



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

Trabajo Profesional Integrado

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

Estudiantes:

María J. Orozco Ochoa

Andrea M. Macias Torres

Milton C. Bolaños Vargas

Universidad Santo Tomás

Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia

Especialización en Patología de la Construcción

Centro de Atención Universitario Cúcuta - Ibagué

Bogotá, Colombia

2024

Tabla de Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción	7
Planteamiento del Problema	9
<i>Justificación.....</i>	<i>9</i>
<i>Objetivo General</i>	<i>10</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>10</i>
Metodología	11
<i>Diseño de la investigación</i>	<i>11</i>
<i>Instrumentos utilizados.....</i>	<i>11</i>
<i>Muestras a utilizar en la investigación</i>	<i>11</i>
<i>Variables a emplear o analizar</i>	<i>12</i>
<i>Limitaciones</i>	<i>12</i>
Datos de la Estructura	14
<i>Localización Geográfica</i>	<i>14</i>
<i>Geología de la Zona</i>	<i>17</i>
<i>Características del Suelo.....</i>	<i>22</i>
<i>Nivel freático y estratigrafía</i>	<i>24</i>
<i>Tipos de Suelos</i>	<i>24</i>
<i>Investigación del Subsuelo</i>	<i>32</i>
<i>Analisis de Vulnerabilidad Sismica.....</i>	<i>36</i>
<i>Condiciones Ambientales</i>	<i>39</i>
Historia Clínica del Paciente.....	40
<i>Descripción Constructiva de la Estructura.....</i>	<i>40</i>

<i>Toma de Datos y Muestras Patológicas</i>	48
Tipología de las lesiones.....	49
Calificación de los Elementos del Puente según la Clasificación de Lesiones.....	53
Clasificación y tipificación de las lesiones	56
Análisis de Muestreo y Material de Prueba	56
<i>Fase de Diagnostico del Paciente</i>	66
Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Núcleos de Concreto	66
Ultrasonido en Cilindros de Concreto.....	68
Regatas para Determinación del Acero De Refuerzo Longitudinal.....	69
Magneto Detección Tipo Ferroskan para Auscultación de Acero de Refuerzo a Corte	69
Ensayo De Potencial De Media Celda (Potencial De Corrosión).....	70
Ensayo De Carbonatación.....	71
Ensayo De Pull-Off.....	72
Análisis de Resultados y Diagnostico patológico.....	74
Resistencia a la compresión	77
Resistencia a compresión de los concretos según Diseño de la época	80
Resistencia a compresión de los concretos según Normatividad Vigente	81
Carbonatación	83
Ensayo De Potencial De Media Celda (Potencial De Corrosión).....	83
Disposición de acero de acuerdo con regatas y ferroskan.....	84
<i>Fase de Intervención del Paciente</i>	86
1. Limpieza Total	88
2. Reparación de Defectos en el Concreto	88
3. Instalación de Mortero de Recubrimiento.....	89
4. Reparación de fisuras	89
5. Protección contra carbonatación y eflorescencia	90
6. Instalación de Baranda Metálica.....	91

7. Instalación de elementos de drenaje	91
8. Recalce de bordillo en concreto:.....	92
9. Tratamiento Frente a la Socavación.....	92
10. Fabricación e Instalación de Vigas Metálicas.....	94
Instalación de Láminas de Fibra de Carbono.....	96
Plan de Mantenimiento de la Estructura	97
Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía	98
<i>Recomendaciones</i>	100
<i>Bibliografía</i>	101
Anexos	103
<i>Presupuesto de Intervención</i>	103
<i>Cronograma de Intervención</i>	103
<i>Anexo No. 1: Fichas del caso de estudio</i>	103
<i>Apendice No. 1: Geología y Fallas</i>	103
<i>Apendice No. 2: Matriz de vulnerabilidad</i>	103

Resumen

El presente estudio patológico tiene como objetivo principal exponer el análisis de lesiones, análisis y diagnóstico, recomendaciones y conclusiones de los estudios e inspección realizada en el puente localizado en la abscisa PR98+594 del corredor vial que conecta Pamplona con la ciudad de Cúcuta en el departamento de Norte de Santander, representando un elemento esencial en la conectividad y desarrollo económico de la región, dada su ubicación geográfica.

En este documento se muestra detalladamente las características estructurales, sistema constructivo y componentes, considerando que muchas de estas estructuras fueron construidas hace muchos años y no cuenta con un sistema de diagnóstico geotécnico preestablecido. Así mismo, se especifican los daños y problemas que pueden presentar los distintos elementos teniendo en cuenta su uso, tiempo de servicio y evaluación de patologías.

Adicionalmente, se revisa la condición actual del puente por medio del personal capacitado, dejando registros en las fichas de inspección visual, fichas de tipificación de lesiones, teniendo en cuenta los parámetros y recomendaciones descritas en el Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones del INVIAS.

Finalmente, luego de realizar la evaluación general del puente, analizar cada uno de los informes de ensayos de con que cuenta el paciente, la vulnerabilidad frente a un evento sísmico, las condiciones físicas de cada uno de los elementos estructurales y no estructurales, y toda la información relevante del paciente, se establecen las recomendaciones para la rehabilitación, reparación y plan de mantenimiento preventivo del puente.

Palabras clave: *Estructura, paciente, puente, lesiones, daños, rehabilitación, reparación, sísmico, evaluación, ensayos.*

Abstract

The main objective of this pathological study is to present the analysis of injuries, analysis and diagnosis, recommendations and conclusions of the studies and inspection carried out on the bridge located on the PR98+594 abscissa of the road corridor that connects Pamplona with the city of Cúcuta in the department of Norte de Santander, represents an essential element in the connectivity and economic development of the region, given its geographical location.

This document shows in detail the structural characteristics, construction system and components, considering that many of these structures were built many years ago and do not have a pre-established geotechnical diagnosis system. Likewise, the damages and problems that the different elements may present are specified, taking into account their use, service time and evaluation of pathologies.

Additionally, the current condition of the bridge is reviewed by trained personnel, leaving records in the visual inspection sheets, injury classification sheets, taking into account the parameters and recommendations described in the INVIAS Visual Inspection Manual for Bridges and Pontoons.

Finally, after carrying out the general evaluation of the bridge, analyze each of the test reports available to the patient, the vulnerability to a seismic event, the physical conditions of each of the structural and non-structural elements, and all relevant patient information, recommendations are established for the rehabilitation, repair and preventive maintenance plan of the bridge.

Keywords: Structure, patient, bridge, injuries, damage, rehabilitation, repair, seismic, evaluation, tests.

Introducción

El paciente que será objeto de estudio en el presente informe de patología es un puente de hormigón reforzado, con superficie de rodadura en carpeta asfáltica, ubicado en la vía existente entre Pamplona y Cúcuta, aproximadamente en la abscisa PR98+594, Norte de Santander, dicha estructura fue construida aproximadamente hace 30 años atrás y rehabilitada por la Agencia Nacional de Infraestructura en la fase de operación y mantenimiento del corredor vial, intervenido con el objeto de ampliarlo al costado derecho y poder cumplir con el ancho mínimo de berma, mediante la construcción de la viga adicional, actualmente está en uso bidireccional y continuará a futuro circulando tráfico, solo con la particularidad que va a estar funcionando los dos carriles unidireccionalmente en el sentido Pamplona- Cúcuta.

El paciente es inspeccionado de manera detallada para analizar cada una de las lesiones, sus posibles causas, con el fin de definir los procesos patológicos presentes en la estructura. Entre las que se detectaron eflorescencias, principios de carbonatación, humedades, agentes biológicos, contaminantes, entre otras.

De acuerdo con la inspección y el análisis realizado a los planos de la estructura, su ubicación y uso, se busca describir el sistema constructivo, las características estructurales más relevantes, lesiones encontradas en los diferentes elementos con su respectiva calificación, evaluación de resultados de los ensayos, recomendaciones y conclusiones para la conservación y estabilidad de la estructura. En primera instancia se realizó la verificación visual en campo, mediante las fichas de inspección visual con su registro fotográfico e investigación del sistema constructivo y edad aproximada del puente, para el desarrollo de la actividad de reconocimiento.

Los aspectos ambientales y geológicos son primordiales en la vida útil de la estructura, ya que los eventos a los que estaría expuesta dependen directamente de su ubicación con relación a

las fallas geológicas, cuerpos de agua cercanos, y presencia de organismos animales o vegetales.

Entre los factores influyentes en la calificación de riesgo y probabilidad de ocurrencia de un sismo es la configuración estructural, materiales, y uso de la estructura. Recordando que, el riesgo de sismo está definido como el grado de pérdidas que puede sufrir una estructura durante el periodo de duración del evento y de las características de la acción sísmica, en dicho caso el paciente en estudio, de acuerdo con sus características estructurales y físicas podría sufrir daños de poco o gran magnitud según el estado en que se encuentre cada elemento.

Adicionalmente, es importante señalar que el paciente según la evolución de las patologías identificadas y clasificación, requerirán algún tipo de intervención o mantenimiento correctivo que será mencionado en el presente documento.

Planteamiento del Problema

Justificación

El paciente inspeccionado y analizado en el presente estudio corresponde a una estructura existente de concreto reforzado situado en el PR98+594 en la vía que conecta la ciudad de Cúcuta y Pamplona, en el departamento de Norte de Santander ubicado en la zona nororiental del país, dentro del área andina, y limitante con la Republica de Venezuela. El tramo en mención fue inaugurado aproximadamente en el año 1925, uniendo la central norte con la ruta nacional 66 (Cúcuta, Pamplona, Bucaramanga, entre otras), por lo que se considera una vía de gran importancia para la competitividad y economía regional del país.

Así las cosas, las estructuras que actualmente se encuentran en funcionamiento en el corredor vial y que incluye la obra objeto de estudio, representa una de las obras importantes para la operación de la vía y la conectividad de la región.

Objetivo General

Identificar las principales lesiones o daños presentes en la estructura del puente PR98+594, mediante inspección de campo, ensayos no destructivos, para determinar las posibles causas y propuesta de intervención de acuerdo con el proceso patológico.

Objetivos Específicos

- Revisar y estudiar la información preliminar existente, compuesta por planos, estudios de suelos, registro fotográfico, estudios hidráulicos, diseños de la estructura e intervenciones ejecutadas.
- Investigar los datos generales del entorno, condiciones y componentes medio ambientales y geológicos.
- Describir de manera general el sistema estructural del puente, y clasificar el elemento de acuerdo con la Norma sismorresistente vigente NSR-10
- Recopilar los datos de campo referente a las lesiones presentes en la estructura, su clasificación, grado de severidad y posibles causas de estas.
- Analizar el estado general del puente y su diagnóstico patológico.
- Determinar las intervenciones de reparación y mantenimiento que se requieren de acuerdo con las lesiones encontradas.
- Realizar las recomendaciones que se consideren necesarias para la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

Metodología

Diseño de la investigación

Para el desarrollo del estudio se realizaron visitas de campo a la estructura del puente PR98+594 por parte de los ingenieros encargados de analizar las condiciones y lesiones de cada uno de los elementos, donde se identificaron las características generales de la estructura y se determinaron las zonas con daños y patologías que requieren una evaluación más detallada.

Instrumentos utilizados

Las actividades programadas fueron inspección visual general del puente, orientada a determinar las principales características, daños, lesiones, calificación de lesiones, calificación de los elementos, grado de severidad, orígenes y causas, para recopilar las evidencias fotográficas de campo, para posteriormente realizar las fichas de inspección visual, fichas de tipificación, vulnerabilidad, analizar los resultados Ensayos Destructivos y No Destructivos END de acuerdo con el nivel y proceso patológico evidenciado, determinar diagnóstico y posteriormente determinar las alternativas de reparación o intervención requeridos en la estructura.

Los instrumentos usados para la visita de campo fueron flexómetro, lámpara, planos de diseño,

Muestras a utilizar en la investigación

Para identificar la existencia de las afectaciones sobre la estructura y el nivel de severidad de cada una, se procedió con una auscultación visual del puente a los elementos de cada componente como Superficie y equipamientos, Subestructura, Superestructura y Otros, de acuerdo con la metodología de identificación de daños establecido en el Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones (INVÍAS, 2006).

Variables a emplear o analizar

Identificadas, Cuantificadas y clasificadas las lesiones procedemos como apoyo al estudio de la estructura, hacer uso del Manual del Invias denominado “Evaluación preliminar de la vulnerabilidad de puentes de la red vial principal de Colombia de la Universidad de los Andes” (2005)., con el fin de realizar la calificación de la condición de todos los elementos del puente, evaluando numéricamente el estado de daño de cada uno, de manera tal que se minimice la subjetividad y se obtenga una calificación general y una priorización de reparaciones a la estructura.

Posteriormente se realizó un análisis de riesgos de vulnerabilidad sísmica a través de matrices que clasifican el riesgo de acuerdo a la probabilidad y severidad.

Limitaciones

El estudio patológico busca evaluar las condiciones físicas, y estructurales de los diferentes elementos que componen el puente de concreto reforzado REH 405 ubicado en el PR98+594, de la vía que comunica la ciudad de Cúcuta y Pamplona, en el departamento de Norte de Santander, de acuerdo con los conocimientos técnicos de patología de la construcción. Para la identificación y reconocimiento de campo fue necesario visitar la zona en la que se encuentra ubicada la estructura e investigar la historia, geología, condiciones ambientales, sismos, sistema constructivo, planos, entre otros.

Una limitación en el desarrollo del presente documento es conseguir información sobre estudios de suelos de la estructura que forma parte de la carretera que conecta Cúcuta con Pamplona, debido a que se ha desarrollado a lo largo de décadas y que además ha experimentado diversas etapas de construcción y mejoras a lo largo del tiempo, no se encuentra información técnica detallada que aporte datos objetivos en cuanto a suelos, por lo que concluye que, para la

construcción de esta obra se utilizaron las cartillas del Ministerio de Obras del año 1988 tomando el caso de muros de gravedad con sobrecarga.

Otra de las limitación encontradas durante el desarrollo del estudio, es que durante la fase de experimentación y desarrollo de los ensayos destructivos no es posible realizarlos, ya que la estructura del puente en unos meses estará en proceso de rehabilitación por parte del concesionario encargado de la operación y mantenimiento de la calzada existente. Se contó con apoyo del propietario en cuanto los resultados de inspecciones de ensayos destructivos y no destructivos utilizados en auscultaciones anteriores.

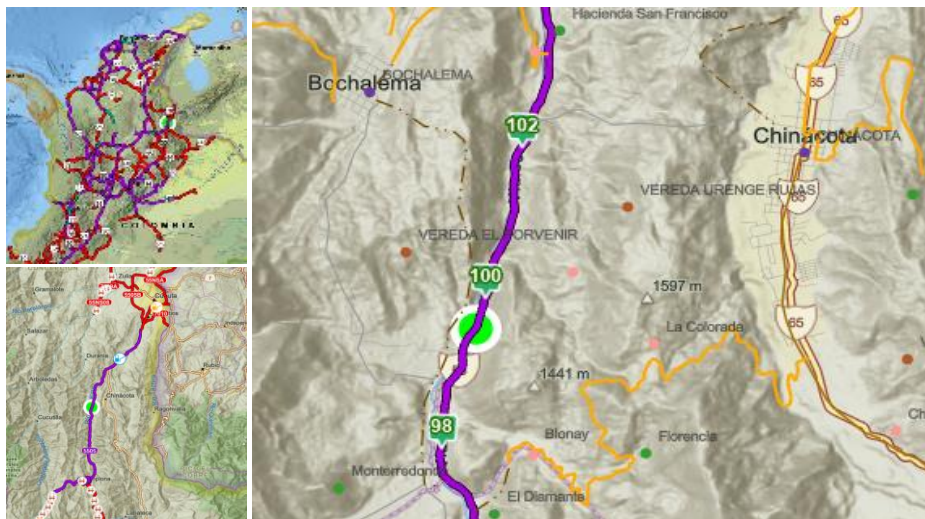
Datos de la Estructura

Localización Geográfica

El paciente en estudio corresponde a un puente de uso vehicular con dos (2) carriles de uso bidireccional, en concreto reforzado, con superficie de rodadura en carpeta asfáltica, ubicado actualmente en la vía existente entre la ciudad de Pamplona y Cúcuta, aproximadamente en las abscisas PR98+594, Norte de Santander, Vía primaria (Ruta Nacional 55).

Ilustración 1

Localización Puente REH 405



Nota. Puente REH 405 – PR 98+594, 2023, Google

Con cercanías al municipio de Chinácota vereda Nuevo Diamante, aproximadamente en las abscisas PR98+594, Vía de primer Orden (Ruta Nacional 55), Norte de Santander, se identifica como REH 405 cuyo propietario es la Agencia Nacional de Infraestructura ANI.

La posición Geográfica del Puente es: Latitud (N) 7°- 34' -33.44'', Longitud 72°- 38' - 12.43'' y Este 1.159.008.35906, Norte 1.329.787.14906.

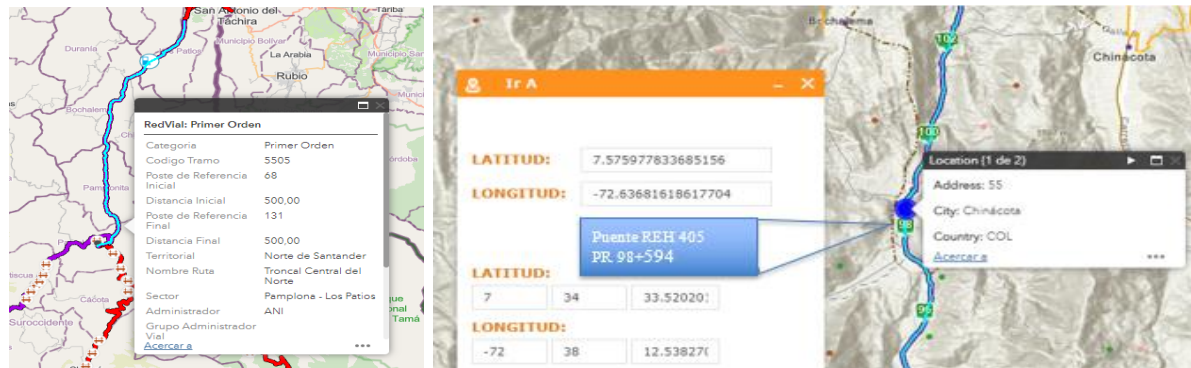
Nombre de la vía, Trocal Central del Norte, Norte de Santander; Código de la vía, INVIAS, Esta Ruta figura en el sistema de Administración de Puentes IPUCOL como Regional (Territorial)

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

No 18 de la Carretera 5505 (18-5505); Administrador vial encargado de la vía, Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)

Ilustración 2

Localización de la Vía Tramo 5505



Nota. Fuente, INVIAS Sistema de Información Vial

Norte de Santander se localiza al extremo nororiental de la República de Colombia, en la zona de frontera con la república Bolivariana de Venezuela, limitándolo en el sector oriental, en el occidente limitan los departamentos de Santander y Cesar, por el norte nuevamente con el Cesar y Venezuela y por el sur con los departamentos de Boyacá y Santander. El Departamento con una superficie aproximada 1.2 de 21.987 Km², que equivale al 1.93% del área total de Colombia se ubica entre los 6°58' de latitud norte y 72°03' y 73°35' de longitud occidental.

Presenta un relieve básicamente montañoso constituido por la Cordillera Oriental (Andes Colombianos), la Serranía de los Motilones y de Tibú, los Cerros de Bobalí y los páramos de Cáchira, Santurbán y El Tama, con alturas que superan los 4.200 m en el páramo de Cáchira, y los 4.000 m en el páramo de Santurbán que permiten poseer una diversidad bioclimática y conformar un sistema hidrográfico organizado en tres grandes cuencas: Catatumbo, Magdalena y Orinoco.

Matices hipsométricas y Geografía de Localización Puente REH 405S

Ilustración 4

Maqueta digital de la zona



Nota. Fuente, Propia – software de modelado Infra Works

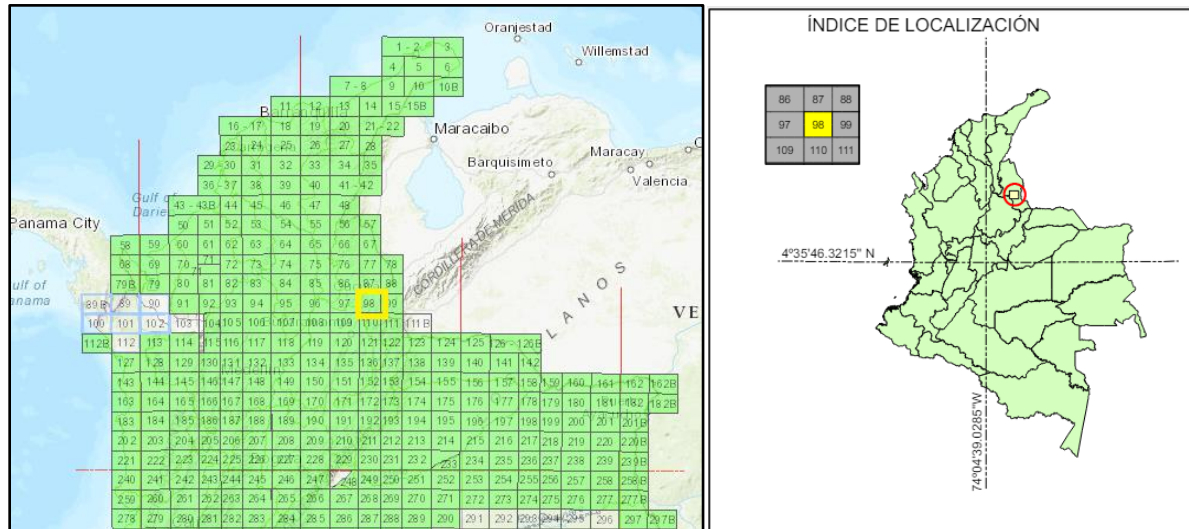
En cuanto a algunas características generales de Clima, Hidrología y Geología del sector se tiene que el clima predominante del Centro Poblado es el templado con una temperatura aproximada de 20.9 – 22.1 °c y en cuanto a Hidrología

Geología de la Zona

Según la localización del Proyecto y de acuerdo con el estado de la Cartografía Geológica de Colombia se localiza la plancha cartográfica que corresponde, (para este caso es la No. 98) de donde se tomarán los principales datos geológicos, que se ilustra a continuación.

Ilustración 5

Localización Plancha Cartográfica No 98.



Nota. Fuente, Servicio Geológico Colombiano - Geo portal

Ilustración 6

Geología de la Plancha 98

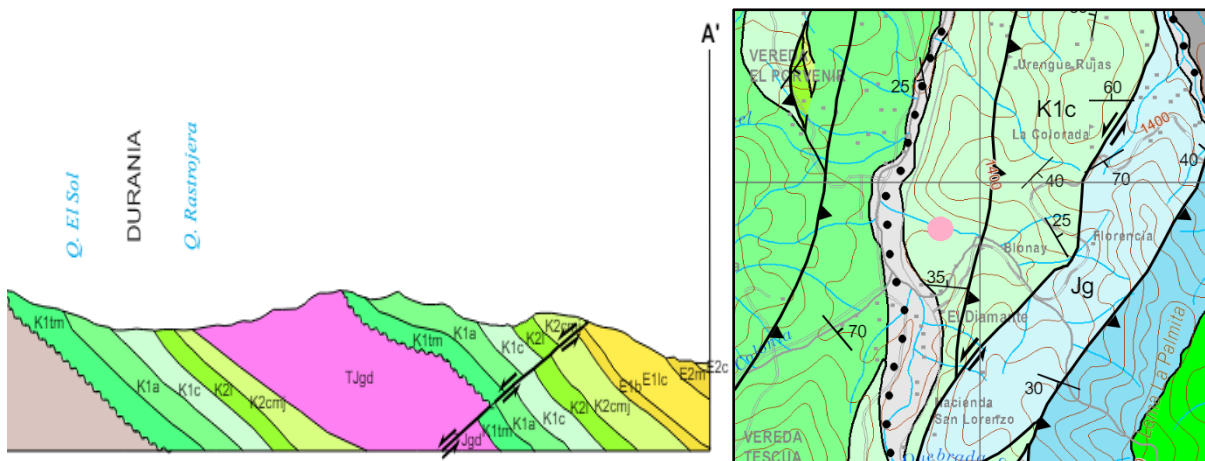
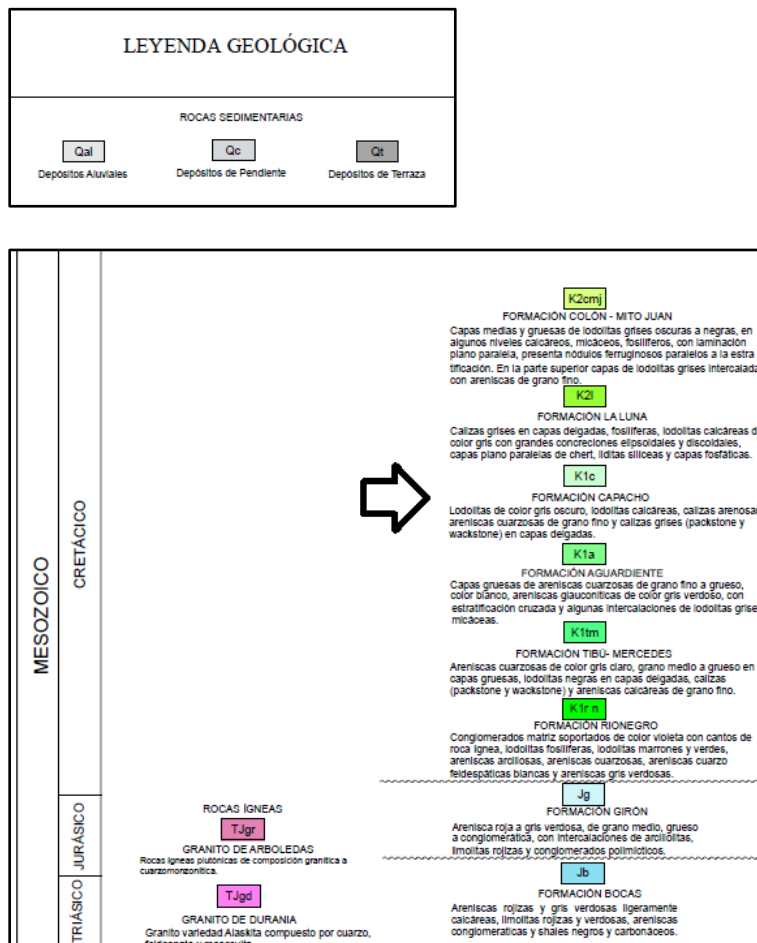


Ilustración 7

Leyenda Geológica

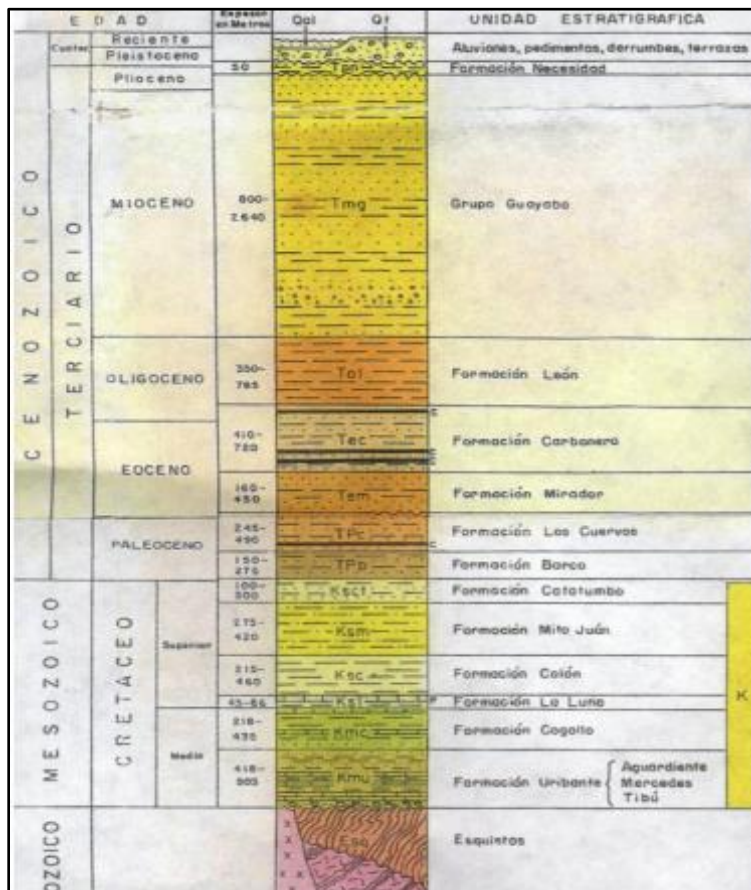


Nota. Fuente, Servicio Geológico Colombiano - Geo portal

La descripción de geología detallada, levantamiento de columnas estratigráficas, descripción de fallas, análisis petrográfico, geología de las planchas 98 - Durania y 99 - villa del rosario norte de Santander – Colombia, como interés para el caso de estudio se menciona las principales formaciones y se muestran en el siguiente gráfico las Unidades Estratigráficas.

