

**Patología y Rehabilitación Estructural de la Superestructura de un Puente en Concreto
Reforzado Ubicado en el Municipio la Calera – Cundinamarca**

Stephanie Andrea Bueno Lara

Proyecto de Grado para optar al título de Magister en Ingeniería Estructural

Director

Oscar Alberto Díaz Másmela

Magister en Estructuras

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Maestría en Ingeniería Estructural

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado a todas las personas que contribuyeron para la elaboración del mismo, la empresa CONCRELAB, Planta de profesores de la maestría en ingeniería, secretaria de obras públicas, amigos y familiares.

Especial dedicatoria a los profesores Roberto Rochel Awad y Jaime Erasmo Garzón, por su entrega en cada una de sus clases magistrales que se convierten en inspiración para muchos, en el camino de la ingeniería estructural.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al ingeniero Oscar Alberto Díaz Másmela, director del proyecto, a la empresa CONCRELAB por su gran colaboración para la elaboración de Ensayos No Destructivos (END). Así mismo, a la Secretaria de Obras públicas y secretaria de planeación de la calera por el suministro de la información y permisos necesarios para la elaboración del proyecto.

Se expresa sentimiento de gratitud a la Universidad Industrial de Santander y a la planta de profesores de la Maestría de Ingeniería Estructural por su dedicación y apoyo durante todo el proceso de formación. Así mismo, se exalta el trabajo de los calificadores del presente proyecto que a través de sus críticas constructivas contribuyeron al mejoramiento.

Contenido

Introducción	21
1. Definición del problema	23
2. Justificación	24
3. Objetivos	25
3.1 Objetivo General	25
3.2 Objetivos Específicos.....	25
4. Marco Teórico.....	26
4.1 Patología Estructural	26
4.2 Metodologías para estudio de patología estructural.....	27
4.2.1 Metodología INVÍAS: inspección visual puentes y pontones	27
4.2.1.1 Procedimiento general de la inspección.....	28
4.2.2 Método directo de patología estructural.	28
4.3 Ensayos no destructivos y semidestructivos para el diagnóstico estructural.....	29
4.3.1 Inspección visual: microscopio detector de grietas	29
4.3.2 Ensayo de Escáner	30
4.3.3 Ensayo de ultrasonido.	31
4.3.4 Ensayo de esclerometría	32

4.3.5 Frente de carbonatación	32
4.3.6 Extracción de núcleos.	33
4.3.7 Determinación de potencial de corrosión	33
4.3.8 Termografía infraroja ACI 228-2R.....	34
4.4 Rehabilitación Estructural.....	35
4.4.1 Técnicas de intervención de una estructura	35
4.4.1.1 Reparación	35
4.4.1.2 Reconstrucción Parcial.....	35
4.4.1.3 Refuerzo.....	36
4.4.1.4 Reestructuración.	36
4.4.1.5 Rehabilitación.	36
4.5 Documentación de profundización	37
5. Metodología	37
6. Descripción de la estructura de estudio	39
6.1 Antecedentes Técnicos.....	39
6.2 Localización de la estructura de estudio	39
6.3 Información del tránsito.....	40
6.4 Descripción estructural y tipología del puente.....	41
7. Aplicación de la metodología de inspección de INVIAS	42
7.1 Procedimiento de la inspección	42

7.2 Elementos y equipos	43
7.3 Esquema en planta del puente	44
7.4 Fotografías de la estructura de estudio.....	45
7.5 Registro de toma de medidas de los elementos del puente (Apéndice 4).....	47
7.6 Registro de patologías encontradas (Apéndice 2).....	48
7.7 Esquemas de las patologías encontradas por elemento y fotografías (Apéndice 3)	49
 8. Ensayos no destructivos (END).....	 61
8.1 Resultados del ensayo de carbonatación.....	61
8.2 Resultados de la esclerometría.....	62
8.3 Resultados de los núcleos de concreto.....	64
8.4 Resultados del Ferroskan	65
 9. Análisis estructural de la estructura existente.....	 68
9.1 Consideraciones del análisis	69
9.2 Patrones y casos de carga.....	69
9.3 Definición de los vehículos de carga	71
9.4 Asignación de cargas sobreimpuestas.....	73
9.5 Combinaciones de carga para el análisis	74
9.6 Resultados De Momentos (M3) y cortantes (V2) En El Modelo.....	76
9.6.1 Momentos m3 y cortantes v2: viga exterior izquierda.....	76
9.6.2 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 1.....	77
9.6.3 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 2.....	78
9.6.4 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 3.....	79

9.6.5 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 4.....	80
9.6.6 Momentos M3 y cortantes V2: viga exterior derecha.....	81
10. Memoria de cálculo Análisis Estructural CCP-14 Estructura Existente.....	83
11. Descripción propuesta de reforzamiento	85
11.1 Tratamiento a las patologías encontradas	85
11.2 Alternativas de reforzamiento.....	86
11.3 Enchaquetado con láminas de acero	87
11.3.1 Envoltura con ángulos y platinas.	87
11.3.2 Reforzamiento con materiales de fibras poliméricas (FRP).	88
11.3.3 colocación de cables tensados de acero o FRP.	88
11.4 Propuesta de reforzamiento detallada: recrecimiento de secciones.....	89
11.5 Recrecimiento de la losa	92
11.5 Recrecimiento de las vigas.....	93
12. Conclusiones y observaciones	96
12.1 Inspección visual del puente – INVIAS.....	96
12.2 Ensayo End: Carbonatación.....	97
12.3 Ensayo End: Esclerometría	97
12.4 Ensayo End: núcleos de concreto	98
12.5 Ensayo End: Ferrosan	98
12.6 Inspección de Elementos Basado en La Aashto	99

12.7 Análisis Estructural.....	103
Referencias bibliográficas.....	105
Apéndices.....	112

Lista de Figuras

Figura 1. Descripción general del procedimiento de inspección – Metodología INVÍAS.	28
Figura 2. Ensayos no destructivos y semi-destructivos más comunes para patología estructural (DÍAZ MÁSMELA, 2017).	29
Figura 3. Fotografía END: Microscopio detector de Grietas Adaptada de: (DÍAZ MASMELA, 2017)	30
Figura 4. Basado en el principio de reluctancia magnética (Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.5.1)	30
Figura 5. Posibilidades de detección con el uso de escáner. (CONSTRUDATA, 2017)	31
Figura 6. a) Efectos y defectos del pulso ultrasónico b) Sistema de transmisión a través de pruebas. Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.2.1 (ACI COMMITTEE 228, 2013)	31
Figura 7. Esclerómetro digital. Adaptada de (DÍAZ MASMELA, 2017)	32
Figura 8. Trozo de concreto extraído y rociado con fenolftaleína. Adaptada de (DÍAZ MASMELA, 2017)	32
Figura 9. Equipo para refrentar especímenes de ensayo Adaptada de la NTC 3658 (ICONTEC, 1994)	33
Figura 10. Electrodo de referencia de circuitos. Adaptada de ASTM C876 (ASTM INTERNATIONAL, 2013)	34
Figura 11. Ejemplo de Termografía infrarroja. Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.7.3 (ACI COMMITTEE 228, 2013)	34
Figura 12. Reforzamiento a través de encamisados. (DÍAZ MASMELA, 2017)	36

Figura 13. Localización de la estructura de estudio. (ALCALDÍA DE LA CALERA, 2017) (GOOGLE EARTH, 2018)	40
Figura 14. Sección transversal del puente.	41
Figura 15. Sección longitudinal del puente	42
Figura 16. Fotografía de equipos utilizados para la inspección.....	44
Figura 17. Esquema general del puente	45
Figura 18. Panorámica general del puente – superficie del puente	46
Figura 19. Fotografía del perfil del puente	46
Figura 20. Ensayo de carbonatación sobre los núcleos de Concreto	62
Figura 21. Ensayo de esclerometría	63
Figura 22. Grupo de núcleos de concreto: Losa	64
Figura 23. Grupo de núcleos de concreto: Vigas	64
Figura 24. Modelo de Geometría del Puente	68
Figura 25. Patrones de carga definidos en CSI Bridge	70
Figura 26. Casos de carga definidos en CSI Bridge	70
Figura 27. Camión de diseño CCP-14 (INVIAS, 2014)	71
Figura 28. Definición del camión CCP-14	72
Figura 29. Definición del camión Tándem	73
Figura 30. Asignación de cargas: barandas	73
Figura 31. Asignación de cargas: Andenes.....	74
Figura 32. Asignación de cargas: Pavimento.....	74
Figura 33. Combinaciones de carga implementadas en el modelos	75
Figura 34. Modelo analizado para las combinaciones de carga	75

Figura 35. Momento M3 viga exterior izquierda - Combo resistencia I	76
Figura 36. Cortante V2 viga exterior izquierda - Combo resistencia I.....	77
Figura 37. Momento M3 viga interior 1 - Combo resistencia I.....	77
Figura 38. Cortante V2 viga interior 1 - Combo resistencia I	78
Figura 39. Momento M3 viga interior 2 - Combo resistencia I.....	78
Figura 40. Cortante V2 viga interior 2 - Combo resistencia I	79
Figura 41. Momento M3 viga interior 3 - Combo resistencia I.....	79
Figura 42. Cortante V2 viga interior 3 - Combo resistencia I	80
Figura 43. Momento M3 viga interior 4 - Combo resistencia I.....	80
Figura 44. Cortante V2 viga interior 4 - Combo resistencia I	81
Figura 45. Momento M3 viga exterior derecha - Combo resistencia I.....	81
Figura 46. Cortante V2 viga exterior derecha- Combo resistencia I	82
Figura 47. Alternativa de reforzamiento: Enchaquetado con láminas de acero (SIKA, 2017) ...	87
Figura 48. Alternativa de reforzamiento: Envoltura con ángulos y platinas de acero (SIKA, 2017)	87
Figura 49. Alternativa de reforzamiento: Reforzamiento con fibras poliméricas (SIKA, 2017)	88
Figura 50. Alternativa de reforzamiento: Colocación de cables tensados de acero (SIKA, 2017)	89
Figura 51. Detalle para bombeo del concreto	93
Figura 52. Detalle corte de tablero.....	95
Figura 53. Definiciones y condiciones de estado – Losa en concreto reforzado (AASHTO, 2015, págs. 3-6).....	100
Figura 54. Definiciones y condiciones de estado – Barandas (AASHTO, 2015, págs. 3-24)...	101

Figura 55. Definiciones y condiciones de estado – Vigas	102
--	-----

Lista de tablas

Tabla 1. Bibliografía de profundización recomendada.....	37
Tabla 2. Metodología de desarrollo de la investigación.	38
Tabla 3. Resultados del ensayo de carbonatación.....	62
Tabla 4. Resultados de ensayo de esclerometría.....	63
Tabla 5. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión	65
Tabla 6. Resultados del ensayo de ferroskan	66
Tabla 7. Comparativo entre la ingeniería y ensayo de ferroskan en campo.....	66
Tabla 8. Cuadro comparativo espaciamiento entre barras	67
Tabla 9. Tratamiento a las patologías encontradas.	85
Tabla 10. Reforzamiento de la losa del puente	89
Tabla 11. Reforzamiento longitudinal de la viga exterior del puente.....	90
Tabla 12. Reforzamiento transversal de la viga exterior del puente	90
Tabla 13. Reforzamiento longitudinal de la viga interior del puente.....	91
Tabla 14. Reforzamiento transversal de la viga interior del puente.....	91

Lista de Apéndices

Apéndice A: Códigos de registros y listado de convenciones y unidades de cuantificación de daños	112
Apéndice B. Formato para inspección visual de puentes y pontones	114
Apéndice C. Formato Elaboración de Esquemas	115
Apéndice D. Formato de toma de mediciones en campo	116
Apéndice E. Plano ingeniería del puente existente	117
Apéndice F. Plano de ingeniería actualizada a lo encontrado en campo	119
Apéndice G. Plano propuesta de reforzamiento.....	121
Apéndice H. Solicitud en secretaria de planeación de elaboración de ensayos End (incluye PMT)	123
Apéndice I. Informe extracción, compresión de núcleos de concreto y carbonatación - concrelab	130
Apéndice J. Informe Esclerometría – Concrelab	139
Apéndice K. Informe Detección con Ferroskan - Concrelab	143
Apéndice M. Concepto de ampliación del puente	152
Apéndice N. Memoria de cálculo de análisis del puente	152

Glosario

Carbonatación: Reacción entre el dióxido de carbono (CO_2), presente en el aire o en el suelo, con los componentes alcalinos del concreto $\text{Ca}(\text{OH})_2$ generando carbonato de calcio (CaCO_3) que disminuye la reserva alcalina del concreto facilitando el proceso de corrosión del acero. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006)

Ensayos no destructivos (END): Ensayos que proporcionan información acerca del objeto de estudio sin que este presente algún deterioro durante el proceso. (CAÑADA SORIANO & ROYO PASTOR, 2010, pág. 8)

Esclerometría: Ensayo no destructivo para determinar la resistencia del concreto a través de un martillo de rebote. (DELGADO ESTRADA & GUERRERO BENAVIDES, 2015)

Hormigueros: Alteración sufrida en el concreto endurecido, donde se evidencian zonas vacías sobre la cara de un elemento. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006)

Juntas de expansión: Mecanismo que permite movimientos y rotaciones entre dos partes de una estructura evitando sobre-esfuerzos. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006)

Lesiones: daños externos o internos que sufre una estructura generalmente por exposición a sollicitaciones mecánicas o situaciones como: acciones sísmicas, explosiones, incendios y sobrecargas o por abuso, entre otras (TREVINO TREVIÑO, 1998, pág. 54).

LFR: (Load Factor Rating) Factor de carga nominal. (AASHTO, 2011)

Segregación: Distribución inadecuada de los componentes de la mezcla que propicia un desplazamiento de los agregados gruesos hacia la parte inferior de la estructura. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006)

Patología estructural: Especialidad que estudia las alteraciones del equilibrio de una estructura afectando su funcionamiento y su servicio. (ZANNI, 2008, pág. 25)

Resumen

Título: Patología y rehabilitación estructural de la superestructura de un puente en concreto reforzado ubicado en el Municipio la Calera – Cundinamarca

Autor: Stephanie Andrea Bueno Lara**

Palabras clave: Patología estructural, rehabilitación, metodología de inspección INVIAS, ccp-14, ensayos no destructivos.

Descripción:

Este proyecto realiza la patología de la súper-estructura de un puente en concreto reforzado ubicado en la Calle 5 #2-98 del municipio La Calera, en Cundinamarca (GOOGLE MAPS, 2017), a través de la siguientes metodologías de análisis: Método INVIAS y método Directo (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006) (DÍAZ MÁSMELA, 2017, pág. 6).

El método INVIAS, tiene en cuenta el procedimiento descrito en el Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006). El método directo tendrá en cuenta los siguientes ensayos (DÍAZ MASMELA, 2017): Microscopio detector de grietas, ensayo de escáner, ensayo de esclerometría, frente de carbonatación y extracción de núcleos de concreto.

El análisis de los resultados obtenidos y la evaluación de cargas del puente se realizan a través del módulo CSI Bridge® 2017 (CSI COMPUTERS & STRUCTURES) y la verificación del modelo matemático a través de hojas de cálculo que permiten identificar las solicitudes mínimas de refuerzo, acordes con los lineamientos estipulados en el CCP-14 (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014)

Se enseñan diferentes metodologías de reforzamiento (SIKA, 2017), sin embargo, la ingeniería presentada se basa en el método de recrecimiento de secciones. Los anexos de este estudio cuentan con planos de la ingeniería existente, planos de la propuesta de reforzamiento e informe de ensayos no destructivos realizados por la empresa CONCRELAB.

Es importante anotar que el presente estudio no incluye la patología de la cimentación del puente, solamente tiene en cuenta el análisis de la súper-estructura, adicional a esto, se evalúa el estado de elementos no estructurales como: Barandas, carpeta asfáltica y andenes

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Oscar Alberto Díaz Másmela, Ingeniero Civil.

Abstract

Title: Structural pathology and rehabilitation in the superstructure of reinforced concrete bridge located in la Calera – Cundinamarca

Author: Stephanie Andrea Bueno Lara

Keywords: Structural pathology, INVIAS inspection methodology, ccp-14, nondestructive testing.

Description:

This project does the pathology of the super structure of a reinforced concrete bridge located at street 5 #2-98 in La Calera, Cundinamarca (GOOGLE MAPS, 2017). It uses the following methodology of analysis: INVIAS Method y Direct Method (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006) (DÍAZ MÁSMELA, 2017, pág. 6).

The INVIAS method, consideres the Visual Inspection of Bridges and Pontones manual procediment (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006). The direct method is based in the next tests (DÍAZ MÁSMELA, 2017): Fissure detector microscope, scanner test, sclerometry test, carbonation test and concrete core extraction.

The analysis of the results and the loads on the bridge are evaluated with CSI Bridge® 2017 (CSI COMPUTERS & STRUCTURES). The mathematical model verification is through an Excel spreadsheet in order to identify the minimum reinforcement requests, according with the CCP-14 (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014).

The investigation presents different reinforcement methodologies but the engineering is based on incrementing sections. The annexes are composed by existing engineering plans, reinforcement proposal and the report of non-destructive tests that was make for the company CONCRELAB.

It is important to show this study does not include the brigde foundation pathology only the anlysis of the super-structure, also non-structural elements such as: Pedestrian handrails, roadway and pedestrian platform, are evaluated.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Oscar Alberto Díaz Másmela, Ingeniero Civil.

Introducción

Según la real academia de la lengua española, la palabra patología se define como “Conjunto de síntomas de una enfermedad” (REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA, 2017) , ahora bien, la patología estructural se utiliza para designar a la ciencia que se dedica a estudiar los problemas o enfermedades que surgen en las estructuras después de construídas (ZANNI, 2008, pág. 25).

Los daños que se producen en una estructura pueden ser ocasionados por: Cargas accidentales superiores a las cargas de diseño o también porque su vida útil ha sido excedida, cambiando sus propiedades físicas o mecánicas, de ahí, que los ingenieros e investigadores hayan visto la necesidad de monitorear la salud estructural y hacer las rehabilitaciones pertinentes en caso de ser necesario (CUARTAS OSPINA & RIVEROS JEREZ, EBSCOhost, 2017).

La Calera, es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca al Noreste de Bogotá en las coordenadas 4° 43' 17" de latitud norte y 73° 58' de longitud oeste de Greenwich (ALCALDÍA DE LA CALERA, 2017) a través del cual pasa el río Teusacá, con lo cual fueron construídos diversos puentes requeridos para el paso río a lo largo del municipio (GOOGLE MAPS, 2017) (INVIAS, Instituto Nacional de Vías, 2017).

Los puentes son obras esenciales de infraestructura vial, destinadas a salvar obstáculos ya sean naturales o artificiales (Ríos, lagos, vías férreas, carretas entre otros) algunas de estas estructuras

son antiguas, por tanto vulnerables a presentar condiciones de deterioro que afectan su operación haciendo importante profundizar sobre su estado y comportamiento estructural (MUÑOZ DÍAZ, Reseña Histórica, tipología, diagnóstico y recuperación, 2012, pág. 15).

Con el fin de estudiar y verificar la integridad de la estructura de estudio, se emplean ensayos no destructivos (END), los cuales proporcionan información significativa evitando que se presente algún tipo de deterioro y al mismo tiempo garantizando su calidad. (CAÑADA SORIANO & ROYO PASTOR, 2010, págs. 11-12).

Es importante aclarar que la presente investigación corresponde a un documento académico de la Universidad Industrial de Santander que contó con el apoyo de la Alcaldía Municipal de la calera.

1. Definición del problema

El INVIAS, por medio de su dirección técnica realizó la actualización del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCP-95), luego de 18 años de su implementación desarrolló la nueva norma colombiana de diseño de puentes CCP-14 (INVÍAS, Instituto Nacional de Vías, 2018). Esta norma se basa en las especificaciones americanas AASHTO LRFD, 6ª edición e incluye aspectos novedosos en los mapas de amenaza sísmica y carga viva vehicular de diseño que mejoran los criterios de confiabilidad estructural (INVÍAS, Instituto Nacional de Vías, 2018).

Después de esto, queda preguntarse si las estructuras existentes que fueron diseñadas con el CCP-95 son estructuralmente confiables. Teniendo en cuenta que existen estructuras antiguas vulnerables a condiciones de deterioro que puede afectar su operación, se hace necesario profundizar sobre su estado y comportamiento estructural (MUÑOZ DÍAZ, Ingeniería de Puentes, 2012). De ahí, se origina la razón del presente estudio queriendo analizar si un puente construido hace más de 60 años presenta falencias críticas con respecto a la norma vigente, el CCP-14.

Con base en lo anterior y con la responsabilidad de garantizar el bienestar social (MUÑOZ DÍAZ, Ingeniería de Puentes, 2012), se hace necesario tener conocimiento sobre: historia del puente, daños en la estructura por cargas accidentales superiores a las de diseño, mantenimientos, rehabilitaciones, proceso constructivo, entre otras (CUARTAS OSPINA & RIVEROS JEREZ, EBSCOhost, 2017).

2. Justificación

Los puentes representan estructuras que juegan un papel importante en el desarrollo de un país y su economía, trayendo consigo grandes beneficios siempre y cuando se encuentren en buen estado. Cuando un puente tiene un mal funcionamiento, se crea un peligro potencial para la comunidad que debería ser mitigado. (CUARTAS OSPINA & RIVEROS JEREZ, EBSCOhost, 2017).

Actualmente, el diseño de los puentes en Colombia se encuentra regulado por la norma colombiana de diseño de puentes CCP 14, la cual se encuentra basada en la AASHTO LRFD bridge design specifications 2012 - 2014 (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014).

Teniendo en cuenta que el CCP-14 constituye una norma muy reciente, que sufrió una actualización relevante en la calibración de la carga vehicular de diseño (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014, pág. 2), se hace importante verificar la falencias que puede presentar un puente en funcionamiento que fue construido con una norma antigua para el cumplimiento de los nuevos lineamientos del CCP-14.

Tan importante como la identificación de las patologías de una estructura, es la intervención para la rehabilitación, por lo que se requiere identificar la solución más adecuada que mitigue el riesgo potencial de una estructura con un comportamiento estructural inadecuado (OLVAN, 2014).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Determinar el estado estructural de un puente vehicular de concreto reforzado, con respecto al CCP-14, ubicado en el municipio La Calera a través del método INVIAS y método DIRECTO (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006) (DÍAZ MASMELA, 2017), proponiendo una alternativa adecuada de rehabilitación en caso de ser requerido.

3.2 Objetivos Específicos

Identificar las posibles lesiones estructurales que puede presentar un puente en concreto reforzado, a través de la aplicación de ensayos no destructivos como: Inspección visual, escáner, esclerometría, frente de carbonatación y núcleos de concreto.

Implementar un modelo matemático que permita verificar la capacidad de carga existente de la estructura de estudio.

Proponer una alternativa de rehabilitación adecuada, al puente de estudio, para la solución de las patologías encontradas.

4. Marco Teórico

Con el fin de poder comprender a cabalidad a lo que se refiere este trabajo se definen los términos más representativos:

4.1 Patología Estructural

Patología es la ciencia encargada de estudiar las *lesiones* que se producen en una estructura las cuales pueden o no manifestarse a través de algún *síntoma* externo visual, sonoro, olores, entre otros, (ZANNI, 2008, pág. 25).

Para un proceso de investigación de una estructura, se realiza (OLVAN, 2014, pág. 14):

1. Análisis constructivo y estructural
2. Análisis Patológico
3. Intervención de seguridad
4. Reparación, restauración, rehabilitación

El análisis patológico tiene en cuenta factores como: procesos degenerativos de los materiales, vicios durante la fase de diseño, alteraciones constructivas, cambios en las condiciones de servicio y degradación natural por envejecimiento (OLVAN, 2014, pág. 15).

Es importante anotar que la calidad y seguridad en el servicio de una estructura no recae en su totalidad en la resistencia a compresión del concreto por lo se requiere la evaluación de los diferentes elementos estructurales a través de metodologías de inspección visuales y de elaboración de pruebas no destructivas. (DÍAZ MÁSMELA, 2017, pág. 7)

A continuación, se presentan algunas definiciones significativas, para el entendimiento del desarrollo del proyecto:

- *Patología estructural:* Especialidad que estudia las alteraciones del equilibrio de una estructura afectando su funcionamiento y su servicio (ZANNI, 2008, pág. 25).
- *Lesiones:* daños externos o internos que sufre una estructura generalmente por exposición a sollicitaciones mecánicas o situaciones como: acciones sísmicas, explosiones, incendios y sobrecargas o por abuso, entre otras (TREVINO TREVIÑO, 1998, pág. 54).
- *Síntoma:* Anomalías que manifiesta una estructura que pueden ser indicadores futuros de fallo, afectando su seguridad y su durabilidad (PEÑUELA BEJARANO & SOSSA ESPITIA, 2015, pág. 17).

4.2 Metodologías para estudio de patología estructural

4.2.1 Metodología INVÍAS: inspección visual puentes y pontones. Metodología descrita en el “manual para la inspección visual de puentes y pontones”, en el cual se presentan algunas recomendaciones para que un ingeniero civil calificado pueda llevar a cabo la inspección visual y

detección daños de un puente o pontón para la ejecución de la patología (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006)

4.2.1.1 Procedimiento general de la inspección. A continuación se presenta **Figura 1** que describe en forma general el procedimiento de inspección de la metodología INVÍAS (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006, pág. 1):

PROCEDIMIENTO GENERAL DE INSPECCIÓN	Esquema general localización de la estructura: Abscizado, obstáculo, características generales.
	Mínimo dos (2) fotografías : Superficie y perfil.
	Verificación mediante inspección Visual de los elementos de la estructura
	Esquema general de los elementos que permita ubicar los daños identificados.
	Levantamiento y cuantificación de los daños registrados en formato
	Registro fotográfico de cada uno de los daños identificados.
	Registro de observaciones, mediciones y posibles fallas.

Figura 1. Descripción general del procedimiento de inspección – Metodología INVÍAS.

4.2.2 Método directo de patología estructural. Método que abarca la inspección visual y una serie de ensayos no destructivos y semi-destructivos que contribuyen al diagnóstico de una estructura; a continuación se mencionan en **Figura 2** los ensayos más utilizados (DÍAZ MASMELA, 2017, pág. 6):

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y SEMI- DESTRUCTIVOS	Inspección Visual: Microscopio detector de grietas
	Ensayo de Scanner: Detección de refuerzo y diámetros
	Ensayo de ultrasonido: Velocidad de propagación de ondas
	Ensayo de Esclerometría: Calidad del Concreto.
	Obtención frente de carbonatación
	Extracción de núcleos de concreto
	Determinación del potencial de corrosión
	Termografía Infraroja

Figura 2. Ensayos no destructivos y semi-destructivos más comunes para patología estructural (DÍAZ MÁSMELA, 2017).

4.3 Ensayos no destructivos y semidestructivos para el diagnóstico estructural

4.3.1 Inspección visual: microscopio detector de grietas. Método de inspección Visual, normalmente corresponde a uno de los primeros pasos para la evaluación, es este caso, de una estructura de concreto. Con el fin de realizar una identificación adecuada de las patologías existentes se deberá crear un plan de trabajo como el presentado en **Figura 3** (ACI COMMITTEE 228, 2013, pág. 4):

- Recorrido para familiarizarse con la estructura
- Reunir documentos de antecedentes, diseños, construcción y funcionamiento de la estructura.
- Planificación completa de la investigación.
- Establecer registro de control de las observaciones.
- Realizar Inspección visual.
- Uso de equipos complementarios.

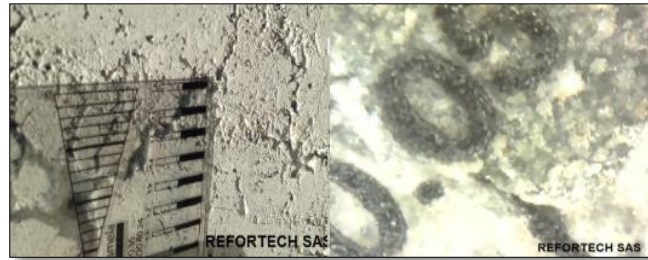
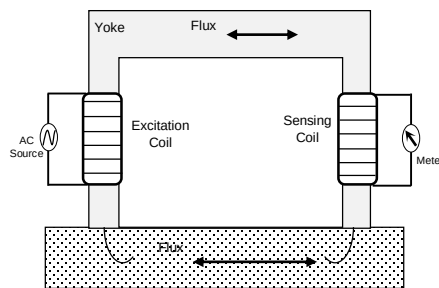


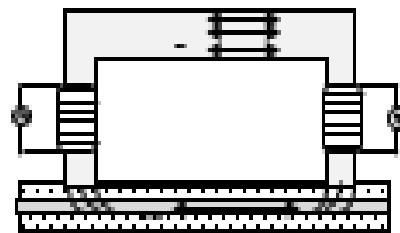
Figura 3. Fotografía END: Microscopio detector de Grietas Adaptada de: (DÍAZ MASMELE, 2017)

4.3.2 Ensayo de Escáner. Tecnología de escaneo con radar utilizado en estructuras de concreto o de suelo (Ver

Figura 4). El dispositivo se pasa sobre la superficie de análisis emitiendo ondas que rebotan de manera diferente en cada material (Ver **Figura 5**) permitiendo localizar la profundidad, distancia y ubicación del elemento estructural (CONSTRUDATA, 2017).



a) Small current induced in sensing coil
when no bar in present



b) Presence of bar increase flux and
increase current un sensing coil

Figura 4. Basado en el principio de reluctancia magnética (Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.5.1)

Estructuras de Concreto	Estructuras de Suelo
• Espesor del elemento • Presencia de acero o refuerzo de estribos. • Tuberías y vacíos	• Capas y espesores • Tuberías de Servicio o vacíos grandes • Filtraciones de agua • Cambio abrupto de consistencia de materiales

Figura 5. Posibilidades de detección con el uso de escáner. (CONSTRUDATA, 2017)

4.3.3 Ensayo de ultrasonido. Ensayo basado en que la velocidad de transmisión del sonido en la masa de un material, se encuentra relacionada con su densidad y resistencia a la compresión. Este estudio consiste en colocar en el lado de un elemento una fuente emisora de alta frecuencia y en el extremo opuesto un receptor, midiendo el tiempo que tarda el sonido en atravesarlo teniendo a la distancia que separa ambos puntos (Ver **Figura 6**); en el caso del concreto reforzado se realizan mediciones en puntos libres de acero de refuerzo (ZANNI, 2008, pág. 44).

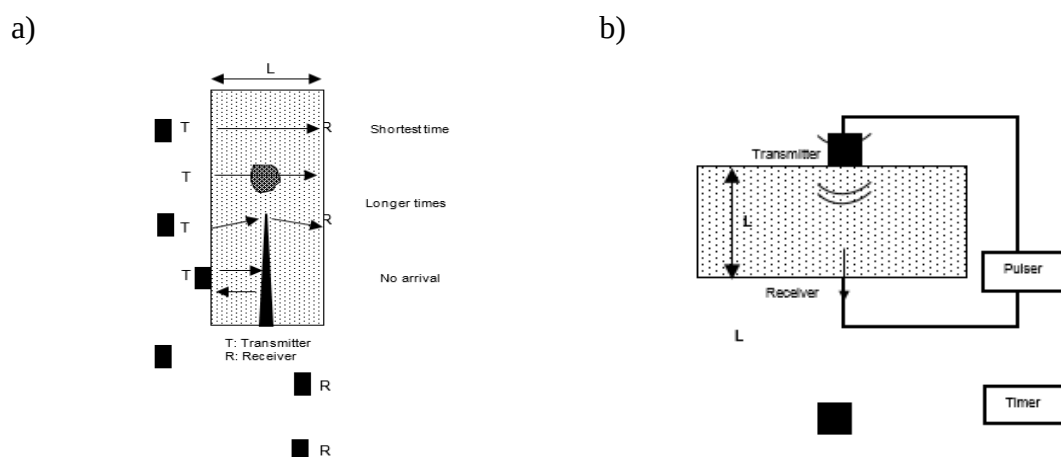


Figura 6. a) Efectos y defectos del pulso ultrasónico b) Sistema de transmisión a través de pruebas.

Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.2.1 (ACI COMMITTEE 228, 2013)

4.3.4 Ensayo de esclerometría. Este ensayo se encuentra enfocado a determinar el número de rebote del concreto a través de un martillo de acero (*Ver Figura 7*) impulsado por émbolo que entra en contacto con una superficie por medio de un golpe con determinada cantidad de energía. El número de rebote es usado para determinar la uniformidad de concreto delineando áreas pobres de calidad, correlacionando esta información con el ensayo de núcleos para la determinación de la resistencia del concreto (ICONTEC, 1995).



Figura 7. Esclerómetro digital. Adaptada de (DÍAZ MASMELO, 2017)

4.3.5 Frente de carbonatación. La carbonatación, es un proceso químico durante el cual el CO_2 de la atmósfera penetra los poros capilares del concreto, que en presencia de agua reacciona formando carbonatos. La principal consecuencia de la carbonatación es la caída del potencial de hidrógeno (pH) alcalino del concreto, de un valor promedio cercano a 12.5 hasta valores de 8.3, lo cual produce la despasivación del acero causando la corrosión. La determinación del frente de carbonatación se realiza a través de la fenolftaleína, químico que cambia de color en función del pH (*Ver Figura 8*). (CHÁVEZ ULLOA, PÉREZ LÓPEZ, & Et. All, 2017, pág. 4).

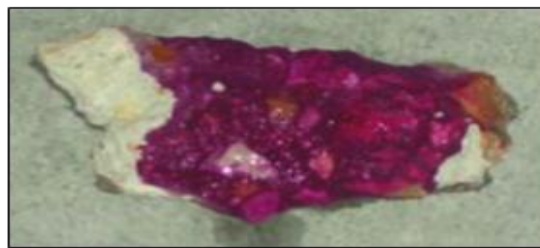


Figura 8. Trozo de concreto extraído y rociado con fenolftaleína. Adaptada de (DÍAZ MASMELO, 2017)

4.3.6 Extracción de núcleos. Ensayo semi-destructivo, consiste en la toma de muestras de cilindro de concreto endurecido de la estructura de análisis a través de un taladro. Los especímenes obtenidos se usarán para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, motivo por el cual estas muestras no pueden contener acero reforzado. Un núcleo extraído deberá tener un diámetro mínimo de 100mm y su longitud será determinada de acuerdo a las disposiciones dadas en la norma ASTM C174 (Ver **Figura 9**) (ICONTEC, 1994).

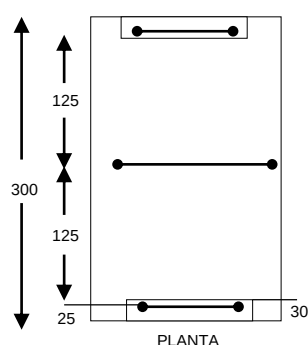


Figura 9. Equipo para refrentar especímenes de ensayo Adaptada de la NTC 3658 (ICONTEC, 1994)

4.3.7 Determinación de potencial de corrosión. Método de ensayo que estima el potencial eléctrico de media celda del acero de refuerzo dentro del concreto, con el propósito de determinar la actividad corrosiva en el acero de refuerzo (Ver **Figura 10**) (ASTM INTERNATIONAL, 2013).

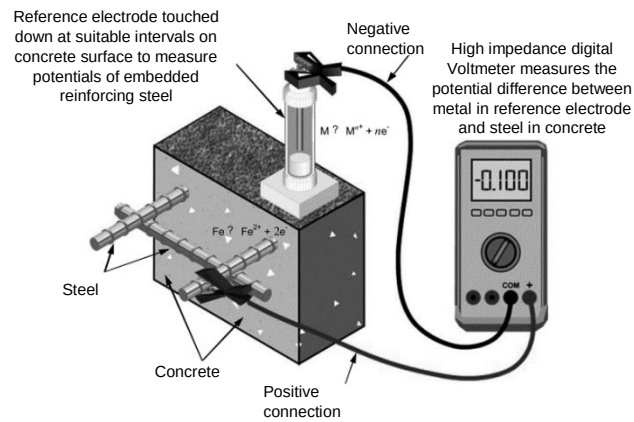


Figura 10. Electrodo de referencia de circuitos. Adaptada de ASTM C876 (ASTM INTERNATIONAL, 2013)

4.3.8 Termografía infrarroja ACI 228-2R. La termografía infrarroja detecta la emisión de radiación térmica produciendo una imagen visual de esta señal térmica (Ver **Figura 11**). Esta metodología es utilizada para la detección de anomalías en superficies de concreto y pavimentos, detectando grietas y vacíos dentro del mismo (ACI COMMITTEE 228, 2013).

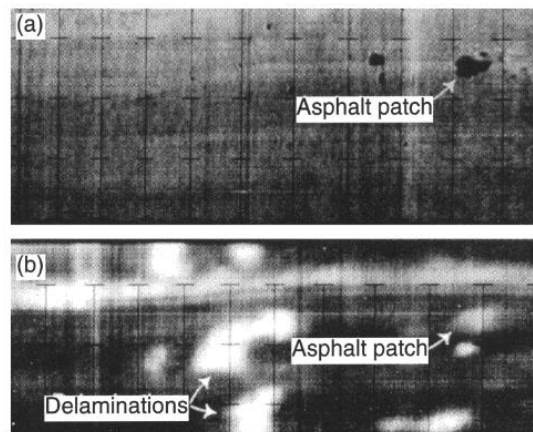


Figura 11. Ejemplo de Termografía infrarroja. Adaptada de ACI 228-2R Fig. 2.7.3 (ACI COMMITTEE 228, 2013)

4.4 Rehabilitación Estructural

La rehabilitación estructural de un puente tiene como finalidad incrementar el tiempo de vida útil de la estructura para un nivel de daños admisibles con respecto a unas cargas definidas (CANDEBAT SÁNCHEZ , 2017, pág. 38). La adopción de una estrategia de rehabilitación obedece a varios aspectos como sociales, políticos, históricos, medio ambientales, pero se hace especial énfasis en el costo – beneficio de dicha intervención. (CANDEBAT SÁNCHEZ , 2017, pág. 39)

4.4.1 Técnicas de intervención de una estructura

4.4.1.1 Reparación. Recuperación de la capacidad resistente y rigidez originales del elemento o estructura sin necesidad de demolición o reposición de sectores (OLVAN, 2014). Normalmente, las lesiones que aconsejan la reparación son (LÓPEZ RODRÍGUEZ, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, & Et all., 2004, pág. 87):

1. Oxidación de armaduras.
2. Degradación del concreto (Carbonatación).
3. Fisuración superficial.

4.4.1.2 Reconstrucción Parcial. Recuperación de la capacidad resistente y rigidez originales del elemento o estructura mediante la remoción de sectores severamente dañados. Normalmente se realiza a través de apuntalamientos temporales garantizando las condiciones mínimas de funcionamiento. (OLVAN, 2014, pág. 87)

4.4.1.3 Refuerzo. Incremento de la capacidad resistente de un elemento mediante procedimientos como encamisados de concreto o acero o reforzamiento con fibras de carbono (*Ver Figura 12*). (DÍAZ MASMELA, 2017)

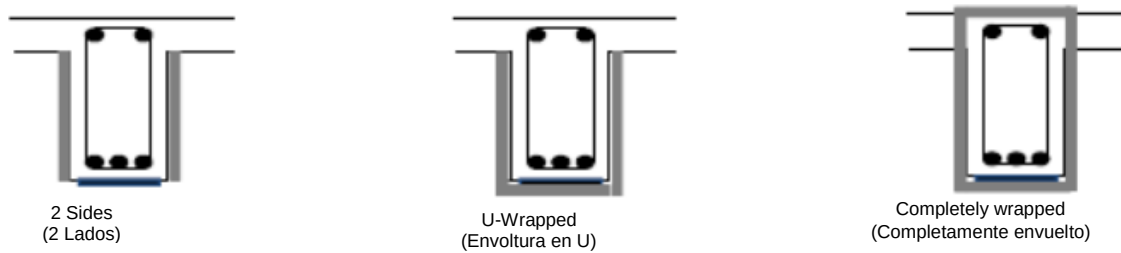


Figura 12. Reforzamiento a través de encamisados. (DÍAZ MASMELA, 2017)

4.4.1.4 Reestructuración. Modificación de la configuración estructural original con el fin de corregir un defecto congénito, normalmente su ejecución implica obras de extensión de una complejidad tal que la estructura saldría deservicio. (OLVAN, 2014)

4.4.1.5 Rehabilitación. Conjunto de acciones o intervenciones necesarias para recuperar de manera parcial o total una estructura, también puede incrementar su capacidad original. A través de ella se deben obtener comportamientos satisfactorios frente a la normativa vigente (TREVIÑO TREVIÑO, 1998). Algunas acciones a llevar a cabo son (OLVAN, 2014, pág. 88):

1. Reparaciones o reconstrucciones en elementos de la súper-estructura.
2. Reforzamiento de los elementos de la estructura.
3. Cambio de uso de la estructura disminuyendo las cargas a las que es sometida

4.5 Documentación de profundización

En caso de querer profundizar en los temas mencionados brevemente en este marco teórico a continuación se recomienda bibliografía tanto nacional como internacional para este fin.

