzada Izquierda H= 7m	Total Capas SME	Total Capas Instaladas	# Capa Actual de Diseño	Total
Terraplén (m3)	20,00	6	6	321,31
Geotextil TR6000 (m2)	9,00	9	12	764,03
Geotextil TR4000 (m2)	11,00	6	6	510,70
PUENTE 4 EJE 2 - Calzada Derecha H= 7.5m	Total Capas SME	Total Capas Instaladas	# Capa Actual de Diseño	Total
Terraplén (m3)	22,00	4	4	445,83
Geotextil TR6000 (m2)	11,00	11	12	973,31
Geotextil TR4000 (m2)	11,00	4	4	714,21
PUENTE 4 EJE 2 - Calzada Izquierda H= 7m	Total Capas SME	Total Capas Instaladas	# Capa Actual de Diseño	Total
Terraplén (m3)	20,00	3	3	360,88
Geotextil TR6000 (m2)	9,00	9	12	812,23
Geotextil TR4000 (m2)	11,00	3	3	767,82
PUENTE 5 EJE 1 - Calzada Derecha H= 7m	Total Capas SME	Total Capas Instaladas	# Capa Actual de Diseño	Total
Terraplén (m3)	20,00	5	5	373,75
Geotextil TR6000 (m2)	9,00	9	12	812,23
Geotextil TR4000 (m2)	11,00	5	5	634,60

4. Otras actividades realizadas

Debido al avance del proyecto, y tal como lo menciona el Contrato de Obra Pública que tiene por objeto “MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LOS TERCEROS CARRILES DE ADELANTAMIENTO TRAMO ANAPOIMA-BALSILLAS Y SEGUNDA CALZADA TRAMO BALSILLAS- MOSQUERA, PARA LA AMPLIACION DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CARRETERA CHIA- MOSQUERA – GIRARDOT, SECTOR MOSQUERA ANAPOIMA, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, PARA EL PROGRAMA “VIAS PARA LA EQUIDAD” para dar conclusión al contrato en mención y poner en operatividad la doble calzada del Tramo 9, era necesario realizar el traslado de las redes eléctricas distribuidas en los 3,9 kilómetros del tramo en mención.



Figura 21. Interferencia presentada en Puente 5 calzada derecha K1+900 – Tramo 9.

Por tal razón, era necesario determinar aquellas redes eléctricas que presentaban interferencia para la construcción de la doble calzada del Tramo 9.

Posterior al recorrido realizado en el Tramo 9 para tal fin, se identificaron las siguientes maniobras a ejecutar:

- K00+280 Calzada Izquierda, Retorno 03
- K00+810, Puente 1 Estribo 9 - Calzada Derecha e Izquierda
- K1+565, Puente 4 Estribo 1 Calzada Derecha e Izquierda
- K01+610, Puente 4 Estribo 2, Calzada Derecha e Izquierda
- K01+820, Puente 5 y Retorno 02, Calzada Izquierda
- K01+900, Calzada Derecha
- K01+400 al K01+560, Vía Existente
- K02+180 al K02+320, Retorno 01 y Retorno 02, Calzada Izquierda
- K02+240, Puente 8 Calzada Derecha
- K02+820 al K03+840, Sector La Holanda – Toreros, empalme con Concesión Vial

Una vez se localizaron dichas zonas, se procedió a informar a la topografía del proyecto, apoyado con el debido registro fotográfico y localización, con el fin de que fueran elaborados los planos de georreferenciación de todos aquellos postes que requieren ser trasladados para que finalmente estos fueran emitidos al propietario y operador de la red y así llevar a cabo los trámites necesarios para su traslado.

5. Conclusiones

- Se realizó el adecuado control documental de los diseños del proyecto de obra en las áreas de geotecnia, hidráulica, geometría y estructuras, obteniendo así la aprobación final de la interventoría lo cual permitió dar inicio a las respectivas actividades en campo.
- Se realizó el seguimiento a las metas trazadas del proyecto y volumen de obra ejecutado. Para el caso particular del montaje de las vigas metálicas del Puente 1, se evidenció un avance del 71.5% para la calzada derecha y 79.7% en la calzada izquierda. A su vez con base a los rendimientos de obra, se evidenció un retraso en el montaje de 42.4 toneladas para la calzada izquierda, mientras que para la calzada derecha se evidenciaron 99.1 toneladas más en su montaje de lo que se tenía estimado al 20 de junio de 2019. El correcto control a esta actividad se debe a su adecuado seguimiento y a la elaboración periódica de informes desde el inicio a las prácticas empresariales hasta su culminación.
- Se brindó apoyo en la revisión y cálculo de cantidades de obra ejecutada para la elaboración del presupuesto de obra, asimismo, para el caso particular de los llenos en suelo mecánicamente estabilizado, se calcularon las cantidades de obra ejecutada (terraplén, geotextil TR4000 y geotextil TR6000) con el fin de realizar el acta de obra.
- El seguimiento de la calidad y volumen de ejecutado de los diferentes trabajos realizados en el proyecto, permite el cumplimiento de las actividades programadas de manera eficiente, de acuerdo a los lineamientos establecidos, en este caso, las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.
- La realización de las prácticas empresariales le permite al estudiante conocer y dimensionar la ejecución de un proyecto de obra, sus procesos constructivos, las

responsabilidades y obligaciones que se adquieren al ser parte de este, además, le permite desarrollar y fortalecer de manera integral sus aptitudes y mejora la toma de decisiones en una determinada situación.

Referencias Bibliográficas

Agudelo, J. (2002). *Diseño geométrico de vías*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Arteaga, J. (2018). *Análisis del comportamiento de la base – cemento para pavimentos con adición de residuos pet reciclado*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Consortio Conexión del Tequendama. (2016). *Estudio de estabilidad y estabilización de taludes volumen V*. Mosquera.

Consortio Conexión del Tequendama. (2016). *Informe de hidrología, hidráulica y socavación Volumen VII*. Mosquera.

Hoyos, F. (2001). *Geotecnia: Diccionario Básico*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

L&L Consultores. (2019). *Memorando Técnico No.116-256*. Medellín.

L&L Consultores. (2019). *Memorando Técnico No.116-261*. Medellín.

Meli, R. (1995). *Diseño Estructural, segunda edición*. Ciudad de México: Noriega Editores.

Mincivil S.A. (2018). *Política de Mincivil S.A*. Bogotá.

Ortíz, C., & Prieto, P. (2018). *Caracterización de mezcla densa en caliente*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales Construcción y Diseño*. ECOE EDICIONES.

Silva, O. (2018). *Características más relevantes del concreto postensado*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/caracteristicas-mas-relevantes-del-concreto-postensado>.

Torres, O. (2003). Geomallas Flexibles y Geotextiles de Alto Módulo. *Revista BIT*, 22-23.