Ilustración 8

Unidades Estratigráficas



Nota. Fuente, tomado de Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chinácota 2003 – 2014

La mayor parte del centro poblado del Nuevo Diamante presenta la formación Capacho (kic), esta formación es definida como la superior del grupo Cogollo y en pequeña afectación se encuentra la formación el Mirador, en el sector de ubicación del puente, correspondiente a la vereda Nuevo Diamante afloran rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios no consolidados de origen coluvial principalmente, pertenecientes a la Cuenca de Maracaibo. Los depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente distribuidos en la zona cubriendo estas litologías, en su mayoría son de origen denudacionales, estructural como coluviones, terraza y conos de

deyección; y de origen fluvial como aluviones. En el anexo No.1 Estratigrafía se detallan las formaciones del sector.

En cuanto a fallas la tectónica del área de trabajo se encuentra afectada por la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica, La falla de Chitagá - Pamplona, las cuales se extiende de forma paralela a la falla de Morro negro en cercanías a los municipios de Bochalema y Don Juana sitúa en contacto rocas Precámbricas y Jurásicas al este con rocas del Cretáceo y Terciario al oeste).

La Falla de Morro negro – Las Mercedes, se extiende por el noreste de la Cordillera Oriental de Colombia, este sistema de fallas presenta un cambio de dirección de NW a N. Desplaza rocas del Paleozoico y Cretácico (El Sistema de fallas de Morro negro - La Merced se observa hacia el Este de la plancha 98, donde se extiende de norte a sur)

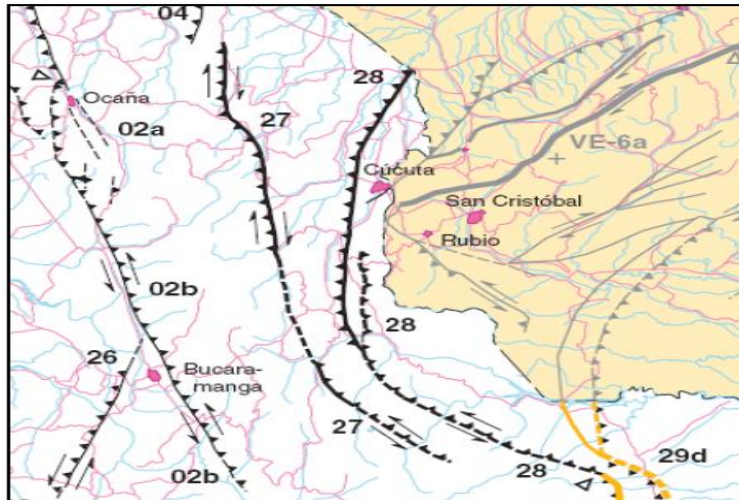
Falla de Las Mercedes, es de carácter regional y el rasgo estructural más destacado en el área de estudio, pone en contacto rocas cristalinas precámbricas con rocas sedimentarias cretáceas y terciarias

El Sistema de fallas de Morro negro- La Merced, actúa hacia el oeste de la plancha; donde se extienden de norte a sur afectando rocas Precámbricas del complejo Metamórfico

Existen además fallas menores en la zona como la falla de Gramalote, la falla del Río Zulia.

Ilustración 9

Sistema regional de Fallas Morronegro – Las Mercedes (27) y Pamplona – Chitagá (28)



Nota. Fuente, Informe Geológico, Planchas 98 y 99, Servicio Geológico Colombiano - Geoportal

Características del Suelo

En el caso del Puente REH 405, no se cuenta con información de estudios anteriores en el momento de la construcción, ni recientes, por lo tanto, para dar una idea del tipo de suelos en el sector se toma información del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chinácota 2003 – 2014 del Consultor: Ztc. Luis Alfredo Carreño Albarracin, quien hace la siguiente clasificación agrológica de Suelos:

De acuerdo con el estudio de suelo realizado por el Instituto Agustín Codazzi (IGAC), el municipio de Chinácota presenta 17 unidades agrológicas, que representan las condiciones y características propias de cada una de las unidades con sus respectivas propiedades como: la profundidad, la textura, la fertilidad y el drenaje de los suelos.

Ilustración 10

Clasificación de Suelos realizado por el Instituto Agustín Codazzi (IGAC)

No	CLASIF.	PEND.	PROFUNDIDAD	TEXTURA	FERTILIDAD	DRENAJE
1	Mwlap	40	Moderadamente profundo	Variada	Alta	
2	MWEg2	20 - 50	Moderadamente profundo, profundos	Arcillosa	Baja	
3	MQKf1	30-40	Profundos y moderadamente profundos	Arcillosa	Baja	Bien Drenados
4	MQHbp	80	Moderadamente profundo	Franco Arenosa	Media	Bien Drenados
5	MQpe1	70	Profundos	Arcillosa	Baja	Bien Drenados
6	MLDe1	70	Superficiales	Franco Arenosa	Baja	Bien Drenados
7	MREg2	80	Muy Superficiales	Franco Arenosa	Baja	Excesivo
8	MWEg2	30-50	Moderadamente profundo y Profundos	Arcillosa	Baja	Bien Drenados
9	MQLp	100	Moderadamente Profundos	Franca a Franco Arenosa	Alta	Bien Drenados
10	MQEg1	50	Muy Superficiales y Moderadamente Profundos	Franco Arenosa y Arcillosa	Baja y Alta	Excesivamente Drenados
11	MRGdp	60	Moderadamente Profundos	Arcillosa y Franco Arcillosa	Alta y Muy Baja	Moderadamente bien drenados
12	MLEg1	20-40	Moderadamente Profundas y Superficiales	Franco Arcillo Arenosa y Franco Arcillosa	Baja y Alta	Bien Drenados
13	MQTf1	30-50	Profundos	Franco Arcillosa y franco Arenosa	Baja y Alta	Bien Drenados
14	MMKf1	90	Muy Profundos	Franco Arcillo arenosa	Baja	Bien Drenados
15	MLKf1	70	Profundos	Arcillosas	Baja	Bien Drenados
16	MMBg1	10-40	Moderadamente Profundos y muy Profundos	Franco Arcillo arenosa	Baja	Bien Drenados
17	MHAg	15-40	Superficiales y Moderadamente Profundos	Franco Arcilloso.	Baja	Excesivamente Drenados

Nota. Fuente, Tomado de Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chinácota 2003 – 2014

En la región se encuentran sectores potenciales de calizas, de hecho, existe una zona de banco calcáreo de 41.3 metros de espesor variando lateralmente hasta los 20 metros, el cual pertenece a la formación Tibú - Mercedes. Sin embargo, en el punto del Puente predominan depósitos aluviales que se forman a expensas de corrientes superficiales de quebradas o ríos que depositan materiales detríticos pues presentan pendientes suaves (6 – 12%), formando abanicos con topografía plana y dada la geomorfología del sector también existen depósitos coluviales que tienen su origen a partir de procesos estructurales y denudacionales que generan material detrítico que es transportado pendiente a bajo y depositado en las laderas de valles, presentan

morfología irregular como resultado de un movimiento de depósito discordante y de espesor variado presentan pendientes que varían de pronunciadas a escarpadas.

Nivel freático y estratigrafía

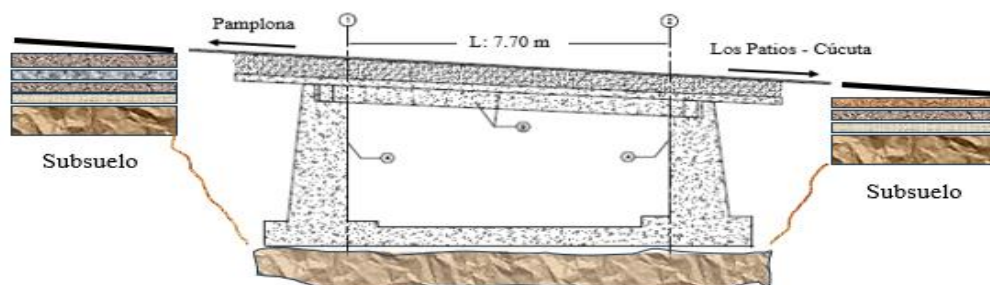
El nivel freático se podría encontrar a 1 m del nivel de la lámina máxima de agua histórica que podría tener la quebrada el Tesoro (altura de 1033 m.s.n.m), que atraviesa la obra hidráulica. Se aclara que el puente no presenta actualmente cauce de agua.

Tipos de Suelos

Se cuenta con datos de laboratorio, relacionados con apiques exploratorios y muestras inalteradas realizados en puntos (PKs) cercanos a la ubicación del Puente, PK 98+594 realizados para estudio exclusivo de geotecnia del Pavimento pero que para el caso nuestro se va a tomar como referencia. Mencionaremos además el tipo de suelos encontrado en un estudio realizado en el PK 130, (cómo referencia de lo que se puede encontrar en el sector).

Ilustración 11

Perfil Longitudinal Pontón-Subsuelo



Nota. Plano de Informe estructural

Esa exploración geotécnica a 1.5 metros de profundidad, muestra las características físicas y geomecánicas del subsuelo del sector mediante los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado de suelos (NTC-1522-79) y contenido de humedad (INV-E-122-13).
- Límite líquido (INV-E-125-13) y límite plástico (INV-E-126-13)
- Penetración dinámica curva y diagrama estructural del PDC ASTM-D-6951-INV-E-172

Ilustración 12

Apiques exploratorios PR98+600



Nota. Registro fotográfico de informes de laboratorio, Auscultar

Con la Granulometría por Tamizado y los Límites Atterberg, el laboratorio clasifica el suelo por el método AASHTO American Association of State Highway Officials y /o por el método USCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos con el fin de determinar de acuerdo con su clasificación su uso, aptitudes y atributos frente a la permeabilidad, al corte directo y la

compresibilidad, factores importantes para definir si se requiere intervención en el caso de pavimentos.

Así mismo, con el ensayo de Cono Dinámico de penetración (PDC), se mide la penetración por golpe (mm/Golpe) a través del suelo y con su resultado se puede determinar por medio de correlación matemática un indicativo del valor de la capacidad de soporte del suelo expresado en % de CBR.

Ilustración 13

Equipo Cono Dinámico de Penetración (PDC)



Nota. Registro fotográfico de informes de laboratorio, Auscultar

El C.B.R. (California Bearing Ratio: Relación de Soporte de California) permite medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

El (%) C.B.R., está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el

pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material triturado.

Para esto el Laboratorio utilizó diferentes formulaciones de correlación entre el PDC y el CBR las cuales que se exponen a continuación junto con un ejemplo de cálculo, (tomados de Informe de Laboratorio Auscultar Pamplona Cúcuta Unidad Funcional 6, UVRP):

$$EC.1 = 292 / (PDC)^{1.12} \quad (\text{USCOE}) - \text{Recomendada como guía IDU-ET-2005}$$

$$EC.2 = 567.0 \times (PDC)^{-1.40} \quad (\text{MOPT})$$

$$EC.2 = 239.0 \times (PDC)^{-1.24} \quad (\text{Flechas - Pastrana})$$

Ilustración 14

Ejemplo de cálculo para determinar con el PDC el CBR



INFORME DE ENSAYO

PENETRACIÓN DINÁMICA

ASTM-D-6951

Código IE-016
 Versión 0
 Fecha 2016-03-01
 Página 1 de 2

ENTIDAD CONTRATANTE: AYESA COLOMBIA
 DIRECCIÓN CONTRATANTE: CARRERA 7 N° 124 - 93
 PROYECTO: PAMPLONA - CUCUTA
 SECTOR: UNIDAD FUNCIONAL 6
 APIQUE No.: 117
 ABSCISA: K98+600

INFORME LAB No.: **PDC-040-18**

FECHA DE EJECUCIÓN: 2018/03/27

FUENTE: VIA
 LADO: DERECHO

No. DE GOLPES	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	DCP (mm/golpe)	FACTOR DE CORRECCIO	DCP CORREGIDO (mm/golpe)	CBR % EC.1	CBR % EC.2	CBR % EC.3	PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m)
1	1000	---	---	---	---	---	---	1.00
1	1010	10.0	1	10.0	22.2	22.6	13.8	1.01
1	1020	10.0	1	10.0	22.2	22.6	13.8	1.02
1	1025	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.03
1	1030	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.03
1	1035	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.04
1	1040	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.04
1	1045	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.05
1	1050	5.0	1	5.0	48.1	59.6	32.5	1.05

Nota: Fuente, Informe de Laboratorio Auscultar Pamplona Cúcuta Unidad Funcional 6, UVRP.

Luego de tomar muestras representativas de suelo se procede a realizar el perfil estratigráfico del apique identificando cada uno de los estratos característicos de subsuelo encontrados. Se determina el nivel freático y las posibles filtraciones de agua predominantes en el sector, que puedan afectar el comportamiento físico y mecánico de las estructuras evaluadas.

A continuación, se relacionan los resultados de laboratorio, obtenidos de apiques efectuados en cercanías de la obra en estudio, que nos permite identificar el tipo de subsuelo en las aproximaciones de los estribos del pontón, los datos obtenidos de los apiques se muestran en el Anexo 1.

Tabla 1

Resultados en la profundidad máxima el rechazo (por presencia de Manto Rocoso)

APIQUE	COORDENADAS		ABSCISA	PROF (m)	PROF EJEC (m)	CLASIF SUELOS A LA MAX PROF EJECUTADA. AASHTO	CLASIFI SUELOS A LA MAX PROF EJECUTADA. USCS	OBSERVACIONES
	LATITUD	LONGITU D						
UF6- AP116	07°35'03,3" N	72°38'02,8" O	99+600	1,50	1,00	A-2-4	GP - GC	Se llega hasta 1,00m por presencia de roca
UF6- AP117	07°34'32,2" N	72°38'12,4" O	98+600	1,50	1,10	A-2-4	SC	Se llega hasta 1,10m por presencia de roca
UF6- AP118	07°34'02,1" N	72°38'10,6" O	97+600	1,50	1,20	A-2-4	SC	Se llega hasta 1,20m por presencia de roca

Nota. Fuente, Propia

Tabla 2

Tipos de Suelo – descripción

APIQUE	ABSCISA	CLASIF AASHTO	CLASIF USCS	PDC (% CBR Obtenido)	TIPO DE SUELO DESCRIPCIÓN VISUAL DEL MATERIAL EN TERRENO
UF6- AP116	99+600	A-2-4	GP - GC	20.80	Suelo granular en matriz arenosa de graos gruesos y gravas angulares con tamaños de ½” a 5”, color café; humedad media; consistencia media; (presencia de roca a 1.0 m)
UF6- AP117	98+600	A-2-4	SC	27.80	Suelo granular matriz areno limosa de grano fino y gravas superiores a 12”; color rojizo claro; humedad media; consistencia media; (presencia de roca a 1.10 m)
UF6- AP118	97+600	A-2-4	SC	26.50	Suelo granular en matriz areno limosa de granos gruesos y grava con tamaños de ½” a 3”; color verdoso; humedad media; consistencia media; (presencia de roca a 1.20 m)

Nota. Fuente, Propia

La clasificación de Suelos AASHTO American Association of *Átate* Highway Officials es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes, En esta clasificación los suelos A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres.

Si analizamos la clasificación que se obtuvo a una profundidad aproximadamente de 1 metro en los tres apiques correspondió a un suelo A-2-4, el cual se puede considerar de características Bueno a Moderado.

Por otra parte, para la clasificación USCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos las aptitudes de los suelos son las siguientes:

Ilustración 15

Nombres típicos de los materiales

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas.
SW	Arena bien gradada.
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas, mezclas arena – limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

Nota. Fuente, <https://repositorio.unal.edu.co/clasificaciondesuelos.pdf>

Ilustración 16

Características y uso de los suelos (Grupo del SUCS)

Grupo	VALORACIÓN ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS	
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.	
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.	
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.	
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.	
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.	
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.	
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.	
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento	
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.	
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.	
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.	
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)	
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.	
CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++
					Muy alto	++
					Alto	+
					Moderado	m
					Deficiente	-
					Bajo	--
					Muy bajo	---

Nota. Fuente, <https://repositorio.unal.edu.co/clasificaciondesuelos.pdf>

Al analizar la clasificación que se obtuvo del suelo según USCS a una profundidad aprox. de 1 metro, corresponde una de las muestras a un material con nomenclatura doble **GP - GC**

(Grava mal gradada con finos arcillosos) con el porcentaje de finos pasa Tamiz # 200 entre 5% y 12%, lo que lo hace tener un comportamiento a la resistencia al corte entre alta y muy alta y la compresibilidad casi nula.

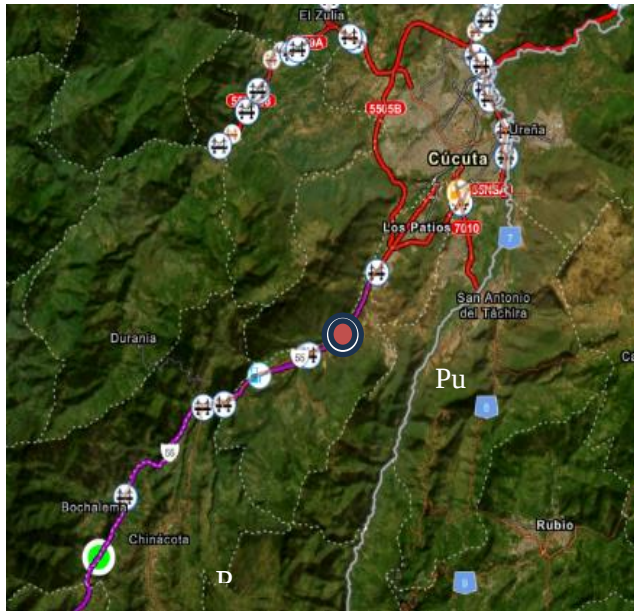
Adicionalmente, se tiene una muestra con clasificación **SC** (arena con finos arcilloso) el cual tiene un comportamiento a la resistencia al corte alta y la compresibilidad baja, *casi nula*.

La conclusión general a la que se llega con el muestreo es que, el tipo de suelo de la estructura de la vía que hace parte de la obra en estudio Pontón PR 98+954, es un suelo de características de resistencia al corte y compresibilidad entre muy alta y alta y permeabilidad baja aptos para usos para presas y pavimentos.

Cómo lo mencionamos anteriormente, se logró conseguir un estudio realizado en el PK 130, si bien es a poco más de 30 km del sitio del puente en estudio, lo podemos revisar cómo referencia de lo que se puede encontrar en el sector y de hecho las conclusiones del tipo de suelo encontrado son muy similares, donde vemos que predomina la presencia de suelos Arcillo arenosos, de consistencia dura a muy dura, con resistencias al corte con penetrómetro manual, que varían entre 3.75 y 4-5 kg/cm²

Ilustración 17

Ubicación estudio de suelos referencia



Nota. Fuente, [https://repositorio.unal.edu.co /clasificaciondesuelos.pdf](https://repositorio.unal.edu.co/clasificaciondesuelos.pdf)

Investigación del Subsuelo

En este caso la investigación se efectuó mediante 4 sondeos de 20.0 metros de profundidad, perforados con un equipo de rotopercusión. Se realizaron pruebas del Penetrómetro manual y Ensayo de Penetración Estándar (SPT) ASTM D1586 / D1586M

Penetrómetro Manual: El penetrómetro manual o de bolsillo, se utiliza para determinar la resistencia a la penetración de las capas superiores del suelo. Dicha resistencia se puede determinar en campo o en laboratorio. El penetrómetro consiste en una punta de penetración, una escala de medición (kg/cm²). Para la realización de este ensayo, solo es necesario penetrar la punta en el suelo y cuando esta se encuentre con la resistencia del suelo, el anillo se desliza y sobrepone la escala y el valor leído es la resistencia a la penetración (Tenza Pongutá, 2016).

La estratigrafía promedio detectada a partir de los niveles actuales del terreno es la siguiente:

0.00 – 0.10 m, Capa vegetal, detectada únicamente en el sondeo 1

0.10 – 3.20/4.00 m, Arcilla arenosa de color rojizo y/o amarillo con lentes de arena de grano fino, de consistencia muy dura. La resistencia al corte tomada con penetrómetro manual arrojó valores que varían entre 3.75 y 4.50 kg/cm². El N del ensayo de penetración estándar arrojó valores de 27 a 48 golpes/pie.

Ilustración 18

Muestra de arcilla con alto contenido de arenas



Nota. Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR

3.20/4.00 – 10.20/13.30 m, Arena arcillosa amarilla y/o café de grano medio con lentes de gravas de arenisca, que pueden alcanzar los 4.5 m de espesor, de densidad muy compacta. El N del ensayo de penetración estándar arrojó valores que varían entre 49 y 79 golpes/pie obteniendo rechazo. Este estrato se perforó mediante rotación con broca de diamante. Es importante mencionar que en los sondeos 3 y 4 este estrato presenta mayor contenido arcilloso.

Ilustración 19

Lentes de grava



Nota: Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR

10.20/13.30 - 20.00 m, Arcilla rojiza y/o gris con vetas de color habano, de consistencia muy dura. La resistencia al corte tomada con penetrómetro manual arrojó valores que varían entre 2.00 y 4.50 kg/cm². El N del ensayo de penetración estándar arrojó valores de 62 a 80 golpes/pie. Este estrato se perforó mediante rotación con broca de diamante.

Ilustración 20

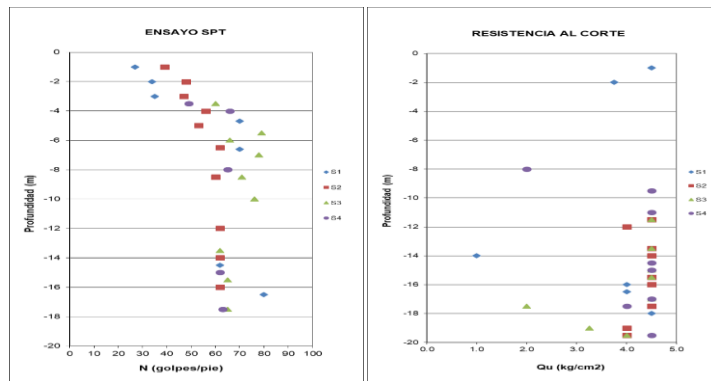
Arcilla de consistencia muy dura



Nota: Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR

Con base en los resultados de los ensayos de penetración estándar efectuados in-situ, se graficaron los valores de N y Qu en función de la profundidad, notando la consistencia muy dura de los estratos cohesivos y la densidad compacta del estrato arenoso, como se ilustra a continuación, Adicionalmente, se esquematiza la estratigrafía detectada en los sondeos:

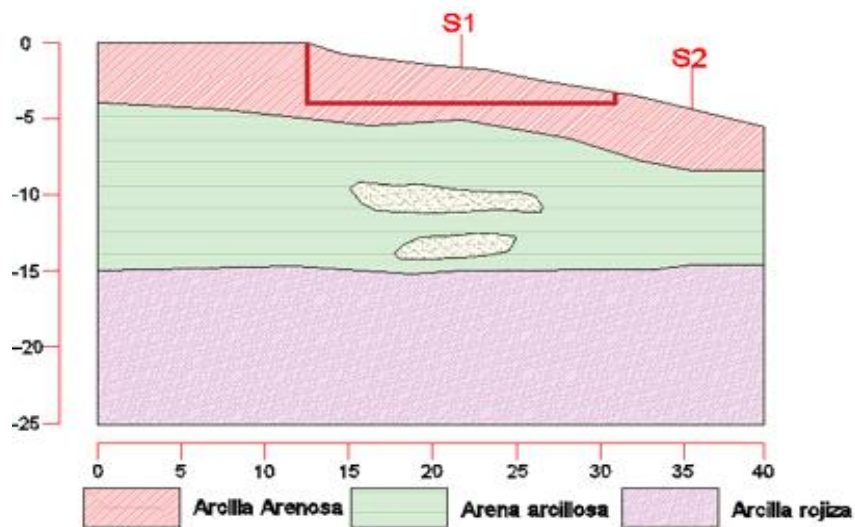
Ilustración 21



Nota. Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR.

Ilustración 22

Sección estratigráfica

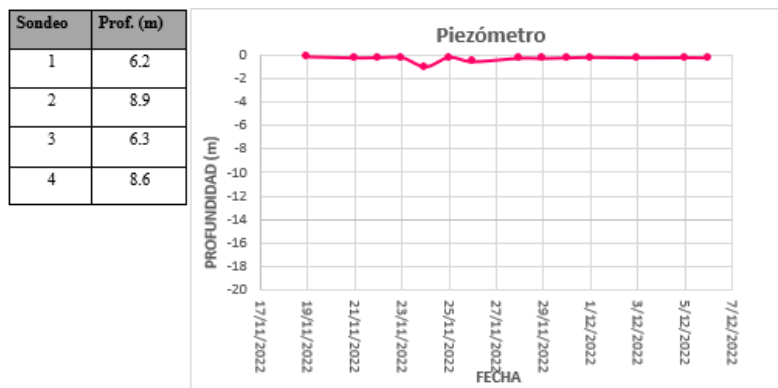


Nota. Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR.

A continuación, se ilustra un cuadro con el nivel de aguas detectado y su variación en cada uno de los sondeos en el momento de la ejecución de las perforaciones además con el fin de determinar la cota a la cual se estabiliza la tabla de agua, se instaló un piezómetro de Casagrande de 20 m de profundidad en el sondeo No. 1, para efectuar el monitoreo. Las lecturas registradas se grafican a continuación:

Ilustración 23

Lecturas de Piezómetro



Nota. Fuente, de Estudio de Suelos, colaboración de la Firma de Ingeniería en Geotecnia EyR

De acuerdo con lo anterior, el nivel freático se encuentra alrededor de 0.30 m de profundidad, valor que puede estar afectado por la temporada invernal presente en todo el país. Pero además para el caso del pontón en estudio no es relevante pues este se encuentra en una zona de depresión y de un cauce hídrico precisamente que abate el NF en sus proximidades.

Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

En la zona en que se encuentra el paciente, durante la etapa constructiva de la calzada de vía adyacente, se realizaron informes de comportamiento sísmico calculados de acuerdo con el perfil del terreno de la zona, clasificado según la tabla 3.10.3.1-1 del CCP-14, como tipo C

Dado que el paciente del caso de estudio no cuenta con un estudio de Vulnerabilidad Sísmica, si se quisiera realizar un análisis detallado de la amenaza sísmica para la estructura se debe determinar según lo indicado en la sección 3.10 del capítulo 3 de acciones de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – CCP14. Cuyo calculo para el espectro de diseño requiere de la determinación de los coeficientes sísmicos de diseño, es decir: PGA (Aceleración pico del terreno), S_s y S_1 (Coeficientes de periodo corto y periodo largo), para 1000 años de periodo de retorno (es decir, 7% de probabilidad de excedencia en 75 años).

En algunos casos se entregan espectros adicionales para 500, 1000 y 2500 años, usados para verificar las condiciones de carga de servicio y cargas extremas, pero siempre bajo los lineamientos del CCP-14. Para lo anterior, sería necesario analizar las siguientes graficas:

Ilustración 24

Mapa de aceleración pico horizontal del terreno (PGA)

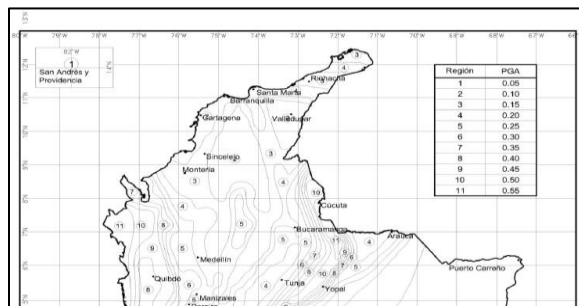


Figura 3.10.2.1-1 — Aceleración Pico Horizontal del Terreno (PGA) con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).

Nota. Fuente, CCP14 – Figura 3.10.2.1.1

Ilustración 25

Mapa de coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 0,2 segundos (Ss.)

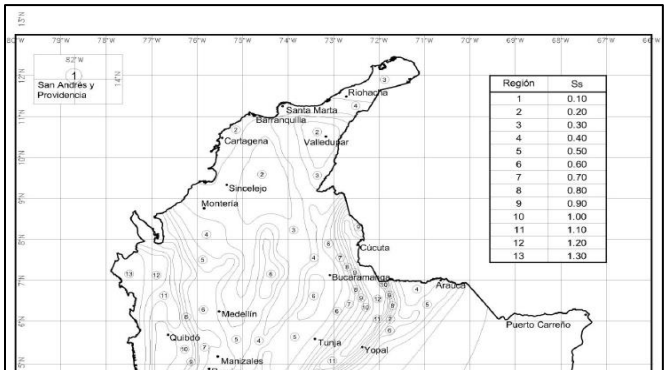


Figura 3.10.2.1-2 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un periodo de vibración de 0.2 segundos (Ss) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).

Nota. Fuente, CCP14 – Figura 3.10.2.1.2

Ilustración26

Mapa de coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 1,0 segundos (S1)

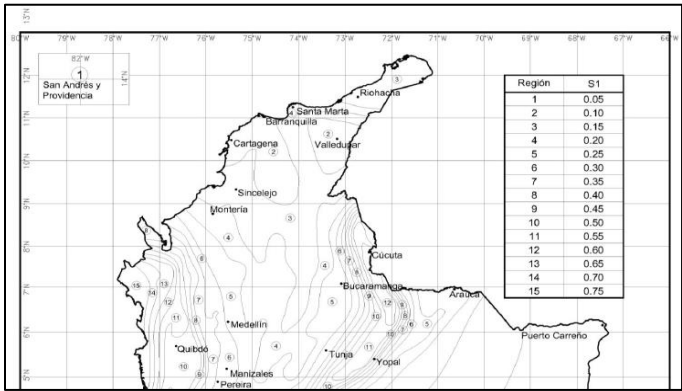


Figura 3.10.2.1-3 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un periodo de vibración de 1.0 segundos (S1) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).

Nota. Fuente, CCP14 – Figura 3.10.2.1.3

Condiciones Ambientales

El puente vehicular se encuentra en el municipio de Chinácota, al costado suroriental del departamento de Norte de Santander, en la vereda Nuevo Diamante, en zona de bosques naturales, sin edificaciones vecinas a excepción de una planta de producción propia del proyecto de concesión que se encuentra aproximadamente como a 500 metros del puente en estudio, pero en general el sector se caracteriza por las siguientes actividades económicas:

Ganadería, con pastos limpios, arbolados, enmalezados y mosaicos de pastos, áreas donde el ganado se encuentra distribuido y en cuanto a la agricultura las áreas son dedicadas a cultivos como cítricos, café, maíz, mosaico y cultivos permanentes arbustivos y cultivos transitorios.

El sector presenta las siguientes condiciones climáticas: Ambiente Húmedo, con Humedad Relativa entre 71% - 99%, con temperatura promedio de 22 °C a 20 °C, con pluviosidad de acuerdo con lo indicado en el IDEAM anual 1.368 m.m/año, y velocidad viento promedio 5 km/h. Con relación a la precipitación total mensual multianual presenta un comportamiento en donde los meses de mayor lluvia son abril y octubre, con valores medios mensuales de 125.20mm y 132 mm respectivamente y valores máximos mensuales multianuales de 400.1mm y 280mm.

Así mismo, se observa que está delimitado por dos periodos de lluvia al año como son de marzo a junio y septiembre a noviembre, con un promedio media Anual de precipitación de 921 mm. Pamplona de acuerdo con el mapa climatológico del IDEAM es de clima frío seco y el Diamante donde está localizado el pontón REH 405 es de clima templado húmedo y entre estos dos sectores existe aproximadamente 28 Km.

El sector está dominado por la gran cuenca del Río Pamplonita que contiene la quebrada la Chorrera, la quebrada Martínez, el Tesoro. El puente no presenta actualmente cauce de agua,

dado que, se realizó una rehabilitación hidráulica por construcción de obras nuevas y los puntos de agua cercanos están asociados con otros puentes de la zona.

Historia Clínica del Paciente

Descripción Constructiva de la Estructura

La arquitectura del puente vehicular corresponde a las características de diseño recomendadas y de referencia para esa época definidas por las cartillas del Ministerio de Obras Públicas, año 1988.

Ilustración 27

Portada Cartillas Ministerio de Obras Públicas



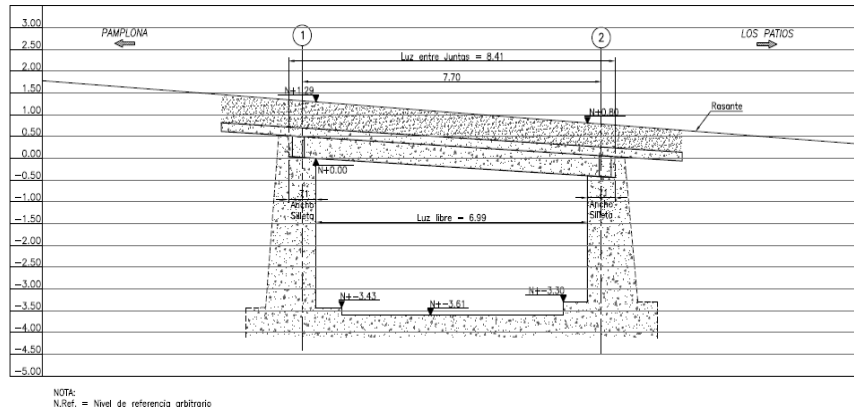
Nota. Fuente Ministerio de Obras Públicas, Ing. Daniel Casas, 1988

Los materiales del puente con los cuales fueron construidos corresponden a: Concreto Simple, Concreto Ciclópeo, acero de refuerzo liso.

Tipología estructural: Puente de placa maciza y vigas en concreto reforzado apoyadas sobre estribo en concreto, con las siguientes características geométricas:

Ilustración 28

Perfil Puente REH 405 – PR 98+594



Nota. Fuente Propia

Características principales:

- Galibo: 3.61 m
- Longitud total: 8.20 m
- No. de luces: 1
- Ancho total del tablero: 8.56 m
- Ancho Calzada: 6.37 m
- Ancho de acceso: 8.08 m
- Ancho bordillos: 0.24 m sin anden.
- Altura de estribo: 3.43 m y 2.90 m
- Longitud de apoyo en estribo (Silla): 0.71 m
- Puente en: Recta
- Esviaje: 81°
- Superficie de Rodadura: Mezcla asfáltica tipo MDC-19

Ilustración 29

El puente sobre la Abcisa K98+594 consta de una luz de 7.70 8.20 m conformado por un sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos.

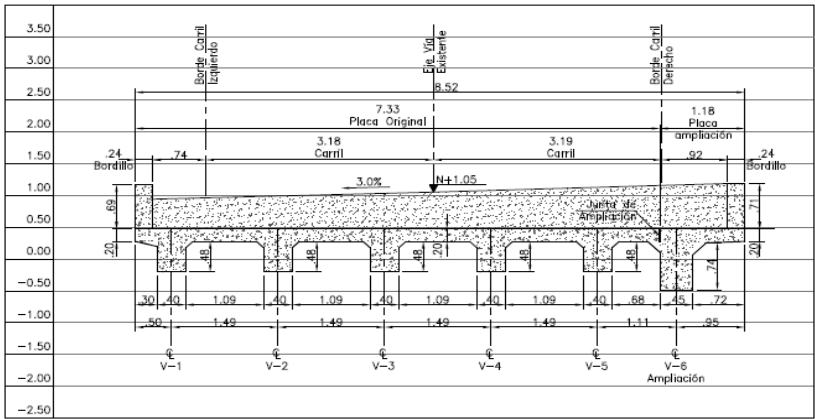
En la actualidad presenta un espesor de carpeta de rodadura promedio de 7.5 cm cuyo peso unitario de pavimentos bituminosos está alrededor de 22.5 kN/m³ de acuerdo con lo indicado en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14, el material se encuentra a lo largo de todo el puente para el ancho de calzada correspondiente

Sobre la placa tiene un espesor de relleno promedio de 53 cm y un peso unitario de 22 kN/m³ según la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14 y se asigna a lo largo de todo el puente en todo el ancho.

La tipología general (elementos y dimensiones) se muestra en las siguientes ilustraciones y corresponde a puente de placa de Hormigón maciza sobre vigas en Hormigón reforzado, sobre estribos en hormigón simple, las vigas reforzadas tienen dimensión ancho 0.4 m por alto 0.48 m y una losa reforzada de espesor 20 cms. La viga No 6 que corresponde a la ampliación tiene una dimensión de ancho 0.45 m por alto 0.72 m

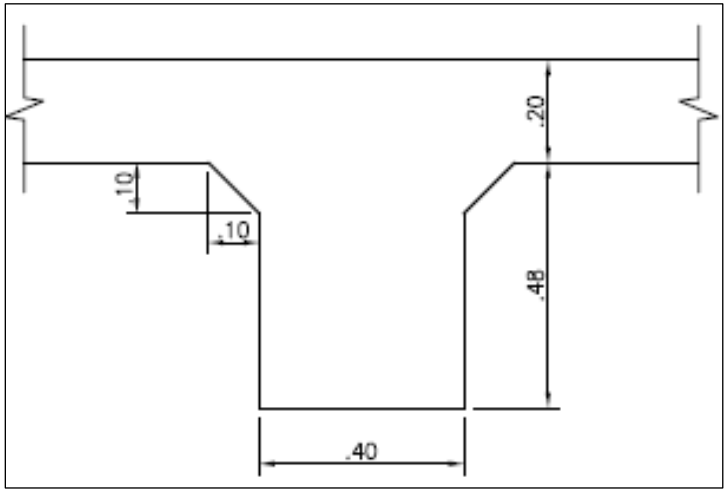
El Galibo tiene una dimensión de 3.60 m, la estructura presenta bordillos de 0.24 m y la altura de los estribos son 3.43 m y 2.90 m.

Ilustración 31
Esquema de la Sección transversal



Nota. Fuente Propia

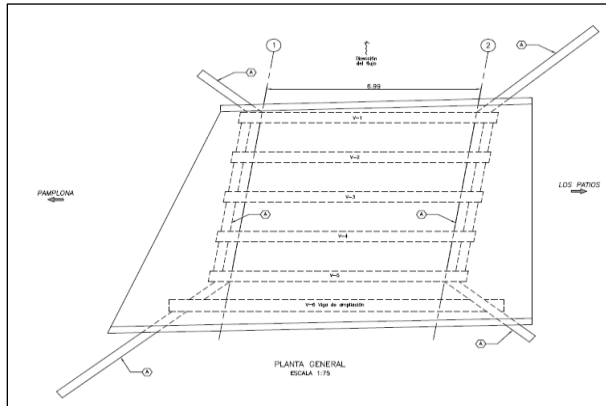
Ilustración 32
Geometría Sección Transversal Vigas No 1-2-3-4-5 Puente



Nota. Fuente Propia

Ilustración 33

Planta Ampliación Puente Viga No 6, Se especifica la Dirección del flujo



Nota. Fuente Propia

Ilustración 34

Vista general del Puente



Nota. Fuente Propia

De acuerdo con inspección de campo y las cartillas de diseño estructural de la época, se deduce que, los estribos están conformados por concreto simple, sin refuerzo o un refuerzo mínimo que no permite ser considerado como un estribo en voladizo. En este caso el principio de diseño es la compensación de las cargas desestabilizantes por la gravedad de su masa, dado que las dimensiones no son conocidas el primer paso para el desarrollo de un diagnóstico aproximado

es definir una geometría sobre la que se basarán el análisis para determinar la respuesta de la estructura y su interacción con la fundación.

En términos generales la estructura cumple con las condiciones de un puente típico construido hace ya varios años, en el proyecto tenemos los siguientes elementos generales y se comenta el desempeño de cada uno de estos:

Los estribos situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A veces son reemplazados por pilares hincados que permiten el desplazamiento del suelo en su derredor. En este caso son estribos macizos, que permiten el paso de escorrentías en épocas de lluvia, Deben resistir todo tipo de esfuerzos por lo que se suelen construir en hormigón armado (no es este caso) y suelen tener formas diversas, esta condición es parte del diagnóstico y respuesta de intervención

Los cimientos o apoyos de estribos encargados de transmitir al terreno todos los esfuerzos. Están formados por las rocas, terreno o pilotes que soportan el peso de estribos y pilas si las hubiere.

Las armaduras de los puentes pueden trabajar a flexión (vigas), a tracción (cables cuando se diseñan en algunos tipos de puentes), a flexión y compresión (arcos y armaduras), etc. En la construcción de los puentes una de las partes más delicadas es la cimentación bajo agua debido a la dificultad de encontrar un terreno que resista las presiones, siendo normal el empleo de pilotes de cimentación. Los puentes de grandes dimensiones descansan generalmente sobre cimientos de roca. Si los estratos sobre los que se va a apoyar están muy lejos de la superficie, entonces se hace necesario utilizar pilares cuya profundidad sea suficiente para asegurar que la carga admisible sea la adecuada.

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

En el caso de estudio de diagnóstico patológico, el criterio para la definición de una geometría supuesta de los estribos parte de la investigación de los criterios utilizados para el dimensionamiento de este tipo de elementos en la época en que fueron construidos, para ello se utilizaron las cartillas del Ministerio de Obras del año 1988 para el caso de muros semireforzados que aunque no corresponde en rigor al caso que nos ocupa puede servir como una referencia, a continuación se presenta una tabla y esquema de los empleadas para diseño en este tipo de estructuras en la época mencionada. Ver ficha de sistema constructivo en el anexo No. 2.

Ilustración 35

Tablas de diseño de Muros semi reforzados

MUROS DE SEMIGRAVEDAD SIN SOBRECARGA													
h	a	b	c	e	t	Español			H	B	P ₁	P ₂	
						g	i	%					
3.50	0.70	0.30	0.75	0.20	0.45	35	30	0.68	3.95	1.95	1.04	0.05	
4.00	0.8	0.30	0.85	0.25	0.50	40	35	0.77	4.50	2.20	0.92	0.05	
4.50	0.90	0.35	1.00	0.30	0.60	40	40	0.91	5.10	2.55	1.31	0.04	
5.00	1.00	0.40	1.15	0.40	0.70	45	40	1.07	5.70	2.95	1.46	0.14	
5.50	1.10	0.45	1.35	0.40	0.75	45	45	1.26	6.25	3.30	1.50	0.26	
6.00	1.15	0.50	1.40	0.45	0.80	50	45	1.25	6.80	3.60	1.80	0.14	
6.50	1.25	0.55	1.50	0.50	0.90	50	50	1.45	7.40	3.90	1.80	0.24	
7.00	1.35	0.60	1.55	0.70	1.00	55	50	1.55	8.00	4.20	2.05	0.24	
7.50	1.50	0.65	1.70	0.85	1.00	55	55	1.85	8.50	4.70	2.00	0.43	
8.00	1.80	0.70	1.80	0.90	1.10	60	55	2.13	9.10	5.20	1.99	0.60	
8.50	1.95	0.75	1.90	1.00	1.25	60	60	2.30	9.75	5.60	2.06	0.64	
9.00	2.30	0.80	2.00	1.10	1.40	65	60	2.56	10.40	6.20	2.01	0.81	
9.50	2.55	0.85	2.10	1.30	1.55	65	65	3.00	11.05	6.80	2.02	0.97	
10.00	2.85	0.90	2.25	1.40	1.75	70	65	3.39	11.75	7.40	1.98	1.18	

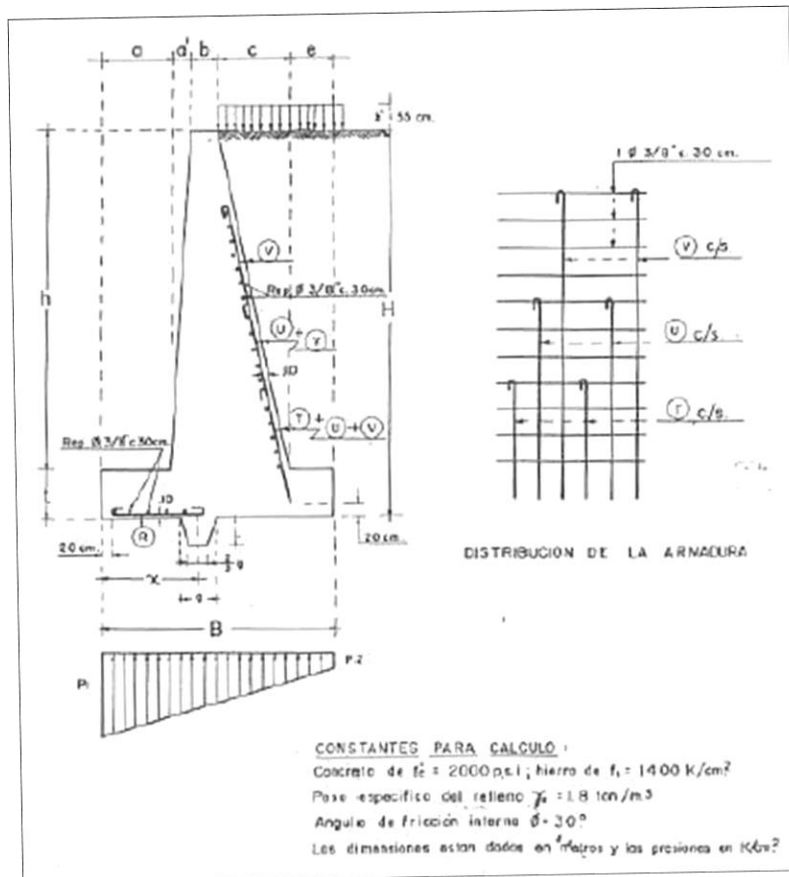
Concreto M3/M.	Hierro Kg/M3	R			T, U, V			Longitud	h
		Ø	S"	L"	Ø	S"	T U V		
3.35	7.90	3/8"	12	1.20	3/8"	5.4	1.20 2.20 3.20	3.50	
4.16	8.20	1/2"	17	1.50	3/8"	4.2	1.60 2.60 3.60	4.00	
5.60	9.10	1/2"	13	1.65	1/2"	5.4	1.80 3.00 4.20	4.50	
7.10	8.30	1/2"	12.5	1.75	1/2"	5.1	2.00 3.30 4.60	5.00	
8.90	7.70	1/2"	12	1.85	1/2"	4.5	2.25 3.75 5.25	5.50	
10.30	7.50	1/2"	10	1.90	1/2"	3.6	2.45 4.10 5.75	6.00	
12.30	6.90	1/2"	10	2.00	1/2"	3.0	2.75 4.60 6.45	6.50	
14.20	7.50	5/8"	12	2.20	1/2"	2.7	2.95 4.95 6.95	7.00	
16.37	8.70	5/8"	11	2.40	5/8"	2.9	3.15 5.30 7.45	7.50	
18.92	8.70	5/8"	10	2.70	5/8"	3.3	3.40 5.70 7.95	8.00	
21.86	8.90	3/4"	12	3.10	5/8"	3.0	3.70 6.15 8.60	8.50	
25.10	10.00	3/4"	11	3.40	3/4"	3.9	4.00 6.65 9.30	9.00	
28.80	10.70	3/4"	9.5	3.60	3/4"	3.3	4.30 7.10 9.50	9.50	
33.56	10.10	3/4"	9.0	3.90	3/4"	3.0	4.60 7.60 10.00	10.00	

Ø L: Longitud en metros.
K S: Separación en centímetros de cada tipo de varilla.

Nota. Fuente Cartilla del Ministerio de Obras, 1988

Ilustración 36

Esquema para diseño de Muros semi reforzados



Nota. Fuente Cartilla del Ministerio de Obras, 1988

Toma de Datos y Muestras Patológicas

Se realiza la inspección visual al paciente con el objetivo de identificar los componentes de la estructura y la lesiones o daños que pudiera presentar y evaluar en el entorno posibles causas u origen. Se realiza la inspección de equipamientos, superestructura, subestructura, cimentación, cauce hídrico. Así mismo se indagó sobre el comportamiento de la escorrentía cuando se presentan lluvias en este sector.

Tipología de las lesiones

Para la definir las Tipología de las lesiones se tuvo en cuenta la metodología establecida en el Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones (INVÍAS, 2006) y la clasificación de las lesiones según su origen o causa. Se presenta a continuación el resumen de las lesiones establecidas en la metodología y el formato de registro “Inspección Visual de Puentes y Pontones”

Tabla 3

Tipo de Daño Según Manual de Inspección Visual de puentes, Invias, 2006

Tipo de Daño según manual Invias 2006	
Elemento	Descripción
Juntas de expansión	Obstrucción del sello.
	Ruptura del sello.
	Ausencia del sello.
Andenes y bordillos	Desportillamiento.
	Acero de refuerzo expuesto.
	Dimensiones Insuficientes.
Drenajes	Taponamiento.
	Ausencia
	Longitud o seccion Insuficiente.

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

Tipo de Daño según manual Invias 2006	
Elemento	Descripción
Apoyos	Desplazamiento.
	Descomposición.
	Deformación excesiva
Aletas y estribos	Grietas Verticales estribo aletas
	Fisuras y deterioro del concreto por corrosión del refuerzo
	Movimiento o asentamiento de estribo
Losas y vigas	Problemas de socavación local
	Segregación,hormigueros,juntas frias inadecuadas
	Perdida de recubrimiento
	Exposición del acero de refuerzo y corrosión
	Fisuración por sobrecarga y esfuerzos no considerados en el diseño
	Deterioro del concreto por Drenajes inadecuados
	Deflexiones

Nota. Fuente, Propia

Ilustración 37

Inspección Visual de Puentes y Pontones

INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES																					
FECHA																					
NOMBRE DE LA VIA																					
PR DEL PUENTE																					
NOMBRE DEL PUENTE																					
TIPO DE PUENTE		LONGITUDINAL								TRANSVERSAL								LONGITUD TOTAL		No. DE LUCES	
		Losa sobre vigas (01)																ANCHO		GÁLBO	
ELEMENTO		REGISTRO DE DAÑOS																		OBSERVACIONES	
SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS	Superficie del Puente y Accesos Asfalto (01)	Para daños presentes en superficie tipo 01 y 02 diligenciar, los formatos establecidos para levantamiento de pavimento																			
	Juntas de Expansión Tipo: N.A	Sello				Perfiles				Guardacantos				Otros							
	Andenes/Bordillos N.A	Desportillamientos				Acero expuesto				Dimensión Insuficiente				Otros							
	Barandas Materiales: N.A	Pintura				Postes				Pasamanos				Otros							
	Iluminación N.A	Verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos																			
	Señalización N.A	Horizontal				Vertical				Reductores				Otros							
	Drenajes N.A	Taponamiento				Ausencia				Longitud Insuficiente				Otros							
INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES																					
FECHA																					
NOMBRE DE LA VIA																					
PR DEL PUENTE																					
NOMBRE DEL PUENTE																					
TIPO DE PUENTE		LONGITUDINAL								TRANSVERSAL								LONGITUD TOTAL		No. DE LUCES	
		Losa sobre vigas (01)																ANCHO		GÁLBO	
ELEMENTO		REGISTRO DE DAÑOS																		OBSERVACIONES	
SUBESTRUCTURA	Aletas Material: Concreto ciclopeo (02)	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
	Estribos Material: Concreto ciclopeo (02)	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
	Pilas Tipo: N.A	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO	Losa Tipo: Macizas (04)	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
	Vigas Tipo: Reforzadas (01)	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
	Riostras	Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros							
	Apoyos Tipo:	Desplazamiento				Descomposición				Deformación				Otros							

Nota. Fuente, Propia

Tabla 4

Clasificación de Lesión Según Origen

Clasificación de lesión Segun origen		
Origen	Lesión	Descripción
Física	Humedades.	De obra
		Capilar
		De filtración
		De condensación
Mecanica	Suciedad	Accidental
		Por depósito.
	Erosión	Por lavado diferencial.
		Atmosférica.
	Grietas.	Por carga
	Fisuras	Por dilatación y contracción.
		Por soporte
		Por acabado.

Clasificación de lesión Segun origen		
Origen	Lesión	Descripción
Mecanica	Desprendimientos	Acabado continuo
	Erosión	Acabado por elementos
	Eflorescencias	Mecanica
	Carbonatación	
	Oxidación	
Quimicas	Corrosion	Por Oxidación Previa
		Por inmersión
		Por par galvánico.
		Intergranular
	Organismos	Animales
		Vegetales.
	Erosión	Quimica

Nota. Fuente, Propia

Las lesiones adicionalmente se clasificaron por su aparición en el tiempo como: Primaria si dentro del proceso patológico aparece en primer lugar en la secuencia de este y secundaria si aparece dentro proceso patológico como consecuencia de una lesión anterior. De acuerdo con el manual del Invias se identificó en que etapa del proceso se originó la lesión si en Diseño, Durante el proceso constructivo o en Funcionamiento.

Adicionalmente, se evaluó la severidad de cada lesión identificada en leve, moderada, severa y grave, mediante la “Fichas de clasificación y tipificación de las Lesiones”

La calificación se da de según el grado de severidad, entre las que se encuentra leve, moderada, severa y grave, no existe una norma específica para calificarlas.