Tabla 1.

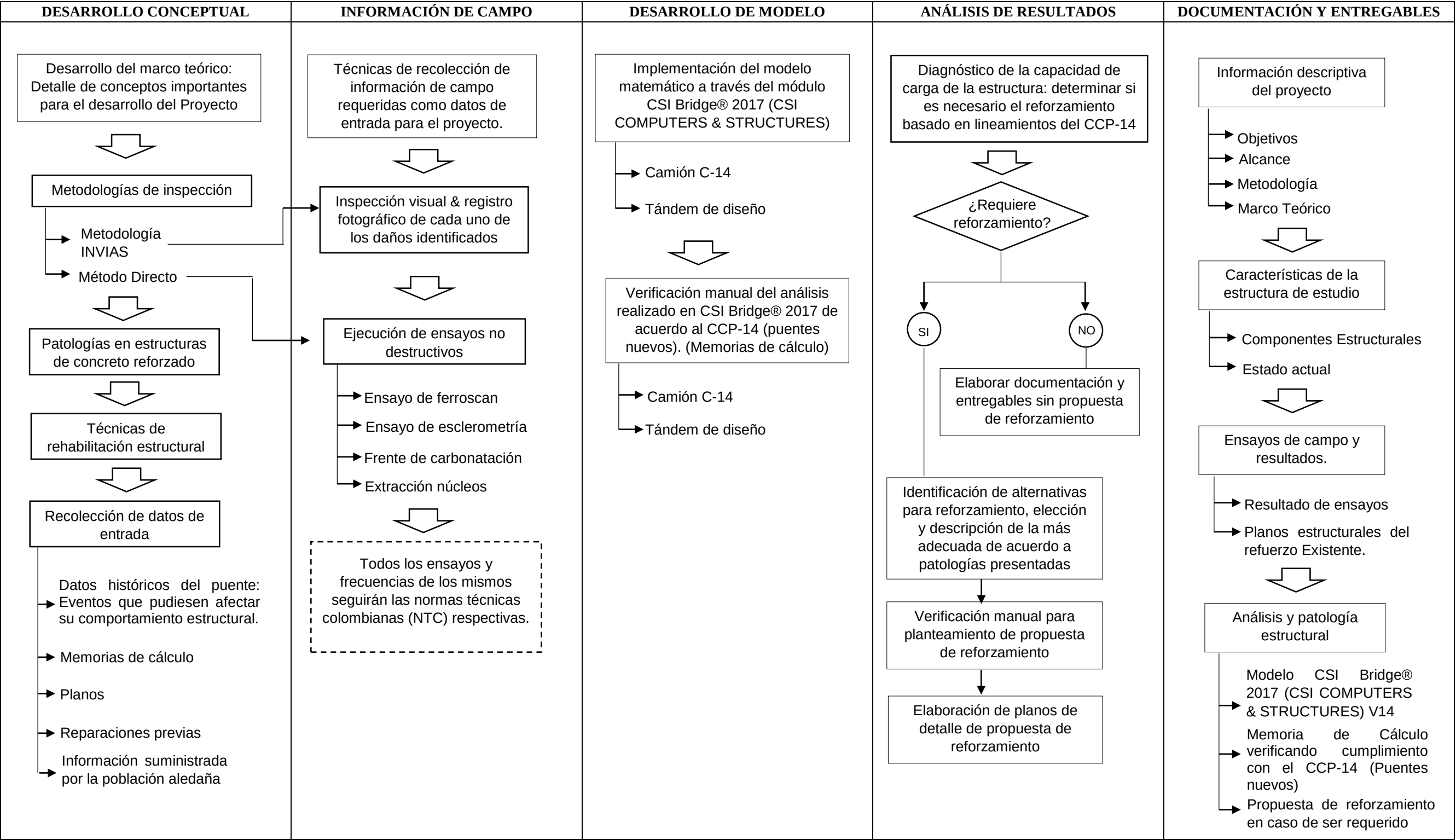
Bibliografía de profundización recomendada

TEMA	TÍTULO	AUTOR
Patología estructural	Patología de la construcción y restauración de obras de arquitectura.	Enrique Zanni
Patología estructural	Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios.	Francisco Fiol Olivan
Patología estructural	Patología de las estructuras de Concreto Reforzado	Ernesto Treviño Treviño
Norma nacional	Manual para la inspección visual de puentes y pontones	INVIAS
Norma nacional	Norma colombiana de diseño de puentes CCP14	INVIAS
Norma internacional	The manual for bridge evaluation	AASHTO
Norma internacional	Manual for Bridge Element Inspection.	AASHTO
Ensayos END	NTC 3658: Ingeniería Civil y Arquitectura, método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas	ICONTEC
Ensayos END	NTC 3692: Ingeniería civil y arquitectura, Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido	ICONTEC

5. Metodología

A continuación se presenta **Tabla 2**, en la cual se describe la metodología de desarrollo del presente estudio:

Tabla 2.
 Metodología de desarrollo de la investigación.



6. Descripción de la estructura de estudio

6.1 Antecedentes Técnicos

De acuerdo con la investigación realizada en la oficina de planeación y luego de verificar los archivos municipales no se pudo encontrar evidencia alguna sobre el diseño y cálculos iniciales del puente. No se conoce la fecha o época de construcción del mismo, por lo que se acudió a la consulta por vía oral con los residentes de la zona quienes concuerdan que el puente fue construido hace aproximadamente 70 años.

Para el presente estudio se logró ubicar un proyecto realizado en el 2008 relacionado con la presente estructura: “**Estudio de ampliación y mantenimiento del puente ubicado en la calle 9 entre las carreras 2A y 2B**” (SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2008) en el cual se encontró la ingeniería existente, estudio de factibilidad de ampliación de la estructura y la emisión del concepto. (Ver *Apéndice* y *Apéndice*).

6.2 Localización de la estructura de estudio

El puente en concreto reforzado se encuentra situado en departamento de Cundinamarca en el municipio La Calera en la calle 9 entre las carreras 2A y 2B sobre el río Teusacá, por el cual transitan peatones y vehículos particulares y de servicio público, sin ninguna restricción de tonelaje. (Ver *Figura 13*)

Coordenadas: 4.721091, -73.966854. (GOOGLE MAPS, 2018)

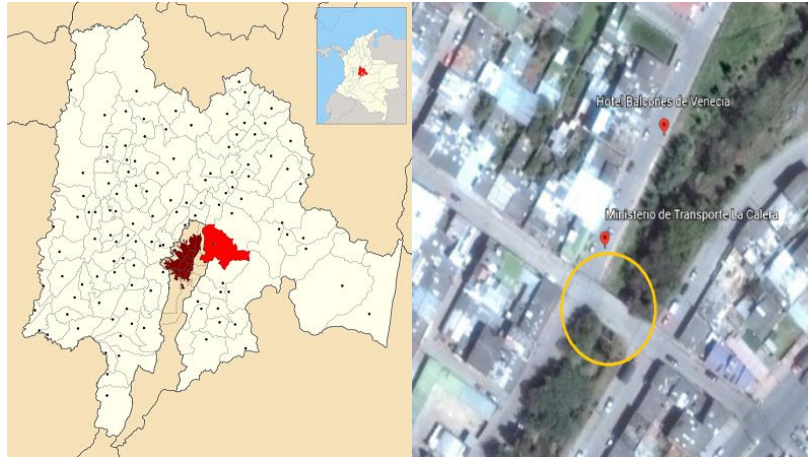


Figura 13. Localización de la estructura de estudio. (ALCALDÍA DE LA CALERA, 2017)
(GOOGLE EARTH, 2018)

6.3 Información del tránsito

En la actualidad, el puente soporta vehículos de carga en su mayoría de dos ejes (Volquetas) por ser la calle 9 una de las cuatro entradas a la zona central del perímetro urbano, aspecto que genera el aumento de tráfico vehicular día a día. De acuerdo al estudio realizado en el 2008 (SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2008) el tráfico existente era de 120 vehículos por día, para efectos del presente estudio, se toma un promedio de crecimiento anual del 9% (BBVA, 2018) teniendo entonces un tráfico de 284 vehículos por día.

6.4 Descripción estructural y tipología del puente

Puente en concreto reforzado de losa sobre vigas con las siguientes características:

- Longitud del Tablero: **10.5 m**
- Ancho del tablero: **10 m**
- Espesor de la Losa: **0.20 m**
- Alto de la Viga: **0.5 m**
- Ancho de la viga: **0.4 m**
- No presenta riostras
- Ancho de andén: **1.35 m**
- Alto del andén: **0.3 m**

A continuación, se presenta esquemas de la sección transversal (Ver **Figura 14**) y longitudinal (Ver **Figura 15**) existente del puente. La ingeniería existente del puente se presenta en el **Apéndice**

.

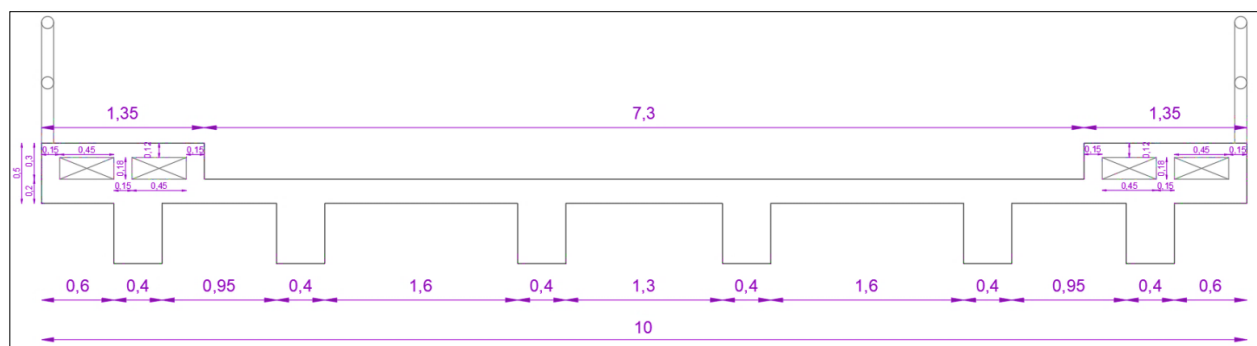


Figura 14. Sección transversal del puente.

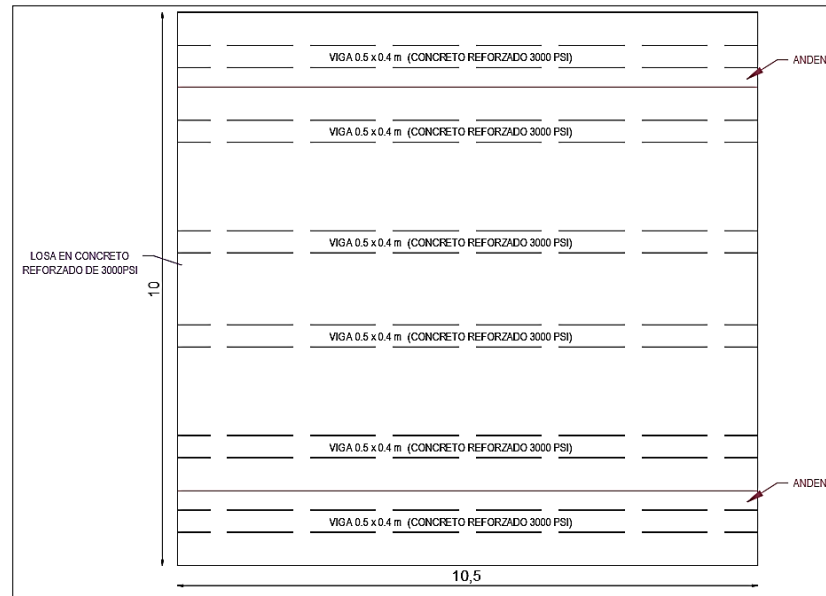


Figura 15. Sección longitudinal del puente

7. Aplicación de la metodología de inspección de INVIAS

A continuación, se realiza la implementación del *Manual para la inspección de puentes y pontones* del INVIAS.

7.1 Procedimiento de la inspección

De acuerdo a la metodología planteada por el INVIAS, se siguieron los siguientes pasos para la inspección:

1. Elaborar esquema en planta de localización de la estructura teniendo en cuenta:
 - Sentido del abscisado.
 - Nombre del río u obstáculo.
 - Sentido de la corriente
 - Tipo de puente
 - Características generales (Ver **Apéndice D**).
2. Toma de mínimo dos (2) fotografías con fecha y hora de la superficie y perfil de la estructura.
3. Inspección de cada elemento registrando las patologías encontradas en el formato de inspección presentado en el **Apéndice B**.
4. Esquema de los elementos inspeccionados, ubicando los daños, a través del formato presentado en el **Apéndice C**
5. Levantamiento y cuantificación de los daños encontrados. *(Las convenciones de daños son las que se especifican en el ;Error! No se encuentra el origen de la referencia.)*
6. Registro fotográfico con fecha y hora de los daños detectados, referenciando el tamaño.
7. Registro de observaciones relevantes para el reporte.

7.2 Elementos y equipos

- | | | |
|---------------------------|------------|----------------------------|
| • Cámara fotográfica | • Formatos | • Esclerómetro (Figura 16) |
| • Lupa | • Crayolas | • Fenolftaleína |
| • Flexómetro | • Martillo | • Ferrosan (Figura 16) |
| • Fisurómetro de Bolsillo | • Cincel | • Sacanúcleos (Figura 16) |
| • Linterna | • Andamios | • Llana |
| • Grabadora notas de voz | • EPP's | • Cemento y arena |



Figura 16. Fotografía de equipos utilizados para la inspección

7.3 Esquema en planta del puente

Punto de referencia del puente (PR): Calle 9 entre carreras 2A y 2B.

Tipo de puente según estructuración transversal: 01 Losa sobre vigas. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006)

Tipo de puente según estructuración longitudinal: 01 Vigas simplemente apoyadas. (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS , 2006)

Superficie del puente: 01 Asfalto

Obstáculo que Salva: Río Teusacá (Ver Figura 17**Figura 17**).

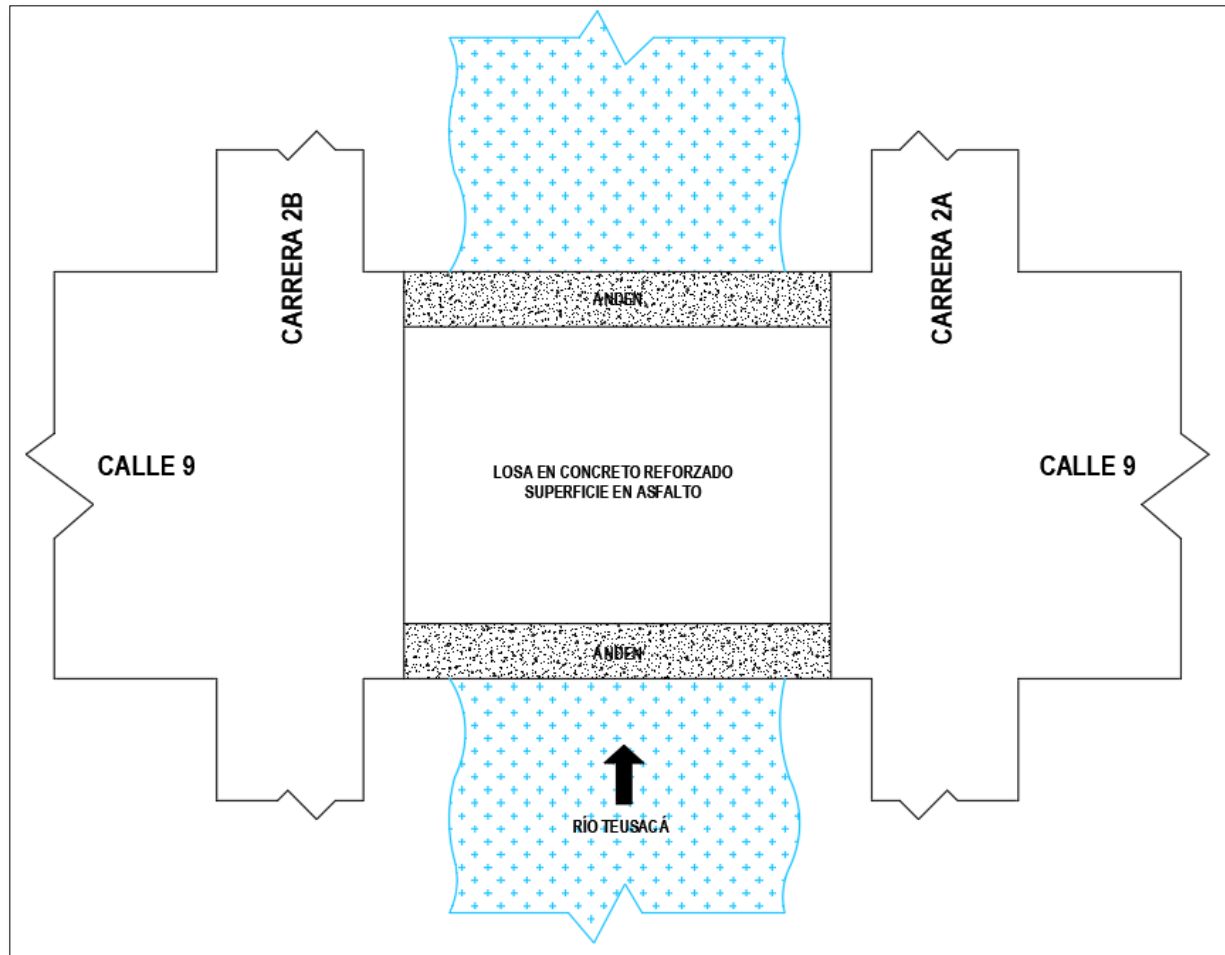


Figura 17. Esquema general del puente

7.4 Fotografías de la estructura de estudio

En las Figura 18 y Figura 19 se presentan las fotografías de planta y perfil de la estructura de estudio.



Figura 18. Panorámica general del puente – superficie del puente

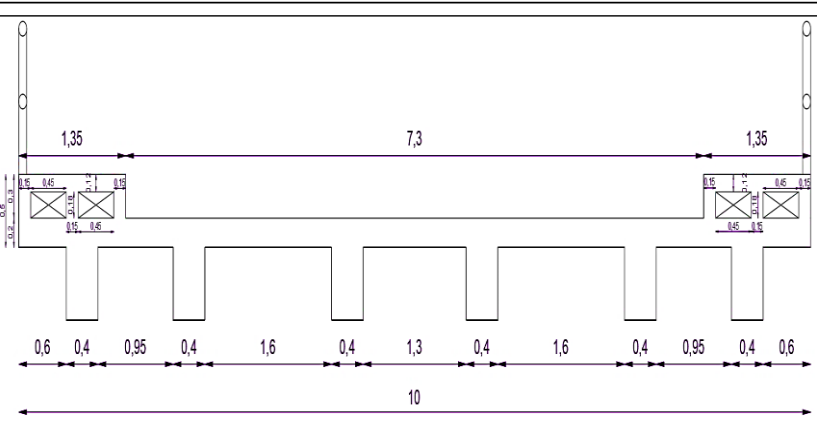
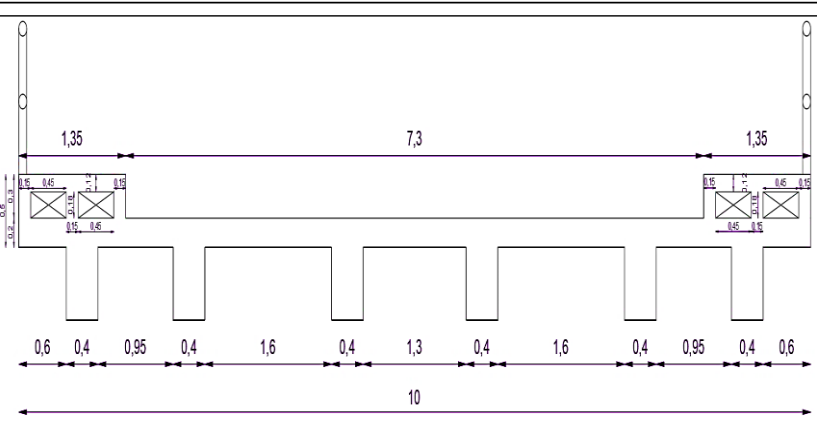
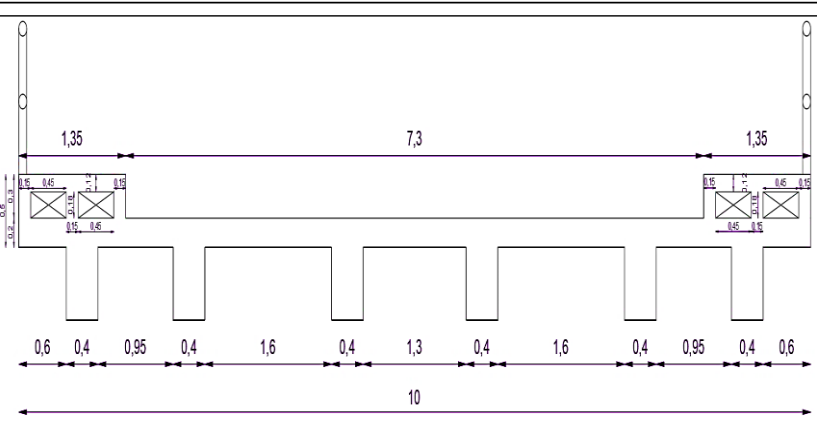


Figura 19. Fotografía del perfil del puente

7.5 Registro de toma de medidas de los elementos del puente (Apéndice D)

	FORMATO DE TOMA DE MEDICIONES EN CAMPO	UIS-FO-01 Versión 0 14/07/2017
---	---	--------------------------------------

Registro No 1	
Registrado por: Stephanie Andrea Bueno Lara Proyecto: Patología y rehabilitación estructural de la superestructura de un puente en concreto reforzado ubicado en el municipio la Calera - Cundinamarca Fecha: 27 de Julio de 2018 Tipo de Estructura: Puente en concreto reforzado Nombre Estructura: Puente sobre el río Teusacá Departamento: Cundinamarca Ciudad / Municipio: La Calera Ubicación: Calle 9 entre carreras 2A y 2B	

DETALLE DIMENSIONES DEL PUENTE																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Longitud</td><td>10,50 m</td></tr> <tr><td>Ancho de Calzada</td><td>7,30 m</td></tr> <tr><td>No de Carriles</td><td>2,00 m</td></tr> <tr><td>Ancho de Carril</td><td>3,65 m</td></tr> <tr><td>Anden Derecho</td><td>1,35 m</td></tr> <tr><td>Anden Izquierdo</td><td>1,35 m</td></tr> <tr><td>Diámetro drenajes</td><td>7,62 cm</td></tr> <tr><td>Dilataciones Cada</td><td>2,40 m</td></tr> <tr><td>No. De barandas</td><td>2</td></tr> <tr><td>Alto Baranda</td><td>1,10 m</td></tr> <tr><td>No. De Bordillos</td><td>0</td></tr> <tr><td>Alto bordillo</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Ancho de bordillo</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Espesor Rodadura</td><td>5,0 cm</td></tr> </table>	Longitud	10,50 m	Ancho de Calzada	7,30 m	No de Carriles	2,00 m	Ancho de Carril	3,65 m	Anden Derecho	1,35 m	Anden Izquierdo	1,35 m	Diámetro drenajes	7,62 cm	Dilataciones Cada	2,40 m	No. De barandas	2	Alto Baranda	1,10 m	No. De Bordillos	0	Alto bordillo	NA	Ancho de bordillo	NA	Espesor Rodadura	5,0 cm	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)			
Longitud	10,50 m																																
Ancho de Calzada	7,30 m																																
No de Carriles	2,00 m																																
Ancho de Carril	3,65 m																																
Anden Derecho	1,35 m																																
Anden Izquierdo	1,35 m																																
Diámetro drenajes	7,62 cm																																
Dilataciones Cada	2,40 m																																
No. De barandas	2																																
Alto Baranda	1,10 m																																
No. De Bordillos	0																																
Alto bordillo	NA																																
Ancho de bordillo	NA																																
Espesor Rodadura	5,0 cm																																
ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)																																	
																																	

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número de Vigas</td><td>6</td></tr> <tr><td>Altura de libre Viga</td><td>0,50 m</td></tr> <tr><td>Ancho de la Viga</td><td>0,40 m</td></tr> <tr><td>Longitud libre Voladizo</td><td>0,60 m</td></tr> <tr><td>Cantidad de viguetas</td><td>0</td></tr> <tr><td>Separación de viguetas</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Ancho de Vigüeta</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Alto de Vigüeta</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Largo de vigüeta</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Altura Placa</td><td>0,20 m</td></tr> </table>	Número de Vigas	6	Altura de libre Viga	0,50 m	Ancho de la Viga	0,40 m	Longitud libre Voladizo	0,60 m	Cantidad de viguetas	0	Separación de viguetas	NA	Ancho de Vigüeta	NA	Alto de Vigüeta	NA	Largo de vigüeta	NA	Altura Placa	0,20 m	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Ancho acartelamiento</td><td>0,00 m</td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 1</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 2</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 3</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición Baranda 1</td><td>0,05 m</td></tr> <tr><td>Posición Baranda 2</td><td>9,95 m</td></tr> <tr><td>Posición viga 1</td><td>0,80 m</td></tr> <tr><td>Posición viga 2</td><td>2,15 m</td></tr> <tr><td>Posición viga 3</td><td>4,15 m</td></tr> <tr><td>Posición viga 4</td><td>5,85 m</td></tr> </table>	Ancho acartelamiento	0,00 m	Posición Bordillo 1	NA	Posición Bordillo 2	NA	Posición Bordillo 3	NA	Posición Baranda 1	0,05 m	Posición Baranda 2	9,95 m	Posición viga 1	0,80 m	Posición viga 2	2,15 m	Posición viga 3	4,15 m	Posición viga 4	5,85 m	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Posición viga 5</td><td>7,85 m</td></tr> <tr><td>Posición viga 6</td><td>9,20 m</td></tr> <tr><td>Posición vigüeta 1</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición vigüeta 2</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición vigüeta 3</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición vigüeta 4</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Posición vigüeta 5</td><td>NA</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> </table>	Posición viga 5	7,85 m	Posición viga 6	9,20 m	Posición vigüeta 1	NA	Posición vigüeta 2	NA	Posición vigüeta 3	NA	Posición vigüeta 4	NA	Posición vigüeta 5	NA	-	-	-	-	-	-
Número de Vigas	6																																																													
Altura de libre Viga	0,50 m																																																													
Ancho de la Viga	0,40 m																																																													
Longitud libre Voladizo	0,60 m																																																													
Cantidad de viguetas	0																																																													
Separación de viguetas	NA																																																													
Ancho de Vigüeta	NA																																																													
Alto de Vigüeta	NA																																																													
Largo de vigüeta	NA																																																													
Altura Placa	0,20 m																																																													
Ancho acartelamiento	0,00 m																																																													
Posición Bordillo 1	NA																																																													
Posición Bordillo 2	NA																																																													
Posición Bordillo 3	NA																																																													
Posición Baranda 1	0,05 m																																																													
Posición Baranda 2	9,95 m																																																													
Posición viga 1	0,80 m																																																													
Posición viga 2	2,15 m																																																													
Posición viga 3	4,15 m																																																													
Posición viga 4	5,85 m																																																													
Posición viga 5	7,85 m																																																													
Posición viga 6	9,20 m																																																													
Posición vigüeta 1	NA																																																													
Posición vigüeta 2	NA																																																													
Posición vigüeta 3	NA																																																													
Posición vigüeta 4	NA																																																													
Posición vigüeta 5	NA																																																													
-	-																																																													
-	-																																																													
-	-																																																													

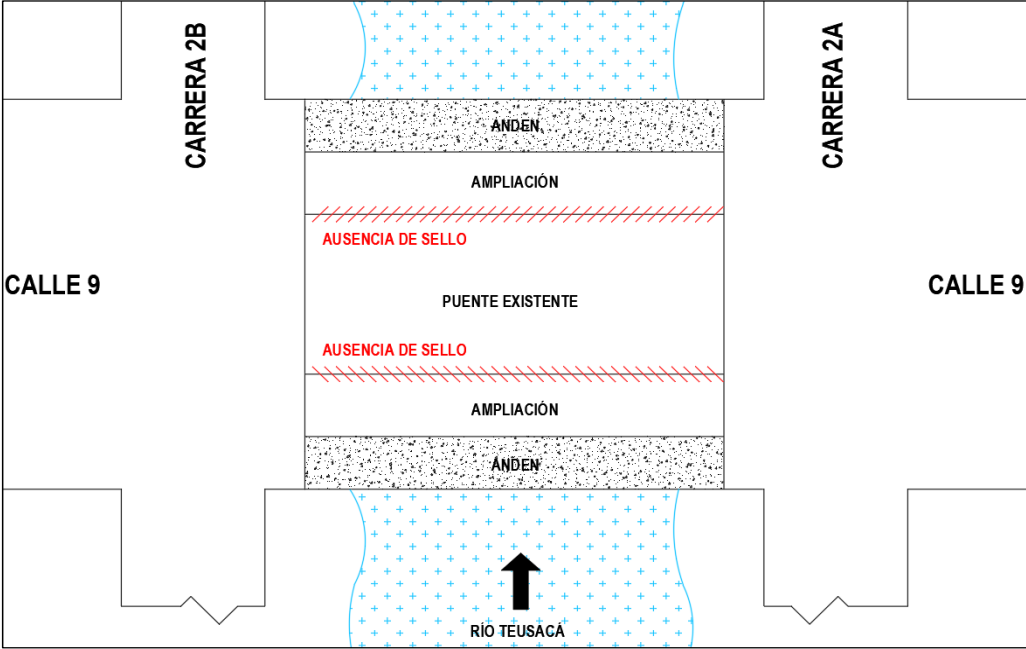
7.6 Registro de patologías encontradas (Apéndice B)

 INVIAS		FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES									
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA DE La Calera											
REGIONAL		1 2		Cundinamarca				FECHA		27 07 2018	
LEVANTÓ		Stephanie Andrea Bueno Lara				HOJA		1 DE		1	
NOMBRE DE LA VÍA		Puente calle 9 entre carrera 2A y 2B				CÓDIGO DE LA VÍA		NA		VÍA EN CONCESIÓN	
						MANTENIMIENTO INTEGRAL				GRUPO ADM VIAL	
PR. DEL PUENTE		Calle 9 entre carrera 2A y 2B									
NOMBRE DEL PUENTE		NA									
OBSTACULO QUE SALVA		Río Teusacá				ESVIAJAMIENTO					
TIPO DE PUENTE (1)		LONGITUDINAL 01				TRANSVERSAL 01					
		DIMENSIONES GENERALES									
		LONGITUD TOTAL				10,5 m		No. DE LUCES		1	
		ANCHO				10 m		GALIBO		3,5 m	
ELEMENTO		REGISTRO DE DAÑOS									
SUPERFICIE DEL PUENTE Y ACCESOS		Para daños 01 y 02, diligenciar los formatos establecidos para levantamientos de pavimentos									
JUNTAS DE EXPANSIÓN Tipo (3)		Sello		Perfiles		Guardacantos		Otros			
		I AUS 10,5 01		- - - -		- - - -		- - - -			
ANDENES / BORDILLOS Dimensiones		Desporfilamiento		Acero expuesto		Dimensión insuficiente		Otros			
		AC 10,5 m 02		- - - -		- - - -		- - - -			
BARANDAS Material (4)		Pintura		Postes		Pasamanos		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
ILUMINACIÓN		Verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos									
SEÑALIZACIÓN		Horizontal		Vertical		Reductores		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
DRENAJES		Taponamiento		Ausencia		Log. Insuficiente		Otros			
		AC 4 03		- - - -		- - - -		- - - -			
ALETAS Material (5)		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
ESTRIBOS Material (5)		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
PILAS Tipo (6) Sección (7)		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
LOSA Tipo (8)		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		I FIF 0,3 04		I HO 0,16 05		I EF 0,1 07		- - - -			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
VIGAS Tipo (9) Sección (10)		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		I HO 0,1 10		- - - -		- - - -			
		- - - -		I EXA 0,08 11		- - - -		- - - -			
RIOSTRAS		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
APOYOS Tipo (11)		Desplazamiento		Descomposición		Deformación		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		AUS 2,4			
ARCOS (CONCRETO / MAMPOSTERIA) Material		Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
ARCOS METÁLICOS		Arco izquierdo		Arco derecho		Arriostamiento lateral		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
PERFILES METÁLICOS Tipo (12)		Vigas		Larqueros		Diafragmas		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
ARMADURAS Tipo (13)		Cordones		Montantes		Diagonales		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
CONEXIONES		Con soldadura		Con conectores		Con pasadores		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
CABLE / PENDOLONES / TORRES		Cables		Pendolones		Torres		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
ACCESO PEATONAL (ESCALERA/RAMPA) Tipo		Peldaños / Losa		Viga gualdera		Barandas		Otros			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
OTROS ELEMENTOS Tipo		Rodadura		-		-		-			
		- - - -		- - - -		- - - -		- - - -			
CAUCE		-									
PUENTE EN GENERAL		Se evidencia perdida de la carpeta de rodadura									

Apéndice B. Formato para inspección visual de puentes y pontones

7.7 Esquemas de las patologías encontradas por elemento y fotografías (Apéndice C)

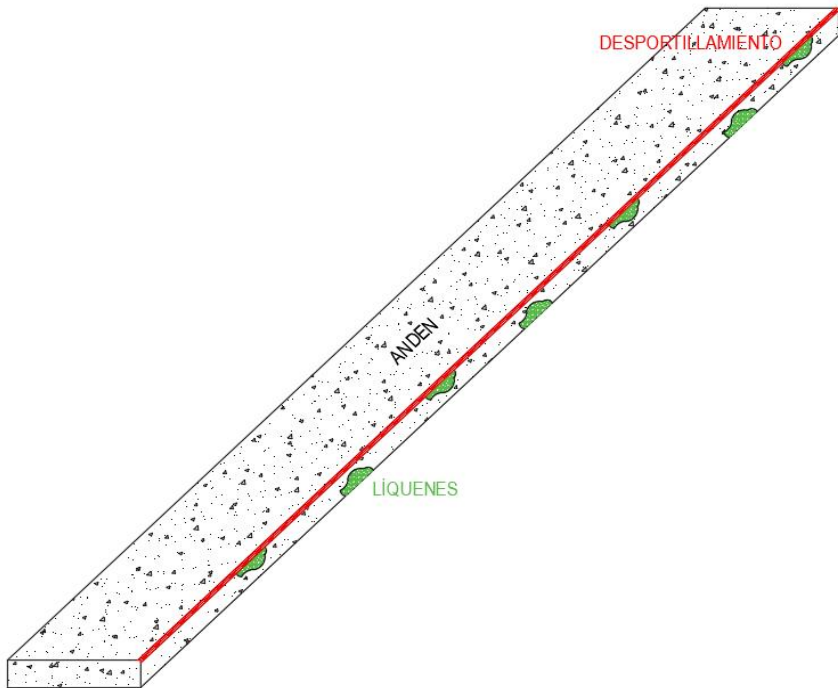
		FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS	
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA _____ DE La Calera _____		REGIONAL 1 2 Cundinamarca _____	
LEVANTÓ Stephanie Andrea Bueno Lara _____		FECHA 27 07 2018	
HOJA 1 DE 1			

ESQUEMAS	
	

OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA #1
Patología: Ausencia de Juntas de expansión Se inspecciona la parte inferior de la junta producida en el puente debido a una ampliación del mismo. Se evidencia fuga activa en la junta produciendo manchas y presencia de líquenes en los elementos adyacentes.	