Adicionalmente, en el caso de los puentes vehiculares el Invias cuenta con el Manual del Invias denominado “Evaluación preliminar de la vulnerabilidad de puentes de la red vial principal de Colombia de la Universidad de los Andes” (2005) empleado para la calificación por elementos del puente.

Calificación de los Elementos del Puente según la Clasificación de Lesiones

Cada elemento recibe una escala de calificación de 0 a 5 según el grado de daño que presente, descrito de acuerdo con la siguiente definición:

- Sin daño, o con daño insignificante.
- Daño pequeño, pero reparación no es necesaria (excepto mantenimiento rutinario).
- Algún daño, reparación necesaria cuando se presente la ocasión. El componente funciona como fue diseñado.
- Daño significativo, reparación necesaria muy pronto.
- Daño grave, reparación necesaria inmediatamente.

- Daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente

Tabla 5

Calificación Puentes, Manual de inspección de puentes Uniandes – INVIAS, 2005

Calificación de la condición de los elementos del puente	
Calificación	Descripción
0	Sin daño, o daño insignificante.
1	Daño pequeño, pero reparación no es necesaria (excepto mantenimiento rutinario).
2	Algún daño, reparación necesaria cuando se presente la ocasión. El componente funciona como fue diseñado.
3	Daño significativo, reparación necesaria muy pronto.
4	Daño grave, reparación necesaria inmediatamente.
5	Daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente.

Nota. Fuente: Manual de inspección de puentes Uniandes – INVIAS

Identificadas, Cuantificadas y clasificadas las lesiones se procedió a realizar la calificación de la condición de todos los elementos del puente, evaluando numéricamente el estado de daño de cada uno, de manera tal que se minimizará la subjetividad y se obtuviera una calificación general y una priorización de reparaciones a la estructura.

Tabla 6

Calificación de la condición de los elementos del Puente

Componente	Calif	Etapas en la que se originó la lesión	
		Diseño	Construcción / Funcionamiento
1. Superficie del Puente	0	No Presenta Daño	
2. Juntas de Expansión	0	No tiene	
3. Bordillos	3	Dimensión insuficiente	Erosión y rebose de la lámina de agua Humedad Biocapa
4. Baranda	0	No tiene	
5. Señales Verticales	2	Falta algunas	
6. Drenaje	3	No tiene	
7. Aletas	2	Contaminación animal	
8. Estribos	2	Contaminación animal Socavación	
9. Losa	3	Sobrecarga Mezcla asfáltica	
		Biocapa Cuatro (4) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm, Long aprox 0,3 cm asociada a Carbonatación. Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado	
10. Vigas	3	Carbonatación Eflorescencia Biocapa Dos (2) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado Exposición de acero puntual	
11. Apoyos	2	No se observa	
12. Cauce	0	Ausencia en este momento	

El puente en general tiene una calificación de 3 al tener elementos estructurales que requieren de una reparación a corto plazo.

Clasificación y tipificación de las lesiones

En cada una de las fichas se analizó y clasificó la lesión presentada según su origen, se determinó en qué elementos está presente, se clasificó según su aparición (primaria- secundaria), se determinó sus causas u origen, el grado de severidad y se adjuntó las evidencias fotográficas y representaciones graficas que permiten ser más explícitos con el fenómeno que se presenta. Se adjunta las fichas como anexo No. 2 a este informe, incluyendo aquellas relacionadas con datos generales del paciente proceso constructivo y datos del entorno.

Análisis de Muestreo y Material de Prueba

Posteriormente se realiza la Evaluación general de la estructura en cuanto a funcionamiento integral de los elementos del puente y aspectos observados que puedan afectar el funcionamiento de esta, como, sismo, vibración, sobrecargas, velocidad de los vehículos, señalización preventiva, manejo del agua de escorrentía de la calzada, dinámica del drenaje natural de la zona, contaminación vehicular, entre otros.

El puente no cuenta con los siguientes elementos:

Baranda de seguridad y falta señalización vertical en ambos costados, de advertencia de ingreso al puente y velocidad de tránsito sobre la estructura. Esto se convierte en un tema de seguridad vial para el usuario y posible peatón de la vía al no tener una advertencia preventiva de velocidad y no contar con barandas de protección contra caída en altura.

Juntas de expansión en los extremos del puente. Esto se consultó al Especialista Estructural, confirmando que dada las características de la estructura no se considera para este

caso indispensable la instalación de un dispositivo de junta de expansión, situación que se refleja en el hecho que no se tiene hasta el momento ningún daño tipo dilatación o fisura en el pavimento ante los movimientos y vibraciones del puente.

No se logra observar en el estribo y aletas, apoyos adecuados bajo las vigas. Se presume que fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura, o simplemente nunca se instalaron; se observa la viga de ampliación apoyada sobre la aleta seguramente generando esfuerzos sobre el elemento, pero no hay evidencia de lesión. Lo que se observa en la zona de apoyo y cara vertical de la aleta y estribo no son fisuras, son los caminos tipo túnel de protección de las termitas.

Al no contar el pontón con un sistema de drenaje propio y poseer un bordillo de altura reducida para direccionar la lámina de agua de la vía, está generando en el costado izquierdo de la pendiente del peralte, rebose por encima del bordillo de la lámina de agua a la parte lateral del puente generando humedades y daños en los elementos de concreto como losa superior y viga que se encuentran hacia el exterior. Así mismo al no drenar correctamente la superficie del puente se presenta hidro planeo y se convierte en un tema de seguridad vial y riesgo de accidente para el usuario.

El puente presenta riesgo potencial de socavación, aunque se hace claridad que actualmente no tiene lámina de agua en curso por el hecho de la quebrada, como consecuencia de estar ejecutando otras obras hidráulicas nuevas en el área aferente, que originó cambio en la dinámica de la escorrentía; aunque en la inspección visual del encole del pontón se evidencio un daño de socavación incipiente generado a través de los años, pero que por falta de mantenimiento de la estructura no se ha atendido.

Las vigas en su parte inferior presentan eflorescencia, humedad, Biocapa y contaminación por material vegetal, así como el estribo y las aletas que presentan contaminación animal, aclarando que estas lesiones no afectan el funcionamiento de la estructura, pero si requieren de mantenimiento pronto de retiro de la contaminación y de algún mecanismo de protección.

Respecto a a la fisuras puntuales detectadas de abertura menor a 0,3mm, longitud aprox de 0.3 m en la Viga No 4 y Losa parte externa, se aclara que en el documento ACI 224R - Control de la fisuración en estructuras de hormigón 4.4 - Anchos de fisura admisibles versus condiciones de exposición del hormigón armado, nos menciona en la Tabla 4.1 los anchos de fisura razonables para hormigón armado bajo cargas de servicio y para una condición de exposición.

En este caso la Condición de exposición es de Humedecimiento y secado, siendo razonable 0.15 mm de ancho fisura bajo cargas de servicio, por lo cual las fisuras inspeccionada requieren de tratamiento.

Ilustración 38

Guía para anchos de fisuras razonables

Tabla 4.1 – Guía para anchos de fisura razonables*, hormigón armado bajo cargas de servicio		
Condición de Exposición	Ancho de fisura	
	in.	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Productos químicos descongelantes	0,007	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,006	0,15
Estructuras para retención de agua†	0,004	0,10
* Es de esperar que una parte de las fisuras de la estructura superarán estos valores. Con el tiempo, el porcentaje de fisuras que superan estos valores puede ser significativo. Estos son lineamientos generales para el diseño, que se deben utilizar juntamente con un sólido juicio profesional. † Excluyendo tuberías sin presión.		

Nota. Fuente, ACI 224R

En cuanto al potencial de carbonatación y potencial de corrosión del acero de refuerzo en las vigas y losa superior y teniendo en cuenta las fisuras puntuales detectadas en la cara inferior en total cuatro (4) en losa y dos (2) en la viga de abertura menor a 0,3mm, longitud aprox de 0.3 m, la exposición de acero de refuerzo muy puntual y la edad de la estructura. (aproximadamente 30 años), se revisó posteriormente los datos de las pruebas realizadas referentes a resistencia a compresión del concreto, avance de carbonatación y estado del acero de refuerzo.

Tabla 7

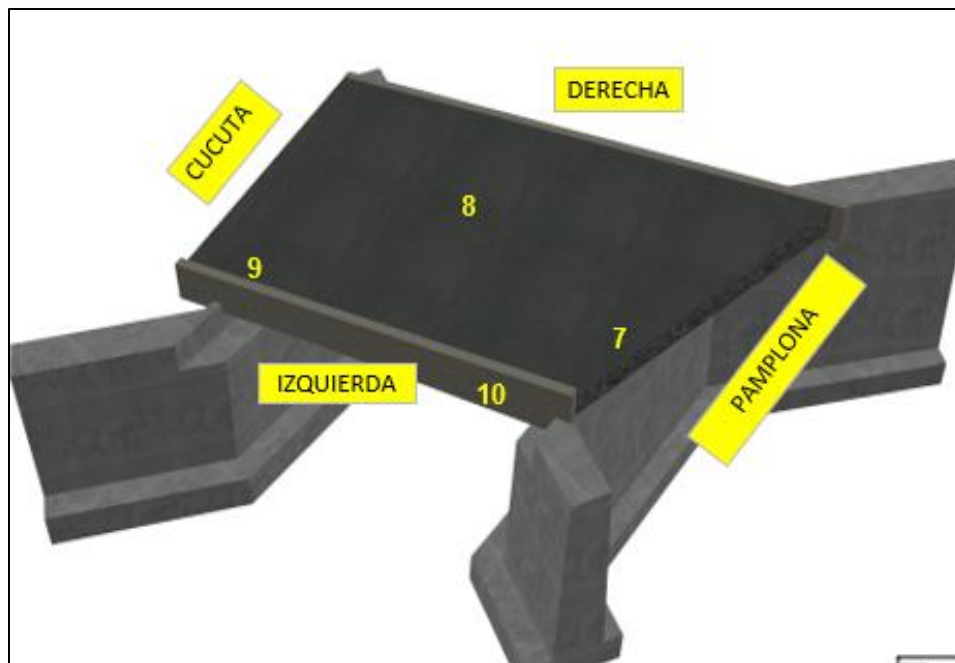
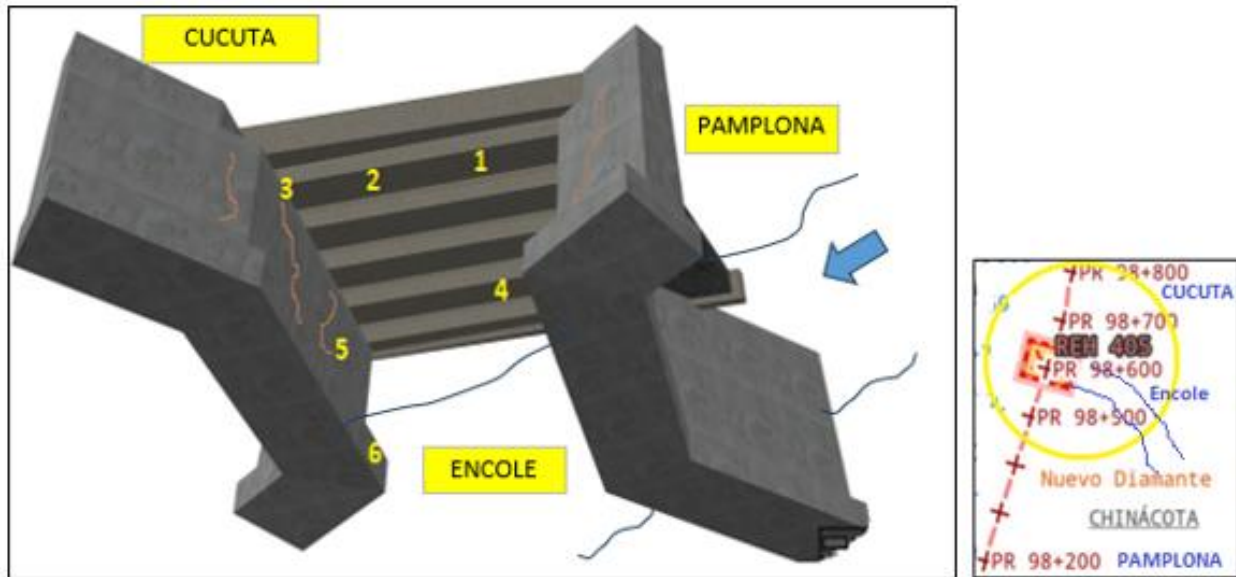
Lista de Daños y No. De Fotografía que lo ilustra.

	DAÑO Y No EN EL ESQUEMA	MANUAL INSPECCION VISUAL INVIAS	FICHA DE CLASIFICACION Y TIPIFICACION No (Se adjuntan como anexo)
1	Eflorescencias	EF	7
2	Biocapa tipo moho	CTC	5
3	Ausencia de apoyos	APOYO	9
4	Carbonatación y fisuras	CAR - FIR	6 Y 8
5	Contaminación animal	CTC	3
6	Socavación y erosión	SOC	4
7	Ausencia de juntas de expansión	JUNTA EXPANSION	1
8	Sobrecarga en losa superior	SOBRE CARGA	10
9	Erosión en bordillo y rebose lámina de agua	ER	2
10	Fisuras puntuales	FIR	6

Nota. Fuente, Propia

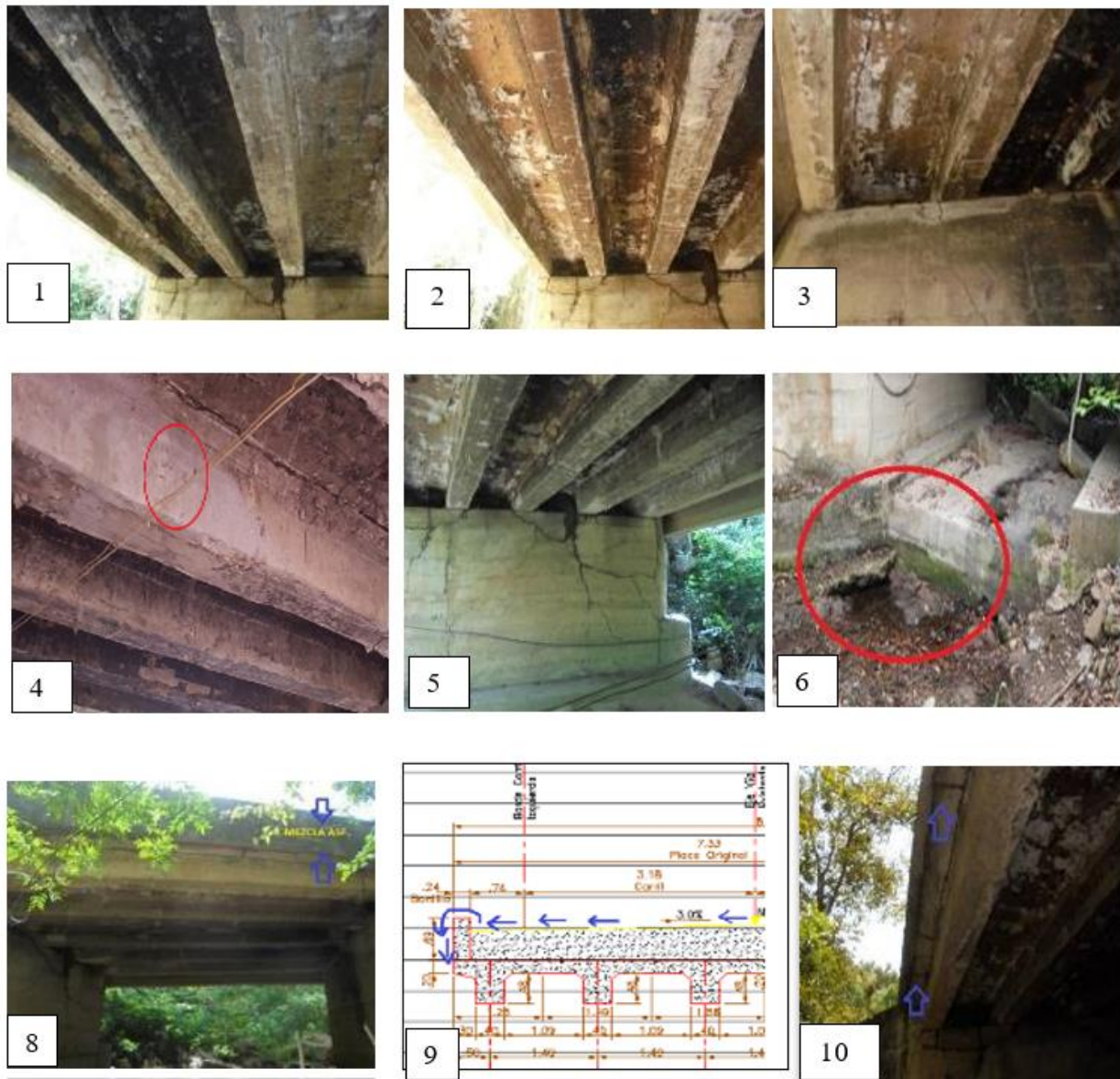
Ilustración 39

Localización de Afectaciones en el Puente



Nota. El esquema no presenta la solera existente en el piso, presentada en las fotografías

Registro fotográfico de las Lesiones



Los procesos patológicos presentes en la estructura de concreto están asociados con la durabilidad del concreto y la exposición constante que tiene la estructura a agentes externos de diferentes tipos como:

Tipo físico: Humedad relativa del medio ambiente, las precipitaciones, escorrentía superficial directa sobre el puente sin drenaje, cambios de temperatura, ciclos humedecimiento y

secado, ciclos de calentamiento y enfriamiento por cambios de temperatura día -noche.

vegetación boscosa y maderable, cambios de la dinámica de la quebrada.

Tipo químico: Presencia constante de Dióxido de carbono, presencia de sales de calcio en el concreto de la estructura, sales solubles que hacen parte del agua o del suelo, existencia de organismos vivos animales y vegetales.

De acuerdo con la inspección visual de paciente, se observa con mayor relevancia el proceso patológico de eflorescencia y carbonatación generalizado en las vigas y la parte inferior de la losa superior, asociado a humedad relativa alta debajo del puente, humedad por condensación en la parte inferior entre viga y viga (zona de resguardo tipo cubierta), goteos directos en los laterales por escorrentía, porosidad en el concreto desde su proceso constructivo y a la concentración de CO₂ que se deposita en el puente, además de no contar con sistema de drenaje en la parte superior, ni contar con goteros ocasionado lavado permanente en la parte lateral inferior de la losa superior, y por último, la falta de mantenimiento de limpieza y protección del puente. Este proceso patológico se detalla en las “Fichas de clasificación y tipificación de las Lesiones”

En el caso del puente al tener factores influyentes en el medio ambiente como humedades altas, humedad por condensación en la parte inferior entre viga y viga (zona como resguarda o más cubierta), goteos directos en los laterales por escorrentía, porosidad en el concreto desde su proceso constructivo, se incrementa considerablemente la patología asociada a la eflorescencia.

Por otra parte, el proceso de carbonatación en el concreto depende, en gran medida, de la humedad presente en el concreto, de modo tal que el fenómeno tendrá lugar si la humedad se encuentra entre un 20% y un 80% que es la condición ambiental del puente. No obstante, el proceso de corrosión del acero se acelera cuando la humedad del concreto está entre 50% y 75%.

El grado de permeabilidad del concreto, juega papel importante en la velocidad de la carbonatación, pues si es totalmente impermeable al agua, no hay lugar al ingreso de humedad ni de CO₂, por lo que no se producirán los carbonatos. Esto significa que, para zonas con alta contaminación ambiental, las estructuras están muy expuestas a esta patología, como podría ser el caso del puente estudiado, considerando la época en que fue construida la estructura el cual muy seguramente no estaba tan controladas las buenas prácticas para producir concretos de baja permeabilidad con baja relación agua – cemento, buena compactación, el uso de adiciones, un buen curado, el uso de inclusores de aire, o una protección exterior al concreto.

Ilustración 40

Inspección Visual del Puente. Socavación.



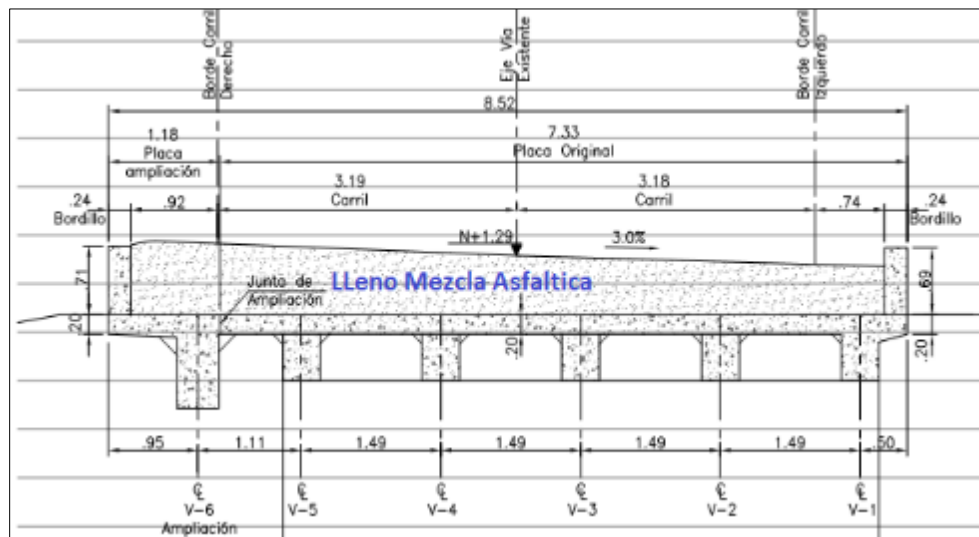
Nota: Fuente. Propia

En cuanto a la sobre carga en la losa superior del lleno con mezcla asfáltica que se observa que se ocasionó por el ajuste requerido en la rasante y el peralte, debe ser analizada por el especialista estructural dentro de la evaluación que se recomienda realizar del comportamiento estructural a flexión, tensión y cortante de los elementos estructurales del puente (Vigas y losa), ante las solicitaciones dadas por los lineamientos de la normatividad vigente. Se cuantifica que la

sobrecarga corresponde a un espesor de relleno promedio de 53 cm con un peso unitario de 22.5 kN/m³ según la tabla 3.5.1-1 del CCP-14, asignada lo largo de todo el puente para el ancho de calzada correspondiente.

Ilustración 41

Sobrecarga con lleno.



Nota: Fuente Propia

Para la revisión estructural de los estribos consideramos se debe tener en cuenta la geometría y dimensionamiento de este tipo de elementos de la época en que fueron construidos, los cuales utilizaron para diseño las cartillas del Ministerio de Obras del año 1988 muros de gravedad con sobrecarga en concreto simple.

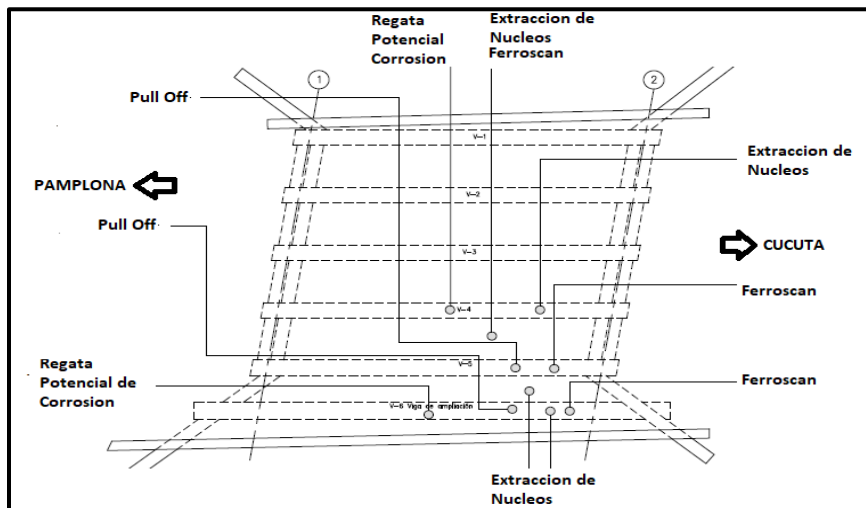
En la revisión estructural deben tener en cuenta que la estructura ha sido intervenida con el objeto de ampliarlo al costado derecho y poder cumplir con el ancho mínimo de berma, mediante la construcción de una Viga adicional con una sección diferente a las restantes (mayor sección).

Fase de Diagnostico del Paciente

De acuerdo con la información suministrada por el propietario y/o administrador del paciente se tienen los siguientes resultados de ensayos:

Ilustración 42

Ubicación auscultaciones



Nota. Fuente, Propia

Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Núcleos de Concreto

Realizado bajo norma de ensayo NTC 3658:1994 Método para la Obtención y Ensayo de Núcleos Extraídos y Vigas de Concreto y Aserradas, y NTC 573 Ensayo a Compresión, cuyo objeto fue la extracción de núcleos de un elemento de concreto, para determinar posteriormente la resistencia a la compresión.

Cantidad de núcleos por elemento de concreto: Dos (2)

Elementos de concreto: Placa original, Viga No. 4, Placa de Ampliación del puente, y Viga de Ampliación No. 6. Tal como se evidencia en la siguiente imagen:

Ilustración 44



Nota. Fuente, Informe de ensayos, Concesión UVRP

Ultrasonido en Cilindros de Concreto

Se realiza de acuerdo con la norma de ensayo NTC 4325 Método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto, cuyo objeto fue medir la velocidad con que una onda de sonido lanzada por el instrumento se propaga a través del hormigón, en este caso los núcleos extraídos de concreto. Con los resultados del ultrasonido se buscó hacer contraste con la observación directa de las muestras y los resultados a la resistencia a compresión.

Elementos de concreto: Núcleos de concreto de la placa original.

Análisis de Resultados: De forma experimental, se ha podido establecer una relación entre la velocidad de pulso ultrasónico y la calidad del hormigón.

Los resultados de la velocidad del pulso permiten concluir el tipo de calidad del núcleo extraído en contraste con el resultado a compresión. Así mismo, permitirá definir si el resultado

de la resistencia a compresión se debe analizar como conservador en los cálculos que involucren su resultado.

Regatas para Determinación del Acero De Refuerzo Longitudinal

Determinar la disposición y las características del acero de refuerzo principal a flexión en vigas, es decir la ubicación longitudinal mediante la ejecución de regatas en los sitios señalados por el diseñador estructural.

Las regatas fueron realizadas cortando el concreto con disco, realizando previamente un chequeo de la profundidad de recubrimiento con “Ferroskan” para no afectar el acero de refuerzo y una vez cortado se procede a retirarlo con la ayuda de taladro y roto martillo. Se retiró todo el recubrimiento del concreto en una altura de aproximadamente 15 cm, contados a partir del extremo inferior de la viga, retirando esta fracción de concreto y destapando las filas de acero de refuerzo cómo fue posible encontrar en el elemento.

Elementos de concreto: Viga No. 5 y Viga No. 6 (Ampliación)

Análisis de Resultados: Observación directa de las varillas longitudinales del elemento, cantidad, separación, espesor de recubrimiento, condición de corrosión, comparación con lo que se estimaba encontrar de reforzamiento por catilla MOPT. Levantar un detalle de despiece del acero longitudinal encontrado.

Magneto Detección Tipo Ferroskan para Auscultación de Acero de Refuerzo a Corte

Determinar la disposición del acero de refuerzo a corte de las vigas, es decir la ubicación, separación, diámetro. Poder levantar un detalle de despiece del acero transversal. Previo a la extracción de núcleos, se realizó mediante ferroskan la verificación de la ubicación de acero de

refuerzo dentro del elemento y con base en esa detección, se generó una cuadrícula guía para ejecutar la labor de extracción de los núcleos y evitar atravesar los aceros.

Elementos de concreto: Viga No. 5, Viga. No. 6 (Ampliación), Placa Original, Placa ampliación

Análisis de Resultados: Levantar un detalle de despiece del refuerzo a corte detectado, y comparar con lo que se estimaba encontrar de reforzamiento por catilla MOPT.

Ensayo De Potencial De Media Celda (Potencial De Corrosión)

Realizado para la norma de ensayo ASTM C 876 Método Estándar de Ensayo para Potenciales de Media Celda para Acero de Refuerzo, cuyo objeto es determinar si existe corrosión activa, pasiva o transición de pasiva a activa en el acero de refuerzo de un elemento estructural; éste no permite concluir si el elemento en estudio está corroído.

Las lecturas del potencial eléctrico del refuerzo se realizan en milivoltios (mV) y se dibujan en una malla de puntos igualmente espaciados, con la finalidad de obtener un mapa de líneas de contorno o un mapa de zonas equipotenciales.

Elementos de concreto: Viga No. 6 (ampliación) y Viga No. 4.

Análisis de Resultados: Criterio para medir el riesgo de daño del acero de refuerzo del concreto en la medición del potencial de media celda de sulfato de cobre (Cu/CuSO₄) o plata-cloruro de plata saturado (Ag/AgCl).

Ilustración 45



Nota. Fuente, Informe de ensayos, Concesión UVRP

Ensayo De Carbonatación

En el ensayo se aplicó solución indicadora ácido-base, fenolftaleína (1g de fenolftaleína + 49g de alcohol + 50g de agua) sobre los núcleos extraídos o regatas y se evalúa la profundidad de carbonatación sobre el mismo. El indicador está diseñado para cambiar de color en ambientes con PH superiores a 9,5. El objeto fue evaluar el avance de la carbonatación en el hormigón por el método de vía húmeda con solución de indicador ácido-base, se realiza in situ tan pronto como se haya perforado el concreto para la realización de la prueba, evitando que se alteren los resultados.

Elementos de concreto: Núcleos de la placa original, núcleos de la Viga No. 4, núcleos de la placa de ampliación del puente, núcleos de la Viga de Ampliación No. 6, y regatas.

Análisis de Resultados: Una vez extraídos dichos núcleos, se les realiza In Situ El Ensayo De Potencial De Carbonatación, midiendo la diferencia entre el punto extremo expuesto y el inicio de la coloración rosa.

Se analiza la profundidad en centímetros (cm) de carbonatación en el núcleo extraído.

Ilustración 46



Nota. Fuente, Informe de ensayos, Concesión UVRP

Ensayo De Pull-Off

De acuerdo con la norma de ensayo ASTM D 4541 Método Estándar Para el Ensayo de Adherencia, se realiza para determinar la resistencia del a tracción (comúnmente denominado adherencia), mediante la ejecución, de un esfuerzo de tracción perpendicular a la superficie deseada, esto se consigue con la fijación de una sufridera, a partir de soldadura química, dicha sufridera tendrá un área de contacto establecida, para de esta manera, ir aumentando la fuerza que se ejerce, generando un esfuerzo de tracción controlado en cada momento.

Elementos de concreto: Viga 6 (ampliación) inferior, Viga 6 (ampliación) lateral, Viga 5 lateral, Viga 5 inferior.

Análisis de Resultados: Resultados de esfuerzos en MPA comparados con el valor requerido para considerar el concreto susceptible de ser reforzado con materiales de alta resistencia adheridos externamente.

Ilustración 47



Nota. Fuente, Informe de ensayos, Concesión UVRP

Análisis de Resultados y Diagnostico patológico

Ensayo	Norma	Criterio de la Norma	Resultado de Ensayo
Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Núcleos de Concreto	NTC 3658 NTC 573 ACI 318	Si el coeficiente de variación de las muestras obtenidas para un mismo elemento es menor o igual que 14%, la resistencia promedio esperada, será el valor promedio de las muestras obtenidas. Si el coeficiente de variación de las muestras obtenidas para un mismo elemento es mayor que 14%, la resistencia promedio esperada, será el valor promedio de las muestras obtenidas menos una desviación estándar Según criterio ACI 437 se obtendrá el promedio de dos núcleos por elemento, en caso de que la resistencia varíe más de un 14%, se fallará una tercera muestra para determinar la resistencia a compresión o se tomará el menor valor obtenido. ➤ El resultado de la resistencia de acuerdo con el ACI 318 es el menor de los dos siguientes valores: $f_c = \frac{\text{Media de los resultados obtenidos}}{0,85}$ $f_c = \frac{\text{Menor valor obtenido}}{0,75}$	Placa Original Dos (2) núcleos: Coeficiente de Variación 2,53 % Resistencia a Compresión del elemento ACI 318 (62,35MPa) Viga No. 4. Dos (2) núcleos: Coeficiente de Variación 21,7% Resistencia a Compresión del elemento ACI 318 (26,13 MPa) Al ser coeficiente mayor a 14% se le aplico el criterio de al valor promedio de las muestras menos una desviación estándar: $26.13 - 5.0 = \mathbf{21,11 \text{ Mpa}}$ Placa ampliación Dos (2) núcleos: Coeficiente de Variación 5,59 % Resistencia a Compresión del elemento ACI 318 (35,76 MPa) Viga No. 6 Ampliación Dos (2) núcleos: Coeficiente de Variación 5,2% Resistencia a Compresión del elemento ACI 318 (30,06 MPa) Posteriormente se detalla el cálculo final de la resistencia del elemento. Así mismo se compara dicho valor con la resistencia de diseño incluyendo el incremento esperado en el tiempo. Para la resistencia de diseño de los elementos originales se analiza las cartillas de Obras de la época y para la ampliación posterior del pontón se analiza el Código de puentes CCP-14.

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

Ensayo	Norma	Criterio de la Norma	Resultado de Ensayo
Ultrasonido en Cilindros de Concreto	NTC 4325	4600 m/s y más: Excelente 3700 a 4600 m/s: Buena 3000 a 3700 m/s: Cuestionable 2100 a 3000m/s: Pobre Por debajo de 2100 m/s: Muy Pobre	Placa Original: El laboratorio realiza la prueba de ultrasonido en esta muestra por el valor considerablemente alto obtenido de resistencia a compresión. Longitud de cilindro de 86,8 mm y tiempo de 20,0 µseg $1 \mu s = 0,000001 \text{ o } 1 \times 10^{-6} \text{ s}$ Velocidad de ultrasonido de la placa Original <u>4.340 m/ s</u> Este resultado en contraste con el resultado de resistencia de las probetas de 53 Mpa es Buena, pero consideramos debemos ser conservadores con el resultado estimado del elemento al estar alto el valor de resistencia
Ensayos para auscultación de acero de refuerzo a tracción. Regatas	N.A	Se Seleccionaron estos elementos para auscultar una viga y placa original y una viga y placa de la ampliación	Acero Longitudinal Viga No 6 Ampliación Centro de Luz. Viga No 5 Centro de Luz. Se entro a comparar solo como a nivel de referencia con los despieces de las cartillas MOPT para el caso del Puente de Placa y Vigas para una Luz de 8 metros con losa de 20 cm Por resaltar el acero que se evidencio en todos casos es liso.
Ensayos para auscultación de acero de refuerzo a tracción. Ferrosan	N. A	Se Seleccionaron estos elementos para auscultar una viga y placa original y una viga y placa de la ampliación	Acero Transversal Viga No 6 Ampliación Centro de Luz Viga No 5 Centro de Luz Placa Original Placa ampliación

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

Ensayo	Norma	Criterio de la Norma	Resultado de Ensayo												
			Se entro a comparar como a nivel de referencia con los despieces de aceros establecidos en las cartillas MOPT para el caso del Puente de Placa y Vigas para una Luz de 8 metros con losa de 20 cm												
Ensayo De Potencial De Media Celda (Potencial De Corrosión)	ASTM C876	<table><tr><th>E_{CORR} vs. CSE</th><th>Riesgo por corrosión</th><th>Tipo de corrosión</th></tr><tr><td>> -200</td><td>Bajo</td><td>Acero en estado pasivo</td></tr><tr><td>-200 a -300</td><td>Moderado</td><td>Transición activo-pasiva</td></tr><tr><td>< -300</td><td>Alto</td><td>Corrosión activa</td></tr></table>	E_{CORR} vs. CSE	Riesgo por corrosión	Tipo de corrosión	> -200	Bajo	Acero en estado pasivo	-200 a -300	Moderado	Transición activo-pasiva	< -300	Alto	Corrosión activa	Viga No. 6 (Ampliación): -13 mV -152,3 mV -265,3 mV -237,6 mV -242,5 mV -236,8 mV -214,5 mV Viga No.4: -0,025 mV -0,063 mV -0,054 mV -0,020 mV -0,031 mV -0,019 mV
E_{CORR} vs. CSE	Riesgo por corrosión	Tipo de corrosión													
> -200	Bajo	Acero en estado pasivo													
-200 a -300	Moderado	Transición activo-pasiva													
< -300	Alto	Corrosión activa													
Ensayo De Carbonatación	-	El indicador está diseñado para cambiar de color en ambientes con PH superiores a 9,5.	Placa Original M#1: 2 cm Placa Original M#2: 1 cm Placa Original M#3: 1 cm V-4 Original M#4: 0 cm V-4 Original M#5: 0 cm V-4 Original M#6: 0 cm V-6 Ampliación M#7: 1 cm V-6 Ampliación M#8: 0 cm V-6 Ampliación M#9: 0 cm Placa Ampliación M#10: 0 cm Placa Ampliación M#11: 0 cm Placa Ampliación M#12: 0 cm												
Ensayo De Pull-Off	ASTM D4541 NTC 3619	Valores muy cercanos o superiores a 1.70MPa, fijado como límite de acuerdo con la normativa vigente para considerar el concreto susceptible de ser reforzado con fibras de materiales de alta resistencia adheridos externamente	Viga 6A inferior: 1.5 MPa Viga 6A lateral: 1.5 MPa Viga 5O lateral: 2.0 MPa Viga 5O inferior: 2.5 MPa												

Resistencia a la compresión

DESCRIPCION	RESISTENCIA A COMPRESION DEL ELEMENTO ACI 318 (MPa)	MODULO DE ROTURA $MR = K \cdot \sqrt{f'_c}$ $K = 0.7 \text{ Mpa}$
PK 98+594 Placa Ampliación	35,76	4,18
PK 98+594 Placa Original	62,35	5,52
PK 98+594 Viga No 4	21,11	
PK 98+594 Viga No 6 Ampliación	30,06	

Teniendo en cuenta que la losa trabaja a flexión se calcula a nivel complementario e informativo el módulo de rotura del concreto que nos arrojaría el elemento con la siguiente fórmula: $MR = K \cdot \sqrt{f'_c}$, donde K es un valor que varía dependiendo del material a utilizar y f'_c es la resistencia a la compresión en kg/cm^2 , formula del comité Europeo de Concreto donde

MR: módulo de rotura en MPa

K: constante que depende fundamentalmente de los materiales usados. Varía entre: 0,7 a 0,8, cuando f'_c se expresa en MPa.

DESCRIPCION	Dimension (mm)			Factor de Correccion	Area (mm ²)	Condicion Ensayo	Densidad (g/cm ³)	Probeta Mpa
	L	L (Corre)	Diam					
PK 98+594 Placa Ampliación	86	86	44,3	1	1539,3	Carga: Perpendicular- Humedad: Seco	2,3	31,6
PK 98+594 Placa Ampliación	86,7	88,7	44,2	1	1533,7		2,3	29,2
Nucleos tomados por la parte inferior de la losa superior. Posición de la extracción : Sobre cabeza.						PROMEDIO NUCLEOS		30,40
						DESVIACION ESTÁNDAR		1,6971
						COEFICIENTE DE VARIACION		5,59%
						MINIMO VALOR		29,20
						RESISTENCIA DEL ELEMENTO ACI 318		35,76 38,93

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

DESCRIPCION	Dimension (mm)			Factor de Correc	Area (mm2)	Condicion Ensayo	Densidad (g/cm3)	Probeta Mpa
	L	L (Corre)	Diam					
PK 98+594 Placa Original	86,8	86,3	44,3	1	1543,4	Carga: Perpendicular- Humedad: Seco	2,4	54,0
PK 98+594 Placa Original	86,7	88,7	44,3	1	1542,0		2,4	52,0
Nucleos tomados por la parte inferior de la losa superior. Posición de la extracción : Sobre cabeza.						PROMEDIO NUCLEOS	53,00	
						DESVIACION ESTÁNDAR	1,4142	
						COEFICIENTE DE VARIACION	0,03	
						MINIMO VALOR	52,00	
						RESISTENCIA DEL ELEMENTO ACI 318	62,35 69,33	

DESCRIPCION	Dimension (mm)			Factor de Correc cion	Area (mm2)	Condicion Ensayo	Densidad (g/cm3)	Probeta Mpa
	L	L (Corre)	Diam					
PK 98+594 Viga No 6 Ampliación	87,4	87,4	44,1	1	1549,0	Carga: Perpendicular- Humedad: Seco	2,3	24,6
PK 98+594 Viga No 6 Ampliación	87,7	87,7	44,2	1	1548,3		2,3	26,5
Nucleos tomados por la parte lateral de la viga. Posición de la extracción:Perpendicular al refuerzo longitudinal del elemento.							PROMEDIO NUCLEOS	25,55
							DESVIACION ESTÁNDAR	1,3435
							COEFICIENTE DE VARIACION	0,05
							MINIMO VALOR	24,60
							RESISTENCIA DEL ELEMENTO ACI 318	30,06 32,80

DESCRIPCION	Dimension (mm)			Factor de Correc	Area (mm2)	Condicion Ensayo	Densidad (g/cm3)	Probeta Mpa
	L	L (Corre)	Diam					
PK 98+594 Viga No 4	70,4	70,4	44,4	0,96655	1549,0	Carga: Perpendicular- Humedad: Seco	2,3	19,6
PK 98+594 Viga No 4	86,5	86,5	44,4	1	1548,3		2,3	26,7
Nucleos tomados por la parte lateral de la viga. Posición de la extracción:Perpendicular al refuerzo longitudinal del elemento.							PROMEDIO	23,15
							DESVIACION ESTÁNDAR	5,021
							COEFICIENTE DE VARIACION	21,7%
							MINIMO VALOR	19,60
							RESISTENCIA DEL ELEMENTO	27,24
							ACI 318	26,13

Con estos resultados a compresión se debe evaluar el comportamiento estructural a flexión, tensión y cortante de los elementos estructurales del puente (Vigas y losa), ante las solicitaciones dadas por los lineamientos de la normatividad vigente, incluyendo las consideraciones analizadas en cuanto a vulnerabilidad sísmica.

Para análisis estructural y ante la variabilidad de resultados, comparando el resultado de la placa original (62 Mpa) y el tramo de placa ampliada (35 Mpa), se recomienda ser conservador con el dato de resistencia asumido para efecto de la evaluación estructural.

Por otro lado, el pontón fue construido con la cartilla MOPT del año 1988 que consideraba una resistencia mínima de diseño del concreto de todos los elementos de 21 Mpa y que a través del tiempo pudo haber aumentado hasta un 35% estando alrededor de los 30 Mpa como es el caso de los resultados de las Vigas.

En cuanto al tramo de losa ampliación (Nuevo) se concluye que fue construida con el CPP-14 en donde contemplaba una resistencia de diseño de los concretos para todos los elementos de 28 Mpa la cual que a través del tiempo pudo haber aumentado de resistencia hasta un 35% estando alrededor de los 38 Mpa.

En el caso del resultado de la losa original y ante la variabilidad de resultados, comparando el resultado de la losa **Original** (62 Mpa) y el tramo de losa ampliada **Nuevo** (35 Mpa), se evidencia que el laboratorio ante el valor superior en un 200% del esperado teóricamente, realizó una verificación del cilindro testigo con ultrasonido pues de forma experimental, se ha podido establecer una relación entre la velocidad de pulso ultrasónico y la calidad del hormigón, el para este caso estudio arrojó una velocidad de 4.340 m/s clasificando la Calidad del concreto como “Buena” pero no “Excelente” como se espera para una resistencia final de 62 Mpa.

En este caso la losa hace parte de la superestructura y soporta las cargas de diseño es decir trabaja a flexión y las vigas transmiten las cargas de la losa a los apoyos de la subestructura, por esto se consideran que la resistencia a compresión de las vigas debería haber arrojado igual o superior a la losa y en este caso el resultado refleja lo contrario.

Se concluye que para un análisis estructural se recomienda ser conservador con el dato de resistencia a compresión asumido del concreto de la losa Original para efecto de la revisar la capacidad de carga con las solicitaciones dadas de acuerdo los lineamientos de la normativa vigente.

Resistencia a compresión de los concretos según Diseño de la época

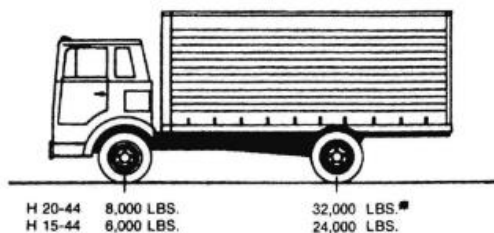
CARTILLA. Ministerio de Obras Públicas y. Transporte - 1960 (MOPT-60).

Consultando la cartilla de la época “Modelo de Obras de Arte” del Ministerio de Transporte, capítulo V. PUENTES b) Puente de Vigas y losa 5 a 20 mts de luz, se indica que para los Diseños se adoptaron las normas de “AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIAL” A.A.S.H.O y para la sobrecarga tomaron el camión H-20-44 de la A.A.S.H.O o la carga equivalente uniformemente distribuida.

La resistencia del concreto indicada en la cartilla para todos los elementos es de 2000 psi (14 Mpa) para todos los elementos.

Ilustración 48

Camión de Diseño: H-20-44. Camión Estándar Dos Ejes



Nota. Fuente: <https://es.slideshare.net/slideshow/modelos-de-cargas-para-puentes>

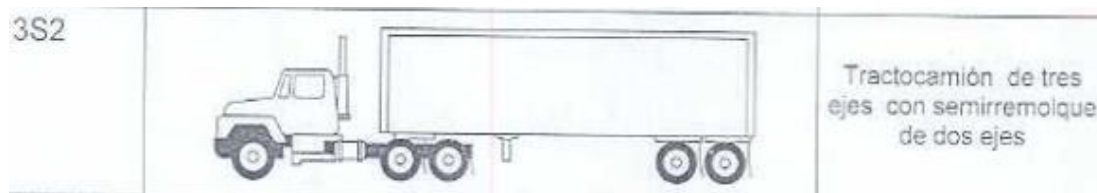
CARTILLA Ministerio de Obras Públicas y. Transporte - 1988 (MOPT-88).

En todos los elementos del puente se debe emplear concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (21 Mpa)

El concreto utilizado se ajustará a lo indicado en la Especificación MOPT.

Ilustración 49

Camión de Diseño: **3S2**. Camión Estándar Tres Ejes



Nota. Fuente: Resolución 0004100 de diciembre de 2004 del Ministerio de Transporte

Resistencia a compresión de los concretos según Normatividad Vigente

CÓDIGO CCP-14 de 2014

Clase A: 28 Mpa Se usa generalmente para todos los elementos de estructuras, excepto cuando otra clase sea más apropiada y específicamente para concreto expuesto a agua salada.

Clase B: 17 Mpa Se usa en zapatas, pedestales, astas masivas de pilares y muros de gravedad

Clase C: 28 Mpa Se usa en secciones delgadas tales como barandas reforzadas con espesores menores a 100 mm, para rellenos de pisos

Clase P: Cuando se requieran resistencias mayores a 28 Mpa, para concreto preesforzado.

Ilustración 50

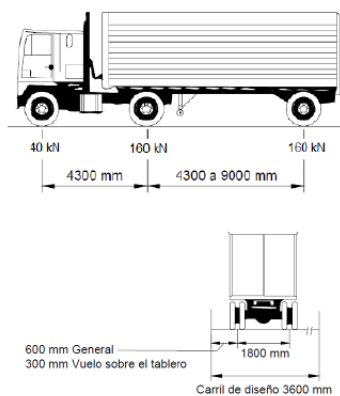
Tabla C5.4.2.1-1 — Características de Mezclas de Concreto por Clase

Clase de concreto	Contenido mínimo de cemento	Máxima relación W/C	Contenido de aire	Agregado grueso según AASHTO M 43 (ASTM D448)	Resistencia a la compresión a los 28 días
	kg/m ³	kg / kg	%	Tamaño del cuadrado de las aberturas (mm)	MPa
A	360	0.49	-	25 a 4.75	28
A(AE)	360	0.45	6.0 ± 1.5	25 a 4.75	28
B	307	0.58	-	50 a 25	17
B(AE)	307	0.55	5.0 ± 1.5	25 a 4.75	17
C	390	0.49	-	12.5 a 4.75	28
C(AE)	390	0.45	7.0 ± 1.5	12.5 a 4.75	28
P	335	0.49	Como se especifique en otra parte	25 a 4.75	Como se especifique en otra parte
P(HPC)				O 19 a 4.75	
S	390	0.58	-	25 a 4.75	-
Liviano	335	Como se especifique en los documentos contractuales			

Nota. Fuente: Características de Materiales de Concreto. CCP-14

Camión de Diseño: 3 ejes (eje delantero, eje trasero y eje semitrailer. Los ejes traseros y semitrailer aplican una carga de 160 kN al tablero cada una y el eje delantero aplica una carga de 40 kN

Ilustración 51



Nota. Fuente: Camión de Diseño. CCP-14

La carga viva vehicular en las calzadas del puente debe consistir en una combinación de Camión de Diseño y Carga de Carril de Diseño.

Se puede concluir con el análisis de la evolución en el tiempo de los diseños de los puentes (cartillas a código), que las resistencias mínimas del concreto van incrementando con el

tiempo en función de las determinaciones de las cargas vivas, combinación y selección del camión de Diseño. En los inicios la resistencia de diseño de los concretos era menor a la actualmente utilizada, por las consideraciones y parámetro de diseño de la normatividad vigente.

Carbonatación

Los resultados del ensayo de carbonatación demuestran que los elementos de la superestructura no han perdido la capa de pasivación que ofrece el concreto para la protección del acero. La profundidad de carbonatación que presenta algunos elementos consideramos está dentro de lo normal de acuerdo con la edad del pontón.

Ensayo De Potencial De Media Celda (Potencial De Corrosión)

Los resultados de la Viga 6 Ampliación demuestran que el acero está en estado de Transición activo – pasivo. Consideramos que por su ubicación es la viga más expuesta a las condiciones ambientales de lluvias, humedad, vegetación, cercanía a los vehículos podría estar más susceptible a carbonatación, pero la profundidad del ensayo de Fenolftaleína marca 10 mm lo que está dentro de lo normal para la edad que proyectamos se construyó.

No se puede asociar a falta de recubrimiento del acero porque en la auscultación con regata arrojo por encima de 6 cms.

Los resultados de Potencial de media celda la Viga 4 demuestran que el acero está en estado Pasivo.

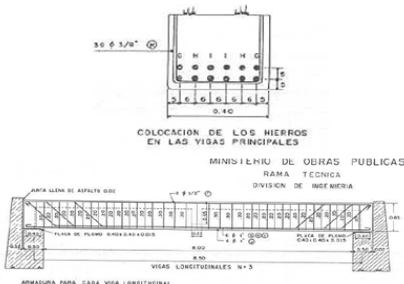
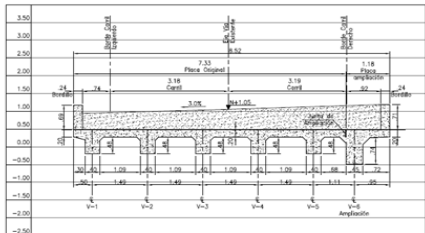
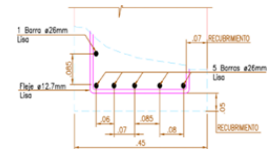
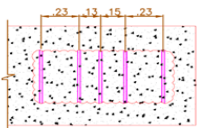
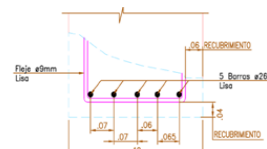
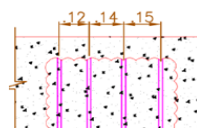
Disposición de acero de acuerdo con regatas y ferrosan

El acero de refuerzo transversal y longitudinal es de superficie lisa, no es corrugado con estrías.

Vigas originales: El acero transversal el cual trabaja a cortante, está acorde en Diámetro y con Separaciones menores de lo que establece la cartilla MOPT. En cuanto al acero longitudinal el cual trabaja a flexión está acorde en diámetro, pero se tiene separaciones mayores, por lo cual si existe incertidumbre de si es suficiente la cantidad de acero.

Viga No 6 de ampliación: El acero transversal el cual trabaja a cortante está acorde en diámetro, pero con separación mayores y menores de lo que establece la cartilla MOPT , para algunos casos, por lo cual si existe incertidumbre de si es suficiente la cantidad de acero.

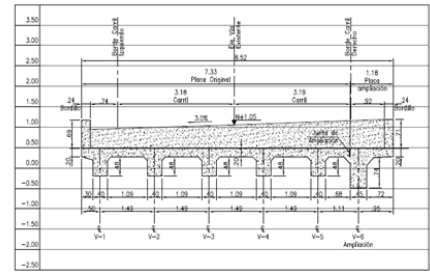
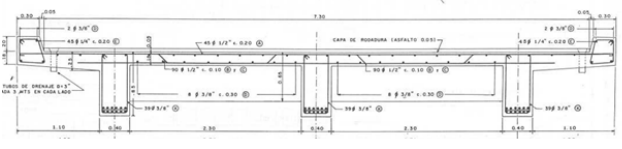
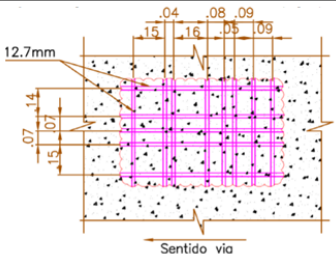
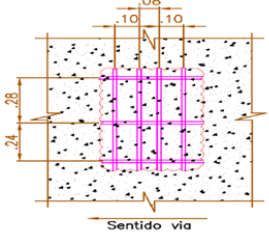
Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

							
Despiece de Vigas según MOPT para el Caso de Ponton de luz 8 metros							
Acero longitudinal: Dos Filas (2) de diámetro 1" (25 mm) en la parte inferior viga , separadas cada 6 cms para un total de 6 varillas para el caso de viga de 40 cms de ancho. En la parte superior de la Viga el despiece muestra un refuerzo longitudinal de 1/2"(12.5 mm)							
Acero transversal al corte : Flejes de 3/8" (9.5 mm) cada 20 cms.							
Recubrimiento: 5 cms							
DESCRIPCION	ANCHO	DETALLE REGATA (ACERO LONGITUDINAL)	DETALLE MAGNETO DETECCION (ACERO TRANSVERSAL)	COMENTARIOS			
PK 98+594 Viga No 6 Ampliacion	0.45 m			Acero Longitudinal y transversal liso NO es corrugado.			
				Longitudinal: Se tiene el diametro de varilla de 1"(25mm) acorde a MOPT, pero se observa variabilidad en la separacion de las varillas con respecto a los 6 cms. Separaciones mayores , por lo cual solo se tiene dispuestas 5 varillas en el ancho de la viga.			
				Transversal: Se tiene el diametro del fleje de mayor diametro 12.7 mm , pero se observa variabilidad en la separacion con respecto a los 20 cms. Separacion mayores y menores a lo largo de la viga.			
PK 98+594 Viga No5	0.40 m			Recubrimiento del acero :7 cms			
				Acero Longitudinal y transversal liso NO es corrugado.			
				Longitudinal: Se tiene el diametro de varilla de 1"(25mm) acorde a MOPT, pero se observa variabilidad en la separacion de las varillas con respecto a los 6 cms. Separaciones mayores , por lo cual solo se tiene dispuestas 5 varillas en el ancho de la viga.			
Transversal: Se tiene el diametro del fleje de diametro 9 mm acorde MOPT , pero se observa variabilidad Separacione menores a 20 cms a lo largo de la viga.							
Recubrimiento del acero :6 cms							

Placa original: El acero transversal está acorde en diámetro, pero con separaciones mayores y menores de lo que establece la cartilla MOPT, por lo cual si existe incertidumbre de si es suficiente la cantidad de acero.