Apéndice A. Esquema 1. Ausencia de juntas de expansión (AASHTO, 2011, págs. 4-35)

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS	
	
OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA #2
Patología: Desportillamiento de andenes Se inspeccionan ambos costados del puente evidenciando desportillamiento en la aristas de los andenes, lo que disminuye el recubrimiento de la armadura. Existe presencia de líquenes sobre el ancho y juntas de dilatación, agentes biológicos que contribuyen al deterioro del concreto.	 27 07 2018

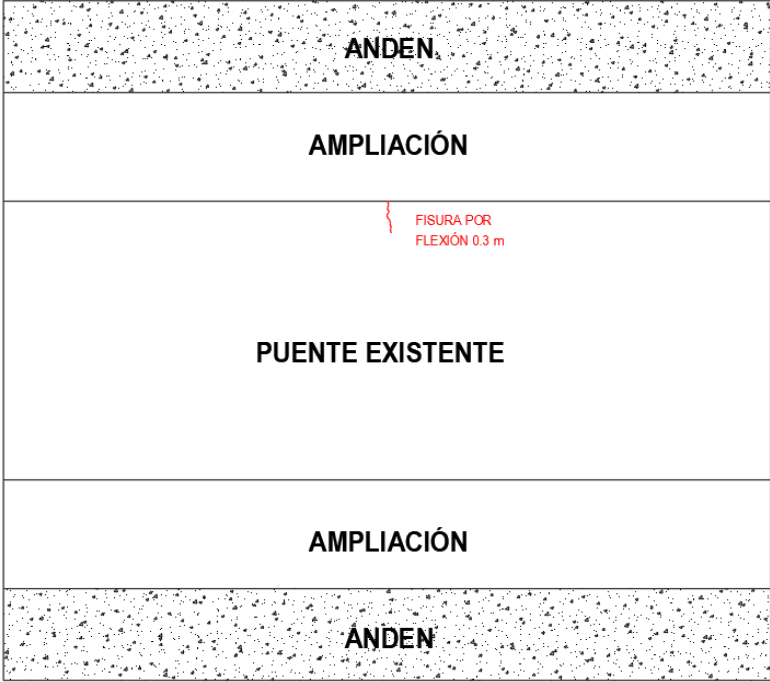
Apéndice 1. Esquema 2. Desportillamiento de andenes (AASHTO, 2011, págs. 4-36)

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA _____ DE La Calera _____	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

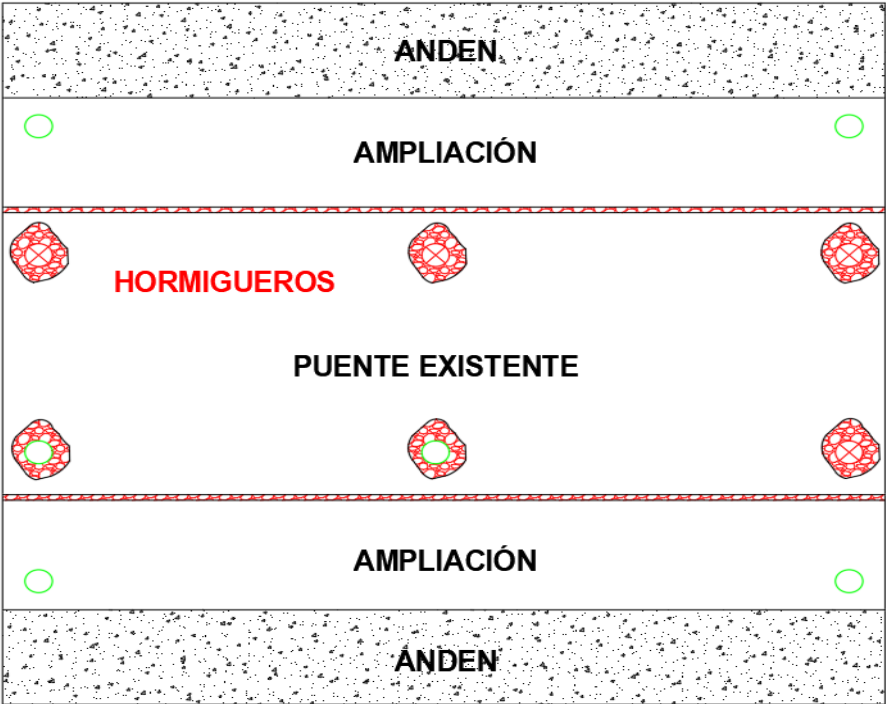
ESQUEMAS

OBSERVACIONES
Patología: Taponamiento de drenajes Se observan cuatro (4) de los diez (10) drenajes obstruidos lo que favorece inundaciones en la zonas aledañas que contribuyen al deterioro de la estructura.
FOTOGRAFÍA #3


	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA _____ DE La Calera	
REGIONAL 1 2 Cundinamarca	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

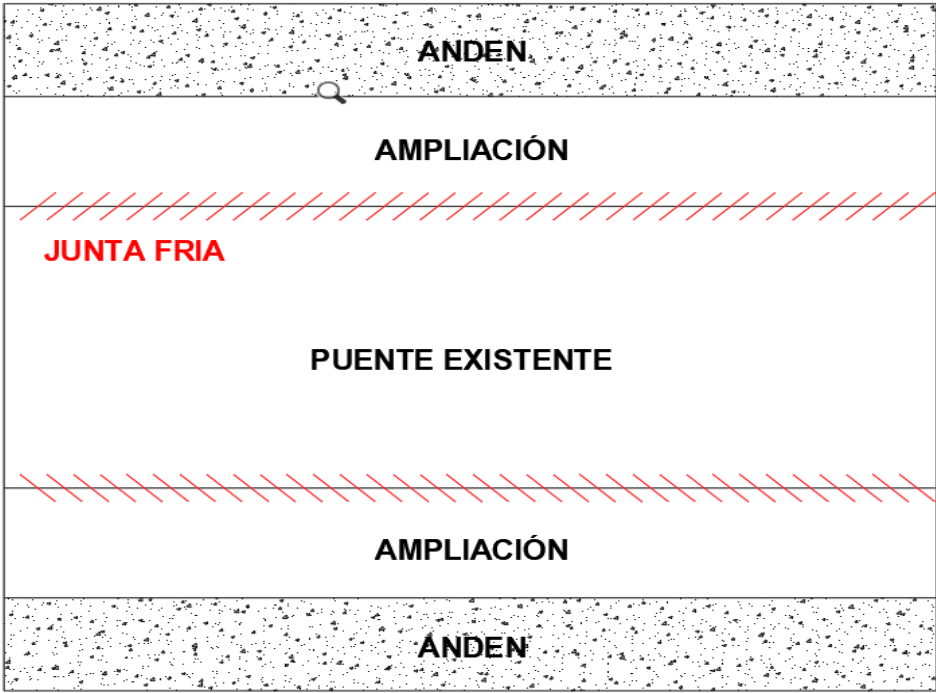
ESQUEMAS
 FISURA POR FLEXIÓN 0.3 m
OBSERVACIONES
Patología: Fisura por flexión Se identifica fisura de longitud 30 cm sobre la losa. Esta se encuentra ubicada en lo que era el voladizo antes de la ampliación. Alrededor de la fisura se aprecia presencia de oxido y eflorescencias.
FOTOGRAFÍA 4


 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE Puentes Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


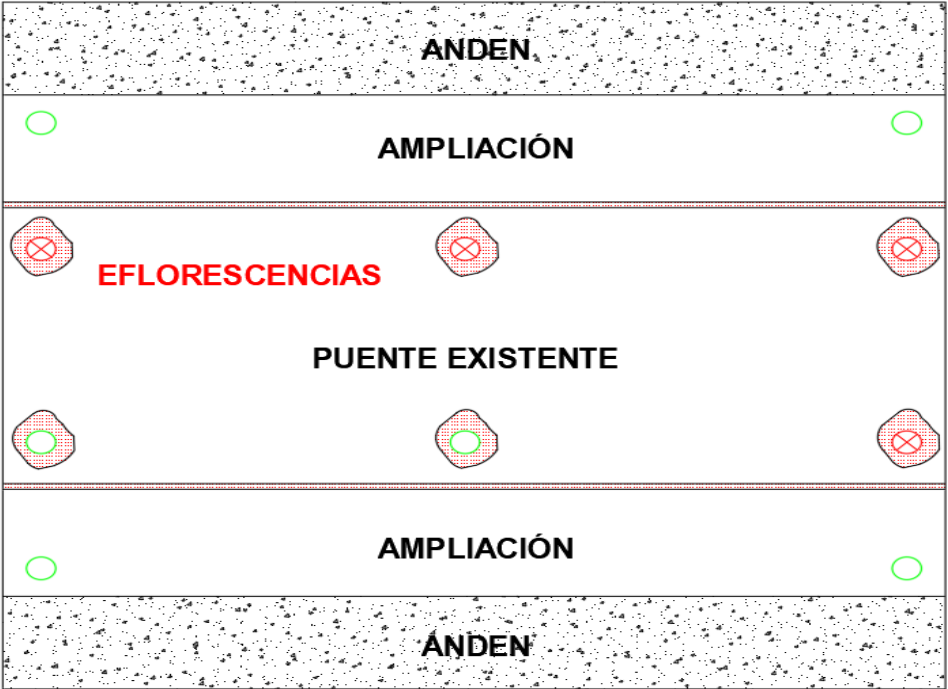
OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 5
Patología: <i>Hormigueros en la losa</i> <i>Existe presencia de Hormigueros en las zonas con presencia de humedad constante como drenajes y junta fría por ampliación.</i> <i>Se evidencia que los hormigueros se encuentran en los drenajes antiguos debido a que estos están a nivel, los drenajes nuevos bajan un poco más del nivel de la losa.</i>	

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE Puentes Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


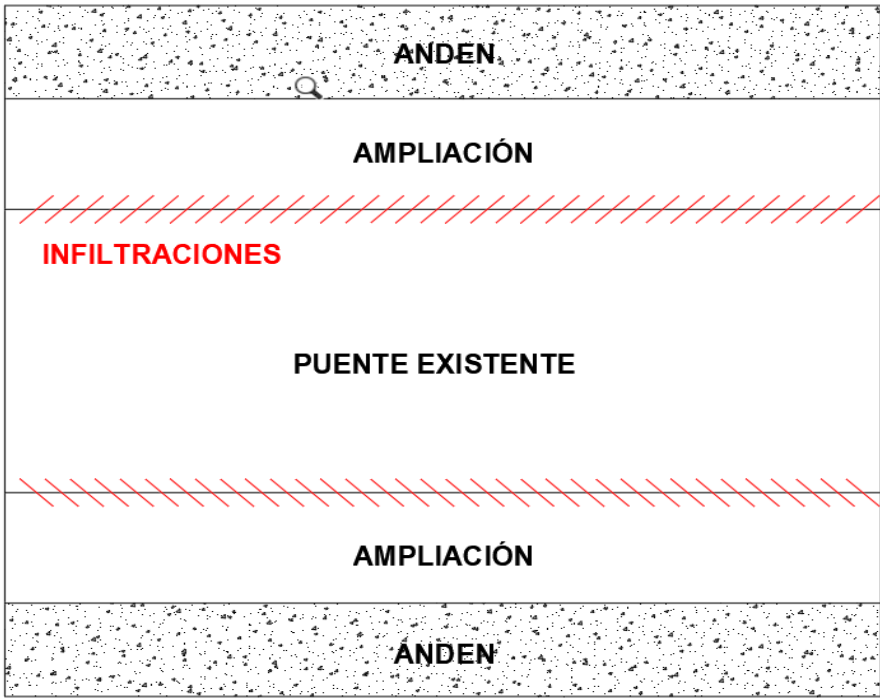
OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 6
Patología: Junta fría inadecuada La continuidad entre el concreto antiguo y el de la ampliación presenta un diseño inadecuado de junta que permite el ingreso de agentes agresivos como: Sulfatos, cloruros, carbonato, otros.	

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 7
Patología: <i>Eflorescencias en la losa</i> <i>Se identifica la existencia de eflorescencias en los sitios con presencia de humedad. En varios lugares se logra observar el aumento de porosidad a causa de las eflorescencias que termina en otras patologías como hormigueros.</i>	

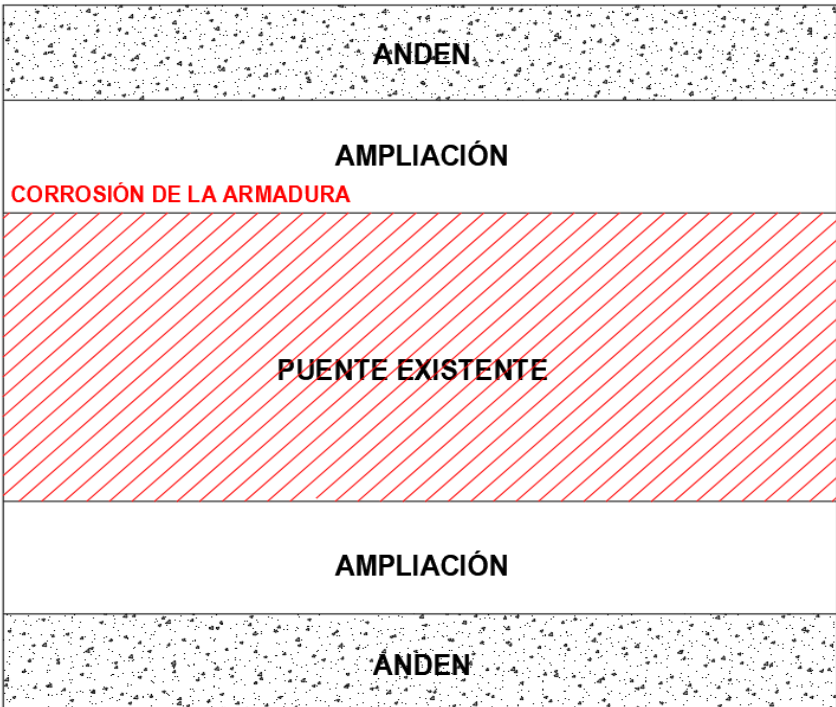
 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA DE La Calera	
REGIONAL 1 2 Cundinamarca	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ Stephanie Andrea Bueno Lara	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 8
Patología: Infiltraciones en la losa Se observa infiltración constante en la junta fría entre el puente antiguo y la ampliación. Evidencia de lo anterior es la proliferación de líquenes sobre la misma.	

Apéndice C. Esquema 8. Infiltraciones en la losa (AASHTO, 2011, págs. 4-35)

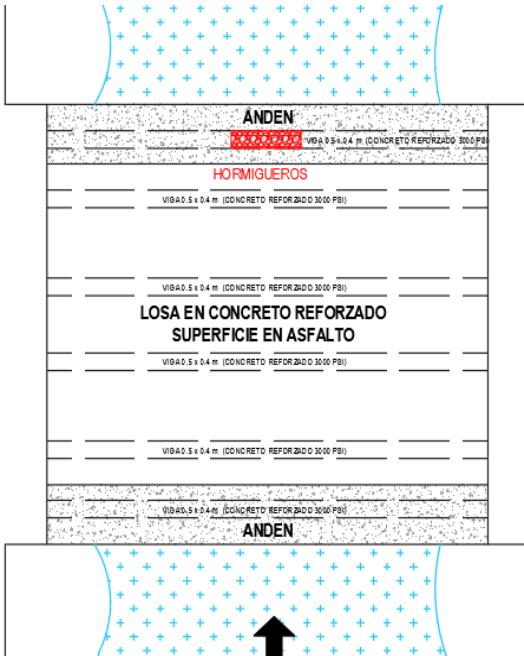
 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 9
Patología: Corrosión de la armadura <i>La diferencia entre la coloración de la losa antigua y la ampliación permite evidenciar un proceso de corrosión de la armadura.</i>	

Apéndice C. Esquema 9. Corrosión de la armadura en la losa (AASHTO, 2011, págs. 4-35)

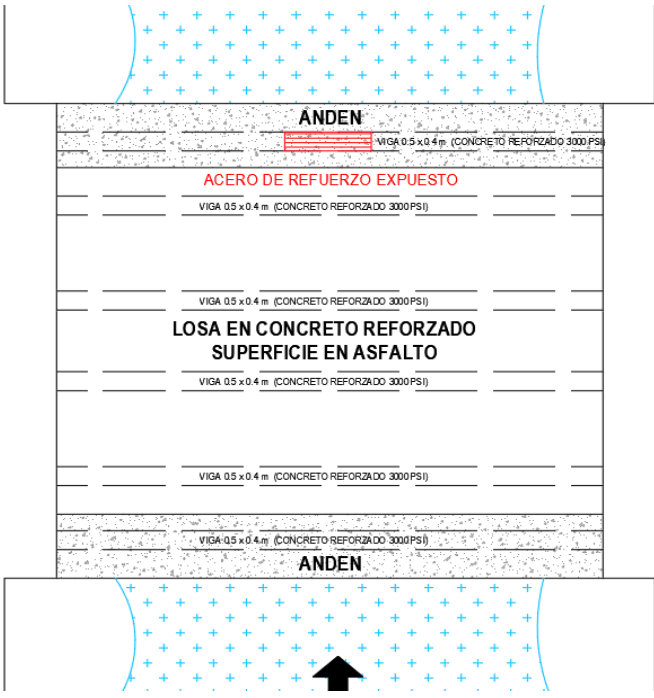
 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. <u>NA</u> DE <u>La Calera</u>	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS	
CARRERA 2B ANDEN VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) HORMIGUEROS VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) LOSA EN CONCRETO REFORZADO SUPERFICIE EN ASFALTO VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) VIGA 0.5 x 0.4 m (CONCRETO REFORZADO 3000 PSI) ANDEN 	CARRERA 2A 
CALLE 9	CALLE 9

OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 10
Patología: Hormigueros en viga Se observa hormigoneo en viga con acero expuesto. Lo anterior se debe a un bajo recubrimiento que sumado al proceso de oxidación del acero desencadenó en otras patologías como hormigueros. Área afectada: 0,1 m²	

Apéndice C. Esquema 10. Hormigueros en viga (AASHTO, 2011, págs. 4-21)

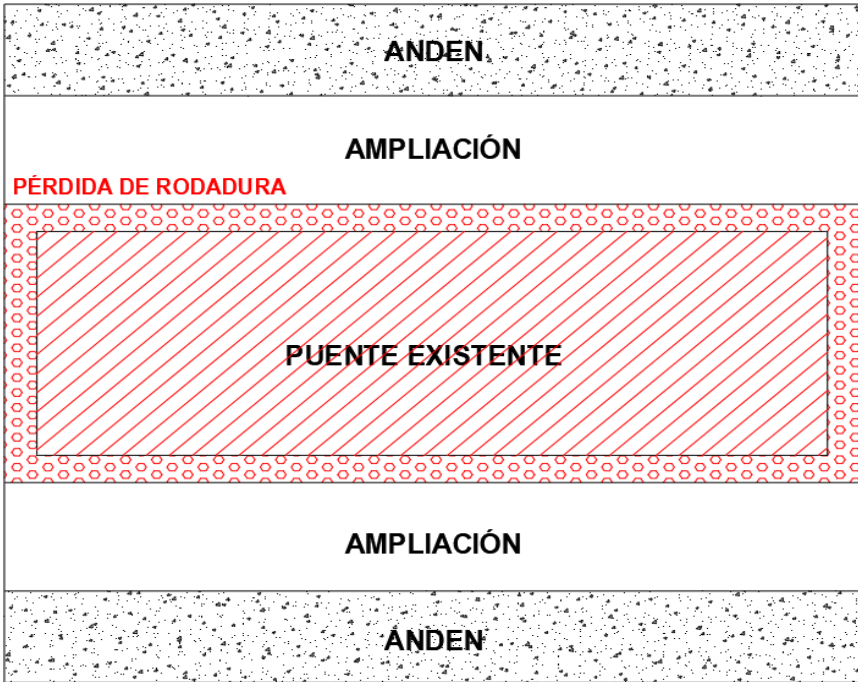
 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA _____ DE La Calera _____	
REGIONAL 1 2 <u>Cundinamarca</u>	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS		
CARRERA 2B CALLE 9		CARRERA 2A

OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 11
Patología: Acero de refuerzo expuesto Se evidencia que el bajo recubrimiento sumado a la patología de Hormigueros permitió la exposición del acero de refuerzo, lo que por consiguiente desencadena problemas de corrosión en la armadura de la estructura. Área afectada: 0,08 m²	

Apéndice C.. Esquema 11. Exposición del acero de refuerzo en viga (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006, pág. 36)

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ NA _____ DE La Calera	
REGIONAL 1 2 Cundinamarca	FECHA 27 07 2018
LEVANTÓ <u>Stephanie Andrea Bueno Lara</u>	HOJA 1 DE 1

ESQUEMAS


OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA 12
Patología: <i>Perdida de carpeta de rodadura</i> <i>Se identifica perdida de carpeta de rodadura sobre la superficie antigua. Abrasión de la superficie observándose agregados sueltos. Las áreas más afectadas son alrededor de las juntas.</i>	

Apéndice C. Esquema 12. Pérdida de carpeta de rodadura (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2006, pág. 7)

8. Ensayos no destructivos (END)

Los ensayos no destructivos se llevaron a cabo con el laboratorio CONCRELAB, las pruebas realizadas fueron:

- a) Ensayo de carbonatación (*Ver Apéndice I*)
- b) Ensayo de esclerometría (*Ver Apéndice J*)
- c) Prueba a compresión de núcleos de concreto (*Ver Apéndice I*)
- d) Ensayo de Ferroskan (*Ver Apéndice K*)

Para poder llevar a cabo los ensayos anteriores fue necesario realizar una solicitud de permiso ante la Secretaría de Planeación de la Calera, conjunto con un plan de manejo de tráfico (PMT) teniendo en cuenta las actividades a ejecutar, en el **Apéndice** se presenta la carta de solicitud radicada ante la alcaldía de la Calera con su respectivo PMT.

8.1 Resultados del ensayo de carbonatación

El ensayo de carbonatación fue hecho en el laboratorio sobre los núcleos de concreto extraídos (*Ver Figura 20 y Tabla 3*) a continuación, se presenta el avance de carbonatación para cada una de las muestras, datos registrados en las observaciones de los informes del ensayo a compresión de núcleos (*Ver Apéndice I*):

Tabla 3.

Resultados del ensayo de carbonatación.

Núcleo 1	8 mm	Núcleo 3	0 mm	Núcleo 5	0 mm
Núcleo 2	14 mm	Núcleo 4	0 mm	Núcleo 6	0 mm

El ensayo de carbonatación se realizó sobre los seis (6) núcleos de concreto extraídos, para los cuales los núcleos 1, 2 y 3 corresponden a la losa y los 4,5 y 6 a las vigas. El ensayo dio como resultado un avance de carbonatación en la losa hasta de 14 mm, este avance sobrepasa el recubrimiento induciendo la corrosión de la armadura. Para los núcleos ensayados no fue detectado progreso alguno de carbonatación en la viga.



Figura 20. Ensayo de carbonatación sobre los núcleos de Concreto

8.2 Resultados de la esclerometría

El ensayo de esclerometría se realizó el día 27 de Julio de 2018 en el sitio del proyecto (Calle 9 entre carrera 2A y 2B) con el fin de determinar la resistencia del concreto a través del número de rebote del concreto endurecido. Se registraron tres (3) puntos cada uno de quince (15) rebotes para

su promedio. Dos de los tres puntos se tomaron en vigas y el otro punto se tomó en la losa (Ver *Figura 21*). Para el ensayo de esclerometría se siguió el procedimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC3692:1995.



Figura 21. Ensayo de esclerometría

A continuación, en la Tabla D. se presentan los resultados obtenidos con el ensayo de esclerometría para cada uno de los puntos de estudio, estos datos se tomaron del informe presentado por CONCRELAB (Ver *Apéndice J*):

Tabla 4.

Resultados de ensayo de esclerometría.

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA NTC3691			
ENSAYO No.	ESTRUCTURA	# REBOTE	RESISTENCIA
1	Vigas	59.90	3295.5 PSI
2	Vigas	58.40	3212 PSI
3	Losa	64.04	3522.2 PSI

La ingeniería existente del puente indica una resistencia a la compresión del concreto ($F'c$) de la losa y de las vigas de 3000 PSI, de acuerdo al ensayo de esclerometría el puente estaría constructivamente de acuerdo a lo planteado en la ingeniería.

8.3 Resultados de los núcleos de concreto

La extracción de núcleos se realizó el día 27 de Julio de 2018 en el sitio del proyecto (Calle 9 entre carrera 2A y 2B) con el fin de determinar la resistencia del concreto a través del ensayo a compresión. Se tomaron dos grupos de muestras cada uno con tres núcleos (ICONTEC, 1994), el primer grupo corresponde a la losa y el segundo a las vigas (*Ver Figura 22 y Figura 23*). Para el ensayo de compresión de los núcleos de concreto se siguió el procedimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC3658:1994, en lo que se refiere al curado, refrentado y ensayo a compresión, en el **Apéndice I** se presenta el informe completo del ensayo de resistencia a la compresión presentado por CONCRELAB.



Figura 22. Grupo de núcleos de concreto: Losa



Figura 23. Grupo de núcleos de concreto: Vigas

Se presenta en la Tabla 5 de los resultados del ensayo a compresión de los núcleos de concreto extraídos, de acuerdo al informe entregado por CONCRELAB (Ver **Apéndice I**):

Tabla 5.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

LOSA			VIGAS		
Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3	Núcleo 4	Núcleo 5	Núcleo 6
21.4 Mpa	17.1 Mpa	16.8 Mpa	29.2 Mpa	27.6 Mpa	26.0 Mpa
3057 PSI	2443 PSI	2400 PSI	4171 PSI	3942 PSI	3714 PSI

Resistencia promedio	2633 PSI	Resistencia promedio	3942 PSI
----------------------	----------	----------------------	----------

De acuerdo a los resultados obtenidos con el ensayo de resistencia a la compresión de los núcleos de concreto de concreto se tiene que:

- La losa presenta una resistencia inferior a la especificada en la ingeniería.
- Las vigas presentan una resistencia superior a la especificada en la ingeniería.
- La baja resistencia de la losa es acorde con los resultados del ensayo de carbonatación.
- Se nota imprecisión en los resultados obtenidos con el ensayo de esclerometría, pero esto puede deberse a las causas anteriormente descritas.

8.4 Resultados del Ferroskan

El uso del sistema ferroskan PS200 se realizó el día 27 de Julio de 2018, con el fin de verificar la posición, profundidad y estimar el diámetro de hierros de la armadura, aunque se realizó verificación en el sitio en los puntos con acero expuesto, se aclara que solamente se realizó este

ensayo no destructivo para la verificación del refuerzo. Se tomaron 3 puntos el primero en el centro de la viga, el segundo en los apoyos y el tercero en la losa. A continuación, en Tabla 6 se presenta cuadro con resultados obtenidos para el diámetro y recubrimiento de la armadura, a través del ensayo de ferroskan, información obtenida a través del informe entregado por CONCRELAB (*Ver Apéndice Apéndice K*):

Tabla 6.

Resultados del ensayo de ferroskan

VIGA: Centro				VIGA: Apoyo				LOSA			
No	ϕ _{barra}	Rec	Dir	No	ϕ _{barra}	Rec	Dir	No	ϕ _{barra}	Rec	Dir
1	16mm	60mm	H	1	10mm	48mm	V	1	14mm	32mm	H
2	16mm	44mm	H	2	10mm	46mm	V	2	16mm	34mm	H
3	16mm	43mm	H	3	16mm	47mm	H	3	16mm	49mm	H
4	10mm	43mm	V	4	16mm	34mm	H	4	10mm	44mm	V
5	10mm	44mm	V	5	16mm	31mm	H	5	10mm	45mm	V
								6	8mm	27mm	V

Según los resultados obtenidos se realiza cuadro comparativo (*Ver Tabla 7*) de lo establecido en la ingeniería y lo encontrado con el ensayo de ferroskan y sus respectivas observaciones:

Tabla 7.

Comparativo entre la ingeniería y ensayo de ferroskan en campo.

DESCRIPCIÓN	INGENIERÍA	FERROSCAN	OBSERVACIÓN
Acero Longitudinal de la viga.	#8 (25.4 mm) #4 (12.7 mm)	#5 (15.9 mm)	El ensayo no detectó varillas #8, todo el acero longitudinal detectado fue #5.
Acero transversal de la viga.	#3 (9.5 mm)	#3 (9.5 mm)	El ensayo y la ingeniería están acordes.
Acero transversal de la losa.	#3 (9.5 mm)	#3 (9.5 mm)	El ensayo y la ingeniería están acordes.
Acero longitudinal de la losa.	#4 (12.7 mm)	#5 (15.9 mm)	El diámetro identificado a través del ensayo es mayor al sugerido en la ingeniería.

Se debe tener en cuenta que la diferencia en el diámetro indicado en la ingeniería y el detectado a través del ensayo puede ser por:

- Debido al efecto de corrosión en la armadura esta tiende a presentar zonas de aumento o reducción de sección, según sea el caso.
- Cambios en la ingeniería durante la construcción sin la actualización de la misma, entrega de planos As Built.

En términos generales, el acero de refuerzo se encuentra acorde a la ingeniería existente o presenta un diámetro mayor, exceptuando las 7 varillas #8 (*Ver Apéndice E*) que no fueron identificadas, todas las varillas del acero longitudinal encontradas en la viga fueron #5.

En cuanto al espaciamiento entre barras (*Ver Tabla 8*) se observa que varía del indicado en la ingeniería, especialmente en las vigas, esto podría ser debido a procesos constructivos errados sumado al peso del concreto durante el vaciado que modifica las distancias.

Tabla 8.

Cuadro comparativo espaciamiento entre barras

DESCRIPCIÓN	INGENIERÍA	FERROSCAN
Acero Longitudinal de la viga centro - Puntos 1 y 2	20 cm	14.8 cm
Acero Longitudinal de la viga centro - Puntos 2 y 3	25 cm	9.6 cm
Acero transversal de la viga centro - puntos 4 y 5	30 cm	29 cm
Acero Longitudinal de la viga apoyo - Puntos 3 y 4	20 cm	8.2 cm
Acero Longitudinal de la viga apoyo - Puntos 4 y 5	25 cm	9.4 cm
Acero transversal de la viga apoyo - puntos 1 y 2	25 cm	27.5 cm
Acero transversal de la losa - Punto 1 y 2	18 cm	18.9 cm
Acero transversal de la losa - Punto 2 y 3	18 cm	18.4 cm
Acero longitudinal de la losa - punto 4 y 5	26 cm	25.5 cm
Acero longitudinal de la losa - punto 5 y 6	26 cm	25.1 cm

9. Análisis estructural de la estructura existente

A continuación, se realiza el análisis de la capacidad de carga actual de la estructura a través del programa CSI Bridge® 2017 (CSI COMPUTERS & STRUCTURES) contemplando un análisis con factores de carga. La geometría del tablero, calidad de los materiales y condiciones de carga corresponden a los resultados de las mediciones de campo y la elaboración de ensayos no destructivos sobre el mismo (*Ver Figura 24*). La modelación tuvo en cuenta el manual del uso del CSI Bridge® (CSI BRIDGE, 2016) para cada una de las etapas del análisis.

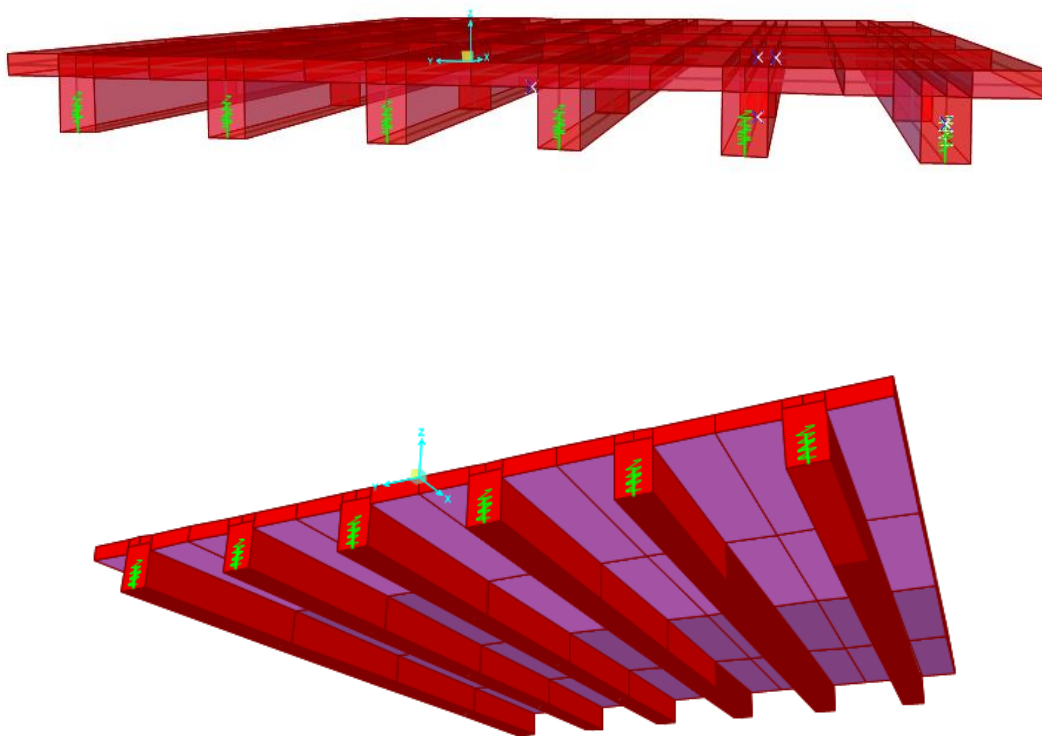


Figura 24. Modelo de Geometría del Puente

9.1 Consideraciones del análisis

Método:	<i>Factores de carga</i>
Resistencia a la compresión del concreto:	<i>Vigas y losa de 21 Mpa</i>
Acero de refuerzo:	<i>A706 Gr 60, FY = 420 Mpa</i>
Tipo de Luz:	<i>Simplemente apoyada</i>
Vigas:	<i>Son analizadas como viga T</i>
Construcción:	<i>Construcción monolítica, in situ</i>
Casos de Carga:	<i>No se incluye caso de sismo debido a que el análisis corresponde a solo a la súper – estructura (Caso académico).</i>
Carga de barandas:	<i>1 kN/m</i>
Carga de Andén:	<i>3.5 kN/m</i>
Carga de Pavimento:	<i>1.1 kN/m</i>

9.2 Patrones y casos de carga (CSI BRIDGE, 2016)

Los patrones de carga utilizados (Ver Figura 25) con sus respectivos casos (Ver Figura 26) son los siguientes:

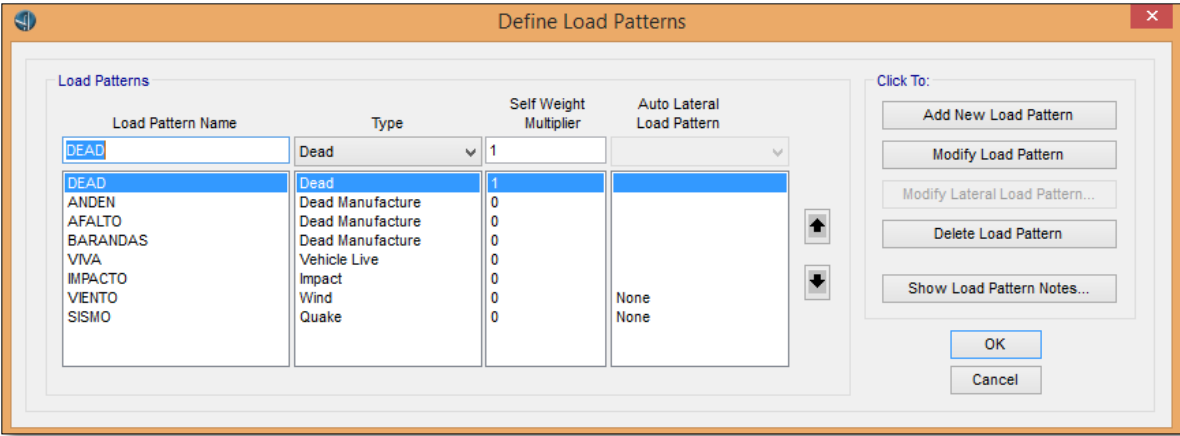


Figura 25. Patrones de carga definidos en CSI Bridge

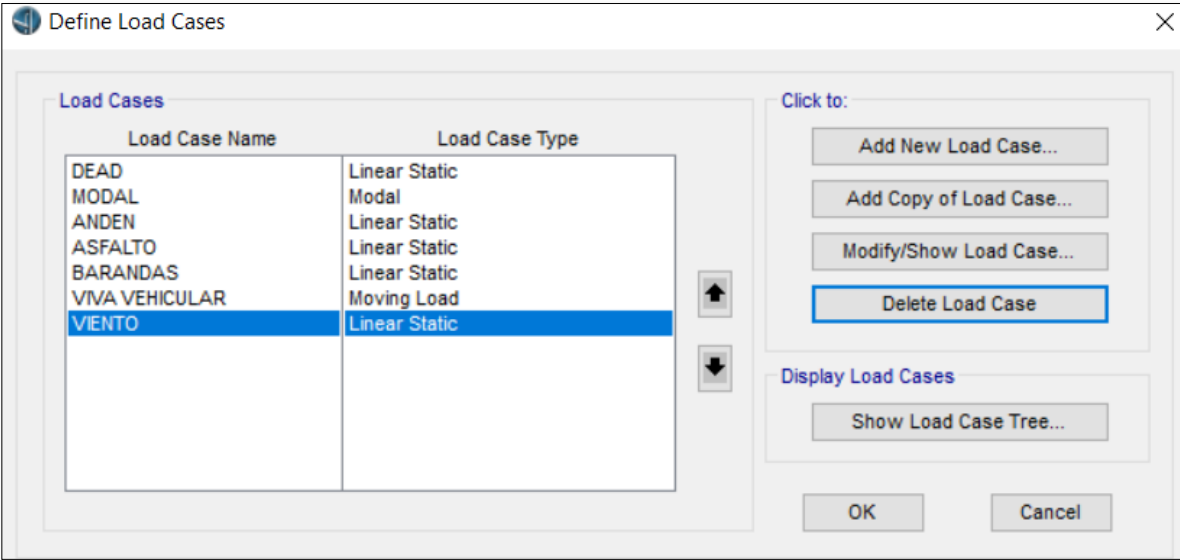


Figura 26. Casos de carga definidos en CSI Bridge

9.3 Definición de los vehículos de carga (CSI BRIDGE, 2016)

Para la definición de los camiones de carga se tuvo en cuenta los datos del tráfico presentes en la zona y lo descrito en el Código Colombiano de puentes (CCP-14), considerando entonces los vehículos señalados a continuación:

CCP-14 (Ver Figura 27 y Figura 28)

CARGAS	
Cabezote (P1)	4 Ton
Eje 2 (P2)	16 Ton
Eje 3 (P3)	16 Ton

SEPARACIONES		
Distancia entre ejes (1)	4.3 m	
Distancia entre ejes (2)	4.3 m	9.0 m

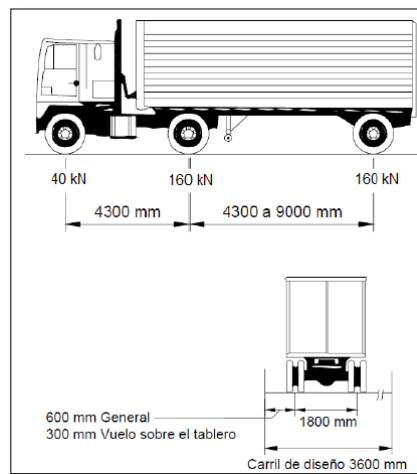


Figura 27. Camión de diseño CCP-14 (INVIAS, 2014)

TANDEM (Ver Figura 29)

CARGAS

Cabezote (P1)	12.5 Ton
Eje 2 (P2)	12.5 Ton

SEPARACIONES

Distancia entre ejes (1)	1.2 m
-----------------------------	-------

Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		1.03	Fixed Width	3.65	4.	Two Points	1.8
Fixed Length	4.3	9.	1.03	Fixed Width	3.65	16.	Two Points	1.8
Variable Length	4.3		1.03	Fixed Width	3.65	16.	Two Points	1.8
Trailing Load	Infinite		1.03	Fixed Width	3.65		Two Points	

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

Value: 0 Width Type: One Point Axle Width: 0.0254

For Lane Moments: 0 Width Type: One Point Axle Width: 0.0254

For Other Responses: 0 Width Type: One Point Axle Width: 0.0254

Floating Axle Load Scale Factor: 1

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

OK Cancel

Superelevation Effects

☐ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor: Uniform Load Factor:

Figura 28. Definición del camión CCP-14

Vehicle Data - Vertical Loading

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		1.03	Fixed Width	3.65	12.5	Two Points	1.8
Fixed Length	1.2		1.03	Fixed Width	3.65	12.5	Two Points	1.8
Trailing Load	Infinite		1.03	Fixed Width	3.65	12.5	Two Points	1.8

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

Value Width Type Axle Width

For Lane Moments 0 One Point 1

For Other Responses 0 One Point 1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Superelevation Effects

☐ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor: Uniform Load Factor:

OK Cancel

Figura 29. Definición del camión Tándem

9.4 Asignación de cargas sobreimpuestas (CSI BRIDGE, 2016)

En la siguiente imagen (Ver **Figura 30**, **Figura 31**, **Figura 32**) se observa la asignación de cargas sobreimpuestas: Las Barandas, los andenes y el pavimento.