Placa de ampliación: El acero está acorde en Diámetro con separación iguales o menores de lo que establece la cartilla MOPT

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS RAMA TECNICA DIVISION DE INGENIERIA CARGA MOVIL: CAMION H-20-44 CONCRETO DE 2.000 LBS/PIE³ ACERO ESTRUCTURAL 20.000 LBS/PIE 			
Despiece de Vigas según MOPT para el Caso de Ponton de luz 8 metros			
Acero longitudinal: Diametro 3/8" cada 30 cms			
Acero transversal : Diametro 1/2" cada 10 cms en la partes inferior de la losa y cada 20 cms en la parte superior de la losa			
Recubrimiento: 5 cms			
DESCRIPCION	ANCHO (m)	DETALLE MAGNETO DETECCION	COMENTARIOS
PK 98+594 Losa Original	7.30		Longitudinal: Se observa variabilidad en la separacion .Separaciones menores a 30 cms Transversal: Se observa variabilidad en la separacion .Separaciones mayores y menores a 10 cms Recubrimiento del acero :7 cms
PK 98+594 Losa Ampliacion	1.25		Longitudinal: Se observa homogeneidad en la separacion .Separaciones menores a 30 cms Transversal: Se observa homogeneidad en la separacion .Separaciones iguales y menores a 10 cms

En las vigas para el trabajo a flexión y cortante se debe revisar si es suficiente la cantidad de acero ante las solicitaciones dadas de acuerdo los lineamientos de la normativa vigente.

Y en cuanto a la losa superior para el trabajo a tensión se debe revisar si es suficiente la cantidad de acero ante las solicitaciones dadas de acuerdo los lineamientos de la normativa vigente.

Fase de Intervención del Paciente

De acuerdo a análisis de resultados y las lesiones o daños encontrados en la estructura, se recomiendan actividades de mantenimiento correctivo, que consiste en la incorporación de

barandas, instalación del sistema de drenaje, e implementación de una protección de la superestructura frente a carbonatación, reparaciones de porosidad y hormigueros mediante morteros especiales para la labor, y un recubrimiento con mortero de baja retracción para homogenizar la superficie y recuperar las zonas que presentan pérdida de pasta de cemento por efecto de la erosión.

Para el caso de la socavación que se tiene en el estribo del puente, se deberá construir una solera elevada, por el comportamiento del cauce, esta intervención deberá estar acompañada de una verificación hidráulica.

Finalmente, se propone un reforzamiento en las vigas existentes mediante la instalación de vigas metálicas que permitirá mejorar la resistencia a flexión y cortante, para una mayor capacidad de carga sin deformarse.

Con respecto al tablero se propone la instalación de láminas de fibras de carbono que permitirá a la estructura igualmente aumentar la capacidad de carga y capacidad a flexión. Además, por el paso del tiempo y de acuerdo con el deterioro presentado en las vigas y el tablero se requiere mejorar la capacidad estructural ante las solicitaciones dadas de acuerdo los lineamientos de la normativa vigente.

Para lo anterior, se deberá validar con un especialista estructural la propuesta planteada para verificar la viabilidad de esta. Sin embargo, en el presente informe se detallan las actividades a desarrollar.

A continuación, se describe de manera detallada cada intervención a ejecutar

1. Limpieza Total

Limpieza total de la superficie con chorro de agua a presión. Se puede reforzar la limpieza con limpiador solución de lejía en las proporciones recomendadas por el proveedor para estos casos específicos. también se puede reforzar la limpieza mediante el empleo de pulidora manual con piedra copa, para aprovechar y remover bicapas, lechadas superficiales, manchas, suciedad, partes mal adheridas, y cualquier otro resto de material contaminante. Las superficies deben estar totalmente limpias antes de proceder a aplicar cualquier producto de protección

2. Reparación de Defectos en el Concreto

Para el puente en general, si después que realice la limpieza total como se expuso anteriormente se detecta áreas de concreto deterioradas o con hormigueros se debe realizar la reparación de con mortero de reparación sin retracción.

Las acciones de reparación consisten en el retiro del concreto defectuoso de los elementos estructurales y su reemplazo por un material de reparación. Las especificaciones de dicho material dependerán del estado de la superficie, del volumen a reparar y del tipo de elemento estructural.

La metodología consiste en retirar el concreto afectado, según el material de reparación seleccionado, las superficies resultantes se deben saturar en agua, evitando empozamientos. Barras de acero sobresalientes deben ser cortados entre 5 y 25 milímetros por debajo del nivel o superficie donde están ubicados, si aplica.

Para reparaciones inferiores a 10 cm² y profundidad menor a 0,3 cm, desprendimientos, descascamientos, irregularidades y porosidades de menor tamaño, en los que no sea necesaria

la implementación de formaleta, se empleará mortero convencional o mortero de reparación aplicado a mano, mediante llana y palustre metálico

3. Instalación de Mortero de Recubrimiento

Deberá ser de baja retracción, un solo componente, que permita realizar reparaciones de tipo estructural en superficies horizontales, verticales o sobre cabeza con un espesores de 2 cm a 4 cm. Además, deberá presentar baja permeabilidad y buena adherencia.

Posteriormente se debe crear un perfil de adherencia en superficie con ayuda de un rotomartillos demoledores en las áreas de concreto deteriorado, por lo cual se debe escarificar las zonas a nivelar.

Utilizando aire a presión y/o lavado con agua, se remueven los materiales que impiden la adhesión; tales como materiales sueltos, suciedad, desechos, lodo, aceite, lechada o agregados adheridos sueltos. La superficie de reparación debe quedar limpia, libre de grasas, polvo y rugosa para garantizar la adherencia del material de reparación.

La aplicación del mortero de reparación se deberá ejecutar por capas, en las zonas donde se requería la nivelación de la superficie. De ser necesario se realizará un lijado de la superficie intervenida con el fin de garantizar un color homogéneo y/o pulido del concreto.

4. Reparación de fisuras

En cuanto a las fisuras detectadas durante la inspección del paciente asociadas a carbonatación una vez auscultadas con la regata su profundidad y con el mapeo definitivo, deberán ser tratadas, de manera que se reestablezca la integridad del concreto y se evite el ataque de agentes externos como la humedad, o filtraciones que causen daños más severos al acero de

refuerzo. Dependiendo de su profundidad se define sellarlas superficialmente con un mortero de reparación impermeable de baja retracción con la propiedad de puenteo de fisuras; se aplica mortero o lechada con buen contenido de cemento que sea impermeabilizante, es decir, la fisura se debe colmatar con este producto. La preparación del producto se hará de acuerdo con las fichas técnicas del fabricante. En caso de que se requiera se hará acabado de la superficie con mortero de reparación de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto.

Si la fisura no es superficial se procede a inyectarlas con bomba de presión con producto tipo resina Epóxica, en este caso consultar al especialista estructural las variables de inyección como densidad y viscosidad del producto, presión de inyección, entre otros. Generalmente se utilizan es un sistema Epóxico de dos componentes de baja viscosidad recomendado para inyección en grietas estructurales expuestas a la humedad.

5. Protección contra carbonatación y eflorescencia

Se debe proteger al concreto del ingreso de agentes externos como humedades, filtraciones y contaminantes, para generar una superficie de baja permeabilidad, para lo cual, se podría aplicar una protección exterior al concreto tipo pintura acrílica impermeable diseñada para preservar las superficies de los agentes más agresivos del medio ambiente con alta resistencia a la carbonatación. Generalmente estos productos son elásticos y genera superficies impermeables y puenteo de micro fisuras, con las siguientes características adicionales:

Protege sin perder la continuidad de la película en estructuras que tengan movimientos.

Altamente resistente a cloruros y a otras sales solubles.

No forma barrera de vapor y permite que la estructura respire.

Lavable.

Alta resistencia a la formación de hongos y moho.

Excelente resistencia a ambientes agresivos urbanos e industriales.

Para el caso de estudio, la protección contra la carbonatación y eflorescencia se realizará con el mortero de recubrimiento, cuyas características del material cumplan con los criterios establecidos previamente.

6. Instalación de Baranda Metálica

Se deberán instalar una baranda metálica ligera, que brinde las condiciones de seguridad requeridas en el paciente.

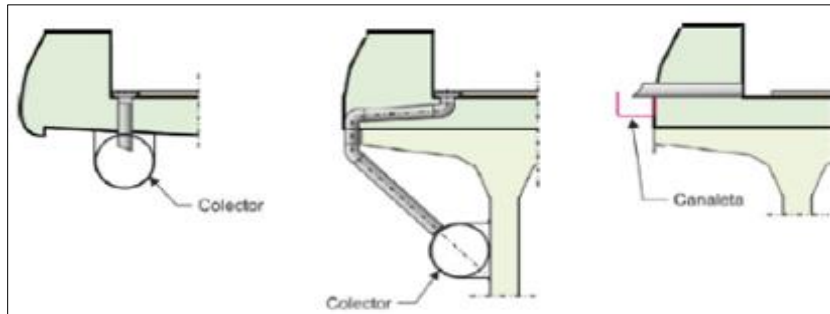
7. Instalación de elementos de drenaje

Se deberán instalar en los puntos que se requiere, un desagüe en la estructura para evitar empozamiento de agua. Para ello se deberán realizar adecuaciones necesarias en la losa superior, sin afectar el acero de refuerzo, para lo que se requiere instalar tubería de PVC.

Para el puente en general, si después que realice la limpieza total como se expuso anteriormente se detecta áreas de concreto deterioradas o con hormigueros se debe realizar la reparación de con mortero de reparación sin retracción, siguiendo todas las recomendaciones de las fichas técnicas del proveedor, en cuanto a puente de adherencia, numero de capas, curado.

Ilustración 52

Propuesta de Drenajes



Nota: Fuente Propia

8. Recalce de bordillo en concreto:

Recalzar la altura del bordillo los centímetros suficientes para no generar rebose de la escorrentía de la vía. Se debe garantizar el anclaje del recalce con varillas de refuerzo verticales ancladas con Epóxico estructural al existente, garantizando la unión y adherencia de los dos concretos.

Reparar la erosión generada en el bordillo existente con mortero de reparación de baja retracción e impermeabilizante y puente de adherencia.

Revisar con el especialista hidráulico la altura del bordillo y cuál es la opción de drenaje más indicada para el pontón, que genere la mínima afectación a la losa.

9. Tratamiento Frente a la Socavación

Como medida de mitigación de esta afectación en el suelo de la fundación de la aleta y estribo se propone la realización de una protección mediante el empleo de bolsacretos con el objeto de minimizar el efecto de socavación local, con las siguientes especificaciones:

Concreto para el llenado de los bolsacretos con resistencia mínima $f'_c = 17 \text{ Mpa}$.

Bolsacreto Tipo 1101 o similar. Resistencia a la tensión.

Capacidad Mínima de los bolsacretos es de 0.2m^3 .

Formaleta flexible y permeable elaborada a partir de cintas planas de polipropileno que forman un textil de excelentes características, se llena con mortero o concreto formando un enrocado de gran tamaño se fabrican de acuerdo con las dimensiones y especificaciones del proyecto para optimizar el manejo, uso e instalación en obra.

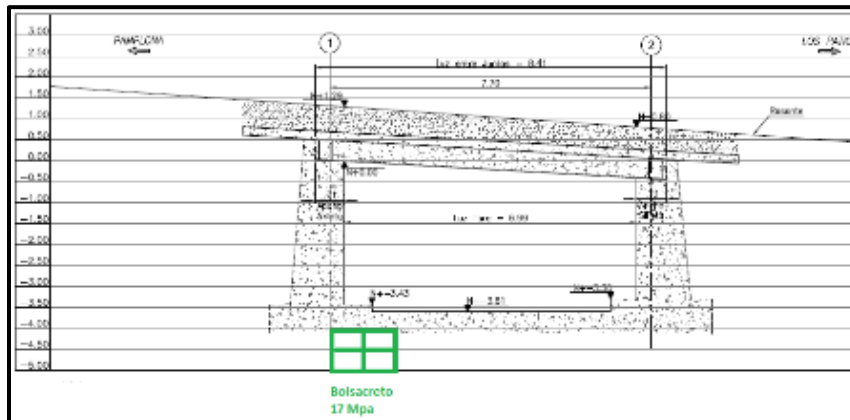
El tipo de tejido permite la salida del agua de amasado con facilidad, favoreciendo así el fraguado inicial de la mezcla. Los poros tienen un tamaño óptimo para retener la pasta de cemento de la mezcla, sin que se presente pérdidas de cemento.

Revisar con topografía y el diseñador hidráulico la posibilidad de bajar el nivel de la solera de protección, que está generando obstáculo a la lámina de agua para ingresar al pontón generando socavación local. Si no es posible bajar el nivel de la solera, revisar con el hidráulico una solera adicional aguas arriba de transición tipo rampa de ingreso al pontón.

La solera está cumpliendo su función de protección contra socavación dentro del pontón, pero en el ingreso del cauce natural está generando obstáculo tratando de direccionarse el agua por los costados.

Ilustración 53

Propuesta de Bolsacreto de 17 Mpa



Nota: Fuente Propia

10. Fabricación e Instalación de Vigas Metálicas

Para la instalación de perfiles metálicos de reforzamiento de las vigas, se deberán fabricar previamente con el taller calificado y bajo los criterios de calidad establecidos. El tipo de perfil a emplear será tipo C dadas sus características, con acero ASTM A36, para su fabricación se deberán tener en cuenta las medidas de cada una de las 5 vigas a reforzar.

Para la instalación de los perfiles metálicos de reforzamiento se posicionarán en las caras laterales de las vigas, los elementos y se deberán realizar las perforaciones para pernos de anclaje; estas perforaciones realizadas con rotomartillo se deben sopletear, limpiar e inyectar con epóxico de anclaje estructural para la fijación de los pernos. Una vez fraguado el epóxico de anclaje se procederá a asegurar las tuercas y arandelas para dejar fijados los perfiles metálicos.

Soldaduras de unión

Se deberán soldar los cordones de la estructura en campo para la unión de los elementos de reforzamiento metálico, de acuerdo con el procedimiento de soldaduras definido por el fabricante de los perfiles y aprobado por el inspector de soldaduras certificado con el AWS

Una vez ejecutadas las soldaduras se procede a ejecutar los ensayos no destructivos a las uniones soldadas, mediante personal calificado y equipos certificados para validar la calidad de las ejecuciones. Para ello se realizarán ensayos de inspección visual VT y líquidos penetrantes PT (ASTME-165) en todas las soldaduras para validar que no existan defectos superficiales que con el paso del tiempo pueden ser focos de corrosión o desprendimiento. En caso de identificarse soldaduras que no cumplan los requerimientos del código AWS D1.5 se deberán reemplazar dichas soldaduras para asegurar su integridad.

Aplicación de pintura de protección anticorrosiva

El esquema de pinturas a aplicar deberá estar compuesto por Epoxi-Poliuretano cuya expectativa de servicio sea superior a 5 años, cumpliendo lo indicado en la normativa ISO12944-2018, el tipo de ambiente donde se encuentra la estructura deberá seleccionarse de acuerdo con las características, que en dicho caso sería C3 que es urbano e industrial moderado, con dióxido de sulfuro causado por la polución y con baja salinidad.

Se deberá aplicar un imprimante epóxico con resistencia al agua y excelentes propiedades anticorrosivas, resistencia a productos químicos, adherencia al acero, acero galvanizado y metales no ferrosos. Luego se deberá aplicar pintura de acabado de dos componentes de poliuretano alifático acrílico, con resistencia a la exposición atmosférica, sin límite de repintabilidad y excelente resistencia.

Para la aplicación del recubrimiento se debe cumplir con las especificaciones de la ficha técnica y recomendaciones de seguridad.

Instalación de Láminas de Fibra de Carbono

Se realizará la instalación de bandas laminadas de fibra de carbono para el reforzamiento transversal de la cara inferior del tablero. La fibra de carbono permitirá mejora capacidad de resistencia ante esfuerzos tensionales, es muy liviano y con una alta relación resistencia/peso, es estable ante ataque de agentes externos, y cuenta con un elevado módulo de elasticidad.

La instalación de bandas de fibra de carbono se deberá colocar en el área libre entre vigas para el reforzamiento de la cara inferior del tablero, de acuerdo con lo revisado con el Especialista Estructural.

La fibra de carbono laminado debe ir anclado mediante aplicación de adhesivo epóxico.

Para su instalación se debe realizar una previa preparación y nivelación de superficie mediante el empleo de equipo mecánico como pulidora manual, de manera que permitiera una regularización de superficie retirando rebabas, desniveles de concreto, además de remover de la superficie capas de pintura, grasa, suciedad o cualquier otro material contaminante.

Para que se asegure la adhesión del material concreto con ayuda de un rodillo se eliminan las burbujas de aire, verificando que el exceso de adhesivo rebose por los lados de la lámina y garantice el completo contacto entre la lámina y la superficie.

Plan de Mantenimiento de la Estructura

El plan periódico de inspección y mantenimiento del puente deberá estar definido para asegurar la durabilidad de cada uno de los elementos y su funcionalidad durante la vida útil de la estructura, por lo que se recomienda desarrollar las siguientes medidas preventivas:

Cada (1) mes:

Limpieza y rocería en los alrededores del puente, para evitar la acumulación de organismos vegetales o animales, que generen algún tipo de afectación al concreto.

Cada (6) meses:

Realizar inspecciones visuales para detectar anomalías, o defectos tanto en la superficie de concreto, como en las vigas metálicas de reforzamiento.

Las uniones soldadas deberán ser verificadas para descartar presencia de defectos, pues caso de presentarse imperfecciones como grietas, socavación, desgaste o desprendimiento deben ser retiradas y realizadas nuevamente.

Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía

El corredor vial al cual pertenece el paciente es geológica y geotécnicamente complejo, dado que, la tectónica de las fallas que atraviesa dicho corredor han afectado el macizo rocoso, fracturándolo y debilitándolo, propiciando la formación de depósitos coluviales susceptibles a deslizamientos. Las investigaciones realizadas con relación a las características geotécnicas de los suelos cercanos, fallas geológicas y comportamiento estructural permiten analizar la posible amenaza sísmica de la estructura.

El paciente se encuentra zona de amenaza sísmica alta, específicamente en la Región No. 7, con una parámetro de aceleración pico $A_a = 0.30$, de acuerdo con mapa de Zonificación Sísmica del país y Mapa de Valores A_a definido por la Norma NSR-10. Históricamente se han presentado sismos con efectos desastrosos como el ocurrido en Cúcuta en el año 1875 con Intensidad 10 Magnitud 6.8. Por lo anterior, y teniendo en cuenta la antigüedad del puente se puede considerar en riesgo en caso de presentarse un sismo, dado que no se cuenta con elementos de apoyo que permitan controlar el movimiento del puente, al transitar fuerzas concentradas que reduzcan la tensión, ya que el soporte entre las vigas y estribos es directo. Se aclara que este soporte directo viga y estribo no presenta evidencia de lesión.

Con relación al tipo de suelo en que se encuentra ubicado el paciente, es relevante mencionar que, son suelos estables, con baja permeabilidad y buen comportamiento asociado a la resistencia al corte y compresibilidad. Las ondas sísmicas no se amplificarán en el tipo de suelo identificado en el caso de estudio o la aceleración de estas, ya que en la zona se encuentran depósitos de roca, recordando que, la velocidad de la onda es proporcional al tipo de perfil de la superficie, siendo esta mayor en roca dura.

Con base en lo indicado anteriormente, se realiza la Matriz de Vulnerabilidad Sísmica de acuerdo con las características estructurales de diseño, lesiones patológicas identificadas previamente, condición de suelo, geología de la zona, nivel de amenaza de la zona frente al sismo e histórico de estos, evaluando la predisposición de la estructura a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico, así mismo permitió clasificar el nivel de riesgo a la que está expuesto el puente en sus aspectos más relevantes como el estado del concreto, fisuras, corrosión del acero, organismos vegetales y animales, condiciones ambientales y cuerpos de agua.

Respecto al estado del concreto y corrosión del acero efecto de la carbonatación presentada en el paciente, se podría presentar posteriormente una evolución seria en la estructura, por lo cual se determinó en la propuesta de intervención, acciones correctivas que apuntaran a mitigar el efecto de la patología presentada.

Respecto a las fisuras presentadas asociadas a la carbonatación es un riesgo de importancia (Media) que requiere corrección y seguimiento de estas, así como acciones preventivas que apunten a controlarlas, para que no sean foco de otro tipo de lesión en el concreto.

Por último, con relación a la contaminación animal y vegetal que tiene una probabilidad de ocurrencia frecuente, pero con una consecuencia leve, es claro por su riesgo bajo, requiere de un monitoreo, implementación de acciones preventivas como un plan mantenimiento para evitar su propagación y acumulación en los elementos de la estructura.

Recomendaciones

Las fisuras detectadas durante la inspección del paciente deberán ser tratadas, de manera que se reestablezca la integridad del concreto y se evite el ataque de agentes externos como la humedad, o filtraciones que causen daños más severos al acero de refuerzo.

El estado del concreto es relevante debido a la condición de permeabilidad, porosidad, microfisuras, pues los poros abiertos del concreto es el principal medio para que los agentes externos ingresen al concreto a hacer daño.

Las eflorescencias, podrían presentar criptoeflorescencias, que hace referencia a depósitos no superficiales sino interiores en los poros del material, y son más peligrosas, dado que al aumentar de volumen en el interior del concreto crean fuertes esfuerzos de tensión que hacen que el poro se abra y entre agua, humedad, dióxido de carbono, entre otros, que, aunque lentamente, podría llegar a destruir el material.

Proteger al concreto del ingreso de agentes externos como humedades, filtraciones y contaminantes, es necesario para generar una superficie de baja permeabilidad, para lo cual, se podría aplicar una protección exterior al concreto tipo pintura acrílica impermeable diseñada para preservar las superficies de los agentes más agresivos del medio ambiente con alta resistencia a la carbonatación, y que, a su vez ayuda a evitar el proceso de eflorescencia.

Implementar mantenimientos preventivos y correctivos de manera oportuna, para evitar que lesiones y daños afecten la estabilidad y funcionalidad de las estructura. Además, realizar inspección visual frecuente al estado general del paciente.

Bibliografía

AAHSTO-2011: The Manual for Bridge Evaluation – Second Edition

ACI 440.2R-17: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP system for Strengthening Concrete Structure

Alfredo Carreño Albarracín, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chinácota 2003 – 2014

CCP-14: Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14), adoptado mediante resolución 108 de enero 26 de 2015 emanada por el Ministerio de Transporte

Ministerio de minas y energía, instituto colombiano de geología y minería, geología de las planchas 98 - Durania y 99 - villa del rosario norte de Santander, octubre de 2011

NSR-10: Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia, Edgar Muñoz, David Gómez, Pontificia Universidad Javeriana – Colombia 2013

Toirac Corral, J. (2004). Patología de la construcción. Grietas y Fisuras en obras de Hormigón. Origen y Prevención. Ciencia y Sociedad. Vol. XXIX, N°1, 72-114.

Diagnóstico patológico del puente colgante, puente Gaitán del corregimiento de la Florida, Pereira, Juan Camilo Jiménez, Juan Sebastián Salazar, universidad libre seccional Pereira – Colombia 2017.

Estudio de las causas del colapso de algunos puentes en Colombia, Edgar Muñoz Díaz, Colombia – 1986.

AAHSTO-2011: The Manual for Bridge Evaluation – Second Edition

ACI 440.2R-17: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP system for Strengthening Concrete Structure

Alfredo Carreño Albarracín, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chinácota 2003 – 2014

Ministerio de minas y energía, instituto colombiano de geología y minería, geología de las planchas 98 - Durania y 99 - villa del rosario norte de Santander, octubre de 2011

Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones, Estudio e Investigación del Estado Actual de las Obras de la Red Nacional de Carreteras. Octubre de 2006, Bogotá D.C. Instituto Nacional de Vías.

Cartilla Ministerio de Obras Públicas y. Transporte - 1960 (MOPT-60).

Cartilla Ministerio de Obras Públicas y. Transporte - 1988 (MOPT-88).