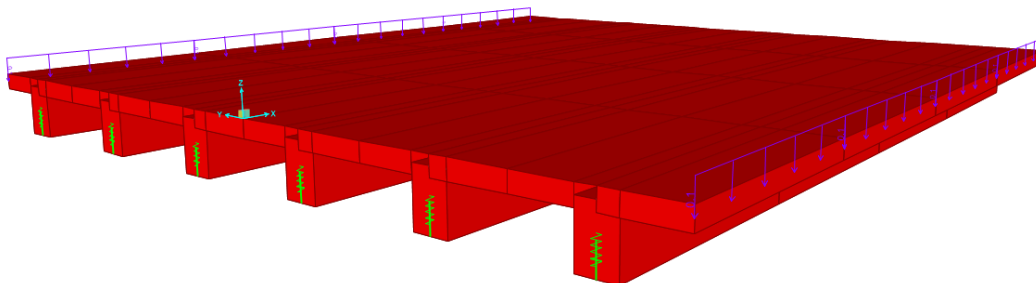


Figura 30. Asignación de cargas: barandas

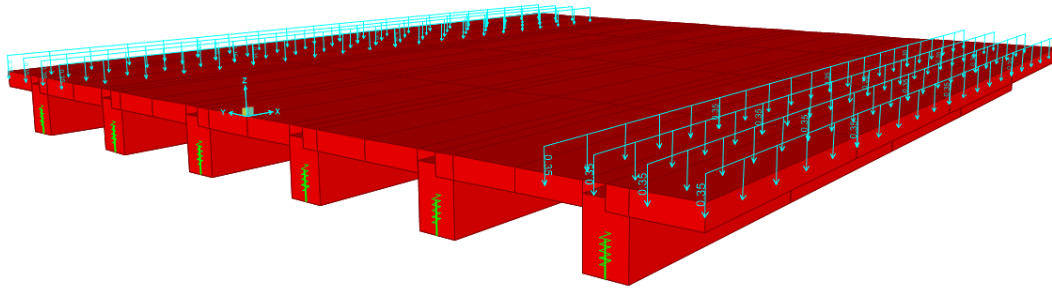


Figura 31. Asignación de cargas: Andenes

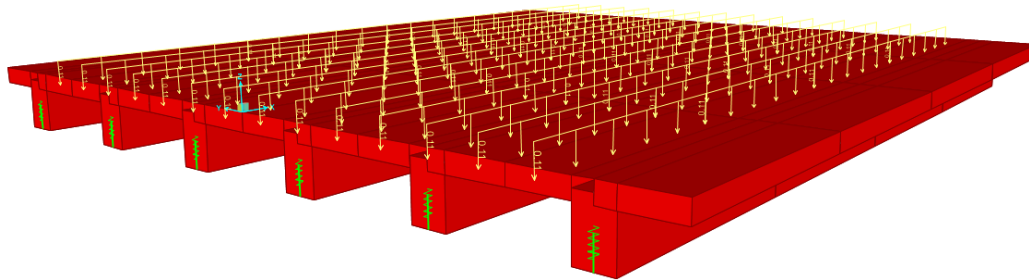


Figura 32. Asignación de cargas: Pavimento

9.5 Combinaciones de carga para el análisis (CSI BRIDGE, 2016)

Las combinaciones de carga utilizadas para el análisis se presentan a continuación (INVIAS, 2014, págs. 3-14). En la Figura 34 se presenta el modelo corrido para las combinaciones indicadas.

Estado Límite de la Combinación de carga	<i>DC</i> <i>DD</i> <i>DW</i> <i>EH</i> <i>EV</i> <i>ES</i> <i>EL</i> <i>PS</i> <i>CR</i> <i>SH</i>	<i>LL</i> <i>IM</i> <i>CE</i> <i>BR</i> <i>PL</i> <i>LS</i>	<i>WA</i>	<i>WS</i>	<i>WL</i>	<i>FR</i>	<i>TU</i>	<i>TG</i>	<i>SE</i>	Use uno de estos a la vez				
										<i>EQ</i>	<i>BL</i>	<i>IC</i>	<i>CT</i>	<i>CV</i>
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40 0	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70 0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo <i>LL</i> , <i>IM</i> & <i>CE</i>	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo <i>LL</i> , <i>IM</i> & <i>CE</i>	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 33. Combinaciones de carga implementadas en el modelos

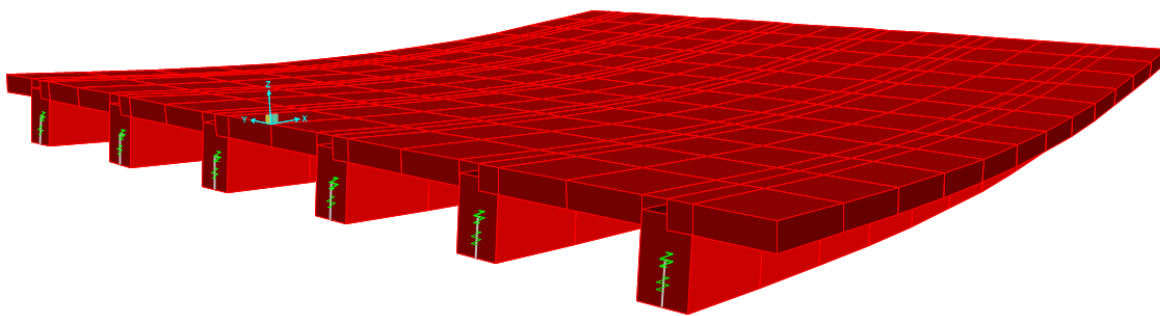


Figura 34. Modelo analizado para las combinaciones de carga

9.6 Resultados De Momentos (M3) y cortantes (V2) En El Modelo (CSI BRIDGE, 2016)

Luego del análisis para las combinaciones de carga anteriores se presentan los resultados de momentos M3 y cortante V2 del modelo para la combinación crítica (Ver Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45 y Figura 46):

9.6.1 Momentos m3 y cortantes v2: viga exterior izquierda

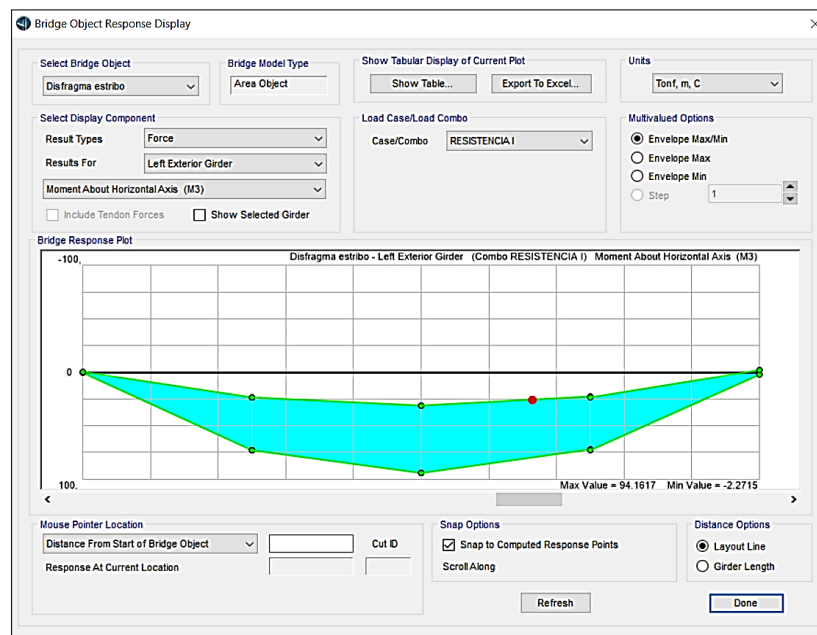


Figura 35. Momento M3 viga exterior izquierda - Combo resistencia I

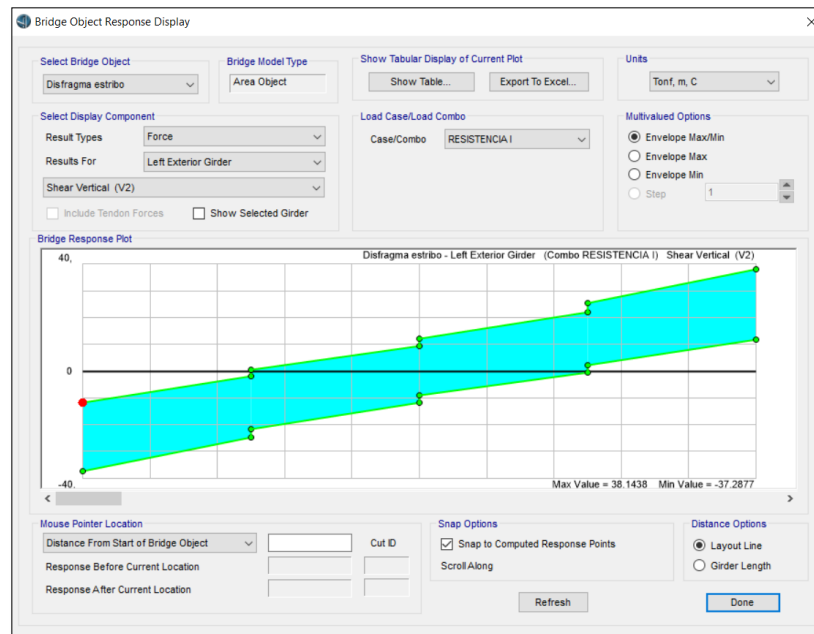


Figura 36. Cortante V2 viga exterior izquierda - Combo resistencia I

9.6.2 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 1

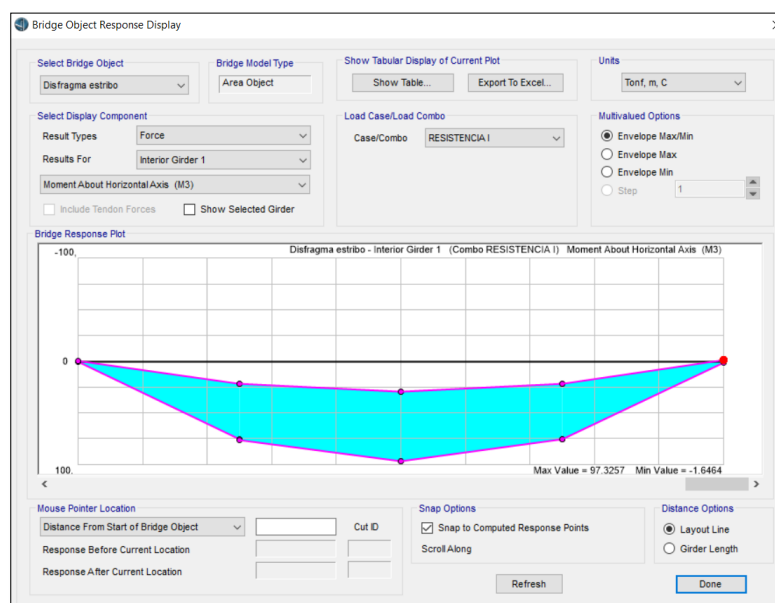


Figura 37. Momento M3 viga interior 1 - Combo resistencia I

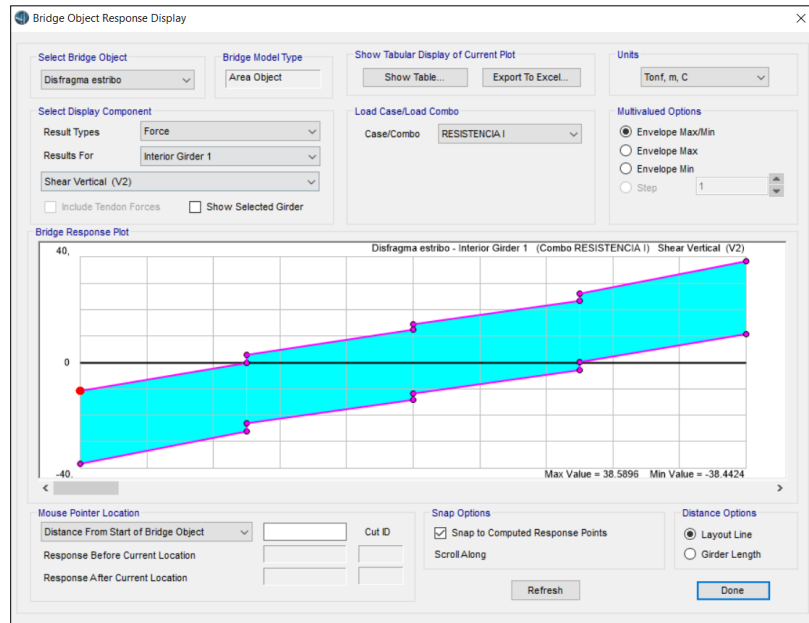


Figura 38. Cortante V2 viga interior 1 - Combo resistencia I

9.6.3 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 2

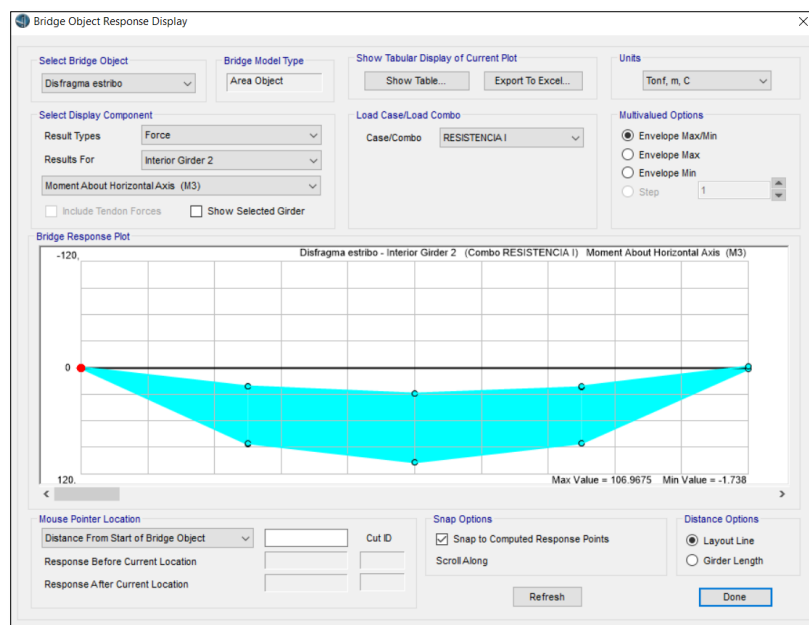


Figura 39. Momento M3 viga interior 2 - Combo resistencia I

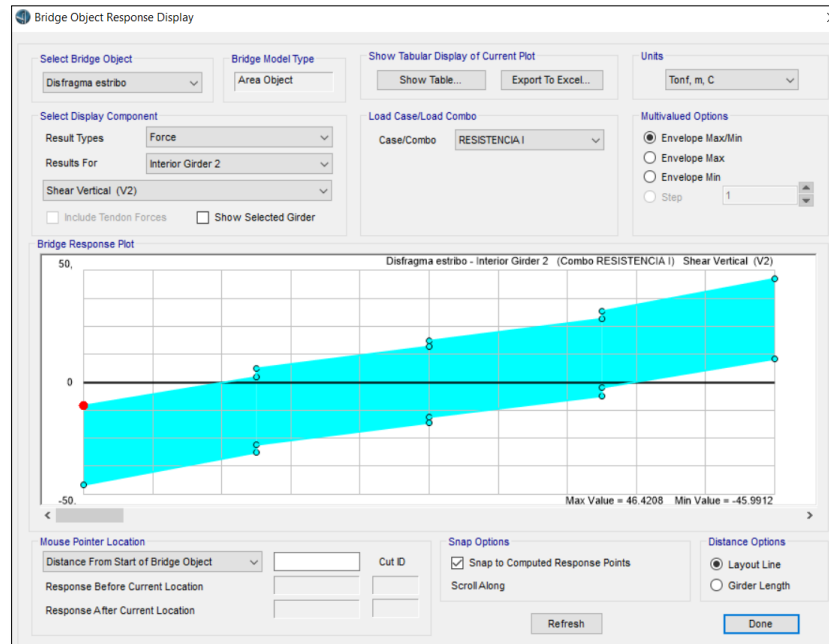


Figura 40. Cortante V2 viga interior 2 - Combo resistencia I

9.6.4 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 3

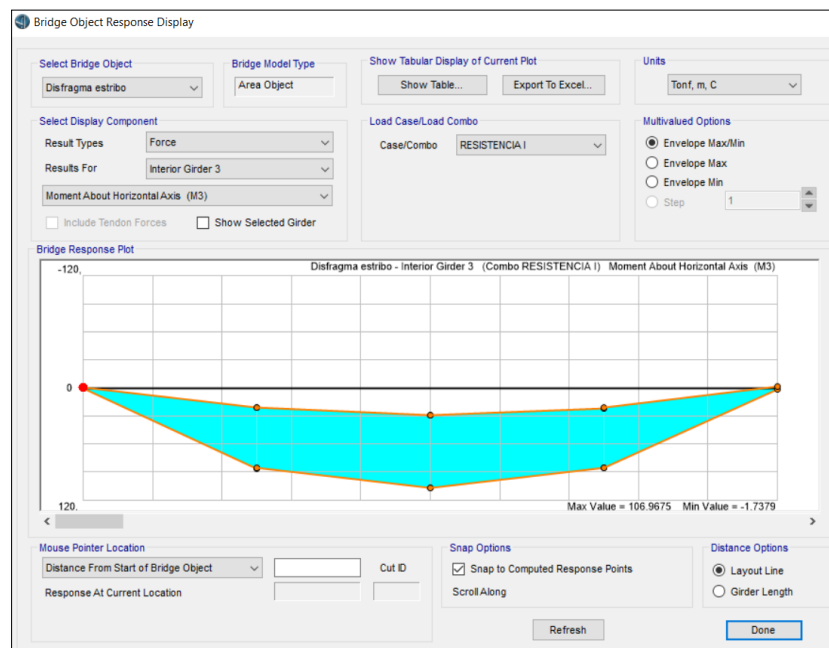


Figura 41. Momento M3 viga interior 3 - Combo resistencia I

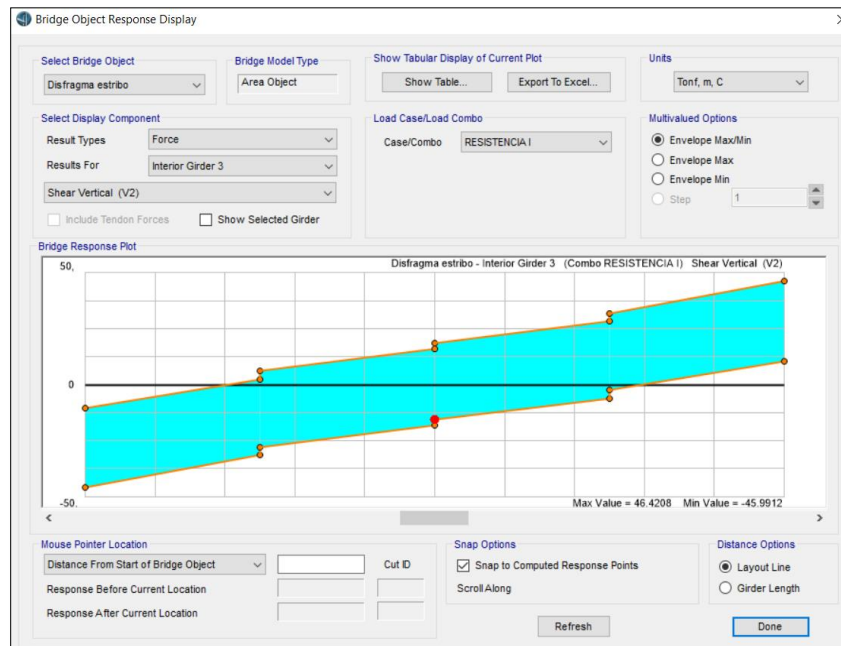


Figura 42. Cortante V2 viga interior 3 - Combo resistencia I

9.6.5 Momentos M3 y cortantes V2: viga interior 4

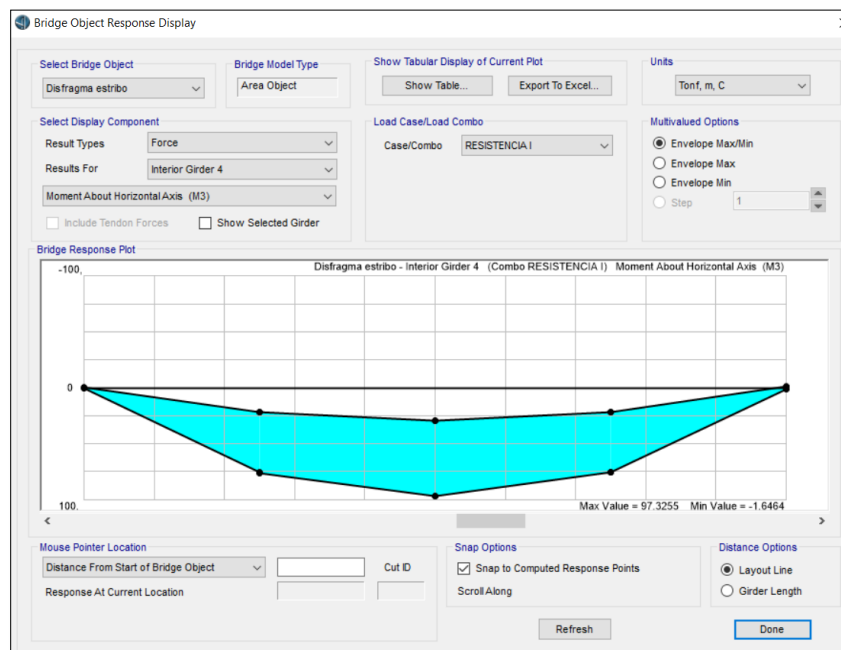


Figura 43. Momento M3 viga interior 4 - Combo resistencia I

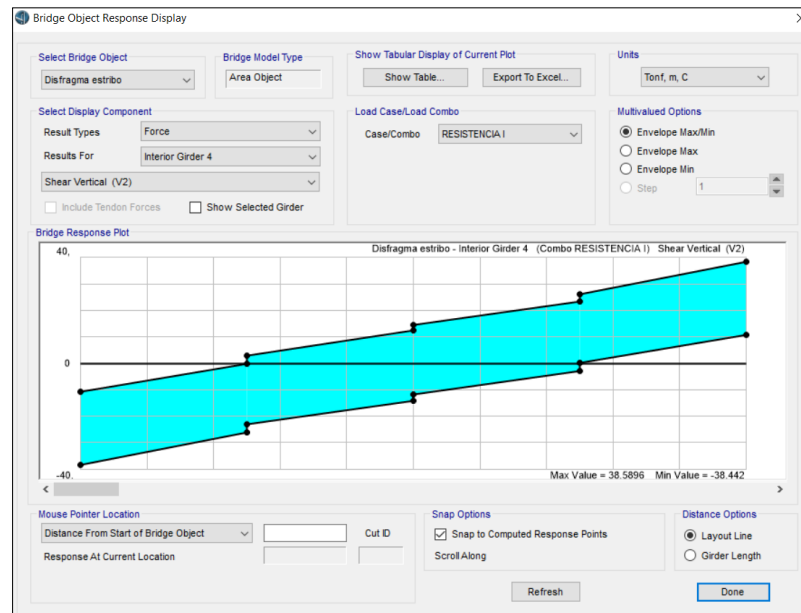


Figura 44. Cortante V2 viga interior 4 - Combo resistencia I

9.6.6 Momentos M3 y cortantes V2: viga exterior derecha

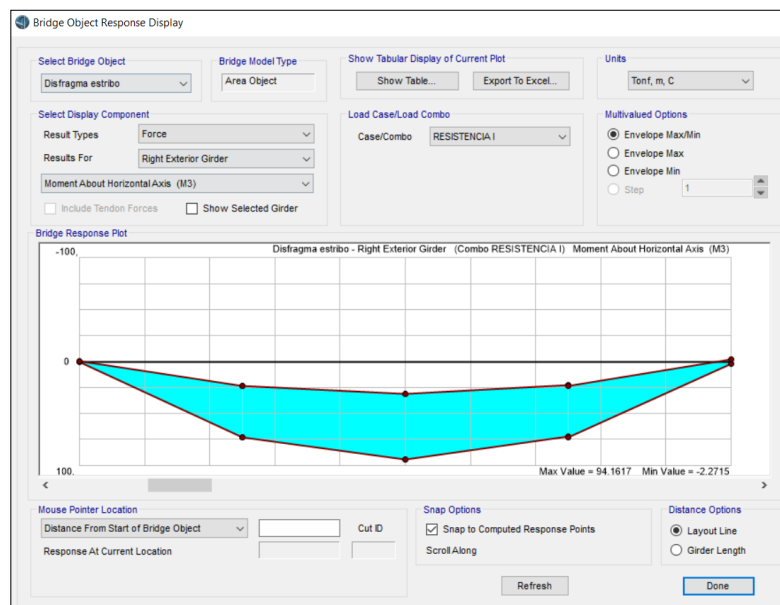


Figura 45. Momento M3 viga exterior derecha - Combo resistencia I

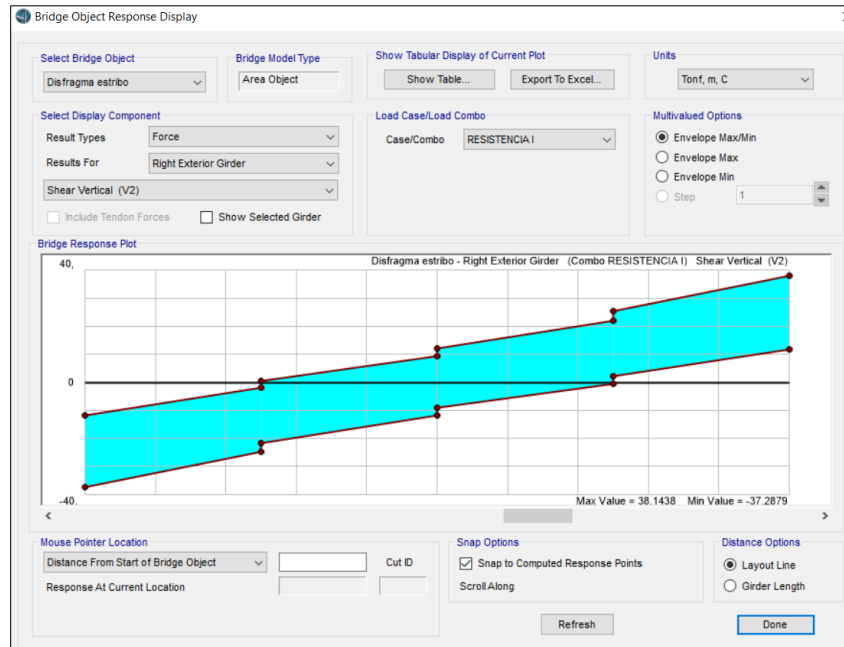


Figura 46. Cortante V2 viga exterior derecha- Combo resistencia I

10. Memoria de cálculo Análisis Estructural CCP-14 Estructura Existente

Luego del análisis de capacidad de carga a través del programa CSI Bridge® 2017 (CSI COMPUTERS & STRUCTURES) se presenta memorias de cálculo del análisis estructural del puente para las dimensiones y acero existente en el Apéndice M con el fin de verificar si la cuantía existente es suficiente, esto fue realizado bajo un análisis con factores de carga. Del análisis descrito se encontró lo siguiente:

- La altura de la viga requerida es de mínimo 74 cm, la viga existente es de 70 cm, lo que quiere decir que se encuentra 4 cm por debajo de lo establecido en la tabla 2.5.2.6.3-1 del CCP-14 (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014).
- Al revisar el esfuerzo cortante en el voladizo, se sugiere un ancho de losa con acartelamiento de 0.24 m; durante la inspección de campo no se evidencia acartelamiento alguno, se mantiene el ancho de la losa de 0.20 m lo que es 4 cm por debajo de lo calculado. Lo anterior favorece a la presencia de fisuras por cortante.
- El análisis estructural se realizó teniendo en cuenta lo encontrado a través de los ensayos de campo, es decir, las condiciones de ingeniería existente de acuerdo a lo encontrado. (Ver Apéndice F).

- El acero de refuerzo requerido para la armadura superior de la losa es de $12.66 \text{ cm}^2/\text{m}$, de acuerdo a la ingeniería existente (*Ver Apéndice E*) se disponen varillas #5 cada 18 cm, sin embargo, el análisis se hace basado en lo encontrado con para esa disposición de acero se requeriría varillas #5 cada 15 cm, según esto, el acero existente es inferior al requerido.
- El acero de refuerzo requerido para la armadura inferior de la losa es de $9.44 \text{ cm}^2/\text{m}$, de acuerdo a la ingeniería existente (*Ver Apéndice E*) se disponen varillas #5 cada 18 cm, sin embargo, para esa disposición de acero se requeriría varillas #5 cada 15 cm, de acuerdo a esto, el acero existente es inferior al requerido.
- La armadura de distribución, es decir, la armadura en la dirección secundaria (Transversal) de acuerdo a la ingeniería existente (*Ver Apéndice E*) corresponde a varillas #3 cada 26 cm, sin embargo, para esa disposición en la franja media de acuerdo al análisis, serían varillas #3 cada 11 cm, según esto, el acero existente es menor al requerido.
- Durante la inspección de campo no hay evidencia de la existencia del acero de refuerzo por retracción y fraguado.
- Se determina que el estado estructural del puente evaluado con el CCP-14 es deficiente, esto debido a que es un puente antiguo que no fue diseñado con esta norma, en el *Apéndice G* se presenta plano de reforzamiento del puente de acuerdo al acero faltante.

11. Descripción propuesta de reforzamiento

11.1 Tratamiento a las patologías encontradas

Tabla 9.

Tratamiento a las patologías encontradas.

No	ESTRUCTURA	PATOLOGÍA	TRATAMIENTO
1	Losa	Ausencia de juntas de expansión	Se deberá intervenir la estructura creando las juntas a cada extremo del puente, como se indica (ASTM, 2013): 1. Realizar el corte de la estructura sobre el área a intervenir y limpiar. 2. Reparar el área afectada por la ausencia de la junta, escarificación, limpieza y reconstrucción. 3. Como es una estructura existente se recomienda utilizar una junta abierta con ángulo metálico que contribuya al acabado de la junta.
2	Andén	Desportillamiento de andenes	Aunque no representa una patología de gran impacto, deberá intervenir para evitar que contribuya al fenómeno de carbonatación: 1. Escarificación, limpieza, epóxico (SIKA, 2017) y reconstrucción. 2. Si se considera necesario, se puede hacer uso de un ángulo para evitar el desportillamiento continuo.
3	Drenajes	Taponamiento de drenajes	1. Limpieza y des-taponamiento de drenajes. 2. Alargue de los drenajes, con el fin de evitar afectación del área aledaña. 3. Se recomienda un mantenimiento periódico para evitar el taponamiento.
4	Losa	Fisura por flexión	Necesario su reparación pues es un factor que contribuye a la corrosión del acero, para ello (ACI Committe 224, 1993): 1. Escarificación del área afectada. 2. Limpieza 3. Epóxico 4. Sellante
5	Losa	Hormigueros	Necesario su reparación pues es un factor que contribuye a la corrosión del acero, para ello (ACI Committe 224, 1993): 1. Escarificación del área afectada. 2. Limpieza 3. Epóxico 4. Mortero de reparación
6	Losa	Junta fría inadecuada	Se deberá intervenir la estructura arreglando las juntas como se indica (ASTM, 2013):

			1. Realizar el corte de la estructura sobre el área a intervenir y limpiar. 2. Reparar el área afectada: escarificación, limpieza y reconstrucción. 3. No olvidar el uso de epóxico (SIKA, 2017) para evitar su deterioro.
7	Losa	Eflorescencias	Las superficies que no presentan una patología activa pueden limpiarse (SIKA, 2014), de lo contrario, deberá intervenir el área reemplazando el concreto afectado.
8	Losa	Infiltraciones	Al repararse las juntas, las infiltraciones se verán corregidas.
9	Losa	Corrosión de la armadura	Remueva todo el concreto contaminado con cloruro, o carbonatado del concreto y reemplácelo. (ACI Comittee 222, 2001)
10	Viga	Hormigueros	Necesario su reparación pues es un factor que contribuye a la corrosión del acero, para ello (ACI Committe 224, 1993): 5. Escarificación del área afectada. 6. Limpieza 7. Epóxico 8. Mortero de reparación
11	Viga	Acero expuesto	Se recomienda la siguiente metodología (ACI Comittee 222, 2001): 1. Remueva todo el concreto contaminado con cloruro, o carbonatado del concreto 2. Retire el refuerzo afectado. 3. Limpieza de la zona 4. Reemplace el refuerzo que fue retirado a través de anclajes o traslapo de ser posible. 5. Reemplace el concreto.
12	Rodadura	Perdida de carpeta de rodadura.	Será necesario realizar un mantenimiento a la carpeta de rodadura: 1. Retiro de la capa de rodadura 2. Limpieza del área 3. Preparación de la mezcla y repavimentar.

11.2 Alternativas de reforzamiento

A continuación, se presentan algunas de las diferentes alternativas de reforzamiento que pueden ser utilizadas para el mejoramiento estructural del puente de estudio, sin embargo, para el presente estudio los planos y detalles del reforzamiento se realizan para el método de recrecimiento de secciones (HAMEED, KHAN, TURATSINZE, & SIDDIQI, 2018).

11.3 Enchaquetado con láminas de acero

El objetivo de esta técnica es incrementar la capacidad de deformación o ductilidad del elemento y el propósito es mejorar su capacidad a cortante confinando el concreto. La técnica consiste en colocar una chaqueta o camisa con láminas de acero envolviendo al elemento. El enchaquetado se puede colocar dejando una holgura o espacio (SIKA, 2017) (Ver Figura 47)



Figura 47. Alternativa de reforzamiento: Enchaquetado con láminas de acero (SIKA, 2017)

11.3.1 Envoltura con ángulos y platinas. El objetivo de esta técnica es el mismo del enchaquetado con láminas de acero, mejorar la capacidad a cortante. La técnica consiste en colocar una chaqueta conformada por ángulos y platinas de acero. (Ver Figura 48)



Figura 48. Alternativa de reforzamiento: Envoltura con ángulos y platinas de acero (SIKA, 2017)

11.3.2 Reforzamiento con materiales de fibras poliméricas (FRP). La finalidad de esta técnica es incrementar la capacidad de deformación o ductilidad del elemento y el propósito es mejorar su capacidad a cortante confinando el concreto. Los elementos estructurales FRP son platinas o láminas de carbono, vidrio o aramida con mecanismos de transmisión de carga y proceso constructivo similar al de los elementos metálicos, sin embargo, existen particularidades de diseño propias de este material, por ejemplo, su característica a la alta resistencia de impacto (LU, HU, LI, & TANG, 2018). (Ver Figura 49)



Figura 49. Alternativa de reforzamiento: Reforzamiento con fibras poliméricas (SIKA, 2017)

11.3.3 colocación de cables tensados de acero o FRP. La resistencia de un elemento se puede aumentar con la adición de cables de acero o de materiales compuestos FRP pre-esforzados y anclados externamente a la estructura y que ejercen una acción activa. Se puede aumentar la resistencia del elemento a flexión, cortante, torsión, carga axial con esta técnica. (SEOK, GWON, & HYUN, 2018) (Ver Figura 50)

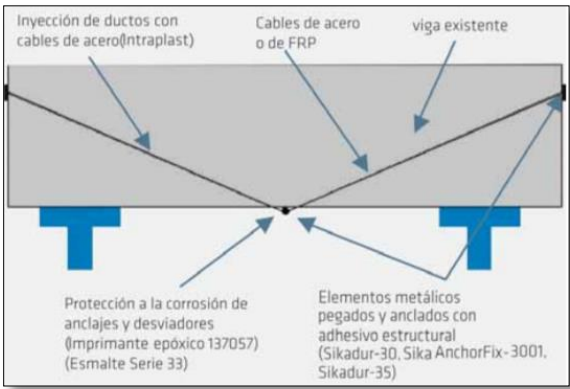


Figura 50. Alternativa de reforzamiento: Colocación de cables tensados de acero (SIKA, 2017)

11.4 Propuesta de reforzamiento detallada: recrecimiento de secciones

De acuerdo al análisis realizado en Apéndice M, donde se verificó las dimensiones y acero de refuerzo existente en el puente para las solicitaciones expuestas, se requiere un reforzamiento como se muestra a continuación:

Losa del puente

Tabla 10.

Reforzamiento de la losa del puente

TIPO DE REFUERZO	REFUERZO EXISTENTE	REFUERZO REQUERIDO	DIFERENCIA	REFORZAMIENTO
Armadura superior (Principal)	7.16 cm ² / m	12.66 cm ² / m	5.5 cm ² / m	8.94 cm ² / m #5 cada 22 cm
Armadura inferior (Principal)	7.16 cm ² / m	10.6 cm ² / m	3.44 cm ² / m	
Armadura de distribución	2.73 cm ² / m	6.4 cm ² / m	3.67 cm ² / m	6 cm ² / m #4 cada 22 cm
Refuerzo por retracción y fraguado	0 cm ² / m	2.33 cm ² / m	2.33 cm ² / m	

Viga Exterior del puente

Tabla 11.

Reforzamiento longitudinal de la viga exterior del puente

Refuerzo en barra No.	No. 7	Área	3.87	cm ²	Φ (cm)	2.22						
Cant Bar _{Requerido}	2	4	7	9	12	14	15	17	17	18	18	
AS _{Existente}	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	cm ²
AS _{Adicional}	NR	NR	6.537	16.74	25.59	33.09	39.25	44.05	47.51	49.62	50.37	cm ²
Cant Bar _{Adicional}	NR	NR	2	5	7	9	11	12	13	13	14	

Tabla 12.

Reforzamiento transversal de la viga exterior del puente

Estribos en barra No.	No. 3	Área	0.71	cm ²	Φ (cm)	0.95						
S _{MAX necesaria}	7	8	9	10	12	15	19	24	33	52	130	cm
S _{estribos adoptado}	7	8	9	10	12	15	19	20	20	20	20	cm
% Reducción	80%											
S _{EXISTENTE}	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	cm
VS-VC	133.6	133.6	133.6	106.9	106.9	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	kN
VS; VC+ (VS-VC)	305.6	305.6	305.6	278.9	278.9	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	kN
S _{MAX necesaria}	25	25	25	31	31	37	37	37	37	37	37	cm
S _{estribos adoptado}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	cm

Vigas Interiores del puente

Tabla 13.

Reforzamiento longitudinal de la viga interior del puente

Refuerzo en barra No.	No. 7	Área	3.87	cm ²	Φ (cm)	2.22						
Cant Bar _{Requerido}	2	3	5	7	8	10	11	12	12	13	13	
AS _{Existente}	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	cm ²
AS _{Adicional}	NR	NR	NR	6.778	12.64	17.33	21.61	24.95	27.38	28.87	29.44	cm ²
Cant Bar _{Adicional}	NR	NR	NR	2	4	5	6	7	8	8	8	

Tabla 14.

Reforzamiento transversal de la viga interior del puente

Estribos en barra No.	No. 3	Área	0.71	cm ²	Φ (cm)	0.95						
S _{MAX necesaria}	6	7	8	9	10	12	15	18	24	35	61	cm
S _{estribos adoptado}	6	7	8	9	10	12	15	18	20	20	20	cm
% Reducción	80%											
S _{EXISTENTE}	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	cm
VS-VC	133.6	133.6	133.6	106.9	106.9	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	kN
VS; VC+ (VS-VC)	305.6	305.6	305.6	278.9	278.9	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	kN
S _{MAX necesaria}	25	25	25	31	31	37	37	37	37	37	37	cm
S _{estribos adoptado}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	cm

En el **Apéndice G** se presenta plano de reforzamiento que incluye el acero adicional que deberá colocarse. Es importante anotar, que el periodo útil de la estructura está sujeto a los materiales (INVIA, 2014) lo cuales tienen un periodo de retorno de 50 años, sin embargo, a pesar de esto y del reforzamiento se debe recordar que se están aprovechando materiales existentes por lo que podríamos prolongar la vida útil del puente a aproximadamente 25 años, recordando que se deberá continuar realizando los mantenimientos necesarios e inspecciones periódicas al mismo.

11.5 Recrecimiento de la losa

Se describe a continuación el procedimiento constructivo que se debe seguir para la propuesta de reforzamiento estructural mediante el recrecimiento de secciones, de las vigas y la losa que conforman el puente:

- A) Demolición de andenes existentes y retiro y almacenamiento de barandas para su uso posterior.
- B) Retiro de la carpeta de rodadura existente para reemplazo de la misma como mantenimiento.
- C) Se procede a el armado del refuerzo como se indica en los planos estructurales
- D) En el sentido longitudinal del puente en la losa se dispondrán #5 cada 22 cm, se usarán las dimensiones y armaduras de acuerdo a los planos estructurales.
- E) En el sentido transversal del puente en la losa se dispondrán #4 cada 22 cm, se usarán las dimensiones y armaduras de acuerdo a los planos estructurales.
- F) Para el recrecimiento de la losa de la superestructura se debe realizar previamente la preparación de la superficie del concreto con el objetivo de darle rugosidad al concreto existente, este procedimiento se debe realizar siguiendo las guías del ICRI “International Concrete Repair Institute” (INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE (ICRI), 2008) donde el perfil de rugosidad debe ser como mínimo CSP6 (Escarificación Media).
- G) Además de conformar el armado de refuerzo de la losa se debe realizar el armado de los andenes del puente existente como se indica en los planos estructurales; conservando las dimensiones, recubrimientos y especificaciones.
- H) Se debe colocar un conector entre la losa existente y el recrecimiento planteado como se indica en los planos estructurales para garantizar la homogeneidad de trabajo estructural del concreto colocado con el concreto existente.

- I) Antes de fundir la losa se debe proceder a generar un puente de adherencia para lo cual se procederá a colocar adhesivo tipo Látex (SIKA, 2017) usado para mejorar la adherencia de los concretos estructurales, su manejabilidad, permeabilidad y retracción, teniendo en cuenta que se colocara un concreto nuevo sobre uno endurecido. Para esto se debe mantener la superficie totalmente libre de impurezas que afecten las propiedades del producto y la superficie del concreto a utilizar, debe estar húmeda sin saturar la superficie.
- J) Se debe garantizar un tiempo de curado mínimo de 28 días teniendo en cuenta que será para cargas vehiculares, por lo que se debe alternar el paso de vehículos para las fundidas.

11.5 Recrecimiento de las vigas

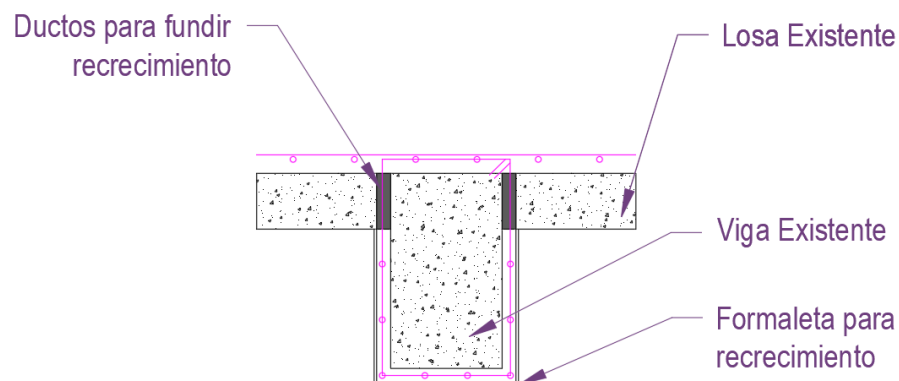


Figura 51. Detalle para bombeo del concreto

- A) Como primera medida se deben localizar los puntos a intervenir, por los cuales pasaran las ramas de los estribos a cruzar por la placa maciza del puente.
- B) Ubicados lo más preciso posible los puntos a intervenir se procede a realizar las perforaciones mediante las cuales se cruzarán las ramas de los estribos (Ver Figura 51).

- C) Realizadas las perforaciones en la losa se procede a cruzar el estribo dejando sobresalientes de abajo hacia arriba de la barra que conforma el estribo, después de cruzar la losa y se procederá a doblar los extremos sobresalientes del estribo hacia el centro del mismo.
- D) Ubicados los dobleces del estribo se procederá a realizar una soldadura del traslapo superior (ICONTEC, 1997), como se indica en los planos estructurales.
- E) Además de cuidar la ubicación del estribo, se debe tener en cuenta que el refuerzo longitudinal que hace parte del reforzamiento se debe ubicar antes de fijar todos los estribos, esto con el fin de facilitar el proceso constructivo del armado final del refuerzo.
- F) Para el recrecimiento de las vigas de la superestructura se debe realizar previamente la preparación de la superficie del concreto con el objetivo de darle rugosidad al concreto existente, este procedimiento se debe realizar siguiendo las guías del ICRI “International Concrete Repair Institute” (INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE (ICRI), 2008) donde el perfil de rugosidad debe ser como mínimo CSP6 (Escarificación Media).
- G) Luego se armará el encofrado para la fundida del aumento de sección de las vigas que conforman el puente con un concreto de 3000 PSI de grano fino máximo de 12 mm, respetando las dimensiones y recubrimientos mínimos estipulados en el plano estructural. Se procederá a colocar el concreto desde la parte superior de la losa como se muestra en Figura 52.

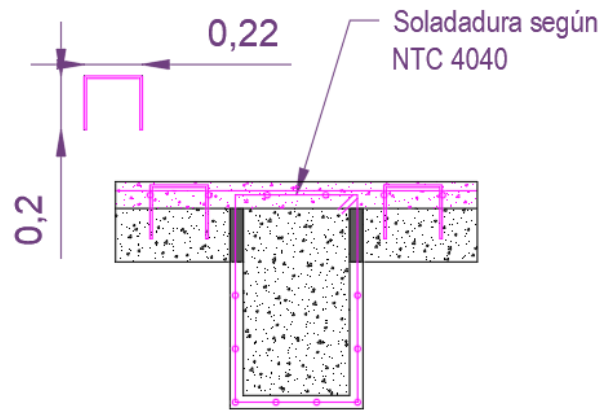


Figura 52. Detalle corte de tablero

H) Se debe garantizar un tiempo de curado mínimo de 28 días teniendo en cuenta que será para cargas vehiculares, por lo que se debe alternar el paso de vehículos para las fundidas.

12. Conclusiones y observaciones

- El presente estudio solamente realizó la patología estructural de la superestructura del puente, debido a que es un documento académico y subestructura no hizo parte del alcance del mismo.
- Este proyecto presenta planos del reforzamiento, pero no incluye cantidades ni costos del mismo, esto no hace parte del alcance del proyecto académico.

12.1 Inspección visual del puente – INVIAS

- Las dimensiones que se encuentran en la ingeniería existente, fueron verificadas en campo encontrando consistencia sobre las mismas.
- Se evidencian mayores patologías sobre el puente antiguo, esto debido a la construcción inadecuada de drenajes y en especial, a la junta que se generó por la ampliación con un proceso constructivo errado. Lo anterior, permite la presencia de humedad constante que desencadena en eflorescencias, porosidad y hormigueros para posteriormente dar paso a procesos de corrosión, fisuras y acero expuesto.
- Aunque se identifican diversas patologías, ninguna representa una falla estructuralmente grave. La ampliación, se encuentra en buenas condiciones salvo la viga que presenta acero expuesto.

La corrosión presente en el puente antiguo sumado a los hormigueros requiere de un mantenimiento, lo cual es algo normal para un puente de tal antigüedad.

12.2 Ensayo End: Carbonatación

- El ensayo de carbonatación no fue realizado en campo, se realizó sobre los núcleos de concreto, esto se debe a que se quería reducir la intervención sobre la estructura teniendo en cuenta que es por fines académicos y es válido realizar el ensayo sobre los núcleos.
- El ensayo de carbonatación se realizó sobre los seis (6) núcleos de concreto extraídos, para los cuales los núcleos 1, 2 y 3 corresponden a la losa y los 4,5 y 6 a las vigas. El ensayo dio como resultado un avance de carbonatación en la losa hasta de 14 mm, este avance sobrepasa el recubrimiento induciendo la corrosión de la armadura. Los núcleos ensayados en la viga no presentaron progreso alguno de carbonatación.

12.3 Ensayo End: Esclerometría

- Los resultados obtenidos a través del ensayo de esclerometría puede verse afectado por diversos factores como: Textura de la superficie del concreto, humedad relativa del concreto, el espesor de los elementos ensayados, la calidad de los agregados empleados en la elaboración del concreto, la relación agua-cemento empleada en la elaboración del concreto, la edad del concreto. (CONCRELAB , 2018)

- La ingeniería existente del puente indica una resistencia a la compresión del concreto (F'_c) de la losa y de las vigas de 3000 PSI, de acuerdo al ensayo de esclerometría el puente estaría constructivamente de acuerdo a lo planteado en la ingeniería.

12.4 Ensayo End: núcleos de concreto

- De acuerdo a los resultados obtenidos con el ensayo de resistencia a la compresión de los núcleos de concreto de concreto se concluye que:
 - La losa presenta una resistencia inferior a la especificada en la ingeniería.
 - Las vigas presentan una resistencia superior a la especificada en la ingeniería.
 - La baja resistencia de la losa es acorde con los resultados del ensayo de carbonatación.
 - Se nota imprecisión en los resultados obtenidos con el ensayo de esclerometría, pero esto puede deberse a las causas descritas relacionadas a las condiciones a garantizar con el ensayo.

12.5 Ensayo End: Ferrosan

- El acero de refuerzo se encuentra acorde a la ingeniería existente, exceptuando las 7 varillas #8 (Ver Apéndice E) que debía tener la viga, pero que a diferencia fueron #5.

- Para obtener valores de medición fiables con el ensayo de ferroskan se deben cumplir las siguientes condiciones (CONCRELAB, 2018): Superficie de hormigón lisa y plana, hierros de armadura no corridos, armadura paralela a la superficie, hierros de la armadura más o menos perpendicular al sitio de inspección, no interferencias magnéticas ni elementos soldados y las ruedas del escáner limpias. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante anotar que dichos factores afectan los resultados.

12.6 Inspección de Elementos Basado en La Aashto (AASHTO, 2015)

Losa en concreto reforzado

El estado de la losa es pobre teniendo en cuenta las patologías encontradas (*Ver Figura 53*), antes de intervenir la estructura se debe realizar tratamiento a los sitios con presencia de eflorescencias y corrosión, escarificando el área afectada.

Defects	Condition States			
	1	2	3	4
	GOOD	FAIR	POOR	SEVERE
Delamination/Spall/ Patched Area (1080)	None.	Delaminated. Spall 1 in. or less deep or 6 in. or less in diameter. Patched area that is sound.	Spall greater than 1 in. deep or greater than 6 in. diameter. Patched area that is unsound or showing distress. Does not warrant structural review.	The condition warrants a structural review to determine the effect on strength or serviceability of the element or bridge; OR a structural review has been completed and the defects impact strength or serviceability of the element or bridge.
Exposed Rebar (1090)	None.	Present without measurable section loss.	Present with measurable section loss but does not warrant structural review.	
Efflorescence/Rust Staining (1120)	None.	Surface white without build-up or leaching without rust staining.	Heavy build-up with rust staining.	
Cracking (RC and Other) (1130)	Width less than 0.012 in. or spacing greater than 3.0 ft.	Width 0.012–0.05 in. or spacing of 1.0– 3.0 ft.	Width greater than 0.05 in. or spacing of less than 1 ft.	
Abrasion/Wear (PSC/RC) (1190)	No abrasion or wearing.	Abrasion or wearing has exposed coarse aggregate but the aggregate remains secure in the concrete.	Coarse aggregate is loose or has popped out of the concrete matrix due to abrasion or wear.	
Damage (7000)	Not applicable.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 2 under the appropriate material defect entry.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 3 under the appropriate material defect entry.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 4 under the appropriate material defect entry.

Figura 53. Definiciones y condiciones de estado – Losa en concreto reforzado (AASHTO, 2015, págs. 3-6)

Barandas

Las barandas del puente de encuentran en perfecto estado, se evidencia mantenimiento reciente sobre las mismas (Ver Figura 54).

Defects	Condition States			
	1	2	3	4
	GOOD	FAIR	POOR	SEVERE
Corrosion (1000)	None.	Freckled rust. Corrosion of the steel has initiated.	Section loss is evident or pack rust is present but does not warrant structural review.	The condition warrants a structural review to determine the effect on strength or serviceability of the element or bridge; OR a structural review has been completed and the defects impact strength or serviceability of the element or bridge.
Cracking (1010)	None.	Crack that has self-arrested or has been arrested with effective arrest holes, doubling plates, or similar.	Identified crack that is not arrested but does not warrant structural review.	
Connection (1020)	Connection is in place and functioning as intended.	Loose fasteners or pack rust without distortion is present but the connection is in place and functioning as intended.	Missing bolts, rivets, or fasteners; broken welds; or pack rust with distortion but does not warrant a structural review.	
Distortion (1900)	None.	Distortion not requiring mitigation or mitigated distortion.	Distortion that requires mitigation that has not been addressed but does not warrant structural review.	
Damage (7000)	Not applicable.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 2 under the appropriate material defect entry.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 3 under the appropriate material defect entry.	

Figura 54. Definiciones y condiciones de estado – Barandas (AASHTO, 2015, págs. 3-24)

VIGAS

Aunque las patologías encontradas en las vigas no son severas deberán der tratadas antes de intervenir la estructura (Figura 55).

Defects	Condition States			
	1	2	3	4
	GOOD	FAIR	POOR	SEVERE
Delamination/Spall/ Patched Area (1080)	None.	Delaminated. Spall 1 in. or less deep or 6 in. or less in diameter. Patched area that is sound.	Spall greater than 1 in. deep or greater than 6 in. diameter. Patched area that is unsound or showing distress. Does not warrant structural review.	The condition warrants a structural review to determine the effect on strength or serviceability of the element or bridge; OR a structural review has been completed and the defects impact strength or serviceability of the element or bridge.
Exposed Rebar (1090)	None.	Present without measurable section loss.	Present with measurable section loss but does not warrant structural review.	
Efflorescence/Rust Staining (1120)	None.	Surface white without build-up or leaching without rust staining.	Heavy build-up with rust staining.	
Cracking (RC and Other) (1130)	Width less than 0.012 in. or spacing greater than 3.0 ft.	Width 0.012–0.05 in. or spacing of 1.0–3.0 ft.	Width greater than 0.05 in. or spacing of less than 1 ft.	
Damage (7000)	Not applicable.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 2 under the appropriate material defect entry.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in Condition State 3 under the appropriate material defect entry.	

Figura 55. Definiciones y condiciones de estado – Vigas

12.7 Análisis Estructural

- La losa no presenta acartelamiento favoreciendo a la presencia de fisuras por cortante. Al calcular el acartelamiento este debe ser de 0.24 m, al no presentar acartelamiento la losa debiera ser de este espesor, sin embargo, es de 0.2 m.
- La altura de la viga existente es inferior a lo establecido en la tabla 2.5.2.6.3-1 del CCP-14 (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, 2014).
- El análisis estructural se realizó teniendo en cuenta lo encontrado a través de los ensayos de campo, es decir, las condiciones de ingeniería existente luego de realizar los ensayos. *(Ver Apéndice F)*.
- El acero existente es inferior al requerido de acuerdo al análisis, motivo por el cual es necesario realizar un reforzamiento del puente. En el Apéndice G, se presenta la ingeniería para llevar a cabo el reforzamiento del mismo.
- De acuerdo al análisis, las vigas exteriores son las vigas más cargadas las cuales requieren un mayor reforzamiento que las vigas interiores, como se observa en el Apéndice G.
- Una vez realizado el reforzamiento estructural se deberá garantizar el curado del concreto hasta alcanzar su resistencia máxima (28 Días), antes de poner en servicio, teniendo en cuenta que estará sometido a cargas vehiculares.

- El uso de conectores de cortante entre la losa existente y el recrecimiento planteado como se indica en los planos estructurales (Ver Apéndice G) es fundamental para garantizar la homogeneidad de trabajo estructural del concreto colocado con el concreto existente, al igual que el uso de los epóxicos correspondientes.

Referencias bibliográficas

AASHTO. (2011). *The manual for bridge evaluation*. Washington, DC: AASHTO.

AASHTO. (2015). *Manual for Bridge Element Inspection*. Washington DC: AASHTO.

ACI Comité 222. (2001). *ACI 222 Protection of Metals in Concrete Against Corrosion*. Washington: ACI.

ACI Comité 224. (1993). *ACI 224.1R-93 Causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures*. Washington: ACI.

ACI COMMITTEE 228. (2013). *Nondestructive Test Methods for evaluation of concrete in Structures*. EE.UU: American Concrete Institute.

ALCALDÍA DE LA CALERA. (16 de Julio de 2017). *Información de Municipio*. Obtenido de <http://www.lacalera-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS. (2014). *Norma colombiana de diseño de puentes CCP-14*. Bogotá D.C: AIS.

ASTM. (2013). *The manual for bridge evaluation*. En A. a. officials. Washington: ASTM.

ASTM INTERNATIONAL. (2013). *ASTM C876: Standar Test Method for crrosión Potentials of Uncoated reinforcing Steel in Concrete*. EE.UU: ASTM.

BBVA. (23 de Septiembre de 2018). *Situación automotriz 2018 Colombia*. Obtenido de <https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2018/03/SituacionAutomotriz2018.pdf>

CAÑADA SORIANO, M., & ROYO PASTOR, R. (2010). *Termografía Infraroja Nivel II*. Madrid: FC Editorial.

CANDEBAT SÁNCHEZ , D. (28 de 11 de 2017). *EBSCOhost*. Obtenido de Algunas reflexiones acerca de la rehabilitación estructural sísmoresistente de puentes: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=6&sid=f2ef0052-24b1-44ac-a848-b6c9c44a760e%40sessionmgr104&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=122000580&db=fua>

CHÁVEZ ULLOA, E., PÉREZ LÓPEZ, T., & Et. All. (08 de 02 de 2017). *EBSCO HOST*. Obtenido de Carbonatación de Concreto en atmósfera natural y cámara de carbonatación acelerada: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=f8c60d8d-0b77-4766-9842-ff1ba71bbc06%40sessionmgr4008>

CONCRELAB . (2018). *Informe ensayo de esclerometría*. Bogotá: CONCRELAB.

CONCRELAB. (2018). *Informe de ensayo de Ferroskan*. Bogotá DC: Concrelab.

CONSTRUDATA. (01 de 08 de 2017). *Intervenga las estructuras con ensayos no destructivos*. Obtenido de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/I/intervenga_las_estructuras_con_ensayos_no_destructivos_-_julio_2011/intervenga_las_estructuras_con_ensayos_no_destructivos_-_julio_2011.asp

CSI BRIDGE. (2016). *MANUAL DE USO DE CSI BRIDGE*. España: CSI BRIDGE.

CSI COMPUTERS & STRUCTURES. (s.f.). *CSI Bridge. {Software}, (Versión 14)*. Obtenido de <https://www.csiamerica.com/products/csibridge>

CUARTAS OSPINA, J. L., & RIVEROS JEREZ, C. A. (06 de Julio de 2017). *EBSCOhost*. Obtenido de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=1f9117a8-3c83->

4848-9275-

ea193ef342ee%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#A
N=96305882&db=fua

CUARTAS OSPINA, J. L., & RIVEROS JEREZ, C. A. (27 de 11 de 2017). *EBSCOhost*. Obtenido de Detección de daños en puentes de concreto reforzado utilizando algoritmos de reconocimiento de patrones estadísticos autoregresivos:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=ac518c84-0246-4911-b1f3-5cb8479c3a0a%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#A>
N=96305882&db=fua

DELGADO ESTRADA, F., & GUERRERO BENAVIDES, J. (2015). *Correlación entre el número de rebote (NTC 3692) y la resistencia a la compresión (NTC 673) en cilindros de concreto*. San Juan de Pasto: Tesis Universidad de Nariño.

DÍAZ MÁSMELA, O. A. (2017). *Guía de normas y ensayos patología de estructuras*. Bucaramanga: Curso de patología estructural Universidad Industrial de Santander.

DÍAZ MASMELA, O. A. (2017). *Guía para la realización de patología de puentes en concreto reforzado*. Bucaramanga: Curso Patología estructural Universidad Industrial de Santander.

GOOGLE EARTH. (18 de 07 de 2018). *Ubicación del puente en la calera*. Obtenido de Google Earth:

<https://earth.google.com/web/search/Carrera+9+%232b,+La+Calera,+Cundinamarca/@4.72139581,->

73.96683582,2683.18315617a,319.29159569d,35.0000015y,360h,0t,0r/data=CigiJgokCb
FMY7rr7xJAEfLmDlkD1RJAGYv-zjS9fFLAIUneEpgEf1LA

GOOGLE MAPS. (16 de Julio de 2017). *Ubicación la Calera, Cundinamarca*. Obtenido de

<https://www.google.com.co/maps/place/La+Calera,+Cundinamarca/@4.7232307,-73.9588894,16z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f8e39a6d5be41:0xe1bec6f8812cb910!8m2!3d4.720521!4d-73.968631>

GOOGLE MAPS. (18 de 07 de 2018). *Mapa de Ubicación del Puente*. Obtenido de Google Maps:

<https://www.google.com/maps/@4.722171,-73.9678298,17z>

HAMEED, R., KHAN, Q., TURATSINZE, A., & SIDDIQI, Z. (05 de 11 de 2018). *EBSCOHOST*.

Obtenido de COMPARISON OF METALLIC FIBERS AND STEEL BARS AS REINFORCEMENT IN IMPROVING ENERGY DISSIPATION CAPACITY OF CONCRETE.: [http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=22&sid=30073549-6eac-4adc-ab5f-0227eee9cb79%40sdc-v-](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=22&sid=30073549-6eac-4adc-ab5f-0227eee9cb79%40sdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=90356371&db=a9h)

[sessmgr05&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=90356371&db=a9h](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=22&sid=30073549-6eac-4adc-ab5f-0227eee9cb79%40sdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=90356371&db=a9h)

ICONTEC. (1994). *NTC 3658: Ingeniería Civil y Arquitectura, método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

ICONTEC. (1995). *NTC 3692: Ingeniería civil y arquitectura, Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

ICONTEC. (1997). *NTC 4040 procedimiento de soldadura para el acero de refuerzo*. En *Norma técnica colombiana*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS . (2006). *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. Bogota D.C.: Grupo Técnico - Convenio 0587-03.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (2006). *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. Bogotá D.C.: Grupo Técnico - Convenio 0587-03.

INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE (ICRI). (2008). 310.1R-2008 Guía para la preparación de la superficie para la reparación de concreto deteriorado que resulta por la corrosión del acero de refuerzo. ICRI.

INVÍAS. (2014). *Norma colombiana de diseño de puentes CCP14*. Bogota DC: INVÍAS.

INVÍAS, Instituto Nacional de Vías. (16 de Julio de 2017). *Mapa de Carreteras*. Obtenido de Puentes y Pontones: <http://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

INVÍAS, Instituto Nacional de Vías. (25 de Enero de 2018). *INVÍAS actualiza la norma colombiana de diseño de puentes*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/2068-invias-actualiza-la-norma-colombiana-de-diseno-de-puentes>

LÓPEZ RODRÍGUEZ, F., RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, V., & Et all. (2004). *Manual de patología de la edificación* (Vol. Tomo II). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

LU, Y.-Y., HU, J.-Y., LI, S., & TANG, W.-s. (11 de 06 de 2018). *EBSCOhost*. Obtenido de Active and passive protection of steel reinforcement in concrete column using carbon fibre reinforced polymer against corrosion: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=6&sid=30073549-6eac-4adc-ab5f-0227eee9cb79%40sdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=129847104&db=a9h>

MUÑOZ DÍAZ, E. E. (2012). *Ingeniería de Puentes*. Bogotá D.C: Red de editoriales universitarias de Ausjal.

- MUÑOZ DÍAZ, E. E. (2012). *Ingeniería de Puentes* (Vol. Tomo I). Bogotá, D.C., Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javerian.
- OLVAN, F. F. (2014). *Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios*. Burgos, España: Servicio de publicaciones e Imagen Institucional.
- PEÑUELA BEJARANO, E., & SOSSA ESPITIA, J. (2015). *Patologías mecánicas presentes en los puentes Vehiculares de la localidad de Fontibón*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. (16 de Julio de 2017). *RAE.es*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=SAIV5kB>
- SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS. (2008). *Estudio previos contrato COP 293 Ampliación y mantenimiento de puente en la calle 9 entre la carrera 2A y 2B del municipio La Calera*. La Calera: SECOP.
- SEOK, J., GWON, Y., & HYUN, D. (05 de 11 de 2018). *EL SEVIER*. Obtenido de Use of steel fibers as transverse reinforcement in diagonally reinforced coupling beams with normal- and high-strength concrete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181832004X>
- SIKA. (2014). SIKA limpiador new: Limpiador de superficies de hormigón. Colombia: SIKA.
- SIKA. (2017). Hoja técnica de producto: SIKADUR. Colombia: SIKA.
- SIKA. (2017). *REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. BOGOTÁ: SIKA.
- SIKA. (2017). SIKA LATEX: Resina para mejorar la adherencia y la calidad de morteros cementosos. Colombia: SIKA.
- TREVIÑO TREVIÑO, E. L. (1998). *Patología de las estructuras de Concreto Reforzado*. Monterrey, México: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.

ZANNI, E. (2008). *Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura*. Argentina:
Editorial Brujas.

Apéndices

Apéndice A: Códigos de registros y listado de convenciones y unidades de cuantificación de daños

 INVIAS		CÓDIGOS DE REGISTROS Y LISTADO DE CONVENCIONES Y UNIDADES DE CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS	
(1) TIPO DE PUENTE		JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Subestructuración Transversal		Localización (En el sentido del abscisa)	
01	Losa sobre las vigas	E	Entrada del puente -
02	Losa simplemente apoyada	S	Salida del puente -
03	Viga cajón	I	Intermedias -
04	Armadura superior	Daños en el sello	
05	Armadura inferior	OB	Obstrucción del sello m
06	Arco superior	RU	Ruptura del sello m
07	Arco inferior	AUS	Ausencia del sello m
Subestructuración Longitudinal		Daños en los perfiles	
01	Vigas simplemente apoyada	SOL	Agrietamiento soldaduras m
02	Vigas continuas	AUA	Ausencia de anclajes m
03	Puente colgante	PD	Perfiles defectuosos m
04	Puente atirantado	PS	Perfiles sueltos m
05	Pórtico	Daños en los guardacantos	
06	Box culvert	DGG	Desgaste m
(2) SUPERFICIE DEL PUENTE		DPG	Desportillamiento m
00	Otra	FIG	Fisuramiento m
01	Asfalto	ANDENES Y BORDILLOS	
02	Concreto	Localización (En el sentido del abscisa)	
03	Afirmado	CD	Costado derecho -
04	Metálica	CI	Costado izquierdo -
(3) JUNTAS DE EXPANSIÓN		Daños típicos	
00	Otra		Desportillamiento m
01	Juntas abiertas		Acero de refuerzo expuesto m
02	Juntas selladas		Dimensiones insuficientes m
03	Placa dentada	BARANDAS	
04	Placa deslizante	Localización (En el sentido del abscisa)	
(4) BARANDAS		CD	Costado derecho -
00	Otra	CI	Costado izquierdo -
01	Mampostería	Daños en la pintura	
02	Concreto	DE	Delaminación m
03	Metálica	AUP	Ausencia de pintura m
04	Pasamanos metálicos, postes en concreto	DT	Deterioro m
(5) ALETAS Y ESTRIBOS		Daños en la postes	
01	Mampostería	FRP	Fracturamiento m
02	Concreto ciclópeo	AUP	Ausencia de postes m
03	Concreto reforzado	GIV	Golpes por impacto m
04	Acero	Daños en pasamanos	
05	Acero y concreto	COP	Corrosión m
06	Tierra armada	AUE	Ausencia de elementos m
		GIV	Golpes por impacto m
		DAÑOS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO	
		Daños por diseño	
		FIF	Fisuras por flexión m
		FIC	Fisuras por cortante m
		FIT	Fisuras por torsión m
		AL	Aplastamiento local Und
		AS	Asentamientos Und
		VO	Volcamiento Und
		VI	Vibración excesiva -
		Daños por construcción	
		SE	Segregación m ²
		HO	Hormigueros m ²
		FIR	Fisuras por retracción m ²
		JF	Juntas frías inadecuadas m ²
		RE	Recubrimiento inadecuado m ²
		EXA	Exposición del acero de refuerz m ²
		Daños durante el funcionamiento	
		IN	Infiltración m ²
		EF	Eflorescencias m ²
		CAR	Carbonatación m ²
		COA	Corrosión de la armadura m / m ²
		CTC	Contaminación del concreto m ²
		IMP	Fallas por impacto m ²
		SOC	Socavación m ²
		DAÑOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS	
		COL	Corrosión leve Und
		COM	Corrosión media Und
		COS	Corrosión severa Und
		PI	Pintura deteriorada %
		Daños en cables y pendolones	
		PRC	Pérdida de recubrimiento m
		TEC	Falta de tensión Und
		FIA	Fisuras en los alambres Und
		FIM	Fisuras en los muertos Und
		CTA	Contaminación en zona de ancl Und
		Daños en perfiles metálicos, torres y miembros de armaduras	
		PL	Pandeo local Und
		PGL	Pandeo general lateral Und
		FIV	Fisuras en vigas Und
		IMP	Fallas por impacto Und
		DX	Deflexión excesiva Und

 INVIAS	CÓDIGOS DE REGISTROS Y LISTADO DE CONVENCIONES Y UNIDADES DE CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS	
(6) PILAS 00 Otra 01 1 Columna 02 2 o más columnas 03 Torre metálica 04 mástil	SEÑALIZACIÓN Localización (En el sentido del abscisa) CD Costado derecho - CI Costado izquierdo - E Entrada al puente - S Salida del puente - I Intermedias -	Daños en las conexiones AUC Ausencia de conectores EX Excentricidades TP Fallas por tensión en la platina AP Aplastamiento de la platina DG Fallas por desgarramiento CT Falla por corte en el conector BQ Falla por bloque de cortante SOL Rotura de la soldadura
(7) SECCIÓN DE PILAS 00 Otra 01 Circular 02 Rectangular	Daños típicos IL Ilegibilidad Und RR Retroreflexividad deficiente Und FA Mala adherencia tablero - Und INV Invisibilidad Und AE Daños por agentes externos Und DD Demarcaciones defectuosas m	
(8) LOSAS 00 Otra 01 Prefabricadas 02 Pretensa + Losa fundida in situ 03 Celulares 04 Macizas	DRENAJES	
(9) VIGAS 00 Otra 01 Reforzadas 02 Preesforzadas 03 Postensadas	Localización (En el sentido del abscisa) CD Costado derecho - CI Costado izquierdo - Daños típicos Taponamiento Und Ausencia Und Longitud insuficiente Und	
(10) SECCIÓN DE LAS VIGAS 00 Otra 01 Sección constante 02 Sección variable	APOYOS Daños típicos Desplazamiento Und Descomposición Und Deformación Und	
(11) TIPOS DE APOYOS 00 Otros 01 Balancín 02 Rodillos 03 Placas en neopreno 04 Apoyo fijo 05 Basculante		
(12) PERFILES METÁLICOS 00 Otros 01 Perfil W, M 02 Perfil S 03 Perfil C, o canal 04 Perfil L, ángulo sencillo 05 Perfil 2L, ángulo doble 06 Perfiles T 07 Tubo circular 08 Tubo rectangular		Nota: * Unidades de cuantificación: m = metros lineales; Und = número de unidades afectadas por el daño; % de elementos afectados. * Los daños diferentes a los especificados en este listado, se deben registrar en el formato con la letra "Z" y se deberán especificar en el campo de observaciones. * Para mayores detalles revisar el manual de inspección visual de puentes y pontones.