Anexos

Presupuesto de Intervención

Cronograma de Intervención

Anexo No. 1: Fichas del caso de estudio

Apendice No. 1: Geología y Fallas

Apendice No. 2: Matriz de vulnerabilidad

REHABILITACIÓN PUENTE REH405 (PR 98+594)	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1. COMPLEMENTOS				
Adecuación área de trabajo y señalización de la zona	UND	1	\$ 1.250.000,00	\$ 1.250.000,00
Limpieza de contaminación por basura	DIA	15	\$ 10.500,00	\$ 157.500,00
2. TABLERO				
Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	UND	1	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	M2	126	\$ 30.000,00	\$ 3.780.000,00
Reparación de fisuras con resina epoxica, incluye materiales	KG	2	\$ 400.000,00	\$ 800.000,00
Reparación de fisuras con lechada o mortero, incluye materiales	ML	10	\$ 150.000,00	\$ 1.500.000,00
3. ESTRIBOS Y ALETAS				
Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	UND	1	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	M2	80	\$ 30.000,00	\$ 2.400.000,00
Reparación de fisuras con resina epoxica, incluye materiales	KG	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
Reparación de fisuras con lechada o mortero, incluye materiales	ML	10	\$ 150.000,00	\$ 1.500.000,00
4. VIGAS				
Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	UND	1	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	M2	60	\$ 30.000,00	\$ 1.800.000,00
Suministro e instalación de mortero de recubrimiento, resistencia a la compresión mínima de 28Mpa	M2	40	\$ 50.000,00	\$ 2.000.000,00
Reparación de fisuras con resina epoxica, incluye materiales	KG	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
Reparación de fisuras con lechada o mortero, incluye materiales	ML	10	\$ 150.000,00	\$ 1.500.000,00
5. SEÑALIZACIÓN, BARANDAS Y BORDILLO				
Suministro e instalación de baranda metálica, incluye protección contra la corrosión	ML	30	\$ 95.000,00	\$ 2.850.000,00
Recalce de bordillo en concreto, incluye materiales	M2	25	\$ 35.000,00	\$ 875.000,00
6. ELEMENTOS DE DRENAJE				
Instalación de elementos de drenaje con tubería PVC, incluye materiales	ML	20	\$ 39.000,00	\$ 780.000,00
7. TRATAMIENTO DE SOCAVACIÓN				
Suministro e instalación de concreto de 17Mpa	M3	8	\$ 636.003,68	\$ 5.088.029,42
Instalación y formaleta para concreto de solera	UND	1	\$ 450.000,00	\$ 450.000,00
Suministro e instalación de bolsacreto (relleno concreto 21 Mpa)	M2	20	\$ 198.223,57	\$ 3.964.471,34
8. REFORZAMIENTO CON VIGAS METÁLICAS				
Suministro, montaje e instalación de vigas metálicas UPE (TIPO C) en acero ASTM A36 (7,7m x 0,48m)	KG	79	\$ 800.000,00	\$ 63.200.000,00
Suministro e instalación de soldaduras	ML	80	\$ 17.000,00	\$ 1.360.000,00
Suministro y aplicación de pintura contra la corrosión	M2	20	\$ 320.000,00	\$ 6.400.000,00
Inspección mediante ensayos no destructivos END en estructura metálica	DIA	1	\$ 4.200.000,00	\$ 4.200.000,00
9. REFORZAMIENTO CON BANDAS DE FIBRA				
Suministro de banda de fibra de carbono (Ancho de 50mm y espesor de 1,65mm)	ML	60	\$ 130.000,00	\$ 7.800.000,00
Instalación de banda de fibra de carbono	ML	60	\$ 65.000,00	\$ 3.900.000,00
SUBTOTAL				\$ 120.755.000,76
A (12%)				\$ 14.490.600,09
I (2%)				\$ 2.415.100,02
U (3%)				\$ 3.622.650,02
IVA (19%)				\$ 688.303,50
TOTAL				\$ 141.971.654,39

Id	Texto1	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mar	tri 2, 2024	abr	may	jun	tri 3, 2024	jul	ago	sep	tri 4, 2024	oct	nov	dic	tri 1, 2025	ene	feb	mar
1		PROYECTO PONTÓN VEHICULAR PR 98	214 días	lun 22/04/24	jue 13/02/25																	
2		INICIO	0 días	lun 22/04/24	lun 22/04/24																	
3	1	ETAPA DE PLANIFICACIÓN (Plan de Trabajo)	35 días	lun 22/04/24	vie 7/06/24																	
4	1.1	Evaluación Inicial y Análisis	8 días	lun 22/04/24	mié 1/05/24																	
5	1.1.1	Inspección Visual Previa y Recolección de Datos	3 días	lun 22/04/24	mié 24/04/24																	
6	1.1.2	Análisis de Lesiones	5 días	mar 23/04/24	lun 29/04/24																	
7	1.1.3	Pruebas No Destructivas	5 días	jue 25/04/24	mié 1/05/24																	
8	1.2	Inspección Detallada	27 días	jue 2/05/24	vie 7/06/24																	
9	1.2.1	Planificación detallada de Muestreo	3 días	jue 2/05/24	lun 6/05/24																	
10	1.2.2	Ensayos Complementarios	20 días	lun 6/05/24	vie 31/05/24																	
11	1.2.3	Diagnostico y Plan de Trabajo de Intervención (Incluye Permisos y pedido de materiales)	6 días	vie 31/05/24	vie 7/06/24																	
12																						
13	2	ETAPA DE EJECUCIÓN (Por Elementos)	164 días	lun 10/06/24	jue 23/01/25																	
14	2.1	Complementos (Preliminares)	4 días	lun 10/06/24	jue 13/06/24																	
15	2.1.1	Adecuación área de trabajo y señalización de la zona	2 días	lun 10/06/24	mar 11/06/24																	
16	2.1.2	Limpieza de contaminación por basura	2 días	mié 12/06/24	jue 13/06/24																	
17	2.2	Tablero	14 días	vie 14/06/24	mié 3/07/24																	
18	2.2.1	Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	2 días	vie 14/06/24	lun 17/06/24																	
19	2.2.1	Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	12 días	mar 18/06/24	mié 3/07/24																	
20	2.2.3	Reparación de fisuras con resina epoxica, incluye materiales	5 días	jue 27/06/24	mié 3/07/24																	
21	2.3.4	Reparación de fisuras con lechada o mortero, incluye materiales	5 días	jue 27/06/24	mié 3/07/24																	
22	2.4	Elementos de Drenaje	2 días	jue 4/07/24	vie 5/07/24																	
23	2.4.1	Instalación de elementos de drenaje con tubería PVC, incluye materiales	2 días	jue 4/07/24	vie 5/07/24																	
24	2.5	Estribo y Aletas	30 días	mié 19/06/24	mar 30/07/24																	
25	2.5.1	Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	4 días	mié 19/06/24	lun 24/06/24																	
26	2.5.2	Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	15 días	mar 25/06/24	lun 15/07/24																	
27	2.5.3	Reparación de fisuras con resina epoxica, incluye materiales	8 días	jue 11/07/24	lun 22/07/24																	
28	2.5.4	Reparación de fisuras con lechada o mortero, incluye materiales	8 días	vie 19/07/24	mar 30/07/24																	
29	2.6	Vigas	55 días	mié 31/07/24	mar 15/10/24																	
30	2.6.1	Limpieza de superficie con medio manual y mecánico	6 días	mié 31/07/24	mié 7/08/24																	
31	2.6.2	Saneamiento de concreto (Hormigueros, recuperación de recubrimiento, reparación de defectos), incluye materiales	18 días	jue 8/08/24	lun 2/09/24																	

Proyecto: Programa Puente la D

Fecha: jue 30/05/24

Tarea

División

Hito

Resumen

Resumen del proyecto

Tarea inactiva

Hito inactivo

Resumen inactivo

Tarea manual

solo duración

Informe de resumen manual

Resumen manual

solo el comienzo

solo fin

Tareas externas

Hito externo

Fecha límite

Tareas críticas

División crítica

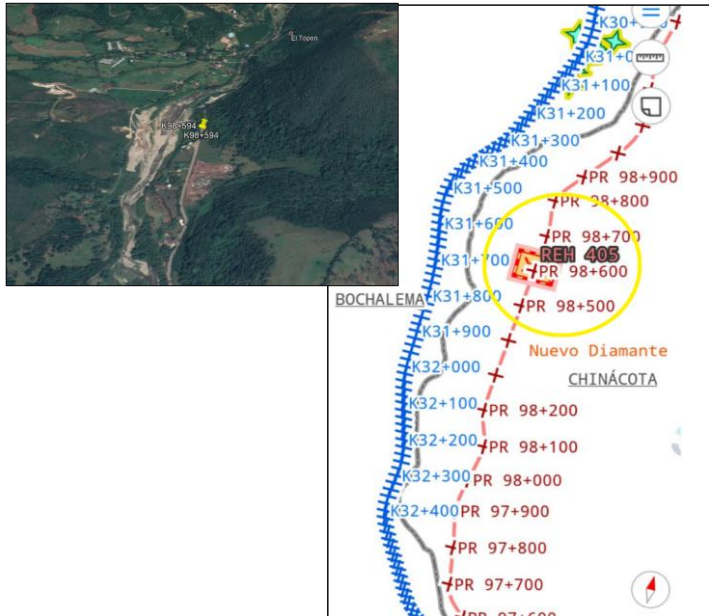
Progreso

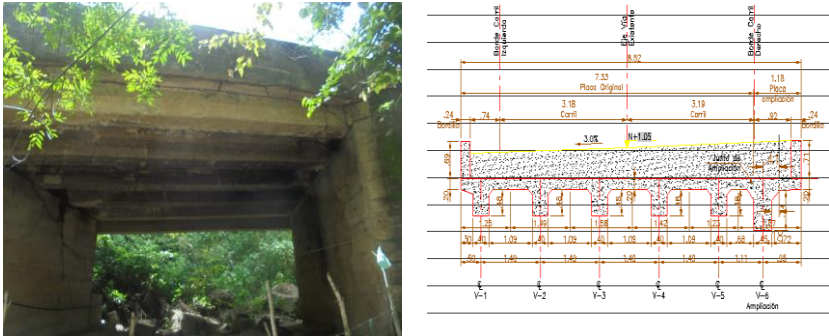
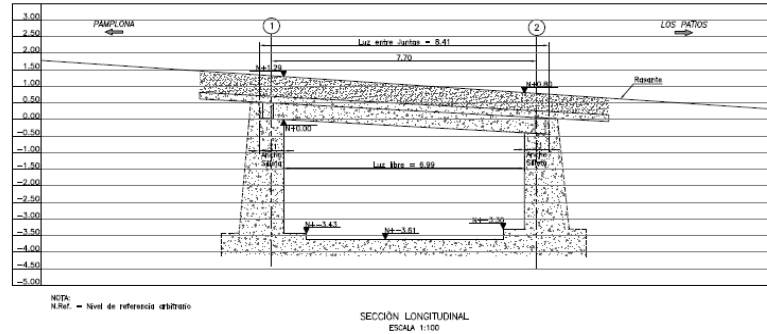
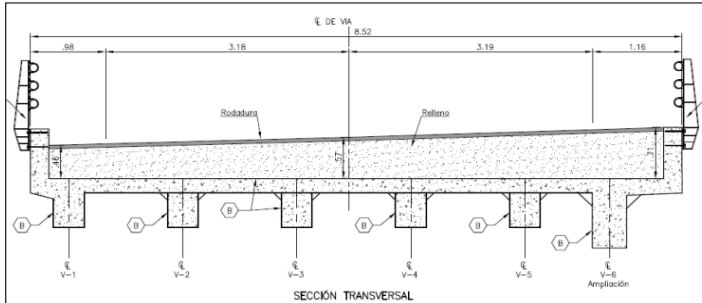
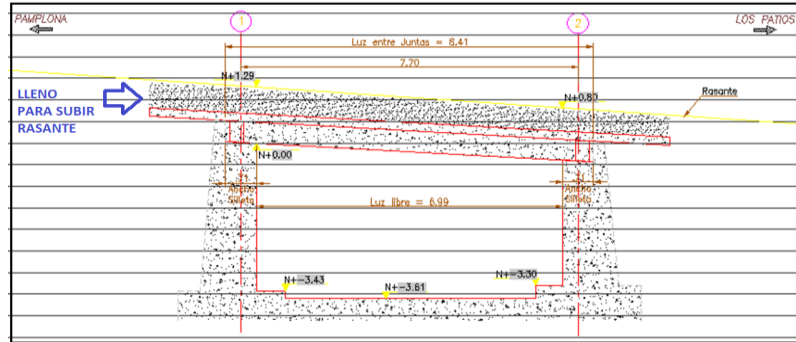
Progreso manual

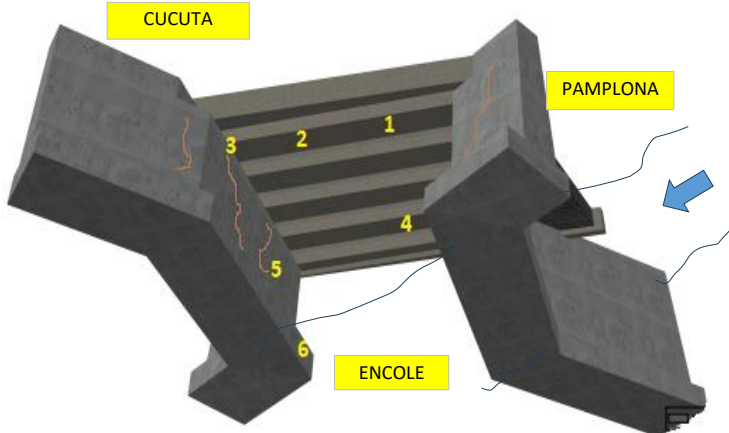
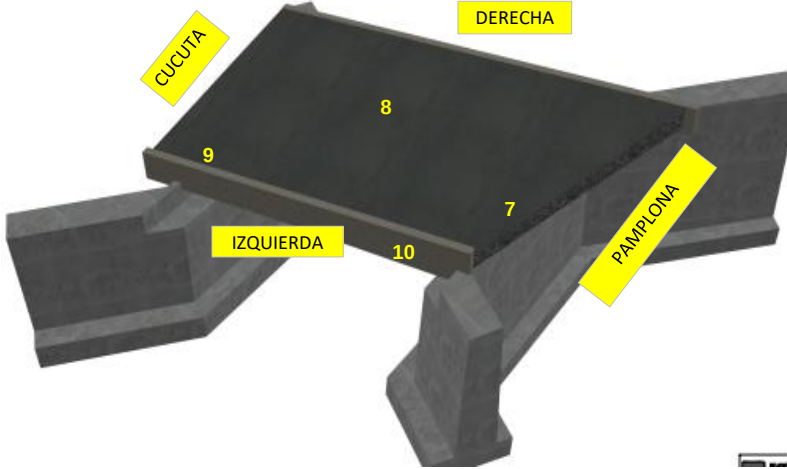
Página 1

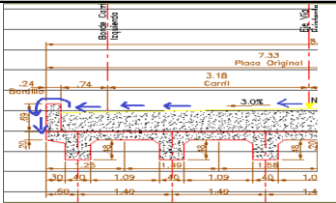
Página 1

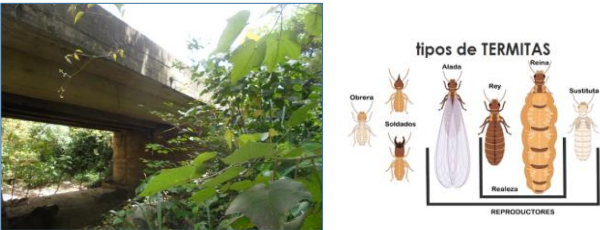
INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES																									
FECHA		30 de abril de 2024																							
NOMBRE DE LA VIA		Corredor Via Pamplona Cucuta, Ruta Nacional 55																							
PR DEL PUENTE		PR98+594														DIMENSIONES GENERAL									
NOMBRE DEL PUENTE		Puente REH 405, PR98+594														LONGITUD TOTAL		8.20 m		No. DE LUCES		1			
TIPO DE PUENTE		LONGITUDINAL								TRANSVERSAL								ANCHO		8.56 m		GÁLIBO		4.08 m	
		Vigas simplemente apoyadas (01)								Losa sobre vigas (01)															
ELEMENTO		REGISTRO DE DAÑOS														OBSERVACIONES									
SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS	Superficie del Puente y Accesos Asfalto (01)		Para daños presentes en superficie tipo 01 y 02 diligenciar, los formatos establecidos para levantamiento de pavimento														La Superficie del puente en pavimento flexible NO presenta daño								
	Juntas de Expansión Tipo: N.A		Sello				Perfiles				Guardacantos				Otros				El Puente no cuenta con juntas de expansión. Ficha No 1						
	Andenes/Bordillos		Desportillamientos				Acero expuesto				Dimensión Insuficiente				Otros (Erosion -Humedad- Biocapa)				Erosion en el borde del costado Izquierdo.Alli el agua de escorrentia crea erosion en el contacto bordillo - pavimento y en algunos casos rebosa la altura del bordillo. Se crea en el borde humedad y biocapa con arraigo de vegetación. Ficha No 2						
											CI 10.16m Ficha No 2				CI 10.16m Ficha No 2										
											CD 13.83m Ficha No 2														
	Barandas Materiales: N.A		Pintura				Postes				Pasamanos				Otros				El Puente no cuenta con barandas instaladas.						
	Iluminación N.A		Verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos														El Puente no cuenta con sistema de iluminación.								
Señalización N.A		Horizontal				Vertical				Reductores				Otros				No cuenta con la señal vertical reglamentaria SR30(30) antes de ingresar al puente Costado Izquierdo que indique la velocidad de transito sobre el puente. La linea blanca continua costado Izquierdo esta defectuosa							
		CI DD 10.16				CI Ausencia																			
Drenajes N.A		Taponamiento				Ausencia				Longitud Insuficiente				Otros				El Puente no cuenta con elementos de drenaje Ficha No 2							
SUBESTRUCTURA	Aletas Material: Concreto ciclopeo (02)		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				CTC: Se observa sobre la superficie vertical del estribo en Entrada y Salida y las aletas Derecha e Izquierda contaminación de colonias de termitas con tubos de barro sobre la pared , que la utilizan para protegerse de la luz y del ataque exterior. Ficha No 3.						
											CTC CD 14.4m²														
											CTC CI 15.8m²														
	Estribos Material: Concreto ciclopeo (02)		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				SOC: Socavación Incipiente en el piso de concreto (Solera) del Estribo Encole , exposición agregado concreto ciclopeo. Ficha No 4.						
											SOC CD 4m²														
											CTC E-S 24.8m² 20.5m²														
	Pilas Tipo: N.A		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				El Puente no cuenta con pilas						
SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO	Losa Tipo: Macizas (04)		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				FIR: Fisura parte Lateral Losa Costado derecho. Ficha No 6. La Inspeccion es desde abajo, es lo que se alcanza a observar. Cuando se limpie se debe realizar un mapeo detallado CTC:Presencia de microorganismos tipo moho, liquen y hongo en la parte inferior de todas las vigas No 1 a No 6 y en la parte inferior de la losa. Ficha No 5						
							FIR CD Cant :4 .e<0.3 mm, Long de 0.3m				CTC CD-CI 102.6 m²														
	Vigas Tipo: Reforzadas (01)		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				EF:Manchas blancas de Eflorescencia en la parte Inferior de las Seis (6) Vigas. Ficha No 7 CAR:Potencial Carbonatación en la cara Inferior y laterales de las seis (6) Vigas de concreto. Ficha No 8 EXA:Exposicion de acero puntual Viga No 4 Ficha No 8 FIR: Fisuras puntuales viga No 4 asociadas a carbonatación Ficha No 8. La Inspeccion es desde abajo, es lo que se alcanza a observar						
											EF														
											CAR				Viga No 1 - No 6 18,4 m²										
											CTC														
											EXA				Viga No 4 0,04 m²										
											FIR				Viga No 4 Cant :2 e<0.3 mm, Long de 0.3m										
	Riostras		Diseño				Construcción				Funcionamiento				Otros				El Puente no cuenta con riostras						
	Apoyos Tipo:		Desplazamiento				Descomposición				Deformación				Otros				El Puente no cuenta con elementos tipo apoyos. De importancia, se tiene un espesor de relleno adicional de pavimento bituminoso instalado encima de la losa de concreto del puente convirtiendose en una carga muerta muy seguramente no contemplada en el diseño, producto de los mantenimientos y rehabilitaciones . Ficha No 9 y Ficha No 10						

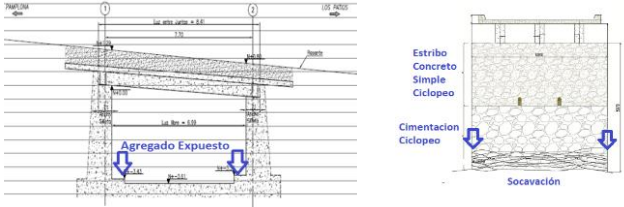
FICHA DE INFORMACIÓN GENERAL				
Estudio realizado por: Universidad Santo Tomas			Especialización en Patología de la Construcción	
Proyecto: Puente PR98+594 REH 405, Calzada Pamplona - Cúcuta				
Información general	Departamento:	Norte de Santander		
	Municipio:	Chinácota		
	Localidad:	Nuevo Diamante		
	Ubicación:	El puente REH 405 en estudio está localizado en la abscisa PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander (Colombia)		
	Grupo patrimonial:	N.A		
	Subgrupo patrimonial:	N.A		
	Grupo:	N.A		
	Modalidad:	N.A		
Categoría:	N.A			
Dirección:	PR98+594 vía existente entre Cúcuta – Pamplona			
Tipología estructural	Tipo de estructura	Puente sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos.		
	Longitud total	8.41 m (Entre Juntas)		
	Ancho total	8.52 m		
	Ancho de calzada	6.37 m .Carriles de ancho 3.19 m		
	Altura	Altura de Estribo 3.43 m y 2.90 m.		
	Tipo de pavimento	Pavimento Flexible.		
Uso	Vehicular.			
Catedra:	Docente:	Elaboró:		01 de 01
Trabajo Profesional Integrado		Andrea Marcela Macias Torres		
		Maria José Orozco Ochoa		
		Milton Cesar Bolaños Vargas		

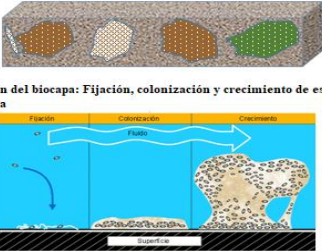
FICHA DE SISTEMA CONSTRUCTIVO			
Estudio realizado por:		Especialización en Patología de la Construcción	
Universidad Santo Tomas		Proyecto: Puente PR98+594 REH 405, Calzada Pamplona - Cúcuta	
Descripción: Vigas del puente		Descripción: Estribos o pilares del puente	
Proceso constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos de sección rectangular en concreto reforzado. Conformado por seis (6) vigas de concreto reforzado. Identificadas V-1,V-2,V-3,V-4, V-5,V-6 de altura $H= 0.48\text{ m}$ y ancho $A= 0.4\text{ m}$		Proceso constructivo: De acuerdo con las auscultaciones realizadas los estribos están conformados por concreto simple, sin refuerzo o un refuerzo mínimo que no permite ser considerado como un estribo en voladizo	
			
Descripción: Losa superior del puente		Descripción: Estructura de pavimento del puente	
Proceso constructivo: Construcción de una losa de concreto reforzado de 20 cm aproximadamente de espesor. El ancho promedio del tablero es de 8,52 metros.		Proceso constructivo: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm y un peso unitario de 22.5 kN/m3 según la tabla 3.5.1-1 del CCP-14 y se asigna a lo largo de todo el puente para el ancho de calzada correspondiente	
			
Catedra:	Docente:	Elaboró:	01 de 01
Trabajo Profesional Integrado	Oscar Julián Cardozo Sarmiento	Andrea Marcela Macias Torres	
		Maria José Orozco Ochoa	
		Milton Cesar Bolaños Vargas	

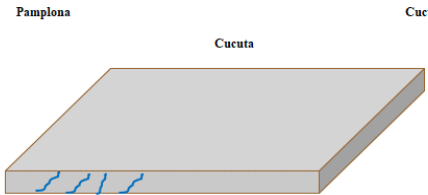
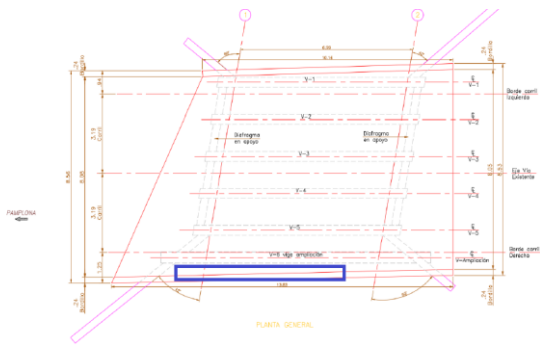
SINTESIS DE DAÑOS DEL PUENTE REH 405, PR98+594																																																																													
NOMBRE DE LA V		Corredor Via Pamplona Cucuta, Ruta Nacional 55																																																																											
PR DEL PUENTE		PR98+594																																																																											
NOMBRE DEL PUENTE		Puente REH 405, PR98+594																																																																											
ESQUEMAS																																																																													
		<table><tr><th colspan="2">DAÑO Y No EN EL ESQUEMA</th><th>MANUAL INVIAS</th><th>FICHA No</th></tr><tr><td>1</td><td>EFLORESCENCIAS</td><td>EF</td><td>7</td></tr><tr><td>2</td><td>BIOCAPA TIPO MOHO</td><td>CTC</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>AUSENCIA DE APOYOS</td><td>APOYO</td><td>9</td></tr><tr><td>4</td><td>CARBONATACIÓN -FISURAS</td><td>CAR - FIR</td><td>6 Y 8</td></tr><tr><td>5</td><td>CONTAMINACIÓN ANIMAL</td><td>CTC</td><td>3</td></tr><tr><td>6</td><td>SOCAVACIÓN Y EROSIÓN</td><td>SOC</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>AUSENCIA DE JUNTAS DE EXPANSION</td><td>JUNTAS EXPANSION</td><td>1</td></tr><tr><td>8</td><td>SOBRECARGA EN LOSA SUPERIOR</td><td>SOBRE CARGA</td><td>10</td></tr><tr><td>9</td><td>EROSIÓN EN BORDILLO Y REBOSE LAMINA DE AGUA</td><td>ER</td><td>2</td></tr><tr><td>10</td><td>FISURAS PUNTUALES</td><td>FIR</td><td>6</td></tr></table> Los Daños se identifican en el esquema en color amarillo		DAÑO Y No EN EL ESQUEMA		MANUAL INVIAS	FICHA No	1	EFLORESCENCIAS	EF	7	2	BIOCAPA TIPO MOHO	CTC	5	3	AUSENCIA DE APOYOS	APOYO	9	4	CARBONATACIÓN -FISURAS	CAR - FIR	6 Y 8	5	CONTAMINACIÓN ANIMAL	CTC	3	6	SOCAVACIÓN Y EROSIÓN	SOC	4	7	AUSENCIA DE JUNTAS DE EXPANSION	JUNTAS EXPANSION	1	8	SOBRECARGA EN LOSA SUPERIOR	SOBRE CARGA	10	9	EROSIÓN EN BORDILLO Y REBOSE LAMINA DE AGUA	ER	2	10	FISURAS PUNTUALES	FIR	6																														
DAÑO Y No EN EL ESQUEMA		MANUAL INVIAS	FICHA No																																																																										
1	EFLORESCENCIAS	EF	7																																																																										
2	BIOCAPA TIPO MOHO	CTC	5																																																																										
3	AUSENCIA DE APOYOS	APOYO	9																																																																										
4	CARBONATACIÓN -FISURAS	CAR - FIR	6 Y 8																																																																										
5	CONTAMINACIÓN ANIMAL	CTC	3																																																																										
6	SOCAVACIÓN Y EROSIÓN	SOC	4																																																																										
7	AUSENCIA DE JUNTAS DE EXPANSION	JUNTAS EXPANSION	1																																																																										
8	SOBRECARGA EN LOSA SUPERIOR	SOBRE CARGA	10																																																																										
9	EROSIÓN EN BORDILLO Y REBOSE LAMINA DE AGUA	ER	2																																																																										
10	FISURAS PUNTUALES	FIR	6																																																																										
<table><tr><th colspan="4">SINTESIS DE DAÑOS DEL PUENTE</th></tr><tr><th rowspan="2">Componente</th><th colspan="3">Etapas en la que se originó la lesión</th></tr><tr><th>Diseño</th><th>Construcción</th><th>Funcionamiento</th></tr><tr><td>1. Superficie del Puente</td><td colspan="3">No Presenta Daño</td></tr><tr><td>2. Juntas de Expansión</td><td>No tiene</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3. Bordillos</td><td>Dimensión insuficiente</td><td></td><td>Erosión y rebosa de la lámina de agua Humedad Biocapa</td></tr><tr><td>4. Baranda</td><td>No tiene</td><td>Falta algunas señales</td><td></td></tr><tr><td>5. Señales Verticales</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6. Drenaje</td><td>No tiene</td><td></td><td></td></tr><tr><td>7. Aletas</td><td></td><td></td><td>Contaminación animal</td></tr><tr><td>8. Estribos</td><td></td><td></td><td>Contaminación animal Socavación</td></tr><tr><td rowspan="4">9. Losa</td><td></td><td></td><td>Sobrecarga Mezcla asfáltica Biocapa</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Cuatro (4) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm, Long aprox 0.3 cm asociada a Carbonatación. Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Carbonatación</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Eflorescencia</td></tr><tr><td rowspan="3">10. Vigas</td><td></td><td></td><td>Biocapa</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Dos (2) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Exposición de acero puntual</td></tr><tr><td>11. Apoyos</td><td>No se observa</td><td></td><td></td></tr><tr><td>12. Cauce</td><td></td><td></td><td>Ausencia en este momento</td></tr></table>		SINTESIS DE DAÑOS DEL PUENTE				Componente	Etapas en la que se originó la lesión			Diseño	Construcción	Funcionamiento	1. Superficie del Puente	No Presenta Daño			2. Juntas de Expansión	No tiene			3. Bordillos	Dimensión insuficiente		Erosión y rebosa de la lámina de agua Humedad Biocapa	4. Baranda	No tiene	Falta algunas señales		5. Señales Verticales				6. Drenaje	No tiene			7. Aletas			Contaminación animal	8. Estribos			Contaminación animal Socavación	9. Losa			Sobrecarga Mezcla asfáltica Biocapa			Cuatro (4) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm, Long aprox 0.3 cm asociada a Carbonatación. Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado			Carbonatación			Eflorescencia	10. Vigas			Biocapa			Dos (2) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado			Exposición de acero puntual	11. Apoyos	No se observa			12. Cauce			Ausencia en este momento		
SINTESIS DE DAÑOS DEL PUENTE																																																																													
Componente	Etapas en la que se originó la lesión																																																																												
	Diseño	Construcción	Funcionamiento																																																																										
1. Superficie del Puente	No Presenta Daño																																																																												
2. Juntas de Expansión	No tiene																																																																												
3. Bordillos	Dimensión insuficiente		Erosión y rebosa de la lámina de agua Humedad Biocapa																																																																										
4. Baranda	No tiene	Falta algunas señales																																																																											
5. Señales Verticales																																																																													
6. Drenaje	No tiene																																																																												
7. Aletas			Contaminación animal																																																																										
8. Estribos			Contaminación animal Socavación																																																																										
9. Losa			Sobrecarga Mezcla asfáltica Biocapa																																																																										
			Cuatro (4) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm, Long aprox 0.3 cm asociada a Carbonatación. Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado																																																																										
			Carbonatación																																																																										
			Eflorescencia																																																																										
10. Vigas			Biocapa																																																																										
			Dos (2) Fisuras Puntuales ancho < 0.3 mm Cuando se limpie la superficie se debe realizar un mapeo detallado																																																																										
			Exposición de acero puntual																																																																										
11. Apoyos	No se observa																																																																												
12. Cauce			Ausencia en este momento																																																																										