Apéndice B. Formato para inspección visual de puentes y pontones

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES
---	--

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ DE _____

REGIONAL _____

LEVANTÓ _____

NOMBRE DE LA VÍA _____

FECHA

HOJA DE

VÍA EN CONCESIÓN

MANTENIMIENTO INTEGRAL GRUPO ADM VIAL

ID	PR. DEL PUENTE	NOMBRE DEL PUENTE	DIMENSIONES GENERALES
	OBSTACULO QUE SALVA	ESVIAJAMIENTO	LONGITUD TOTAL
	TIPO DE PUENTE (1)	LONGITUDINAL	No. DE LUCES
		TRANSVERSAL	ANCHO
			GALIBO

ELEMENTO	REGISTRO DE DAÑOS	OBSERVACIONES								
SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS	SUPERFICIE DEL PUENTE Y ACCESOS. Tipo (2)	Para daños 01 y 02, diligenciar los formatos establecidos para levantamientos de pavimentos								
	JUNTAS DE EXPANSIÓN Tipo (3)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Sello</td> <td style="width: 25%;">Perfiles</td> <td style="width: 25%;">Guardacantos</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Sello	Perfiles	Guardacantos	Otros				
	Sello	Perfiles	Guardacantos	Otros						
	ANDENES / BORDILLOS Dimensiones	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Desportillamiento</td> <td style="width: 25%;">Acero expuesto</td> <td style="width: 25%;">Dimensión insuficiente</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Desportillamiento	Acero expuesto	Dimensión insuficiente	Otros				
	Desportillamiento	Acero expuesto	Dimensión insuficiente	Otros						
	BARANDAS Material (4)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Pintura</td> <td style="width: 25%;">Postes</td> <td style="width: 25%;">Pasamanos</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Pintura	Postes	Pasamanos	Otros				
	Pintura	Postes	Pasamanos	Otros						
ILUMINACIÓN	Verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos									
SEÑALIZACIÓN	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Horizontal</td> <td style="width: 25%;">Vertical</td> <td style="width: 25%;">Reductores</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Horizontal	Vertical	Reductores	Otros					
Horizontal	Vertical	Reductores	Otros							
DRENAJES	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Taponamiento</td> <td style="width: 25%;">Ausencia</td> <td style="width: 25%;">Log. Insuficiente</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Taponamiento	Ausencia	Log. Insuficiente	Otros					
Taponamiento	Ausencia	Log. Insuficiente	Otros							
SUPERESTRUCTURA CONCRETO / SUBESTRUCTURA	ALETAS Material (5)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros				
	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros						
	ESTRIBOS Material (5)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros				
	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros						
	PILAS Tipo (6) Sección (7)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros				
	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros						
	LOSA Tipo (8)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros				
Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros							
VIGAS Tipo (9) Sección (10)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros					
Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros							
RIOSTRAS	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros					
Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros							
APOYOS Tipo (11)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Desplazamiento</td> <td style="width: 25%;">Descomposición</td> <td style="width: 25%;">Deformación</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Desplazamiento	Descomposición	Deformación	Otros					
Desplazamiento	Descomposición	Deformación	Otros							
ARCOS (CONCRETO / MAMPOSTERIA) Material	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diseño</td> <td style="width: 25%;">Construcción</td> <td style="width: 25%;">Funcionamiento</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros					
Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros							
SUPERESTRUCTURA METÁLICA	ARCOS METÁLICOS	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Arco izquierdo</td> <td style="width: 25%;">Arco derecho</td> <td style="width: 25%;">Arriostamiento lateral</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Arco izquierdo	Arco derecho	Arriostamiento lateral	Otros				
	Arco izquierdo	Arco derecho	Arriostamiento lateral	Otros						
	PERFILES METÁLICOS Tipo (12)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Vigas</td> <td style="width: 25%;">Larqueros</td> <td style="width: 25%;">Diafragmas</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Vigas	Larqueros	Diafragmas	Otros				
Vigas	Larqueros	Diafragmas	Otros							
ARMADURAS Tipo (13)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Cordones</td> <td style="width: 25%;">Montantes</td> <td style="width: 25%;">Diagonales</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Cordones	Montantes	Diagonales	Otros					
Cordones	Montantes	Diagonales	Otros							
CONEXIONES	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Con soldadura</td> <td style="width: 25%;">Con conectores</td> <td style="width: 25%;">Con pasadores</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Con soldadura	Con conectores	Con pasadores	Otros					
Con soldadura	Con conectores	Con pasadores	Otros							
OTROS	CABLE / PENDOLONES / TORRES	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Cables</td> <td style="width: 25%;">Pendolones</td> <td style="width: 25%;">Torres</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Cables	Pendolones	Torres	Otros				
	Cables	Pendolones	Torres	Otros						
ACCESO PEATONAL (ESCALERA/RAMPA) Tipo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Peldaños / Losa</td> <td style="width: 25%;">Viga gualdera</td> <td style="width: 25%;">Barandas</td> <td style="width: 25%;">Otros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Peldaños / Losa	Viga gualdera	Barandas	Otros					
Peldaños / Losa	Viga gualdera	Barandas	Otros							
OTROS ELEMENTOS Tipo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>									
CAUCE										
PUENTE EN GENERAL										

Apéndice C. Formato Elaboración de Esquemas

 INVIAS	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES ESQUEMAS
---	--

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRAS DEL CONTRATO NO. _____ DE _____
 REGIONAL _____ FECHA
 LEVANTÓ _____ HOJA DE

ESQUEMAS

Apéndice D. Formato de toma de mediciones en campo

	FORMATO DE TOMA DE MEDICIONES EN CAMPO	UIS-FO-01 Versión 0 14/07/2017
---	---	--------------------------------------

Registrado por: Proyecto: Fecha: Tipo de Estructura: Nombre Estructura: Departamento Ciudad / Municipio Ubicación:	Registro No FOTO DE LA ESTRUCTURA
--	--

DETALLE DIMENSIONES DEL PUENTE																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">Longitud</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> <tr><td>Ancho de Calzada</td><td></td></tr> <tr><td>No de Carriles</td><td></td></tr> <tr><td>Ancho de Carril</td><td></td></tr> <tr><td>Anden Derecho</td><td></td></tr> <tr><td>Anden Izquierdo</td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro drenajes</td><td></td></tr> <tr><td>Dilataciones Cada</td><td></td></tr> <tr><td>No. De barandas</td><td></td></tr> <tr><td>Alto Baranda</td><td></td></tr> <tr><td>No. De Bordillos</td><td></td></tr> <tr><td>Alto bordillo</td><td></td></tr> <tr><td>Ancho de bordillo</td><td></td></tr> <tr><td>Espesor Rodadura</td><td></td></tr> </table>	Longitud		Ancho de Calzada		No de Carriles		Ancho de Carril		Anden Derecho		Anden Izquierdo		Diámetro drenajes		Dilataciones Cada		No. De barandas		Alto Baranda		No. De Bordillos		Alto bordillo		Ancho de bordillo		Espesor Rodadura		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 150px;"></td> </tr> </table>	ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)			
Longitud																																	
Ancho de Calzada																																	
No de Carriles																																	
Ancho de Carril																																	
Anden Derecho																																	
Anden Izquierdo																																	
Diámetro drenajes																																	
Dilataciones Cada																																	
No. De barandas																																	
Alto Baranda																																	
No. De Bordillos																																	
Alto bordillo																																	
Ancho de bordillo																																	
Espesor Rodadura																																	
ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS (EJE X)																																	

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número de Vigas</td><td></td></tr> <tr><td>Altura de libre Viga</td><td></td></tr> <tr><td>Ancho de la Viga</td><td></td></tr> <tr><td>Longitud libre Voladizo</td><td></td></tr> <tr><td>Cantidad de viguetas</td><td></td></tr> <tr><td>Separación de viguetas</td><td></td></tr> <tr><td>Ancho de Vigueta</td><td></td></tr> <tr><td>Alto de Vigueta</td><td></td></tr> <tr><td>Largo de vigueta</td><td></td></tr> <tr><td>Altura Placa</td><td></td></tr> </table>	Número de Vigas		Altura de libre Viga		Ancho de la Viga		Longitud libre Voladizo		Cantidad de viguetas		Separación de viguetas		Ancho de Vigueta		Alto de Vigueta		Largo de vigueta		Altura Placa		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Ancho acartelamiento</td><td></td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 1</td><td></td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 2</td><td></td></tr> <tr><td>Posición Bordillo 3</td><td></td></tr> <tr><td>Posición Baranda 1</td><td></td></tr> <tr><td>Posición Baranda 2</td><td></td></tr> <tr><td>Posición viga 1</td><td></td></tr> <tr><td>Posición viga 2</td><td></td></tr> <tr><td>Posición viga 3</td><td></td></tr> <tr><td>Posición viga 4</td><td></td></tr> </table>	Ancho acartelamiento		Posición Bordillo 1		Posición Bordillo 2		Posición Bordillo 3		Posición Baranda 1		Posición Baranda 2		Posición viga 1		Posición viga 2		Posición viga 3		Posición viga 4		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Posición viga 5</td><td></td></tr> <tr><td>Posición viga 6</td><td></td></tr> <tr><td>Posición vigueta 1</td><td></td></tr> <tr><td>Posición vigueta 2</td><td></td></tr> <tr><td>Posición vigueta 3</td><td></td></tr> <tr><td>Posición vigueta 4</td><td></td></tr> <tr><td>Posición vigueta 5</td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> </table>	Posición viga 5		Posición viga 6		Posición vigueta 1		Posición vigueta 2		Posición vigueta 3		Posición vigueta 4		Posición vigueta 5		-	-	-	-	-	-
Número de Vigas																																																														
Altura de libre Viga																																																														
Ancho de la Viga																																																														
Longitud libre Voladizo																																																														
Cantidad de viguetas																																																														
Separación de viguetas																																																														
Ancho de Vigueta																																																														
Alto de Vigueta																																																														
Largo de vigueta																																																														
Altura Placa																																																														
Ancho acartelamiento																																																														
Posición Bordillo 1																																																														
Posición Bordillo 2																																																														
Posición Bordillo 3																																																														
Posición Baranda 1																																																														
Posición Baranda 2																																																														
Posición viga 1																																																														
Posición viga 2																																																														
Posición viga 3																																																														
Posición viga 4																																																														
Posición viga 5																																																														
Posición viga 6																																																														
Posición vigueta 1																																																														
Posición vigueta 2																																																														
Posición vigueta 3																																																														
Posición vigueta 4																																																														
Posición vigueta 5																																																														
-	-																																																													
-	-																																																													
-	-																																																													

ESPECIFICACIONES Y OBSERVACIONES

CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES (CCP-14)

1. CONCRETO:

TABLERO: $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"

VIGAS: $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"

2. ACERO DE REFUERZO:

BARRAS CORRUGADAS

$F_y = 420 \text{ MPa}$ (60000 PSI) NTC 2289

3. SISTEMA ESTRUCTURAL

PUENTE EN CONCRETO REFORZADO, SISTEMA DE LOSA SOBRE VIGAS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

PROYECTO:

PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA - CUNDINAMARCA

PROPIETARIO:

UIS - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CONTROL DE CAMBIOS

FECHA	VERSIÓN	MODIFICACIÓN	RESP
25/07/2018	01	Levantamiento de Ingeniería Inicial	SB

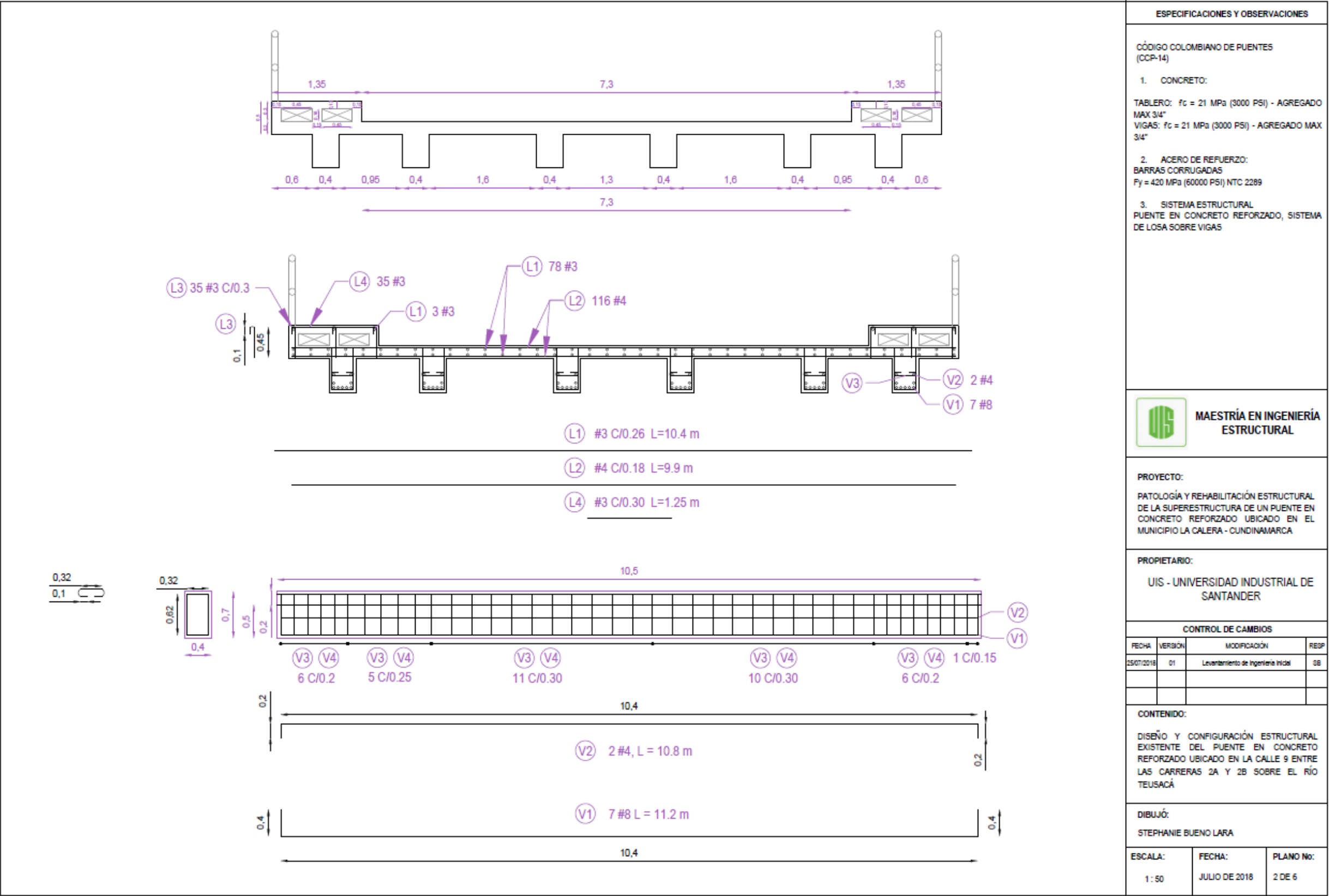
CONTENIDO:

DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EXISTENTE DEL PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN LA CALLE 9 ENTRE LAS CARRERAS 2A Y 2B SOBRE EL RÍO TEUSACÁ

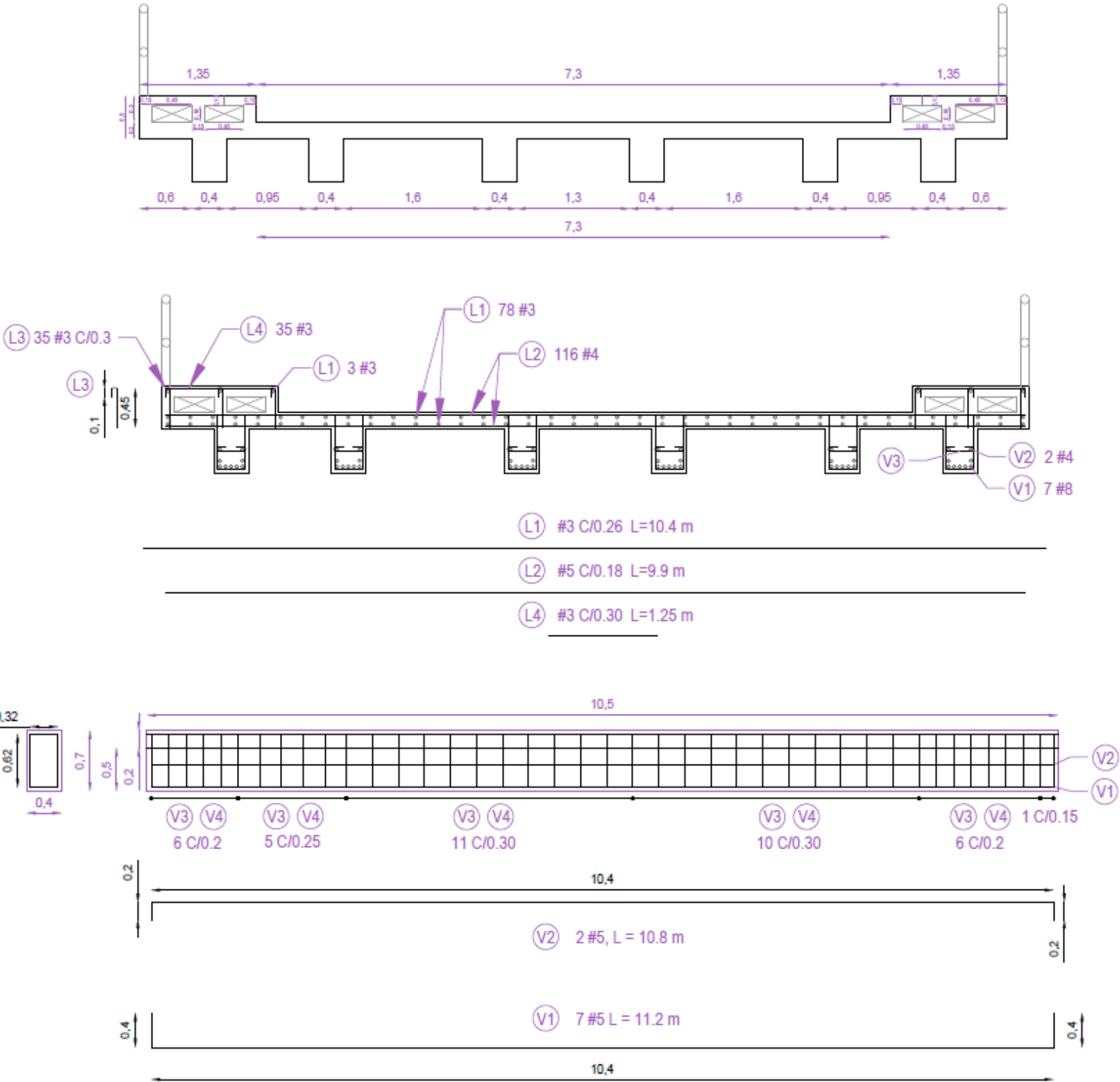
DIBUJÓ:

STEPHANIE BUENO LARA

ESCALA:	FECHA:	PLANO No:
1:75	JULIO DE 2018	1 DE 6

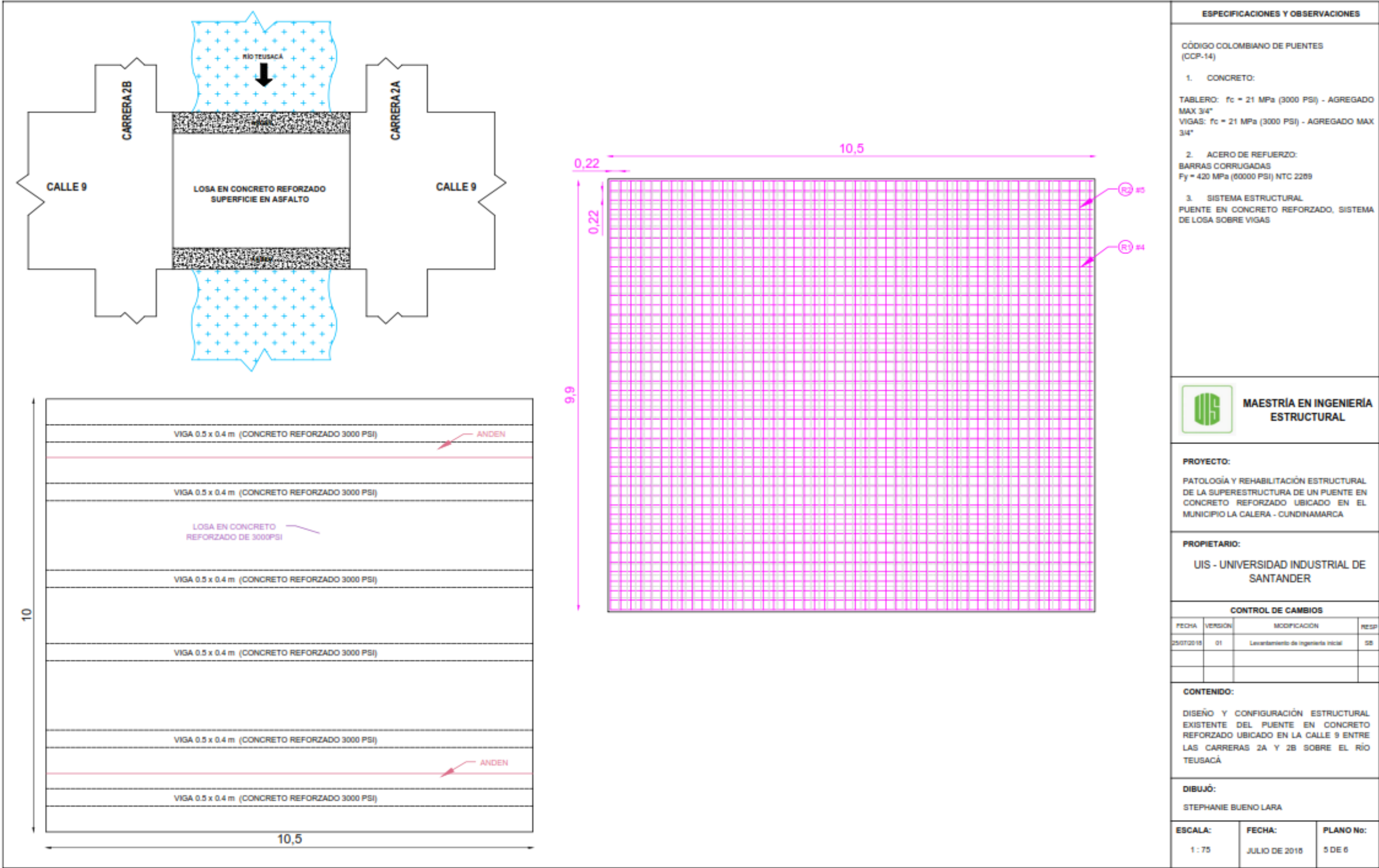


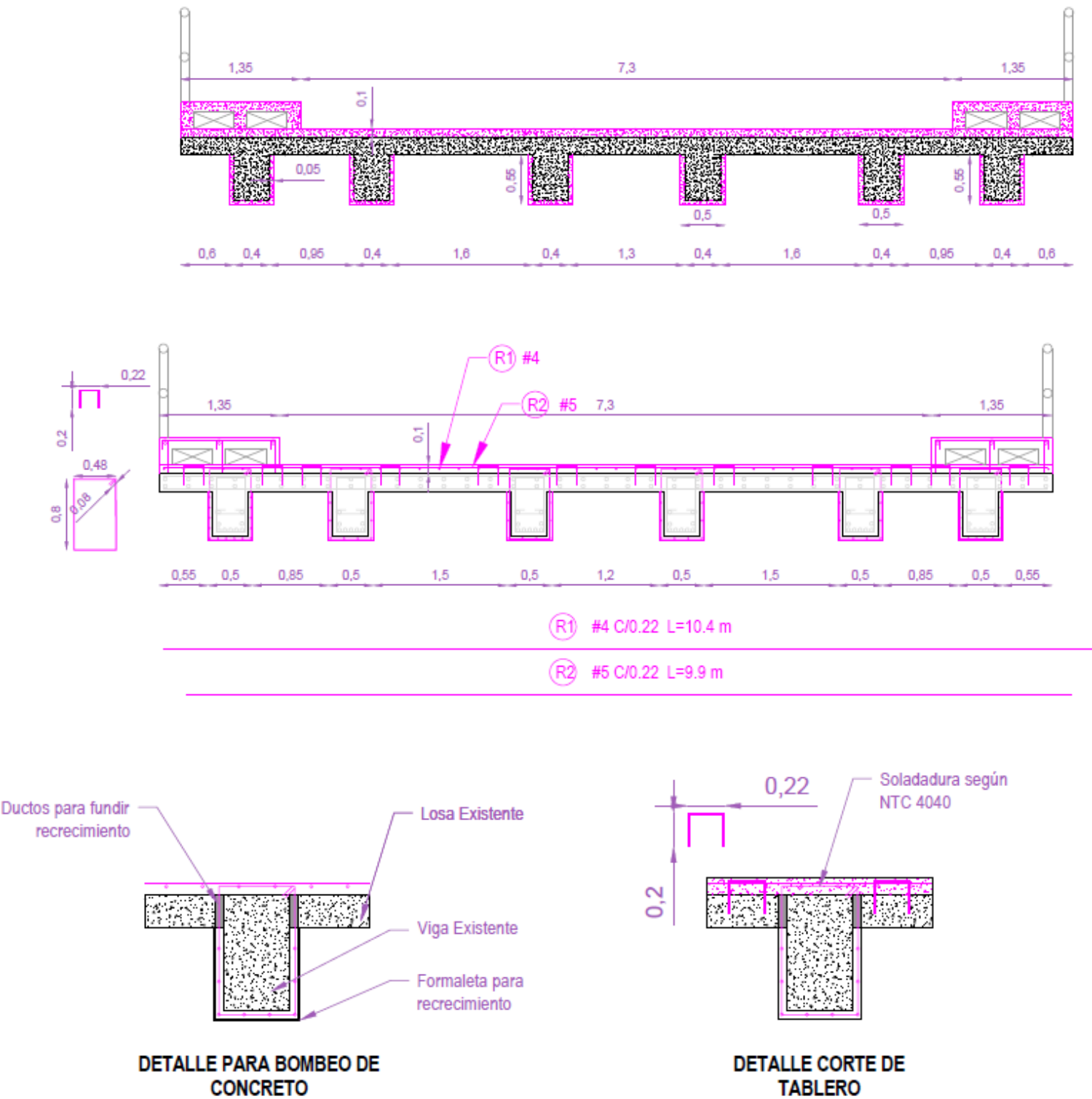
ESPECIFICACIONES Y OBSERVACIONES			
CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES (CCP-14) 1. CONCRETO: TABLERO: $f_c = 21$ MPa (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4" VIGAS: $f_c = 21$ MPa (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4" 2. ACERO DE REFUERZO: BARRAS CORRUGADAS $F_y = 420$ MPa (60000 PSI) NTC 2289 3. SISTEMA ESTRUCTURAL PUENTE EN CONCRETO REFORZADO, SISTEMA DE LOSA SOBRE VIGAS			
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL			
PROYECTO: PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA - CUNDINAMARCA			
PROPIETARIO: UIS - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
CONTROL DE CAMBIOS			
FECHA	VERSIÓN	MODIFICACIÓN	RESP
25/07/2018	01	Levantamiento de Ingeniería Inicial	SB
CONTENIDO: DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EXISTENTE DEL PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN LA CALLE 9 ENTRE LAS CARRERAS 2A Y 2B SOBRE EL RÍO TEUSACÁ			
DIBUJÓ: STEPHANIE BUENO LARA			
ESCALA: 1 : 75	FECHA: JULIO DE 2018	PLANO No: 3 DE 6	



ESPECIFICACIONES Y OBSERVACIONES			
CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES (CCP-14)			
1. CONCRETO:			
TABLERO: $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"			
VIGAS: $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"			
2. ACERO DE REFUERZO:			
BARRAS CORRUGADAS			
$F_y = 420 \text{ MPa}$ (60000 PSI) NTC 2289			
3. SISTEMA ESTRUCTURAL			
PUENTE EN CONCRETO REFORZADO, SISTEMA DE LOSA SOBRE VIGAS			
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL			
PROYECTO:			
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA - CUNDINAMARCA			
PROPIETARIO:			
UIS - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
CONTROL DE CAMBIOS			
FECHA	VERSIÓN	MODIFICACIÓN	RESP
25/07/2018	01	Levantamiento de Ingeniería Inicial	SB
CONTENIDO:			
DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EXISTENTE DEL PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN LA CALLE 9 ENTRE LAS CARRERAS 2A Y 2B SOBRE EL RÍO TEUSACÁ			
DIBUJÓ:			
STEPHANIE BUENO LARA			
ESCALA:	FECHA:	PLANO No:	
1 : 50	JULIO DE 2018	4 DE 6	

Apéndice G. Plano propuesta de reforzamiento





ESPECIFICACIONES Y OBSERVACIONES			
CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES (CCP-14)			
1. CONCRETO:			
TABLERO: $f_c = 21$ MPa (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"			
VIGAS: $f_c = 21$ MPa (3000 PSI) - AGREGADO MAX 3/4"			
2. ACERO DE REFUERZO:			
BARRAS CORRUGADAS			
$F_y = 420$ MPa (60000 PSI) NTC 2289			
3. SISTEMA ESTRUCTURAL			
PUENTE EN CONCRETO REFORZADO, SISTEMA DE LOSA SOBRE VIGAS			
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL			
PROYECTO:			
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA - CUNDINAMARCA			
PROPIETARIO:			
UIS - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
CONTROL DE CAMBIOS			
FECHA	VERSIÓN	MODIFICACIÓN	RESP
25/07/2018	01	Levantamiento de Ingeniería Inicial	SB
CONTENIDO:			
DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EXISTENTE DEL PUENTE EN CONCRETO REFORZADO UBICADO EN LA CALLE 9 ENTRE LAS CARRERAS 2A Y 2B SOBRE EL RÍO TEUSACÁ			
DIBUJÓ:			
STEPHANIE BUENO LARA			
ESCALA:	FECHA:	PLANO No:	
1 : 50	JULIO DE 2018	5 DE 6	

Apéndice H. Solicitud en secretaria de planeación de elaboración de ensayos End (incluye PMT)

Bogotá D.C, 26 de Julio de 2018

Señores:
SECRETARÍA DE PLANEACIÓN
 Atn: Arq. Luis Eduardo Rodríguez Montero
 Secretario de Planeación



Asunto: Solicitud de permiso para estudio de Patología Estructural

Cordial saludo,

Respetuosamente les solicito, permiso para poder llevar a cabo el día 27 de Julio de 2018 un estudio de "Patología Estructural", por motivo del trabajo de grado de Maestría de la Universidad Industrial de Santander; para dicha solicitud se anexa:

1. Comunicado de la Universidad Industrial de Santander dando constancia de los estudios en curso.
2. Plan de manejo de tráfico que incluye la descripción de los trabajos a realizar.

Agradezco la atención brindada, esperando una respuesta positiva al respecto.

Cordialmente,


Stephanie Andrea Bueno Lara
 Ingeniera Civil
 Especialista en Gerencia e Interventoría



PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

ESTUDIO DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

Universidad Industrial de Santander
Maestría de Ingeniería estructural

Tabla de contenido

1. OBJETIVOS.....	2
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. ZONA DE INFLUENCIA.....	2
3. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO	2
3.1. EQUIPOS A UTILIZAR.....	2
3.2. PROCEDIMIENTO.....	3
3.2.1. INSPECCIÓN VISUAL Y TOMA DE MEDIDAS.....	3
3.2.2. ENSAYO CARBONATACIÓN	3
3.2.3. ENSAYO ESCLEROMETRÍA.....	3
3.2.4. ENSAYO DE TOMA DE NÚCLEOS	3
3.2.5. REPARACIONES	3
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PMT	4
4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA PARA REALIZAR LOS ENSAYOS	4
4.2. CONTROL DE TRÁFICO PARA LA TOMA DE MEDIDAS.....	4

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Disminuir el impacto generado por estudio de patología estructural del puente ubicado en la calle 9 entre las carreras 2A y 2B, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, peatones y vecinos del lugar, bajo el cumplimiento de las normas establecidas para la regulación de tránsito.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evitar la restricción y obstrucción del flujo vehicular y peatonal.
- Procurar la seguridad e integridad de los usuarios, peatones y trabajadores.
- Ofrecer a los usuarios una señalización clara y de fácil interpretación, que permita la toma de decisiones de manera oportuna.

2. ZONA DE INFLUENCIA

Área a intervenir: Puente ubicado en la Calle 9 entre carreras 2A y 2B



Imagen 1. Zona del puente a intervenir

3. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Fecha de la intervención: 27 de Julio de 2018.

Estudio: Trabajo de grado maestría en ingeniería estructural de la Universidad Industrial de Santander.

Tema: Estudio de patología y rehabilitación de la superestructura de un puente en concreto reforzado

3.1. EQUIPOS A UTILIZAR

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| • Cámara fotográfica | • Andamios / Escalera |
| • Lupa | • Esclerómetro |
| • Cinta métrica | • Fenolftaleína |

- Fisurómetro de bolsillo
- Linterna
- Pintura
- Martillo y cincel
- Saca núcleos
- Cinta de Seguridad
- Paleta de control de tráfico
- Cemento
- Arena

3.2. PROCEDIMIENTO

La inspección del puente se llevará a cabo a través de los ítems descritos a continuación.

3.2.1. INSPECCIÓN VISUAL Y TOMA DE MEDIDAS

Se realizará la toma de medidas de las siguientes partes del puente:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| - Ancho de Calzada | - Ancho de Anden | - Alto de la baranda |
| - Longitud del puente | - Diámetro de drenajes | - Dimensiones de bordillo |
| - Ancho de Carril | - Distancia de dilataciones | - Dimensiones de Viga |
| - Altura de Placa | - Carpeta de rodadura | - Dimensione Vigueta |

Para la inspección visual se revisarán los elementos descritos anteriormente y se registrará a través de fotografías los defectos encontrados.

3.2.2. ENSAYO CARBONATACIÓN

Aplicación de un químico llamado fenolftaleína sobre la superficie de concreto, con el fin de determinar el potencial de corrosión existente. No afecta la estructura, si existe potencial de corrosión el químico tomará una tonalidad rosa que posteriormente podrá se retirada con agua.

3.2.3. ENSAYO ESCLEROMETRÍA

Ensayo no destructivo para determinar la resistencia del concreto a través de un martillo de rebote. La lectura de la resistencia queda registrada en el equipo, no dejando marca alguna sobre la superficie.

3.2.4. ENSAYO DE TOMA DE NÚCLEOS

Ensayo semi-destructivo, consiste en la toma de muestras de cilindro de concreto endurecido de la estructura de análisis a través de un taladro. Los especímenes obtenidos se usarán para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, motivo por el cual estas muestras no pueden contener acero reforzado

3.2.5. REPARACIONES

Las superficies que sean afectadas por los ensayos realizados (Todas son de tipo superficial) serán reparadas, la estructura quedará en perfectas condiciones una vez se hayan terminados los trabajos.

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PMT

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA PARA REALIZAR LOS ENSAYOS

Los ensayos descritos en el capítulo tres se llevarán a cabo en la parte inferior del puente, por lo que no se verá afectado el tráfico vehicular ni peatonal, sin embargo, el área de trabajo donde se instalarán los andamios será delimitada a través de una cinta seguridad con el fin de evitar cualquier incidente.

4.2. CONTROL DE TRÁFICO PARA LA TOMA DE MEDIDAS

Para la toma de medidas del puente, como por ejemplo el ancho de calzada, se podrá obstruir el paso vehicular y peatonal por breves instantes, por lo cual se contará con el apoyo de dos paleteros que ayudarán a regular el tráfico para evitar incidentes.

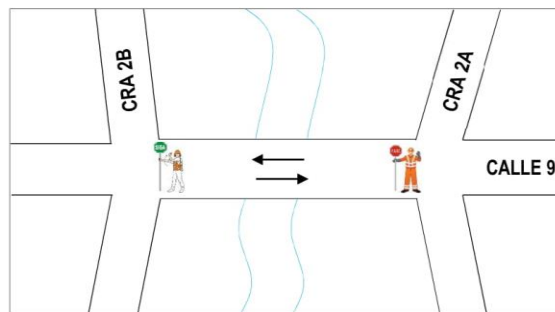


Imagen 2: medidas para control de tráfico



Bucaramanga, 18 de julio de 2018

Señores
CONCRELAB
Atn: Dra Lina María Hernández
Coordinadora Comercial
Bogotá

Asunto: Constancia del programa de Maestría de Ingeniería Estructural

Cordial Saludo.

La Universidad Industrial de Santander (UIS) certifica que la alumna **Stephanie Andrea Bueno Lara**, se encuentra cursando el programa de Maestría en Ingeniería Estructural y a la fecha, tiene matriculado y está desarrollando su trabajo de grado consistente en:

“Patología y rehabilitación estructural de un puente en concreto reforzado ubicado en el municipio la Calera – Cundinamarca”

Se expide a solicitud de la interesada.

Cordialmente,

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ
Director
Escuela de Ingeniería Civil - UIS

Escuela de Ingeniería Civil - Posgrados
Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9
PBX: (+57 7) 634 4000 Ext. 2453 – FAX: (+57 7) 632 0744, Bucaramanga, Colombia
URL: <http://albatros.uis.edu.co> – E-mail: eicposgrado@uis.edu.co



Apéndice I. Informe extracción, compresión de núcleos de concreto y carbonatación - concrelab



Concrelab
MEDICIÓN CONFIABLE

Bogotá, 31 de julio del 2018
Ref.: DPD - 1880 - 18

Ingeniera
STEPHANIE ANDREA BUENO
Obra: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO
Código de obra: 13772
Bogotá D.C.

Referencia: Extracción y Compresión de Núcleos de Concreto

Apreciada Ingeniera:

 De manera atenta nos permitimos entregar el informe con referencia DPD-1880-18 Ref. 1-13772, el cual contiene los resultados de compresión realizada a seis (06) núcleos de la obra en mención.

 Los datos y resultados específicos obtenidos en la realización de cada uno de los ensayos se encuentran en los cuadros anexos a este informe. A continuación, presentamos el resumen de los resultados de las pruebas.

 Con gusto daremos información adicional o aclaración a cualquier inquietud relacionada con este informe

Autoriza,



Intendente de Patología y Diseños

Firmado digitalmente por
JHONATAN LEAL BARRETO
Fecha: 2018.08.02 16:29:56 -05'00'
patologia@concrelab.com

CV 10578
WS



Patología

Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 51 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com

Página 1 de 7
DPD-1880-18

1. METODOLOGÍA DE ENSAYO**1.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE LA EXTRACCIÓN Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE NÚCLEOS.****1.1.1. Extracción de núcleos.**

La extracción de núcleos se realizó en la obra en mención para determinar la resistencia a compresión del concreto.

Para la extracción de las muestras se empleó un taladro eléctrico, equipado con coronas o brocas de diamante y tungsteno y refrigeradas permanentemente.

Una vez extraídas las muestras, estas se marcaron debidamente y fueron almacenadas según los requerimientos descritos en el numeral 7.3 de la Norma NTC 3658.

1.1.2. Ensayo a compresión de los núcleos.

Una vez realizada la inspección visual de los núcleos se cortaron por ambos extremos con una sierra diamantada, procurando guardar una relación entre la longitud y el diámetro de 2 a 1.

Después de cortadas y curadas las muestras se les determinó a cada una el diámetro, altura, peso, densidad y posteriormente se refrentaron con azufre y se sometieron las muestras seleccionadas al ensayo de compresión hasta la rotura.

Para el ensayo a compresión de los núcleos de concreto, se siguió el procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 3658:1994; en lo que se refiere a curado, refrentado y ensayo a compresión.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo descrito anteriormente.

ANEXO FOTOGRAFICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las muestras luego de su respectivo corte y refrentado.



Foto N°1: Registro general de muestras



Foto N°2: Registro general de muestras

ANEXO FOTOGRAFICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las muestras luego de su respectivo corte y refrentado.



Foto N°3: muestra 1



Foto N°4: muestra 1 ensayada



Foto N°5: muestra 2



Foto N°6: muestra 2 ensayada

ANEXO FOTOGRAFICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las muestras luego de su respectivo corte y refrentado.



Foto N°7: muestra 3



Foto N°8: muestra 3 ensayada



Foto N°9: muestra 4



Foto N°10: muestra 4 ensayada

ANEXO FOTOGRAFICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las muestras luego de su respectivo corte y refrentado.



Foto N°11: muestra 5



Foto N°12: muestra 5 ensayada



Foto N°12: muestra 6



Foto N°13: muestra 6 ensayada

ANEXO FOTOGRAFICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las muestras luego de su respectivo ensayo de carbonatación.



Foto N°12: muestra 6



Foto N°13: muestra 6 ensayada

AVANCE DE CARBONATACIÓN:

- Núcleo No. 1 = 8 mm.
- Núcleo No. 2 = 14 mm.
- Núcleo No. 3 = 0 mm.
- Núcleo No. 4 = 0 mm.
- Núcleo No. 5 = 0 mm.
- Núcleo No. 6 = 0 mm.



**MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS
DE CONCRETO Y ASERRADAS NTC 3658:1994.
(ENSAYO COMPRESIÓN NTC 673)**



Código:F-259 Versión: 02 Actualización: 2017-11-21

Compañía: STEPHANIE ANDREA BUENO

Obra: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO

Dirección: cra 2B #129 11 LA CALERA

Dirigido a: ing. STEPHANIE ANDREA BUENO

Fecha de emisión: 2018-08-2

N° de informe: DPD- 1880-18

Referencia: 1-13772

Digitó: Wsuarez

Laboratorista: Fyondapiz



1. Cónico
2. Cónico y dividido
3. Cylindrical
4. Transversal
5. Fractura extremos
6. Cilindro punteado

CONVERSIONES
De kN a kgf, multiplique por: 101,972
De kgf/cm² a lb/in², multiplique por: 14,224
De MPa a kgf/cm², multiplique por: 10,1972

RESULTADOS DE ENSAYOS

Orden de trabajo	Núcleo N°	Dimensión (mm)			Área mm ²	Fecha Extracción	Edad (días)	Fecha Ensayo	Masa g	Densidad g/cm ³	Esbeltez L/D	Factor de Correc.	Dirección Carga	Carga Máxima kN	Resistencia MPa	Tipo Fractura	Resistencia corregida		Tamaño nominal	Humedad	Observaciones
		L	Lcapin	φ													MPa	Kg/cm ²			
Localización					Losa Costado Izquierdo																
10578	1	153,5	156,3	76,6	4603,6	2018-07-27	3	2018-07-30	1560,0	2,2	2,0	1	Paralelo	98,4	21,4	2	21,4	218,0		Seco	ance de Carbonatazion 8r
Localización					Losa Costado Izquierdo																
10578	2	153,6	155,9	76,4	4584,4	2018-07-27	3	2018-07-30	1550,0	2,2	2,0	1	Paralelo	78,2	17,1	2	17,1	173,9		Seco	ance de Carbonatazion 14r
Localización					Losa Costado Derecho																
10578	3	153,8	157,1	76,8	4632,5	2018-07-27	3	2018-07-30	1560,0	2,2	2,1	1	Paralelo	77,8	16,8	3	16,8	171,3		Seco	ance de Carbonatazion 0rr

	(MPa)	(kgf/cm ²)
Resistencia Promedio	18	187,7
Desviación estándar	3	26,2
Coef. de variación	14,0%	14,0%



Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 70 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com



MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO Y ASERRADAS NTC 3658:1994. (ENSAYO COMPRESIÓN NTC 673)



Código: F-259 Versión: 02 Actualización: 2017-11-21

Compañía: STEPHANIE ANDREA BUENO
Obra: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO
Dirección: cra 2B # 129 11 LA CALERA
Dirigido a: ing. STEPHANIE ANDREA BUENO
Fecha de emisión: 2018-08-2

N° de informe: DPD- 1880-18
Referencia: 1-13772

Digitó: Wsuarez
Laboratorista: Fyondapiz



CONVERSIONES
 De kN a kgf, multiplique por: 101,972
 De kgf/cm² a lb/in², multiplique por: 14,224
 De MPa a kgf/cm², multiplique por: 10,1972

RESULTADOS DE ENSAYOS

Orden de trabajo	Núcleo N°	Dimensión (mm)			Área mm ²	Fecha Extracción	Edad (días)	Fecha Ensayo	Masa g	Densidad g/cm ³	Esbeltz L/D	Factor de Correc.	Dirección Carga	Carga Máxima kN	Resistencia MPa	Tipo Fractura	Resistencia corregida		Tamaño nominal	Humedad	Observaciones
		L	Lcapin	φ													MPa	Kg/cm ²			
Localización						Viga Costado Izquierdo Centro															
10578	4	153,8	157,3	76,7	4625,3	2018-07-27	3	2018-07-30	1585,0	2,2	2,1	1	Perpendicular	134,9	29,2	3	29,2	297,4		Seco	ance de Carbonatacion O
Localización						Viga Costado Izquierdo Centro															
10578	5	153,1	158,2	76,9	4642,2	2018-07-27	3	2018-07-30	1550,0	2,2	2,1	1	Perpendicular	128,3	27,6	2	27,6	281,8		Seco	ance de Carbonatacion O
Localización						Viga Costado Izquierdo Centro															
10578	6	153,7	157,5	76,7	4616,8	2018-07-27	3	2018-07-30	1585,0	2,2	2,1	1	Perpendicular	119,9	26,0	3	26,0	264,8		Seco	ance de Carbonatacion O

	(MPa)	(kgf/cm ²)
Resistencia Promedio	28	281,4
Desviación estándar	2	16,3
Coef. de variación	5,8%	5,8%

OBSERVACIONES:

-Este informe se expide de acuerdo con las condiciones de acreditación otorgadas por el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN (ONAC) y los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2005.

-Los resultados contenidos en el presente informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de estos resultados.

****FIN DEL INFORME DE ENSAYOS****

Autorizado por:

ING. JHONATAN LEAL BARRETO
 Jefe División de Patología y Diseños
 patologia@concrelab.com



Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 70 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com

Apéndice J. Informe Esclerometría – Concrelab



Concrelab
MEDICIÓN CONFIABLE

Bogotá, 31 de Julio del 2018
Ref. DPD – 1878 – 18

Ingeniero
STEPHANIE ANDREA BUENO
OBRA: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO
Código de Obra: 13772
Bogotá D.C.

Referencia: Ensayos de esclerómetros

Apreciado Ingeniero:

El siguiente informe consta de cinco (05) páginas y contiene los resultados obtenidos del estudio de estabilidad de los elementos estructurales de la obra en referencia.

Es importante aclarar que el método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido, es uno de los ensayos no destructivos más utilizados para tratar de deducir la resistencia a la compresión. Su uso obedece a la relativa facilidad de empleo y transporte.

Su principio de trabajo consiste básicamente en el registro que hace una masa cuando rebota sobre una varilla de percusión apoyada directamente sobre la superficie del concreto. Sin embargo, existen varios factores que afectan los resultados cuando se realizan estas pruebas:

- La textura de la superficie del concreto.
- La humedad relativa del concreto.
- El espesor de los elementos ensayados.
- La calidad de los agregados empleados en la elaboración del concreto.
- La relación agua-cemento empleada en la elaboración del concreto.
- La edad del concreto.



Patología

Página 1 de 2
DPD-1878-18

Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 51 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com



Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos tienen un rango de dispersión de $\pm$ el 20%, el cual es determinado directamente por el fabricante del equipo.

Los ensayos se realizaron según los procedimientos descritos en la norma técnica NTC 3692:1995. Los resultados de los ensayos corresponden exclusivamente a las características de las muestras ensayadas.

Gustosamente suministraremos cualquier información al contenido del presente informe.

Autoriza

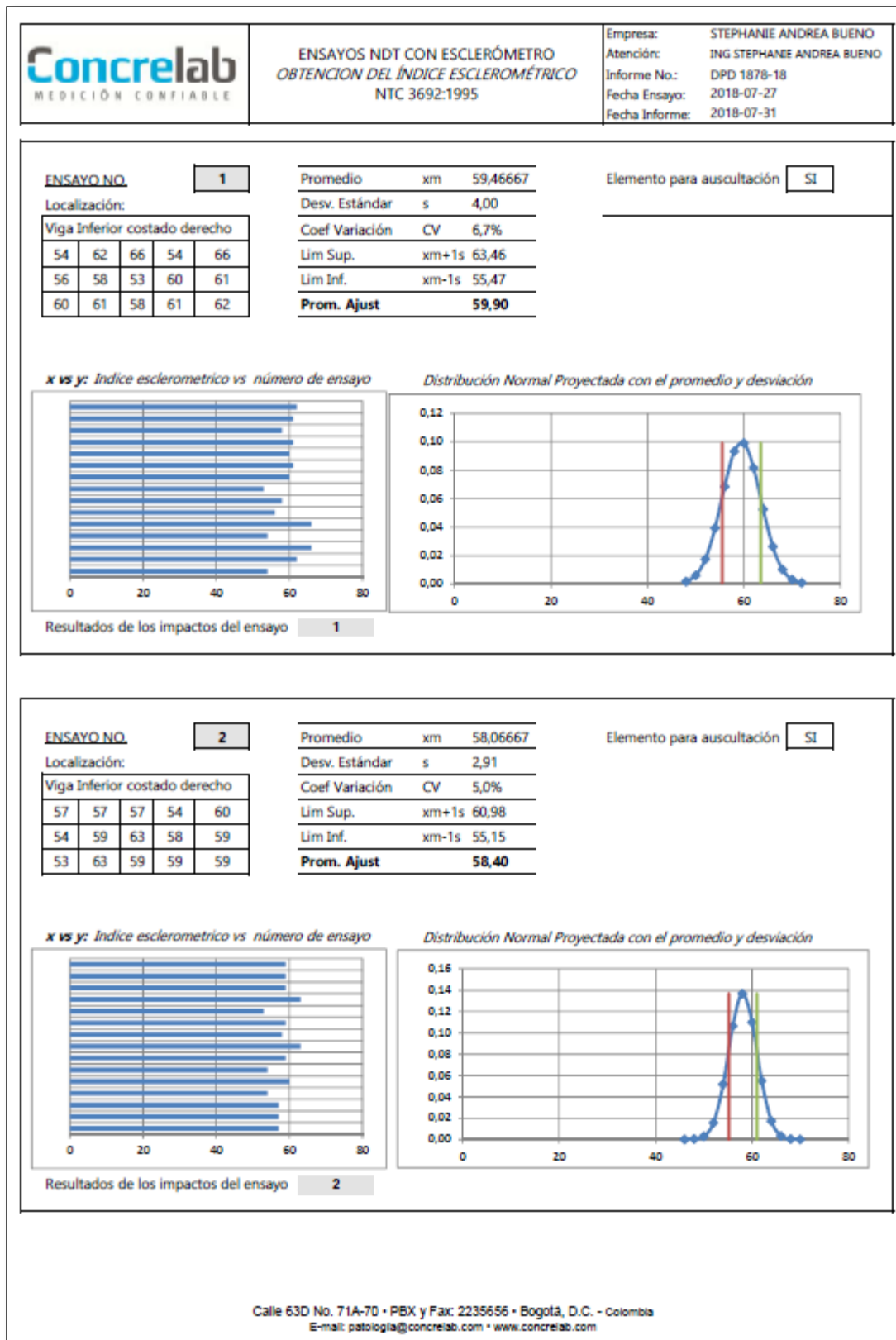
Jefes de Patología y Diseños

Firmado
digitalmente por
JHONATAN LEAL
BARRETO
Fecha: 2018.08.02
16:39:40 -05'00'
patologia@concrelab.com

OT 10576
WS

Concrelab

Página 2 de 2
DPD-1878-18

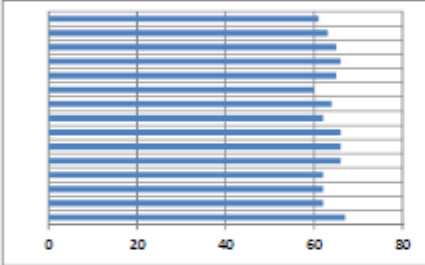


	ENSAYOS NDT CON ESCLERÓMETRO OBTENCIÓN DEL ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO NTC 3692:1995	Empresa: STEPHANIE ANDREA BUENO Atención: ING STEPHANIE ANDREA BUENO Informe No.: DPD 1878-18 Fecha Ensayo: 2018-07-27 Fecha Informe: 2018-07-31
---	---	--

ENSAYO NO.	3	Promedio xm 63,8 Desv. Estándar s 2,21 Coef Variación CV 3,5% Lim Sup. xm+1s 66,01 Lim Inf. xm-1s 61,59 Prom. Ajust 64,08	Elemento para auscultación SI
-------------------	----------	---	--

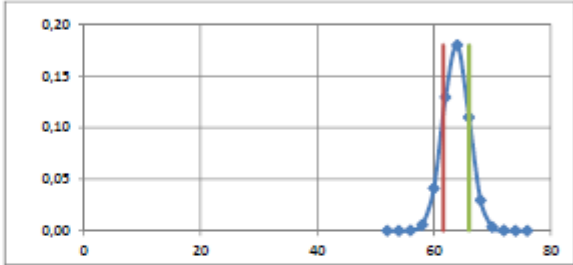
Localización:				
Placa Inferior				
67	62	62	62	66
66	66	62	64	60
65	66	65	63	61

x vs y: Índice esclerometrico vs número de ensayo



Resultados de los impactos del ensayo **3**

Distribución Normal Proyectada con el promedio y desviación



Calle 63D No. 71A-70 • PBX y Fax: 2235656 • Bogotá, D.C. - Colombia
 E-mail: patologia@concrelab.com • www.concrelab.com

Apéndice K. Informe Detección con Ferroskan - Concrelab



Concrelab
MEDICIÓN CONFIABLE

Bogotá D.C., 30 de julio del 2018
Ref.: DPD-1870-18

Ingeniero
STEPHANIE ANDREA BUENO
OBRA: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO
Código de Obra: 13772
Bogotá D.C.

Asunto: Ensayo de Detección del Refuerzo FERROSCAN

Apreciado Ingeniero:

El presente informe consta de nueve (09) páginas y contiene los resultados de la Detección del refuerzo utilizando FERROSCAN realizado a tres (03) elementos de la obra en mención.

El sistema Ferroskan PS 200 sirve para detectar una posición, determinar la profundidad y estimar el diámetro de hierros de armadura según se establece en los datos técnicos.

La herramienta se puede utilizar para diferentes aplicaciones de detección para armaduras de hormigón.

Aplicación

- Evitar los hierros de armadura al perforar sencillamente o con saca núcleos.
- Posición y diámetro para controles de carga.
- Definición de la cubierta sobre zonas amplias.

Funcionamiento

El sistema funciona de modo que el escáner se mueve directamente encima de la superficie del elemento de construcción. Los datos se almacenan en el escáner hasta que se puedan transferir al monitor. El monitor se utiliza para almacenar grandes volúmenes de datos y poderlos visualizar.

Página 1 de 3
DPD-1870-18



Patología

Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 51 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com

De este modo, los datos también se pueden llevar a la oficina y descargarlos mediante el software. El software ofrece opciones de análisis avanzadas y la posibilidad de imprimir rápidamente informes completos, así como archivar datos.

Potencia de medición del sistema

Se deben cumplir las siguientes condiciones para obtener valores de medición fiables:

- Superficie del hormigón lisa y plana.
- Hierros de armadura no corroídos.
- La armadura debe estar paralela respecto a la superficie.
- El hormigón no contiene áridos o componentes con propiedades magnéticas.
- Los hierros de armadura deben estar exactamente a $\pm 5^\circ$ en perpendicular respecto a la dirección de exploración.
- Los hierros de armadura no están soldados.
- Los hierros adyacentes tienen un diámetro similar.
- Los hierros adyacentes tienen la misma profundidad.
- No debe haber interferencias de campos magnéticos externos u objetos cercanos con propiedades magnéticas.
- Los hierros deben tener una permeabilidad magnética relativa de 85–105.
- Las ruedas del escáner están limpias de arena o cualquier tipo de suciedad similar.
- Las 4 ruedas del escáner se dirigen al objeto que se pretende medir.

Límites y capacidad del equipo

La capacidad de lectura del equipo, para precisiones con rangos entre 1 y 3 calibres de acero, aplica para espesores entre 5 a 7 cm en función de las características del elemento. Mayores espesores generan interferencia y altas incertidumbres en la medición



Los elementos sujetos a ensayo, fueron los seleccionados por el solicitante y por lo tanto los resultados solo afectan los objetos sometidos al ensayo.

1. La medición de las fisuras en el concreto con el equipo de ferroskan genera incertidumbres ya que el equipo no tiene la capacidad de medición para este ensayo
2. Con gusto daremos información adicional o aclaración a cualquier inquietud relacionada con este informe.

REFERENCIA Y NOMENCLATURA DEL ENSAYO:

- Imagenscan: Referencia del sistema al grabar las lecturas.
- Fecha / hora: Referencia de la hora y fecha de la lectura.
- Cuadrícula: Plano cartesiano usado en el ensayo.
- Punto: Numero de ensayo referenciado en el plano cartesiano.
- x: [mm]: Referencia del punto en el eje x del plano cartesiano.
- y: [mm]: Referencia del punto en el eje y del plano cartesiano.
- Cob: [mm]: Profundidad del punto analizado.
- Barra: Diámetro de la barra analizada.
- Orientación: Forma en la cual se encuentra la barra.
- Uso: Exactitud con la cual el equipo referencia la barra.

Autoriza,

Firmado
digitalmente por
JHONATAN LEAL
BARRETO
Fecha: 2018.08.02
16:32:34 -05'00'

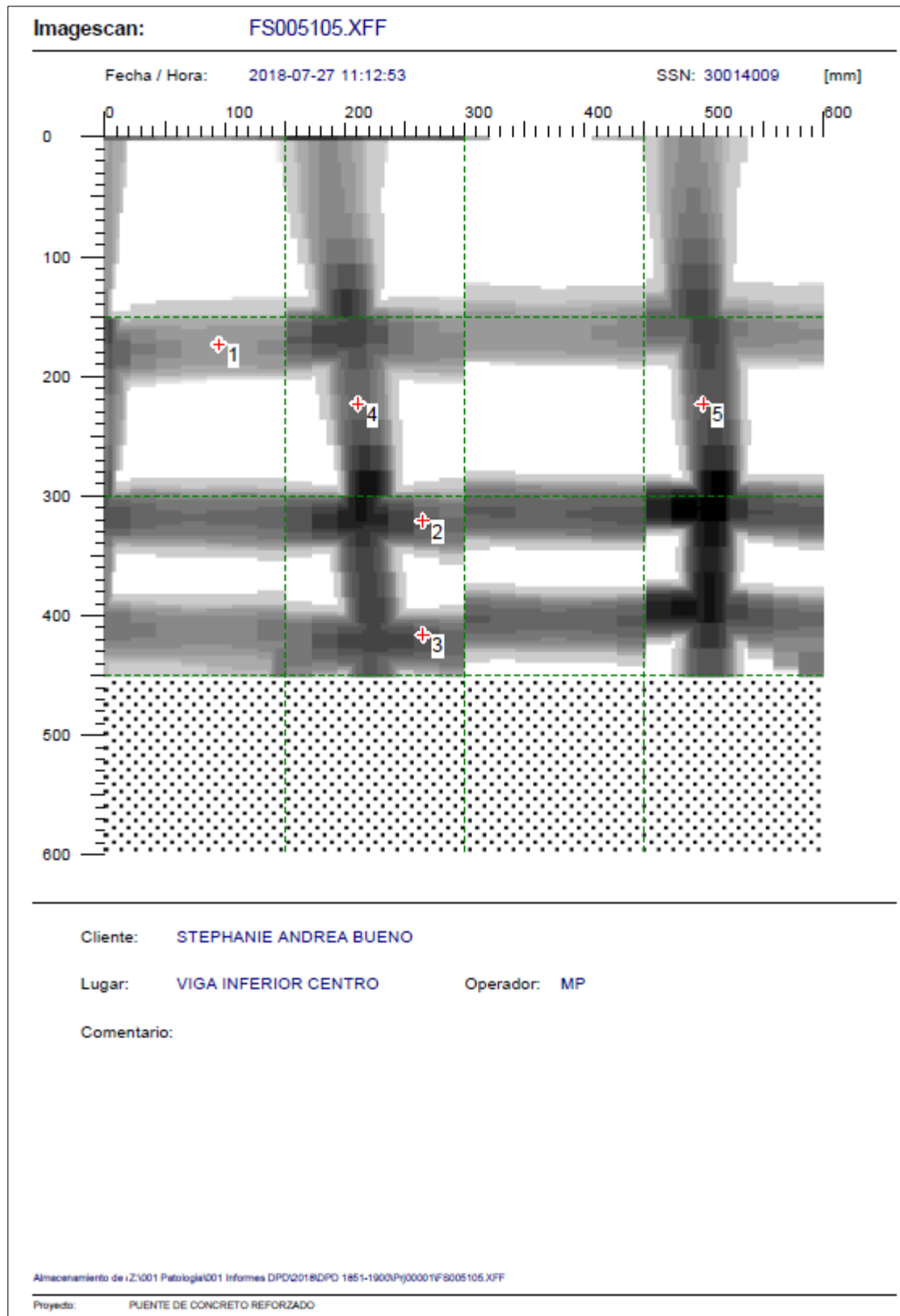
patologia@concrelab.com

CV 10570
WS

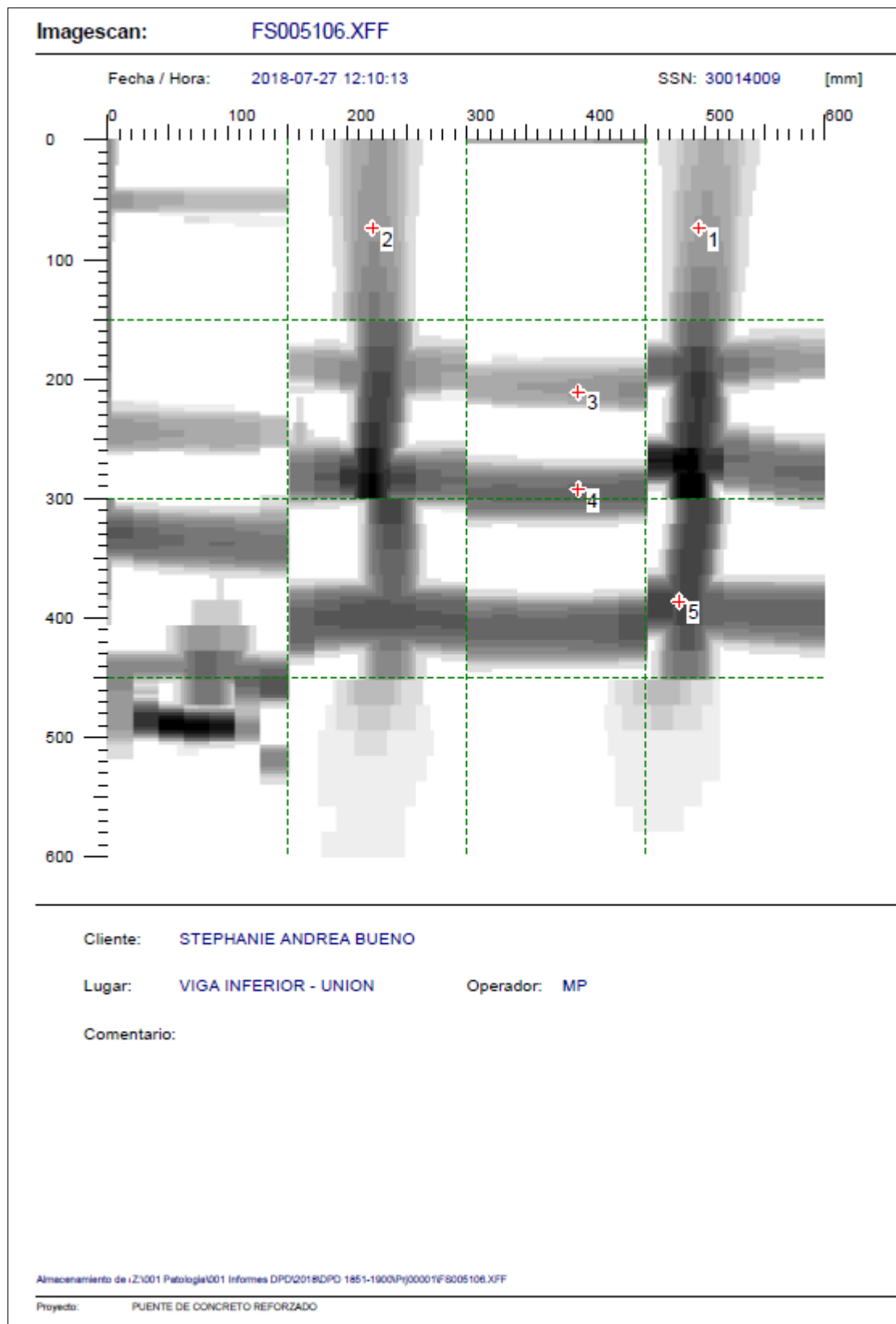
Página 3 de 3
DPD-1870-18



Sede Bogotá | Calle 63D No 71A - 51 | PBX: (571) 223 5656 | www.concrelab.com



Imagescan:		FS005105.XFF				
Punto:	x: [mm]	y: [mm]	Cob.: [mm]	Barra:	Orientación:	Uso:
1	96	175	60	16mm	Horizontal	Medición
2	267	323	44	16mm	Horizontal	Medición
3	267	419	43	16mm	Horizontal	Medición
4	213	224	43	10mm	Vertical	Medición
5	503	224	38	10mm	Vertical	Medición
Almacenamiento de i:\Z\001 Patología\001 Informes DPQ\2018\DPQ 1851-1900\Pj\00001\F8005105.XFF						
Proyecto:		PUENTE DE CONCRETO REFORZADO				



Imagescan: FS005106.XFF

Punto:	x: [mm]	y: [mm]	Cob.: [mm]	Barra:	Orientación:	Uso:
1	498	74	48	10mm	Vertical	Medición
2	223	74	46	10mm	Vertical	Medición
3	396	213	47	16mm	Horizontal	Medición
4	396	295	34	16mm	Horizontal	Medición
5	481	389	31	16mm	Horizontal	Medición

Almacenamiento de i:\001 Patologia\001 Informes DPD\2018\DPD 1851-1900\Pj\00001\Fs005106.XFF

Proyecto: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO

Imagescan: FS005107.XFF

Fecha / Hora: 2018-07-27 12:16:09

SSN: 30014009 [mm]

0 100 200 300 400 500 600

0 100 200 300 400 500 600

Cliente: STEPHANIE ANDREA BUENO

Lugar: PLACA INFERIOR

Operador: MP

Comentario:

Almacenamiento de :Z:\001 Patologia\001 Informes DPD\2018\DPD 1851-1900\Pj\00001\FS005107.XFF

Proyecto: PUENTE DE CONCRETO REFORZADO

Imagescan:		FS005107.XFF				
Punto:	x: [mm]	y: [mm]	Cob.: [mm]	Barra:	Orientación:	Uso:
1	117	171	32	14mm	Horizontal	Medición
2	74	360	34	16mm	Horizontal	Medición
3	417	544	49	16mm	Horizontal	Medición
4	35	246	44	10mm	Vertical	Medición
5	290	224	45	10mm	Vertical	Medición
6	541	181	27	8mm	Vertical	Medición
Almacenamiento de i:\001 Patologia\001 Informes DPD\2018\DPD 1851-1900\Prj\00001\FS005107.XFF						
Proyecto:		PUENTE DE CONCRETO REFORZADO				

Apéndice M. Concepto de ampliación del puente

República de Colombia | Departamento de Cundinamarca
Alcaldía de la Calera
 "CONSTRUYENDO CONFIANZA"

437 438

Oficio SP -
 La Calera,

Ingeniero
GUILLERMO ALONSO MORALES ORTIZ
 Secretario de Obras Públicas
 La Calera

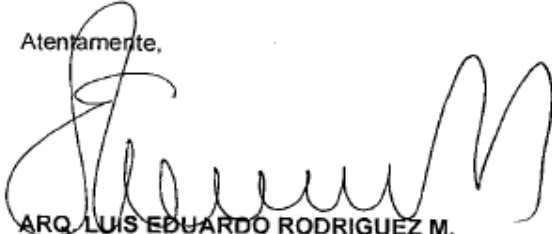
Ref: Ampliación Puente sobre el río Teusaca

Respetado Ingeniero:

De manera atenta, y teniendo en cuenta el plan vial del Municipio de la Calera, esta Secretaría considera viable el proyecto de ampliación y mantenimiento del puente ubicado en la calle 9 entre carrera 2A y 2B Municipio de La Calera.

Además me permito informarle que la Secretaría de Obras Públicas deberá verificar que el proyecto cumpla con la normas de sismoresistencia vigentes.

Atentamente,


ARQ. LUIS EDUARDO RODRIGUEZ M.
 Secretario de Planeación Municipal

Elaboró: Dora Netty Mora S.
 Revisó: Arq. Luis Eduardo Rodríguez M.
 Fecha: Diciembre 9 de 2008

109-010-10

Parque Principal Carr 3 No 6-10 | Teléfonos: 8600032 / 8600033 / 8600466 / 8600467 Fax: 8600031
 E-mail: info@lascalera.gov.co | www.lascalera.gov.co

Recibido
 Diciembre 9/2008

Apéndice N. Memoria de cálculo de análisis del puente



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

LUGAR: La Calera

PROYECTO: Puente de la calle 9 entre carreras 2A y 2B sobre el río Teusacá

NORMA: Código Colombiano de Puentes 2014 (CCP-14)

1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL PUENTE

Tablero

Concreto	f 'c (kg/cm ²)	210	f 'c (Mpa)	21	f 'c (psi)	3000
Acero	f y (kg/cm ²)	4200	f y (Mpa)	420	f y (psi)	60000

Pesos Unitarios

γ_{Concreto}	2.32 t/m ³	Tabla 3.5.1-1	γ_{Concreto}	2320.00 kg/m ³
γ_{Asfalto}	2.25 t/m ³	Tabla 3.5.1-1	γ_{Asfalto}	2250.00 kg/m ³

Viga Interior

Concreto	f 'c (kg/cm ²)	210	f 'c (Mpa)	21	f 'c (psi)	3000
Acero	f y (kg/cm ²)	4200	f y (Mpa)	420	f y (psi)	60000

Viga Exterior

Concreto	f 'c (kg/cm ²)	210	f 'c (Mpa)	21	f 'c (psi)	3000
Acero	f y (kg/cm ²)	4200	f y (Mpa)	420	f y (psi)	60000



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PUENTE

Tablero

No de carriles	2	Separación interior entre vigas (Sp1)	0.95 m
Ancho de carril (AC)	3.65 m	Separación interior entre vigas (Sp2)	1.60 m
Número de bordillos	0	Separación interior entre vigas (Sp3)	1.30 m
Altura de bordillos	0.00 m	Separación interior entre vigas (Sp4)	1.60 m
Ancho total (AT)	10.0 m	Separación interior entre vigas (Sp5)	0.95 m
Número de barandas	2	Separación entre ejes de vigas (S1)	1.35 m
Número de Vigas	6	Separación entre ejes de vigas (S2)	2.00 m
Ancho de la viga	0.40 m	Separación entre ejes de vigas (S3)	1.70 m
Longitud libre del Voladizo (LV)	0.60 m	Separación entre ejes de vigas (S4)	2.00 m
Ancho de bordillos (AN)	0.00 m	Separación entre ejes de vigas (S5)	1.35 m
Longitud de voladizo desde el eje (LVE)	0.80 m		
Longitud del puente	10.5 m		
Ancho de calzada (Av)	7.30 m		
Luz total del tablero a distribuir entre vigas	8.8 m		

Vigas riostra (Diafragma)

Cantidad de Diafragmas	0	Separación entre diafragmas	10,5 m
Ancho de vigas riostra (Diafragmas) (b _o)	0,00 m		
Altura de vigas riostra en apoyos (Diafragmas)	0,00 m		
Altura de vigas riostra en el centro de la luz (Diafragmas)	0,00 m		

3. CARGAS DE DISEÑO

3.6.1.2.2. Camión de Diseño

CCP-14

Cabezote	Eje 2	Eje 3
P1	P2	P3
(Kg)	(Kg)	(Kg)
4000	16000	16000
4.0 t	16.0 t	16.0 t

P Total (Kg)	3600	36.0 t
--------------	------	--------

3.6.1.2.3 Tandem de Diseño

TANDEM

Cabezote	Eje 2
P1	P2
(Kg)	(Kg)
12500	12500
12.5 t	12.5 t

P Total (Kg)	2500	25.0 t
--------------	------	--------

3.6.1.2.4 Carga de carril

W _{carril} (Ton/m)	1.03
W _{carril} (kN/m)	10.3

Distancia entre ejes 1	4.3	m
Distancia entre ejes 2	4.3	9

Distancia entre ejes 1	1.2	m
------------------------	-----	---



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

4. PREDIMENSIONAMIENTO: TABLERO

Altura de la placa entre apoyos

Tipo de luz de puente	SIMPLE	Tabla 2.5.2.6.3-1		
		Simple	Continua	
Altura Losa de concreto con refuerzo paralelo al tráfico		$\frac{1.2(S + 3000)}{30}$	$\frac{(S + 3000)}{30} \geq 165mm$	0.18 m
Altura mínima del tablero (H_{min})	0.175 m	Sección 9.7.1.1		Tabla 2.5.2.6.3-1

Altura de la placa en voladizo

Seleccione características del tablero:	Paramentos o barreras	0.203 m	Sección 13.7.3.1.2
---	------------------------------	---------	--------------------

Altura de la placa calculada: 0.20 m

Altura de la placa adoptada: 0.20 m

Acartelamiento, rodadura y vigas

Ancho con acartelamiento	0.20 m	Asumido
Capa de rodadura de asfalto (e)	0.05 m	Asumido

	Simple	Continua		
Altura de las vigas (h)	0.07*L	0.065*L	0.74 m	Tabla 2.5.2.6.3-1
Altura de las vigas adoptada	0.70 m			Para viga T

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
Tabla 2.5.2.6.3-1	$\frac{(S + 3000)}{30} \geq 165mm$	La altura de la losa cumple	Aplica para puente con luz tipo: Continua
-	$H_{placa\ calculada} \leq H_{placa\ adoptada}$	La altura de la losa cumple	No aplica sección de la norma
-	$H_{viga\ calculada} \leq H_{viga\ adoptada}$	Revisar la altura de la viga	4 cm por debajo, $70 < 74$ cm



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

5. DISEÑO DE LA PLACA

1. Carga muerta (DC)

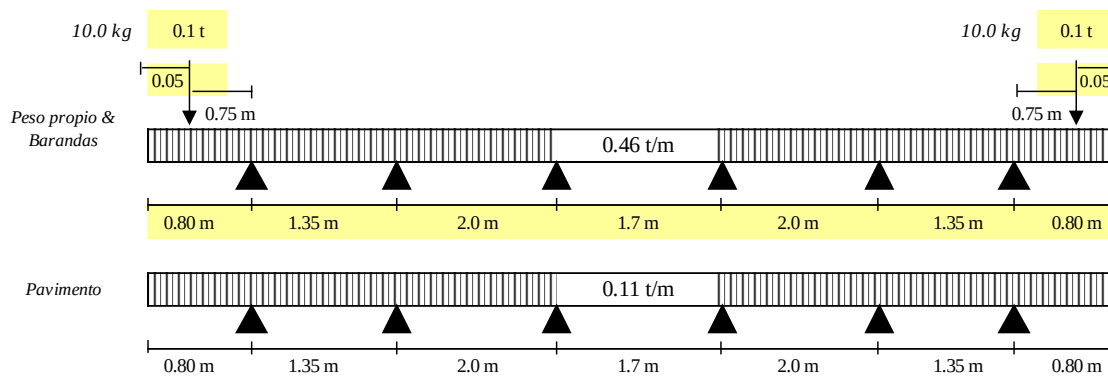
Peso propio (W_{DC}) 4.64 kN/m 0.46 t/m Por metro

2. Carga superficie de rodadura (DW)

Peso rodadura (W_{DW}) 1.13 kN/m 0.11 t/m²

Análisis de cargas

Revisar los apoyos y carga de barreras para montar el modelo



Resultados de montar los modelos de las vigas anteriores

Sobre impuestas (Modelo)	DC (KN-m)	-1.1	0	0.3	-0.3	-0.3	0	-1.1
		0.96			0	0.3	0.96	
Pavimento (Modelo)	DW (kN-m)	-0.7	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	
		-0.16	0.5	0.1	0.5	-0.16		
Viva envolvente vehículos (Modelo)	LL (kN-m)	-4.88	-2.48	-2.71	-2.71	-2.48	-4.88	
		2.77	2.8	2.92	2.8	2.77		



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Tabla 4.6.2.1.3-1. Formúlas de concreto fundido en sitio

Ancho de Franja equivalente	M (-)	1.76	1.558	1.72	1.65	1.72	1.76
	M (+)	1.34	1.70	1.54	1.70	1.34	
$\frac{LL}{Franja Equivte}$	LL	-2.77	-1.592	-1.576	-1.65	-1.442	-2.77
	(T-m/m)	2.06	1.65	1.90	1.65	2.06	

Tabla 3.6.2.1-1. Amplificación por Carga Dinamica, IM

IM	33%						
$1 + \frac{IM}{100}$	IM	-3.68	-2.118	-2.096	-2.19	-1.918	-3.68
	(33%)	2.74	2.19	2.53	2.19	2.74	

3.4.1. Factores de carga y combinaciones de carga

$$Mu = 1.25DC + 1.5DW + 1.75 * (LL + IM)$$

Estado límite: Resist I	Mu	-8.86	-4.456	-4.942	-5.109	-4.106	-8.861
	(T-m)	5.76	4.96	4.58	4.96	5.76	

Factores de Amplificación y Combinaciones de Carga

Ductilidad (η_D)	1	Sección 1.3.3. Diseños convencionales
Redundancia (η_R)	1	Sección 1.3.4. Niveles convencionales de redundancia
Importancia operacional (η_I)	1	Sección 1.3.5. Para puente típicos

$$\eta = (\eta_D)(\eta_R)(\eta_I) \quad \mathbf{1} \quad \text{Sección 1.3}$$

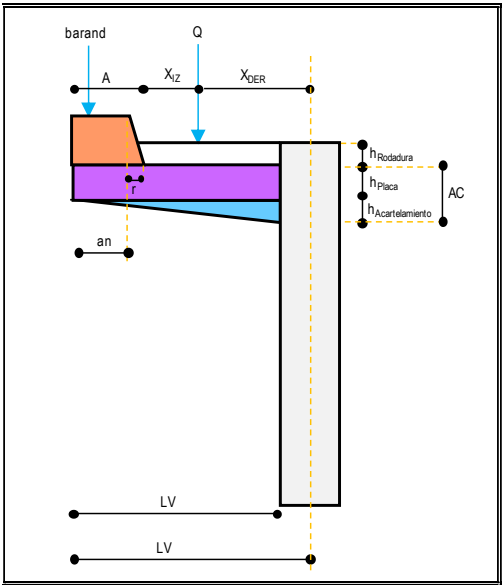
Momentos últimos - Estado límite

$$Mu_{(LL)}^{(-)} \quad \mathbf{-66.79 \text{ kN}} \quad Mu_{(LL)}^{(+)} \quad \mathbf{48.98 \text{ kN}}$$



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUEBLO EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Análisis Estructural - Voladizo



$$Q = \frac{P_{ejepesado}}{2} = 80.00 \text{ kN}$$

$$H_{bordillo} = 0.00 \text{ m}$$

$$H_{placa} = 0.20 \text{ m}$$

$$H_{rodadura} = 0.05 \text{ m}$$

$$AN = 0.00 \text{ m}$$

$$LV = 0.60 \text{ m}$$

$$AC_{acartelamiento} = 0.20 \text{ m}$$

$$AC_{acartelamiento-H_{placa}} = 0.00 \text{ m}$$

$$an = 0.00 \text{ m}$$

$$rb_{reduccionBordillo} = 0.00$$

$$X_{IZQCarga} = 0.30 \text{ m}$$

$$X_{DERCarga} = 0.30 \text{ m}$$

Sección 3.6.1.3.4 carga de voladizos

ELEMENTO	P (kN)	Brazo	Mcm (kN-m)
1	2.78	0.30	0.84
2	0.00	0.20	0.00
3	0.00	0.60	0.00
4	0.68	0.30	0.20
Baranda	1.00	0.60	0.60
TOTAL	4.46		1.64 kN-m

3.6.1.6 Se analiza como si se fuera a quitar la acera en un futuro

Momento flector por carga viva

En los voladizos

$$\text{Ancho de repartición (E)} \quad E = 1.140 + 0.833X \quad 1.39 \text{ m}$$

Tabla 4.6.2.1.3-1 franjas equivalentes

$$\text{Momento por carga viva (M}_{CV}) \quad M_{CV} = \left[\frac{I \times Q}{E} \right] X \quad 22.97 \text{ kN-m/m}$$



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Momentos últimos en el voladizo

CARGA	MOMENTO NEGATIVO	CORTANTE
Peso propio (DC)	1.44 kN-m	3.78 kN
Carpeta asfáltica (DW)	0.20 kN-m	0.68 kN
Carga viva (LL)	22.97 kN-m	76.55 kN
$M_u = 1.25DC + 1.5DW + 1.75 * (LL + IM)$		
Fuerzas últimas	42.29 kN-m	139.71 kN

Chequeo del cortante en el acartelamiento (Losa en voladizo)

Resistencia nominal a cortante por tracción (V _c)	$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}$	0.000768043	kg/m ²	7.68	kg/cm ²
factor de resistencia a cortante (φ)		0.9	Sección 5.5.4.2.1		
Esfuerzo cortante (V _u)	$v_u = \frac{V_u}{\phi b_v d_v}$	$d_v = \frac{V_u}{\phi b_v v_u}$	$d_v = \frac{V_u}{\phi V_c}$	d _v =	0.20 m Sección 5.5.4.2.1
Recubrimiento (r)	0.03 m	Sección 5.12.3 recubrimiento del concreto			
AC _{acartelamiento}	0.20 m				
H _{acartelamiento calculada}	$d_v + r + 1/2\phi_b$	0.24 m	Altura mínima que requiere el acartelamiento		
Profundidad efectiva a cortante real (d _{v real})		0.17			

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
Sección 5.5.4.2.1	$AC_{acartelamiento} \leq H_{acartelamiento calculada}$	Aumentar la altura del acartelamiento, altura	El voladizo no presenta acartelamiento



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Cálculo del refuerzo

Refuerzo principal en el voladizo

As (-) armadura superior

Ancho unitario (b)	100 cm	1.00 m
Altura efectiva (d)	17.0 cm	0.17 m
factor de resistencia a flexión (ϕ)	0.9	Sección 5.5.4.2.1
Momento último en el voladizo (M_u)	66.79 kN-m	<i>Si el momento con ETABS es mayor seleccionar ese</i>
Momento nominal en el voladizo (M_n)	$M_n = M_u / \phi$	74.21 kN-m

Módulo de rotura del concreto $F_r = 2.01 \sqrt{f'_c}$ Fr 0.0029 kg/m² Sección 5.4.2.6

$$s = \frac{bh^2}{6} \quad 0.01 \text{ m}^3$$

Momentos para refuerzo mínimo Sección 5.7.3.3.2	M_{in}	$M_i = 1.33 M_u$	88.83 kN-m
	M_{cr}	$M_{cr} = 1.1(f_r S)$	21.36 kN-m Referencia_ Ing. Arturo Rodríguez

AS_{min}	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$	$M_u = 0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) A_s$	3.40 cm ² /m Despejando A_s
$AS_{temperatura}$	$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$	$A_s \geq \frac{0.18bh}{2(b+h)} \left(\frac{cm^2}{m} \right)$	1.76 cm ² /m $AS_{temperatura}$ 2.33 cm ² /m
$AS_{requerido}$	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$	$M_u = 0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) A_s$	12.66 cm ² /m Despejando A_s
$AS_{suministrar}$	12.66 cm ² /m Por metro lineal de losa		

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
Sección 5.10.8	$2.33 \text{ cm}^2/m \leq A_s \leq 12.7 \text{ cm}^2/m$	Revisar refuerzo de retracción y temperatura	Como el calculado es menor a 2,33 entonces se toma 2,33



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUEBLO EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

En el apoyo central

Ancho unitario (b)	100 cm	1.00 m
Altura efectiva (d)	17.0 cm	0.17 m
factor de resistencia a flexión (ϕ)	0.9	Sección 5.5.4.2.1
Momento último apoyo central (M_u)	66.79 kN-m	Sí el momento con ETABS es mayor seleccionar ese
Momento nominal apoyo central (M_n)	$M_n = M_u / \phi$	74.21 kN-m

Módulo de rotura del concreto	$F_r = 2.01 \sqrt{f'_c}$	Fr	0.0029 kg/m ²	Sección 5.4.2.6
-------------------------------	--------------------------	----	--------------------------	-----------------

$$S = \frac{bh^2}{6} = 6666.67 \text{ cm}^3$$

Momentos para refuerzo mínimo Sección 5.7.3.3.2	M_{in}	$M_l = 1.33 M_u$	88.83 kN-m	
	M_{cr}	$M_{cr} = 1.1(f_r S)$	21.36 kN-m	Referencia_ Ing. Arturo Rodríguez

AS_{min}	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$	$M_u = 0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) A_s$	3.404 cm ² /m	Despejando AS	Se utiliza 2,33 cm ² /m el calculado es menor
$AS_{temperatura}$	$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$	$A_s \geq \frac{0.18bh}{2(b+h)} \left(\frac{cm^2}{m} \right)$	1.76 cm ² /m	$AS_{temperatura}$	2.33 cm ² /m
$AS_{requerido}$	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$	$M_u = 0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) A_s$	12.66 cm ² /m	Despejando AS	
$AS_{suministrar}$	12.66 cm ² /m Por metro lineal de losa				

$A_s (+)$ armadura superior

Para el refuerzo superior se toma el valor con mayor AS

AS 12.66 cm²/m

Longitudinal

Refuerzo en barra #	No. 5	Área	1.99 cm ²
Separación calculada (S)	15.72 cm		
Separación Asumida (S)	15 cm	Área de acero	13.27 cm ²



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

As (+) armadura inferior

Ancho unitario (b)	100 cm				
Recubrimiento (r)	3 cm	Refuerzo en barra #	No. 5	Φ	1.59 cm
Altura efectiva (d)	$d = t - r - 0.5\Phi$	16.21 cm			
factor de resistencia a flexión (ϕ)	0.9	Sección 5.5.4.2.1			
Momento último (Mu)	48.98 kN-m				

Momento nominal (Mn)	$M_n = M_u / \phi$	54.43 kN-m			
AS_{min}	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$	$M_u = 0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) A_s$	9.547 cm ² /m	Despejando As	

Dirección armadura principal Perpendicular al tráfico

Sección 9.7.3.2

Calculado Chequeado

Armadura distribución ($AS_{distribución}$)	3840/RAIZ(S)	124.6 %	67.0 %	$AS_{distribución}$	6.396 cm ² /m
$AS_{temperatura}$	$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$	$A_s \geq \frac{0.18bh}{2(b+h)} \left(\frac{cm^2}{m} \right)$	1.76 cm ² /m	$AS_{temperatura}$	2.33 cm ² /m

Longitudinal

Refuerzo en barra #	No. 5	Área	1.99 cm ²	Φ (cm)	1.59	Sección 5.10.3
Separación calculada (S)	20.84 cm	Separación 3t (S2)	60.0 cm	Separación Max (S3)	45.0 cm	
Separación seleccionada	20.84 cm	Separación Asumida (S)	15.00 cm			
Área de acero	10.6 cm ² /m					

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
-	$AS_{calculada} \leq AS_{real}$	La separación de acero dispuesto, cumple	Longitudinal
Sección 5.10.8	$2.33 \text{ cm}^2/m \leq A_s \leq 12.7 \text{ cm}^2/m$	Revisar refuerzo de retracción y temperatura	Si sobrepasa alguno de los límites reemplazar por dicho valor
Sección 5.10.3	$S_{asumida} \geq 1.5\Phi$ $S_{asumida} \geq 38 \text{ mm}$	La separación asumida, cumple	-
-	$AS_{calculada} \leq AS_{real}$	La separación de acero dispuesto, cumple	Longitudinal



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Refuerzo de distribución

Dirección armadura principal	Perpendicular al tráfico				
Sección 9.7.3.2	Calculado Chequeado				
Armadura distribución ($AS_{distribución}$)	3840/RAIZ(S)	124.6 %	67.0 %	$AS_{distribución}$	6.396 cm^2/m

En la franja media $S=1,3$

Refuerzo en barra #	No. 3	Área	0.71 cm ²	Φ (cm)	0.95
Separación calculada (S)	11.10 cm	Separación asumida (S) 11.00 cm			
No. Teórico de Varillas	6.409	Parrila inferior sentido paralelo al tráfico			
No. De Varillas asumido	7	Para 1m			

En los cuartos exteriores $S=1,6$

Separación calculada (S)	13.87 cm				
No. Teórico de Varillas	5.266	Parrila inferior sentido paralelo al tráfico			
No. De Varillas asumido	6	Para 1m			

En los cuartos exteriores $S=0,95$

Separación calculada (S)	13.87 cm				
No. Teórico de Varillas	2.923	Parrila inferior sentido paralelo al tráfico			
No. De Varillas asumido	3	Para 1m			

Refuerzo de retracción y fraguado

AS_{rt}	3 cm^2/m	Sección 5.10.8			
Refuerzo en barra #	No. 3	Área	0.71 cm^2	Φ (cm)	0.95
Separación calculada (S)	23.67 cm	Separación asumida (S)	22.00 cm		



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

6. DISEÑO DE LA VIGA INTERIOR

Tablero			
Longitud del puente	11 m	Altura de las vigas (h)	0.70 m
Espesor de la placa	0.20 m	Ancho de las vigas (bo)	0.40 m
Separación entre ejes de vigas (S1)	1.35 m	Altura efectiva de las vigas (h')	0.50 m
Separación entre ejes de vigas (S2)	2.00 m	Ancho de acartelamiento	0.20 m
Separación entre ejes de vigas (S3)	1.70 m	Capa de rodadura de asfalto (e)	0.05 m
Separación entre ejes de vigas (S4)	2.00 m	Cantidad de Diafragmas	0
Separación entre ejes de vigas (S5)	1.35 m	Altura diafragma en Apoyos	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp1)	0.95 m	Altura diafragma en centro luz	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp2)	1.60 m	Ancho de diafragmas (bo)	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp3)	1.30 m	Separación de diafragmas	11 m
Separación interior entre vigas (Sp4)	1.60 m		
Separación interior entre vigas (Sp5)	0.95 m		

6.1. Análisis de Cargas

Carga muerta total (DC)

Carga muerta Distribuida (DC1):

Carga distribuida Peso Losa	W_{Placa}	4.64 kN/m ²	Carga distribuida Peso Losa S=2	W_{Placa}	9.28 t/m
Carga distribuida Peso Losa S=1,35	W_{Placa}	6.26 kN/m	Carga distribuida Peso Losa S=1,7	W_{Placa}	7.89 t/m
Carga distribuida Peso Viga	W_{Viga}	6.50 kN/m			
Carga distribuida Carterlas	$W_{Cartela}$	0.00 t/m			

Carga Muerta (DC) (MaxWplaca)	W_{DC1}	15.78 kN/m
Momento Carga Muerta (M_{DC1})	M_{DC1}	$\frac{W * L^2}{8}$ 217.41 kN-m

Carga muerta Puntual (DC2):

Carga Puntuales de los diafragmas	P_{DC2}	0.00 kN
Numero de Luces	n	1
Momento Carga Muerta Diafragmas M_{DC}	M_{DC2}	0.00 kN

Momento carga muerta total	M_{DC}	217.41 kN-m
-----------------------------------	----------	-------------



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUEBLO EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Carga por superficie de rodadura (DW)

Carga distribuida Carpeta	$W_{Asfalto}$	1.13 kN/m ²	Carga distribuida Carpeta S=2	$W_{Asfalto}$	2.25 kN/m ²
Carga distribuida Carpeta S=1,35	$W_{Asfalto}$	1.52 kN/m ²	Carga distribuida Carpeta S=1,7	$W_{Asfalto}$	1.91 kN/m ²

Momento carga muerta total	M_{DW}	$\frac{W * L^2}{8}$	31.01 kN/m ²
-----------------------------------	----------	---------------------	-------------------------

Carga Viva

Porcentaje de momento que se distribuye en una viga interior

Separacion entre eje de vigas	S1	1.35 m	S2	2.00 m	S3	1.70 m
Area de la viga	$A_{viga} = h' * b_o$ 0.20 m2					
Inercia de la Viga	$I_{viga} = \frac{h'^3 * (bo)}{12}$			0.004167 m4		
Relación Modulos de Elasticidad	$n = \frac{E_{viga}}{E_{Tablero}}$		1		Ecuación 4.6.2.2.1-2	
Distancia entre centros de gravedad de la viga de base y el del tablero	e_g		$e_g = \frac{h_{viga}}{2}$		0.35 m	Sección 4.6.2.2.1
Parámetro de rigidez longitudinal	K_g	$K_g = n(I + A_{viga} * e_g^2)$			0.03 m4	Ecuación 4.6.2.2.1-1

		Tabla 4.6.2.2.1-2	Tabla 4.6.2.2.2b-1	
Parámetro de Ecuación:	$\left(\frac{K_g}{L * t_s^3}\right)^{0.1}$	1.05	0.90	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto
	$\left(\frac{K_g}{L * t_s^3}\right)^{0.1}$		0.90	

Distribución de cargas vivas para momentos en vigas interiores

Un carril de Diseño Cargado

$$g = 0.06 + \left(\frac{S}{4.3}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0.1} \quad 0.365 \quad \text{Tabla 4.6.2.2.2b-1}$$

Dos o más carriles de diseño cargados

$$g = 0.075 + \left(\frac{S}{2.9}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0.1} \quad 0.45 \quad \text{Tabla 4.6.2.2.2b-1}$$

Momento (g) 0.45



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUEBLO EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Norma	Criterio	Resultado	Nota
Tabla 4.6.2.2.2b-1	$1100 \leq S \leq 4900$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto
Tabla 4.6.2.2.2b-1	$110 \leq t_s \leq 300$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto
Tabla 4.6.2.2.2b-1	$6000 \leq L \leq 73000$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto
Tabla 4.6.2.2.2b-1	$N_b \geq 4$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto
Tabla 4.6.2.2.2b-1	$4.1623 \times 10^9 \leq K_g \leq 2.9136 \times 10^{12}$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto

Porcentaje de cortante que se distribuye en una viga interior

Distribución de carga viva para cortante en vigas interiores

Un carril de Diseño Cargado

$$g = 0.36 + \frac{S}{7.6} \quad 0.623 \quad \text{Tabla 4.6.2.2.3a-1}$$

Dos o más carriles de diseño cargados

$$g = 0.2 + \frac{S}{3.6} - \left(\frac{S}{10.7} \right)^2 \quad 0.721 \quad \text{Tabla 4.6.2.2.3a-1}$$

Cortante (g) 0.72

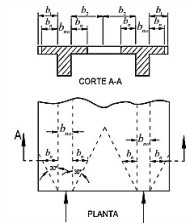


Figura 4.6.2.6.2-4 — Ancho efectivo de aleta, b_e para fuerzas normales

Determinación de ancho efectivo de viga T

	$L/4$ 2.63 m	
b_{efectivo}	$12 * H_{\text{Los a}} + 0.5 * b_o$ 2.60 m	Comentario C.9.8.2.1
	S_p 0.95 m	
b_{efectivo}	0.95 m	



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUEBLO EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Determinación de la altura efectiva de viga (d)

Refuerzo en barra #	No. 5	Área	1.99 cm ²	Φ (cm)	1.59
Diámetro máximo del agregado	1/2	Φ (cm)	1.27		
Nº de filas de refuerzo	3				
Separación del refuerzo	38 mm	3.80 cm	Sección 5.10.3.1.1 Espaciamiento mínimo del refuerzo para concreto vaciado en situ		
	1.5 * Ø _{Refuerzo}	2.39 cm			
	1.5 * Ø _{Agregado}	1.91 cm			
Separación del refuerzo	3.80 cm	Separación del refuerzo adoptada	5.00 cm		
Recubrimiento del refuerzo principal	3	cm	Tabla 5.12.3-1		
Altura ocupada por el refuerzo (d')	13.68 cm	Redondeando	14.00 cm		
Altura efectiva de la viga (d)	56.00 cm				

6.2. Envolvente de momentos: método de líneas de influencia

Porcentaje de distribución de Momento (g)	0.45
Factor de impacto (IM)	1.33

CCP-14			TANDEM	
Cabezote	Eje 2	Eje 3	Cabezote	Eje 2
P3 (Kg)	P2 (Kg)	P1 (Kg)	P1 (Kg)	P2 (Kg)
4000	16000	16000	12500	12500
4.0 t	16.0 t	16.0 t	12.5 t	12.5 t
Incluye IM y g	2.40	9.61	Incluye IM y g	7.51

Análisis de carga: peso propio (DC)

Peso propio de la losa	487.20 kN	Número de Vigas	6
Peso propio de bordillos	0.00 kN	Peso x Viga (Incluye losa aferente)	152.91 kN
Peso propio de barandas	21.00 kN	RA = RB (Ton)	76.45 kN
Peso propio total de vigas	409.25 kN	Peso muerto x ML	14.56 kN/m
Peso propio de diafragmas	0.00 kN	Peso x Viga unitaria	68.21 kN

Peso total (DC) 91.74 t



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Analisis de carga Peso Carpeta Afaltica (DW)

Peso propio carpeta de de rodadura	86.23 kN	Número de Vigas	6	Peso x Viga (Incluye losa aferente)	14.37 kN
Peso total (DW)	86.23 kN	RA = RB (Ton)	7.19 kN	Peso muerto x ML	1.37 kN/m

Analisis de carga Carril

Carga de carril (W_{Carril})	10.30 kN/m	Peso muerto x ML	4.65 kN/m
$g * W_{\text{carril}}$	4.65 kN/m	RA = RB (Ton)	24.42 kN

6.3. Calculo de Momentos Cargas Distribuidas

A = X (m)	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
M_{DC} (kN-m)	18.66	36.41	69.17	98.30	123.78	145.63	163.83	178.39	189.31	196.60	200.24
M_{DW} (kN-m)	1.75	3.42	6.50	9.24	11.63	13.69	15.40	16.77	17.79	18.48	18.82
M_{Carril} (kN-m)	5.96	11.63	22.10	31.40	39.54	46.52	52.33	56.98	60.47	62.80	63.96

6.4. Calculo de Momentos Carga viva: CCP-14

A = X (m)	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
B = L -X (m)	10.25	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50
MC (P1)	2.44	4.76	9.05	12.86	16.19	19.05	21.43	23.33	24.76	25.71	26.19
MC (P2)	1.42	2.71	4.95	6.71	8.00	8.81	9.14	9.00	8.38	7.29	5.71
MC (P3)	0.39	0.67	0.86	0.57	-0.19	-1.43	-3.14	-5.33	-8.00	-11.14	-14.76
M = L+I (kN-m)	38.01	73.45	136.61	189.46	232.02	264.29	286.25	297.92	299.30	290.37	271.15

6.5. Calculo de Momentos Carga viva: Tandem

A = X (m)	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
B = L -X (m)	10.25 m	10.00 m	9.50 m	9.00 m	8.50 m	8.00 m	7.50 m	7.00 m	6.50 m	6.00 m	5.50 m
MC (P1)	2.44	4.76	9.05	12.86	16.19	19.05	21.43	23.33	24.76	25.71	26.19
MC (P2)	2.15	4.19	7.90	11.14	13.90	16.19	18.00	19.33	20.19	20.57	20.48
M = L+I (t-m)	34.50	67.22	127.28	180.20	225.96	264.57	296.04	320.35	337.51	347.52	350.38



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

6.6. Calculo del refuerzo principal: viga interior

$$M_u = 1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{(L+I)}$$

102.9	199.5	373.9	523.2	647.4	747	837.5	908.5	959.8	991.5	1004	$kN\cdot m$
-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	------	-------------

$K = M_u / bd^2$	0.03454	0.06697	0.12552	0.17563	0.21731	0.25073	0.28112	0.30494	0.32217	0.33281	0.33688	kN/cm^2
Cuantía (ρ)	0.00091	0.00177	0.00332	0.00464	0.00574	0.00662	0.00743	0.00806	0.00851	0.00879	0.0089	
$A_s = \rho bd$	4.8553	9.4143	17.644	24.688	30.547	35.244	39.517	42.864	45.286	46.782	47.353	cm^2

Refuerzo en barra No. **No. 7** Área 3.87 cm^2 Φ (cm) 2.22

Cant Bar Requerido	2	3	5	7	8	10	11	12	12	13	13	
$A_{S\text{Existente}}$	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	cm^2
$A_{S\text{Adicional}}$	NR	NR	NR	6.778	12.64	17.33	21.61	24.95	27.38	28.87	29.44	cm^2
Cant Bar Adicional	NR	NR	NR	2	4	5	6	7	8	8	8	

6.7. Diseño a cortante

Longitud del puente	11 m	Factor de impacto	1.33
Distribución cortante (g)	0.72	ϕ Cortante	0.9

CCP-14

P1 (kN)	160	P2 (kN)	160	P3 (kN)	40
P1 _{cortante}	153.3	P2 _{cortante}	153.3	P3 _{cortante}	38.34

TANDEM

P1 (kN)	125	P2 (kN)	125
P1 _{cortante}	119.8	P2 _{cortante}	119.8

Peso propio DC

Carga muerta sobre la Viga	W_{DC}	14.56 kN/m
Peso del diafragma en el centro de la luz		0.00 kN

Peso carpeta Asfáltica

Carga muerta sobre la Viga	W_{DW}	1.37 kN/m
----------------------------	----------	-----------

Peso propio carpeta Asfáltica

Carga de Carril	10.30 kN/m
g * Carga de carril	7.42 kN/m

Cortante por carga muerta
Cortante por carga muerta en el apoyo (VA)

VA	$DC = WL/2 + P/2$	7.65 t	7645.40 kg
VA	$DW = WL/2$	0.72 t	718.59 kg
VA	$W_{carril} = WL/2$	3.90 t	3896.74 kg

Cortante por carga muerta en el centro de la luz (V_¢)

V _¢	P/2 (Solo actúa P)	0.00 t	0.00 kg
----------------	--------------------	--------	---------



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

6.7.1. Envolvente de cortante (V_x)
Calculo de Cortantes Cargas Distribuidas

A = X (m)	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
V _{DC} (kN)	72.813	69.173	61.891	54.610	47.329	40.047	32.766	25.485	18.203	10.922	3.641
V _{DW} (kN)	6.844	6.502	5.817	5.133	4.448	3.764	3.080	2.395	1.711	1.027	0.342
V _{Carril} (kN)	37.112	35.256	31.545	27.834	24.123	20.412	16.700	12.989	9.278	5.567	1.856

Calculo Cortantes Carga viva: CCP-14

A = X (m)	0.00 m	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m
B = L -X (m)	10.50	10.25	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00
FV (P1)	9.762	9.524	9.048	8.571	8.095	7.619	7.143	6.667	6.190	5.714	5.238
FV (P2)	5.667	5.429	4.952	4.476	4.000	3.524	3.048	2.571	2.095	1.619	1.143
FV (P3)	1.571	1.333	0.857	0.381	-0.095	-0.571	-1.048	-1.524	-2.000	-2.476	-2.952
V = L+I (kN)	242.618	234.403	217.973	201.542	185.112	168.682	152.252	135.822	119.392	102.962	86.532

Calculo Cortantes Carga viva: TANDEM

A = X (m)	0.00 m	0.25 m	0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m
B = L -X (m)	10.50	10.25	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00
FV (P1)	9.762	9.524	9.048	8.571	8.095	7.619	7.143	6.667	6.190	5.714	5.238
FV (P2)	8.619	8.381	7.905	7.429	6.952	6.476	6.000	5.524	5.048	4.571	4.095
V = L+I (kN)	220.209	214.504	203.094	191.684	180.275	168.865	157.455	146.045	134.635	123.226	111.816

6.7.2. Cálculo del refuerzo a cortante: viga interior

$$V_u = 1.25V_{DC} + 1.50V_{DW} + 1.75V_{(L+I)}$$

590.8	568.1	522.7	477.4	432	386.9	350.3	313.8	277.2	240.6	204	kN
-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-----	----

VC (5.8.3.3)	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	kN
Comprobación	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
VS = Vu / ϕ_{corte}	656.5	631.2	580.8	530.4	480	429.9	389.3	348.6	308	267.3	226.7	kN

Estribos en barra No. No. 3 Área 0.71 cm² Φ (cm) 0.95



S _{MAX} necesaria	6	7	8	9	10	12	15	18	24	35	61	cm
S _{estribos} adoptado	6	7	8	9	10	12	15	18	20	20	20	cm

% Reducción **80%**

S _{EXISTENTE}	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	cm
VS-VC	133.6	133.6	133.6	106.9	106.9	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	kN
VS; VC+ (VS-VC)	305.6	305.6	305.6	278.9	278.9	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	kN
S _{MAX} necesaria	25	25	25	31	31	37	37	37	37	37	37	cm
S _{estribos} adoptado	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	cm

6.7.3. verificación de la geometría de la viga

Número de barras de refuerzo a flexión	2	
Número de filas de refuerzo	3	
Número de barras por fila	0.667	
Recubrimiento lateral	5.0 cm	
Diámetro de barras	5.73 cm	
Separación mínima necesaria entre barras	5.0 cm	Sección 5.10.3.1
Ancho mínimo necesario de viga	37.19 cm	
Altura de recubrimiento de refuerzo en viga	15.0 cm	
altura d mínima necesaria	55 cm	

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
-	$Ancho_{viga} \geq Ancho_{mínimo}$	El ancho de la viga cumple	-
-	$Altura_{viga} \geq Altura_{mínima}$	La altura de la viga cumple	-



7. DISEÑO DE LA VIGA EXTERIOR

Tablero

Longitud del puente	11 m	Altura de las vigas (h)	0.70 m
Ancho total del puente (AT)	10.00 m	Ancho de las vigas (bo)	0.40 m
Espesor de la placa	0.20 m	Longitud del voladizo desde el eje (LV)	0.80 m
Separación entre ejes de vigas (S1)	1.35 m	Longitud libre del Voladizo (LV)	0.60 m
Separación entre ejes de vigas (S2)	2.00 m	Espesor del acartelamiento	0.00 m
Separación entre ejes de vigas (S3)	1.70 m	Ancho de bordillos (AN)	0.00 m
Separación entre ejes de vigas (S4)	2.00 m	Altura de bordillos	0.00 m
Separación entre ejes de vigas (S5)	1.35 m	Cantidad de Vigas	6.00 m
Separación interior entre vigas (Sp1)	0.95 m	Altura diafragma en Apoyos	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp2)	1.60 m	Altura diafragma en centro luz	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp3)	1.30 m	Ancho de diafragmas (bo)	0.00 m
Separación interior entre vigas (Sp4)	1.60 m		
Separación interior entre vigas (Sp5)	0.95 m		

7.1. Análisis de Cargas

Ancho aferente de placa para vig: 1.48 m

Carga muerta total (DC)

Peso de placa	6.84 kN/m	Peso Diafragma - En apoyo	0.00 kN/m
Peso de acartelamiento	0.00 kN/m	Peso Diafragma - Centro de Lu	0.00 kN/m
Peso de bordillos	0.00 kN/m		
Peso de baranda	1.00 kN/m		
Peso del nervio	4.64 kN/m		

W_{VIGA} 12.48 kN/m



Carga Viva

Carga de eje trasero (P) 80.00 kN

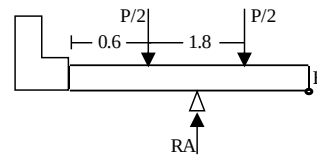
Factor de impacto (I) 1.33

 Carga por rueda trasera $Q = P/2$ 4

Regla de la palanca

Factor de distribución de momento

Un carril de Diseño



Distancia horizontal desde el eje del alma exterior de la viga en el nivel del tablero al borde interior del bordillo o barrera de tráfico.

 d_e 0.80 m

Tabla 4.6.2.2d-1

Distancia desde el bordillo a carga P 0.60 m

Sección 3.6.1.3.1.

 Factor de distribución g 0.519

Dos carriles de diseño

$$e = 0.77 + \frac{d_e}{2.8} \quad 1.056 \quad \text{Tabla 4.6.2.2d-1}$$

$$g = e \times g_{interior} \quad 0.477 \quad \text{Tabla 4.6.2.2d-1}$$

Momento (g) 0.52

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
Tabla 4.6.2.2d-1	$-300 \leq d_e \leq 1700$	Cumple	Tablero de concreto reforzado sobre vigas T en concreto

Factor de distribución de Cortante

Un carril de Diseño

Distancia horizontal desde el eje del alma exterior de la viga en el nivel del tablero al borde interior del bordillo o barrera de tráfico.

 d_e 0.80 m

Tabla 4.6.2.2.3b-1

Distancia desde el bordillo a carga P 0.60 m

Sección 3.6.1.3.1.

 Factor de distribución g 0.519 Regla de la palanca


Dos carriles de diseño

$e = 0,6 + \frac{d_e}{3}$	0.867	Tabla 4.6.2.2.3b-1
$g = e \times g_{interior}$	0.625	Tabla 4.6.2.2.3b-1

Cortante (g) 0.62

Determinación de ancho efectivo de viga T

$b_{efectivo}$	$L/4$	2.63 m
	$12 * H_{Losa} + 0.5 * b_o$	2.60 m Comentario C.9.8.2.1
	S_p	0.95 m

$b_{efectivo}$ 0.95 m

Determinación de la altura efectiva de viga (d)

Refuerzo en barra #	No. 5	Área	1.99	cm ²	Φ (cm)	1.59
Diámetro máximo del agregado	1/2	Φ (cm)	1.27			
Nº de filas de refuerzo	3					
Separación del refuerzo	38 mm		3.80	cm	Sección 5.10.3.1.1 Espaciamiento mínimo del refuerzo para concreto vaciado en situ	
	1.5 * Ø _{Refuerzo}		2.39	cm		
	1.5 * Ø _{Agregado}		1.91	cm		

Separación del refuerzo 3.80 cm Separación del refuerzo adoptada 5.00 cm

Recubrimiento del refuerzo principal 3 cm Tabla 5.12.3-1

Altura ocupada por el refuerzo (c) 13.68 cm Redondeando 14.00 cm

Altura efectiva de la viga (d) 56.00 cm



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

7.2. Envolvente de momentos: método líneas de influencia

Porcentaje de distribución de Momento (g) 0.52

Factor de impacto (IM) 1.33

CCP-14		
Cabezote	Eje 2	Eje 3
P3 (Kg)	P2 (Kg)	P1 (Kg)
4000	16000	16000
4.0 t	16.0 t	16.0 t
Incluye IM y g	2.76	11.03

TANDEM	
Cabezote	Eje 2
P1 (Kg)	P2 (Kg)
12500	12500
12.5 t	12.5 t
8.62	8.62

Análisis de carga: peso propio (DC)

Peso propio de la losa	71.86 kN
Peso propio de bordillos	0.00 kN
Peso propio de barandas	21.00 kN
Peso propio total de vigas	68.21 kN
Peso propio de diafragmas	0.00 kN

Número de Vigas	1
Peso x Viga (Incluye losa aferente)	161.07 kN
RA = RB (Ton)	80.54 kN
Peso muerto x ML	15.34 kN/m

Peso total (DC) 161.07 kN

Análisis de carga: Superficie de rodadura (DW)

Peso propio carpeta de rodadura	17.42 kN
---------------------------------	----------

Número de Vigas	1
Peso x Viga (Incluye losa aferente)	17.42 kN
RA = RB (Ton)	8.71 kN
Peso muerto x ML	1.66 kN/m

Peso total (DW) 17.42 kN

Análisis de carga de carril

Carga de carril	1.03
g x Carga de carril	5.34 kN/m

Peso muerto x ML	5.34 kN/m
RA = RB (Ton)	28.04 kN

7.3. Calculo de Momentos Cargas Distribuidas

A = X (m)	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
M _{DC} (kN-m)	19.65	38.35	72.87	103.55	130.39	153.40	172.58	187.92	199.42	207.09	210.93
M _{DW} (kN-m)	2.13	4.15	7.88	11.20	14.10	16.59	18.67	20.33	21.57	22.40	22.82
M _{Carril} (kN-m)	6.84	13.35	25.37	36.05	45.40	53.41	60.08	65.42	69.43	72.10	73.44



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
 CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

7.4. Calculo de Momentos Carga viva: CCP-14

A = X (m)	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
B = L -X (m)	10.25	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50
MC (P1)	2.44	4.76	9.05	12.86	16.19	19.05	21.43	23.33	24.76	25.71	26.19
MC (P2)	1.42	2.71	4.95	6.71	8.00	8.81	9.14	9.00	8.38	7.29	5.71
MC (P3)	0.39	0.67	0.86	0.57	-0.19	-1.43	-3.14	-5.33	-8.00	-11.14	-14.76
M = L+I (kN-m)	43.64	84.33	156.84	217.53	266.39	303.44	328.66	342.06	343.63	333.39	311.32

7.5. Calculo de Momentos Carga viva: Tandem

A = X (m)	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
B = L -X (m)	10.25	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50
MC (P1)	2.44	4.76	9.05	12.86	16.19	19.05	21.43	23.33	24.76	25.71	26.19
MC (P2)	2.15	4.19	7.90	11.14	13.90	16.19	18.00	19.33	20.19	20.57	20.48
M = L+I (kN-m)	57.44	111.90	211.90	300.00	376.19	440.48	492.86	533.33	561.90	578.57	583.33

7.6. Calculo del refuerzo principal: viga exterior

$$M_u = 1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{(L+I)}$$

140.3	273.4	518.1	734.3	921.9	1081	1211	1313	1386	1431	1447	kN-m
-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------

$K = M_u / b d^2$	0.0471	0.0918	0.1739	0.2465	0.3095	0.3628	0.4066	0.4408	0.4654	0.4804	0.4858	kN/cm ²
Cuantía (ρ)	0.01244	0.02424	0.04595	0.06513	0.08177	0.09588	0.10745	0.11648	0.12298	0.12694	0.12837	
$A_s = \rho b d$	66.175	128.98	244.48	346.49	435.02	510.07	571.62	619.68	654.26	675.34	682.93	cm ²

Refuerzo en barra No. **No. 7** Área 3.87 cm² Φ (cm) 2.22

Cant Bar Requerido	2	4	7	9	12	14	15	17	17	18	18	
$A_{S\text{Existente}}$	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	17.91	cm ²
$A_{S\text{Adicional}}$	NR	NR	6.537	16.74	25.59	33.09	39.25	44.05	47.51	49.62	50.37	cm ²
Cant Bar Adicional	NR	NR	2	5	7	9	11	12	13	13	14	



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

7.7. Diseño a cortante

Longitud del puente	11 m	Factor de impacto	1.33
Distribución cortante (g)	0.62	ϕ Cortante	0.9

CCP-14

P1 (kN)	160	P2 (kN)	160	P3 (kN)	40
P1 _{cortante}	132.9	P2 _{cortante}	132.9	P3 _{cortante}	33.23

TANDEM

P1 (kN)	125	P2 (kN)	125
P1 _{cortante}	103.8	P2 _{cortante}	103.8

Peso propio DC

Carga muerta sobre la Viga	W_{DC}	15.34 kN/m
Peso del diafragma en el centro de la luz		0.00 kN

Peso carpeta Asfáltica

Carga muerta sobre la Viga	W_{DW}	1.66 kN/m
----------------------------	----------	-----------

Peso propio carpeta Asfáltica

Carga de Carril	10.30 kN/m
$g * \text{Carga de carril}$	6.43 kN/m

Cortante por carga muerta

Cortante por carga muerta en el apoyo (VA)

VA	$DC = \frac{WL}{2} + \frac{P}{2}$	8.05 t	8053.50 kg
VA	$DW = \frac{WL}{2}$	0.87 t	871.17 kg
VA	$W_{carril} = \frac{WL}{2}$	3.38 t	3377.18 kg

Cortante por carga muerta en el centro de la luz (V_¢)

V _¢	P/2 (Solo actúa P)	0.00 t	0.00 kg
----------------	--------------------	--------	---------

7.7.1. Envolvente de cortante (V_x)

Calculo de Cortantes Cargas Distribuidas

A = X (m)	.25 m	.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
V _{DC} (kN)	76.700	72.865	65.195	57.525	49.855	42.185	34.515	26.845	19.175	11.505	3.835
V _{DW} (kN)	8.297	7.882	7.052	6.223	5.393	4.563	3.734	2.904	2.074	1.245	0.415
V _{Carril} (kN)	32.164	30.555	27.339	24.123	20.906	17.690	14.474	11.257	8.041	4.825	1.608



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

Calculo Cortantes Carga viva: CCP-14

A = X (m)	.25 m	.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
B = L -X (m)	10.25 m	10.00 m	9.50 m	9.00 m	8.50 m	8.00 m	7.50 m	7.00 m	6.50 m	6.00 m	5.50 m
FV (P1)	9.762	9.524	9.048	8.571	8.095	7.619	7.143	6.667	6.190	5.714	5.238
FV (P2)	5.667	5.429	4.952	4.476	4.000	3.524	3.048	2.571	2.095	1.619	1.143
FV (P3)	1.571	1.333	0.857	0.381	-0.095	-0.571	-1.048	-1.524	-2.000	-2.476	-2.952
V = L+I (kN)	210.269	203.149	188.910	174.670	160.431	146.191	131.952	117.712	103.473	89.234	74.994

Calculo Cortantes Carga viva: TANDEM

A = X (m)	.25 m	.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	2.50 m	3.00 m	3.50 m	4.00 m	4.50 m	5.00 m
B = L -X (m)	10.25 m	10.00 m	9.50 m	9.00 m	8.50 m	8.00 m	7.50 m	7.00 m	6.50 m	6.00 m	5.50 m
FV (P1)	9.762	9.524	9.048	8.571	8.095	7.619	7.143	6.667	6.190	5.714	5.238
FV (P2)	8.619	8.381	7.905	7.429	6.952	6.476	6.000	5.524	5.048	4.571	4.095
V = L+I (kN)	190.848	185.903	176.015	166.126	156.238	146.350	136.461	126.573	116.684	106.796	96.907

7.7.2. Cálculo del refuerzo a cortante: viga exterior

$$V_u = 1.25V_{DC} + 1.50V_{DW} + 1.75V_{(L+I)}$$

532.6	511.9	470.5	429.1	387.7	346.6	312.9	279.1	245.3	211.6	177.8	kN
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----

[illegible][illegible]

VS = V_u / ϕ_{cor}	591.8	568.8	522.8	476.8	430.8	385.2	347.6	310.1	272.6	235.1	197.6	kN
-------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----

Estribos en barra No.	No. 3	Área	0.71 cm ²	Φ (cm)	0.95
-----------------------	-------	------	----------------------	--------	------

S_{MAX} necesaria	7	8	9	10	12	15	19	24	33	52	130	cm
---------------------	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	-----	----

S _{estribos adoptado}	7	8	9	10	12	15	19	20	20	20	20	cm
--------------------------------	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

% Reducción	80%
-------------	-----

S _{EXISTENTE}	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	cm
------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

EXISTENTE												
VS-VC	133.6	133.6	133.6	106.9	106.9	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	89.06	kN

VS; VC + (VS-VC)	305.6	305.6	305.6	278.9	278.9	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	261.1	kN
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----

S_{MAX} necesaria	25	25	25	31	31	37	37	37	37	37	37	cm
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

[illegible]



PROYECTO DE GRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE EN
CONCRETO REFORZADO UBICADO EN EL MUNICIPIO LA CALERA – CUNDINAMARCA

7.7.3. verificación de la geometría de la viga

Número de barras de refuerzo a flexión	3
Número de filas de refuerzo	3
Número de barras por fila	1
Recubrimiento lateral	5.0 cm
Diámetro de barras	5.73 cm
Separación mínima necesaria entre barras	5.0 cm Sección 5.10.3.1
Ancho mínimo necesario de viga	37.19 cm
Altura de recubrimiento de refuerzo en viga	15.0 cm
altura d mínima necesaria	55 cm

Chequeos

Norma	Criterio	Resultado	Nota
-	$Ancho_{viga} \geq Ancho_{mínimo}$	El ancho de la viga cumple	-
-	$Altura_{viga} \geq Altura_{mínima}$	La altura de la viga cumple	-