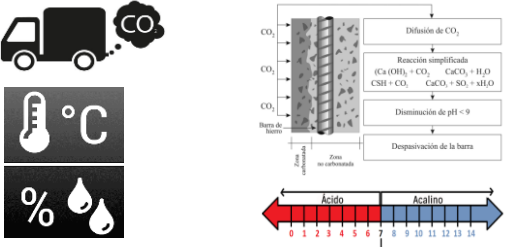
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																																					
		Universidad Santo Tomas		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 2																														
Información del Paciente				Información Especifica de la Lesión según Manual INVIAS																																	
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:	Bordillos en concreto simple Costado Izquierdo. Ancho 0.24 m Altura 0.12 m. Longitud = 10.16 m																																
Componente: <u>SUPERFICIE Y EQUIPAMENTOS</u>				Nombre de Lesión:	Erosión en el borde inferior de los bordillos y humedad con biocapa y arraigo de vegetación																																
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:	Erosion de la superficie de contacto de los bordillos con la rodadura y reboso de la escorrentia por encima de los bordillos.																																
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:																															
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplio el puente costado Derecho.				Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	X																														
				Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	-																														
				Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm./año	Funcionamiento	-																														
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño: Erosión de la superficie de contacto de los bordillos con la rodadura y en algunos casos escurrimiento de la lamina de agua por encima del bordillo, por falta de sistema de drenaje en el puente. La superficie de rodadura tiene pendiente transversal hacia el costado Izquierdo del 3 % y el bordillo de este costado tiene una altura insuficiente para que detenga el agua y siga su curso normal hacia la obra de drenaje de la vía.																																	
																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tipo</th> <th colspan="2">Grado del Daño</th> </tr> <tr> <th>Directa</th> <th>Indirecta</th> <th>Causa</th> <th>Leve</th> <th>Moderado</th> <th>Severo</th> <th>Grave</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fisicas</td> <td>X</td> <td>Diseño</td> <td>X</td> <td rowspan="4">X</td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Quimicas</td> <td></td> <td>Ejecución</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mecanicas</td> <td></td> <td>Material</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lesiones Previas</td> <td></td> <td>Mantenimiento</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo		Grado del Daño		Directa	Indirecta	Causa	Leve	Moderado	Severo	Grave	Fisicas	X	Diseño	X	X			Quimicas		Ejecución		Mecanicas		Material		Lesiones Previas		Mantenimiento	X				
Tipo		Grado del Daño																																			
Directa	Indirecta	Causa	Leve	Moderado	Severo	Grave																															
Fisicas	X	Diseño	X	X																																	
Quimicas		Ejecución																																			
Mecanicas		Material																																			
Lesiones Previas		Mantenimiento	X																																		
Localización de la lesión																																					
 Vista Costado Izquierdo. Se observa la altura insuficiente del bordillo.  Vista Lateral Izquierdo. Se observa escurrimiento, humedad, vegetación.				 Vista Costado Izquierdo. Se observa arraigo de vegetación.																																	

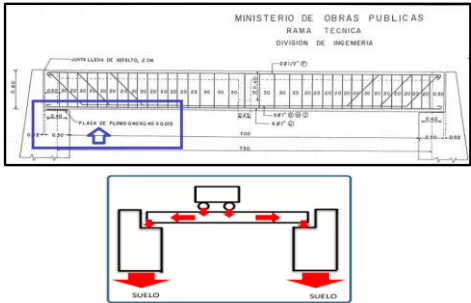
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
		Universidad Santo Tomás		Especialización en Patología de la Construcción, Octubre de 2023		Ficha No. 3	
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS			
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:		Estribo Entrada y Salida y Aletas Costado Derecho - Costado Izquierdo en concreto simple.	
Componente: <u>SUBESTRUCTURA</u>				Nombre de Lesión:		Contaminación animal Estribo - aletas.	
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:		Contaminación animal de termitas en la pared del Estribo - aletas. Se aprecia que las cuevas de las termitas llevan un tiempo considerable allí.	
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:		Húmedo	
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión				Temperatura:		Promedio de 22 °C a 20 °C.	
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplió el puente costado Derecho.				Humedad relativa:		71% - 99%	
				Pluviosidad:		Promedio de 1.368 mm./año	
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño:			
				Se presenta termitas de concreto tanto tipo obreras como aladas. Las obreras contruyen los nidos y las aladas son las reproductivos . Lo que se observa sobre la superficie tipo camino , son los tubos de barro, que utilizan para protegerse de la luz y del ataque exterior , así como para mantener la humedad dentro de la colonia, estos tubos son una estructura compleja compuesta de tierra, saliva y excrementos de termita. La vegetacion de alrededor del ponton incrementa los nidos. Los caminos de termitas dan muy mal aspecto visual. Dan la impresion que fueran fisuras.			
Tipo				Grado del Daño			
Directa		Indirecta		Causa		Leve	Moderado
Severo		Grave					
Fisicas		Proyecto		Directa : Humedad relativa alta y con sombra debajo del puente.			
Quimicas		Ejecución		Directa : Vegetación y arboles maderables alrededor incrementa los nidos de termita. La celulosa es un alimento para esta especie.		X	
Mecanicas		Material		Indirecta: Falta de Limpieza Periodica			
Lesiones Previas		Mantenimiento					
Localización de la lesión							
							
Vista Estribo Pamplona. Tubos de las Termitas				Vista Aletas Estribo Pamplona. Tubos de las Termitas			

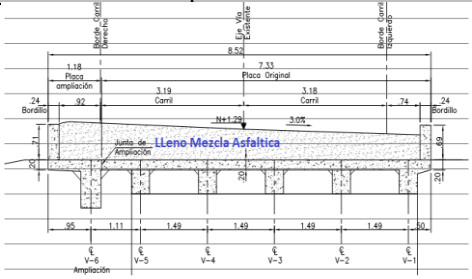
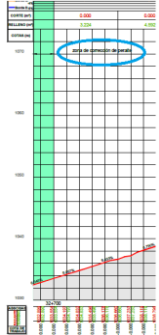
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
		Universidad Santo Tomás		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 4
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS			
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:	Estribo Piso Cimentación Costado Derecho (Encole)		
Componente: <u>SUBESTRUCTURA</u>				Nombre de Lesión:	Erosión y Socavación Incipiente local en el piso del Estribo Costado Derecho (Encole)		
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:	Erosión y Socavación local en el piso de concreto (solera) del Estribo en el Encole , exposición agregado concreto ciclopeo.		
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:	
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión				Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	-
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplió el puente costado Derecho.				Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	X
				Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm./año	Funcionamiento	-
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño:			
				Socavación local en el piso de concreto (solera) en la zona de encole aguas arriba. Se debe revisar el nivel de la solera en ciclopeo que se observa en un nivel mas alto, generando irregularidad en el comportamiento hidraulico que tuvo en su momento el curso del agua .Se recomienda realizar la verificación hidráulica teniendo en cuenta la batimetria actual del fondo del lecho y el Manual de Drenaje del Invias ; aunque actualmente no cursa lamina de agua, sino el efecto de la escorrentia que le llega por un costado lateral de la vía y se acumula en los puntos socavados existentes, acelerando el efecto de erosión.			
Tipo				Grado del Daño			
Directa		Indirecta		Causa	Leve	Moderado	Severo
Físicas	X	Proyecto	X	Directa : Solera mas alta del puente, generando irregularidad en el comportamiento hidraulico. Se debe revisar por el especialista hidraulico.	-	-	X
Químicas	-	Ejecución	-				
Mecánicas	-	Material	-	Directa : Falta de mantenimiento al puente , para controlar la escorrentia que acelera el efecto erosivo de los puntos ya socavados.			
Lesiones Previas	X	Mantenimiento	X				
Localización de la lesión							
							
Vista Base Estribo Encole							
							
				Vista Base Estribo Descole			

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																																					
 Universidad Santo Tomás		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 5																																
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS																																	
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:	Losa superior costado Derecho e Izquierdo y Vigas No 1 - No 6 en concreto reforzado.																																
Componente: SUPERESTRUCTURA				Nombre de Lesión:	Biocapa en parte inferior losa superior y las Vigas de concreto No 1 a la No 6.																																
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:	Biocapa por presencia de microorganismos tipo moho, líquen y hongos en las Vigas de concreto de la No 1 a la No 6 y parte inferior losa.																																
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:																															
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplió el puente costado Derecho.				Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	-																														
				Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	-																														
				Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm./año	Funcionamiento	X																														
Representación Grafica																																					
Vigas reforzadas No 1 a la No 6 Costado Derecho, sentido Cucuta - Pamplona Pamplona  Cucuta Fases de la formación del biocapa: Fijación, colonización y crecimiento de estructuras complejas de biocapa				Análisis Lesión o daño:		Presencia de microorganismos tipo moho, líquen y hongo en la parte inferior de todas las vigas y en la parte inferior de la losa. La biocapa o costra que se formó sobre la superficie de concretos se caracteriza por ser una masa de consistencia gelatinosa o mucilaginosa, de coloración variada (manchas de color verde, marrón o negro), como consecuencia del asentamiento y presencia de microorganismos vivos y descomposición de microorganismos muertos.																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tipo</th> <th colspan="2">Grado del Daño</th> </tr> <tr> <th>Directa</th> <th>Indirecta</th> <th>Causa</th> <th>Leve</th> <th>Moderado</th> <th>Severo</th> <th>Grave</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Físicas</td> <td>-</td> <td>Proyecto</td> <td>-</td> <td rowspan="4">-</td> <td rowspan="4">X</td> <td rowspan="4">-</td> </tr> <tr> <td>Químicas</td> <td>X</td> <td>Ejecución</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Mecánicas</td> <td>-</td> <td>Material</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Lesiones Previas</td> <td>-</td> <td>Mantenimiento</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo		Grado del Daño		Directa	Indirecta	Causa	Leve	Moderado	Severo	Grave	Físicas	-	Proyecto	-	-	X	-	Químicas	X	Ejecución	-	Mecánicas	-	Material	X	Lesiones Previas	-	Mantenimiento	X	Directa :Exposición a alta humedad. Directa : Abundante vegetación alrededor. Indirecta :Falta mantenimiento periódico por parte de la administración, por lo cual las costras de biocapas son acumuladas en el tiempo.			
Tipo		Grado del Daño																																			
Directa	Indirecta	Causa	Leve	Moderado	Severo	Grave																															
Físicas	-	Proyecto	-	-	X	-																															
Químicas	X	Ejecución	-																																		
Mecánicas	-	Material	X																																		
Lesiones Previas	-	Mantenimiento	X																																		
Localización de la lesión																																					
 Vista Vigas Estribo Entrada				 Vista Vigas Estribo Salida																																	

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
		Universidad Santo Tomas		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 6
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS			
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:	Losa superior en concreto reforzado costado Derecho.		
Componente: SUPERESTRUCTURA				Nombre de Lesión:	Fisuras puntuales cara inferior en la parte externa de la Losa superior costado Derecho.		
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:	Fisuras puntuales cara inferior en la parte externa de la Losa superior asociada a potencial avance de Carbonatación .		
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:	
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión				Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	-
				Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	-
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplio el puente costado Derecho.				Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm/año	Funcionamiento	X
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño:			
				Las fisuras localizadas en la cara lateral de la losa superior están asociadas a potencial de carbonatación del concreto, en este caso por agresión ambiental generada por el dióxido de carbono, CO2, el cual, unido a la humedad ambiental y el escurrimiento directo de lluvia, ingresan al concreto a través de sus poros, generando el ataque por carbonatación. Las fisuras son puntuales y se asocia con carbonatación al seguir las líneas del acero principal y aparición de manchas puntuales sobre la masa del concreto. Se aclara de la evidencia fotografica adjunta que los caminos de termitas dan aspectos de fisuras y es lo mas llamativo que se observa. Sin 4 fisuras de las que nos referimos, por la altura en la que se encuentran casi no se aprecia en las fotos. Pero se estima que son de long corta apox 30 cms y de abertura no mayor a 0.3 mm y son horizontales en la losa.			
Tipo				Grado del Daño			
Directa		Indirecta		Causa	Leve	Moderado	Severo
Fisicas	X	Proyecto		Directa : Presencia cercana de Dioxido de Carbono de los vehiculos y Humedad alta que ingresa por los poros del concreto.		X	
Quimicas		Ejecución					
Mecanicas		Material	X				
Lesiones Previas		Mantenimiento	X	Directa : Descenso en la alcalinidad del concreto por deslavado o por circulación de aguas por los bordes de la losa superior al no tener drenajes el puente, ingresando por los poros del concreto .			
Localización de la lesión							
							
Vista Sector localizado Losa costado Derecho.				Vista Sector localizado Losa costado Derecho			

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
		Universidad Santo Tomas		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 8
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS			
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Elemento:	Viga No 1 a Viga No 6 en concreto reforzado		
Componente: SUPERESTRUCTURA				Nombre de Lesión:	Potencial Carbonatación.		
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander				Descripción:	Potencial Carbonatación en la cara Inferior y laterales de las seis (6) Vigas de concreto.		
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:	
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión.				Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	-
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplio el puente costado Derecho.				Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	-
				Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm./año	Funcionamiento	X
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño:			
				Potencial Carbonatación en la parte Inferior de las Seis (6) Vigas, principalmente por agresión ambiental del dióxido de carbono CO2 de los vehículos que transitan por la parte superior y se deposita en la parte de abajo del puente e ingresa al concreto a través de sus poros, generando con la humedad y la porosidad del concreto el ataque por carbonatación. Esto a través de los años se puede acelerar en la profundidad del concreto. En este caso se observa fisuras muy puntuales y exposición de acero puntual en la Viga No 4 asociadas a este hecho. Es necesario confirmar con pruebas de Fenolftaleína para verificar el rango de alcalinidad PH del concreto que pueda tener y la profundidad de carbonatación. Así mismo como el fenómeno es una de las causas de la corrosión del acero de refuerzo es necesario verificar si hay potencial de corrosión.			
Tipo				Grado del Daño			
Directa		Indirecta		Causa	Leve	Moderado	Severo
Físicas	-	Proyecto	-	Directa: Alta humedad y posterior evaporación desde el interior del concreto hasta el exterior.			
Químicas	X	Ejecución	-				
Mecánicas	-	Material	X	Directa: Escorrentía superficial del agua.	-	X	-
Lesiones Previas	-	Mantenimiento	X	Indirecta :Falta mantenimiento periódico por parte de la administración, por lo cual las manchas blancas son acumuladas.			
Localización de la lesión							
							
Vista Vigas Estribo Pamplona				Vista Vigas Estribo Pamplona.			

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
 Universidad Santo Tomás		Especialización en Patología de la Construcción			Ficha No. 9		
Información del Paciente				Información Específica de la Lesión según Manual INVIAS			
Nombre: Puente PR98+594 REH 405				Componente:		Apoyo de las vigas	
Componente: SUPERESTRUCTURA				Nombre de Lesión:		Ausencia de Apoyos de las seis (6) vigas, Fisura puntual Viga No 6	
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.				Descripción:		No se observa apoyos adecuados bajo las vigas. Se presume que se encuentran deformados, o fueron cubiertos en reparaciones de la estructura, o nunca se instalaron; se observa la viga de ampliación apoyada sobre la aleta generando esfuerzos sobre ella.	
Fecha de construcción: Superior a 30 años				Tipo de ambiente:		Húmedo	
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión				Temperatura:		Promedio de 22 °C a 20 °C.	
				Humedad relativa:		71% - 99%	
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante. Se amplió el puente costado Derecho.				Pluviosidad:		Promedio de 1.368 mm/año	
Representación Grafica				Analisis Lesión o daño:			
				Se concluye que los apoyos se encuentran deformados, o fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura, o no se instalaron; se observa la viga de ampliación apoyada sobre la aleta generando esfuerzos sobre ella. De acuerdo a cartilla MOPT en su aparte Puente de Vigas y Placas, por diseño para esta longitud se debió instalar unas placas de plomo en los apoyos.			
Directa		Indirecta		Causa		Grado del Daño	
Fisicas		Proyecto		Directo: Posiblemente Por Diseño No Estaba contemplado instalar apoyos y no se instalaron		Leve	
Quimicas		Ejecución		Directo: Fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura,		Moderado	
Mecanicas		Material		Directo: Fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura,		Severo	
Lesiones Previas		Mantenimiento		Directo: Fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura,		Grave	
Localización de la lesión							
							
Vista Estribo Pamplona				Vista viga de ampliación apoyada sobre la aleta Pamplona			

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
	Universidad Santo Tomás		Especialización en Patología de la Construcción, Octubre de 2023			Ficha No. 10	
Información del Paciente			Información Específica de la Lesión				
Nombre: Puente PR98+594 REH 405			Componente:	Puente en General			
Componente: SUPERESTRUCTURA			Nombre de Lesión:	Sobre carga por espesor de mezcla asfáltica adicional instalado encima de la losa de concreto con el fin de ajustarse a la rasante existente de la vía.			
Localización: PR98+594, en el tramo de vía existente entre Cúcuta – Pamplona en el departamento de Norte de Santander.			Descripción:	Sobre carga por espesor de mezcla asfáltica adicional instalado encima de la losa de concreto con el fin de ajustarse a la rasante existente de la vía.			
Fecha de construcción: Superior a 30 años			Tipo de ambiente:	Húmedo	Tipo de Daño:		
Sistema constructivo: Sistema de superestructura de placa y vigas simplemente apoyadas sobre estribos. Vigas reforzadas. Estribo concreto simple. Sin juntas de expansión			Temperatura:	Promedio de 22 °C a 20 °C.	Diseño	-	
			Humedad relativa:	71% - 99%	Construcción	-	
			Pluviosidad:	Promedio de 1.368 mm./año	Funcionamiento	X	
Intervenciones previas: Se Construyó un relleno de espesor promedio de 53 cm para llegar al nivel de rasante			Analisis Lesión o daño: Revisando los planos de los levantamientos topograficos , se tiene un espesor adicional de pavimento bituminoso instalado encima de la losa de concreto del puente convirtiendose en una carga muerta muy seguramente no contemplada en el diseño, producto de los mantenimientos y rehabilitaciones que se han tenido que realizar en el sector y que han obligado a subir la rasante y correccion de peralte de la vía y en este caso realizar el realce con lleno en mezcla asfáltica,generando una sobre carga en la estructura que debe ser estudiada por un especialista. El puente no presenta fisuración relacionado con este evento de sobrecarga. Se debe revisar la resistencia real del concreto que puedan tener los elementos estructurales con la exposición que ha tenido a ataques quimicos y biologico, si ha disminuido la resistencia . Asi mismo la valoracion estructural con estas cargas adicionales y sismo, de acuerdo al analisis de vulnerabilidad sísmica.				
Representación Grafica 							
Tipo			Grado del Daño				
Directa	Indirecta		Causa	Leve	Moderado	Severo	Grave
Fisicas		Proyecto	Directa : Ajustes a la rasante de la vía actual			X	
Quimicas		Ejecución					
Mecanicas	X	Material	Directa : Instalacion llenos adicionales sobre la losa con mezcla asfáltica para ajustarse a la rasante				
Lesiones Previas		Mantenimiento					
Localización de la lesión							
 Vista Costado Izquierdo. Se observa la altura que tiene el lleno  Se debe revisar por un especialista estructural. Se estima la altura que tiene el lleno adicional encima de la losa superior.							

FICHA AMBIENTAL

Proyecto: Calzada Pamplona - Cúcuta

Ubicación: Puente PR98+594 REH 405

Clima

Temperatura	☐	Calido seco
	☒	Calido humedo
	☐	Templado
	☐	Subtropical

Calidad del aire	☐	Puro
	☐	Bueno
	☒	Malo

Predominación del viento	☐	Muy bueno
	☒	Bueno
	☐	Malo

Tipo de cobertra

Vegetal	☒	Bosques
	☒	Arbustos
	☐	Pastos
	☒	Matorrales
	☐	Sin vegetación

Uso de la vegetación	☐	Alimenticio
	☐	Comercial
	☐	Medicinal
	☒	Construcción

Fauna Silvestre

Tipología de fauna	☒	Insectos
	☒	Aves
	☐	Anfibios
	☐	Mamíferos

Evacuación de aguas lluvias	☐	Alcantarillado sanitario
	☒	Drenaje superficial
	☒	Ninguno

Pluviosidad: _____

Cercanía de vías y accesos	☐	Vías Urbanas
	☒	Vías Principales
	☐	Caminos Vecinales
	☐	Vías Secundarias

Peligro de deslizamientos	☐	Inminente
	☒	Latente
	☐	Nulo

Peligro de inundaciones	☐	Inminente
	☒	Latente
	☐	Nulo

Consideraciones adicionales:

El sector presenta las siguientes condiciones climáticas: Ambiente Húmedo, con Humedad Relativa entre 71% - 99%, con temperatura promedio de 22 °C a 20 °C, con pluviosidad anual 1.368 m.m/año, y velocidad viento promedio 5 km/h. En cuanto a contaminación se tiene las generadas por el tránsito vehicular.

Estudio Patológico: Puente PR98+594 REH 405

Fecha: 01/11/2023

Referencia: Trabajo Profesional Integrado

Elaboró:

Andrea Marcela Macias Torres

Maria José Orozco Ochoa

Milton Cesar Bolaños Vargas



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

Universidad Santo Tomas

Especialización en Patología de la Construcción

Apéndice No 1.

Fallas Geológicas de la Zona de Estudio

Geología Histórica

La información presentada en este capítulo reviste interés para comprender las condiciones geológicas y sísmicas que afectan el corredor estudiado.

Se piensa que el Departamento de Norte de Santander formaba parte de una provincia tectono estratigráfica ancestral que se encontraba unida al Escudo de Guayana (Irving,1971; Kroonenberg,1982; Clavijo,1994), sin descartarse que ya existiera como una unidad precámbrica aloctona con respecto al escudo (Etayo et al.,1983; Gonzalez et al.,1988; Toussaint y Restrepo, 1989).

Teniendo en cuenta que en el área de estudio solo se presentan unidades mesozoicas y cenozoicas, se presenta a continuación la evolución histórica a partir de dichos periodos.

Durante el Triásico Superior y el Jurásico Inferior se presenta una compresión, evidenciada por una zona levantada como lo son las provincias del Macizo de Santander y de Mérida. A finales del Jurásico se presenta una sedimentación de ambiente fluvial que da origen a la Formación Girón. En la región centro-oriental de la cuenca, durante el Jurásico Inferior y el Cretácico Inferior (Valanginiano), se registra una etapa de subsidencia con cambios graduales en la deposición de tipo continental a marino, la deposición deltaica podría estar marcando el inicio de una regresión del mar en este intervalo; se deposita secuencias de arenisca, lutitas y calizas de espesores de más de 4000 m, con avances y retrocesos del mar. Esta secuencia está representada por las diferentes formaciones cretácicas de la Cuenca de Maracaibo.

A finales del Cretácico y principios del Terciario (Cenozoico) ocurre el retiro (regresión), del mar. Finaliza la etapa distensiva y desde el Paleoceno se inicia la etapa compresiva, y ocurre con esta el levantamiento de la provincia del Macizo de Santander; durante el Paleoceno medio.

Por lo anterior, el registro sedimentario de la cuenca se inicia hacia finales del Cretácico Inferior durante el Aptiano, con la sedimentación de lutitas, lodolitas, calizas y areniscas depositadas sobre una plataforma marina somera en forma discordante sobre las rocas triásicas y jurásicas. En el área estos depósitos están representados por las formaciones Tibú, Mercedes, Aguardiente, Cogollo y La Luna. A finales del Cretácico como producto de la colisión de la Placa Pacífica contra la margen oeste de la Placa Suramericana, se inicia la deposición de shales y algunos niveles de arenisca correspondientes a la Formación Colon - Mito Juan.

A finales del Cretácico y comienzos del Terciario la progresiva colisión oblicua entre la placa Caribe y la margen del norte de Suramérica, se genera varios eventos de formación. Como consecuencia los ambientes en la Cuenca de Maracaibo se hacen más continentales. El registro sedimentario está representado por arcillolitas, arenisca y horizontes de carbón depositados en ambientes fluviales, práticos y deltaicos, representados por las formaciones Catatumbo, Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León, Guayabo y Necesidad. El área aproximada de la cuenca es de 7000 Km² y el espesor de sedimentos es de 10000 pies, (ECOPETROL-ICP, 1991).

Durante el Mioceno medio se produce el inicio del levantamiento de la Cordillera Oriental. En el Mioceno medio tardío es cuando se desarrolla una fase compresiva más intensa, que origina en el extremo occidental una cadena montañosa, plegada, cabalgante, de vergencia al occidente y forma en el borde oriental un sistema de cabalgamiento, con vergencia al oriente, lo que coincide con el Bloque Pamplona (Clavijo 1994). Después de desarrollarse una fase corta y distensiva en la cordillera Oriental durante la cual se originó un fallamiento normal (Falla de

Labateca en su fase inicial de formación) y a partir del Mioceno Superior se inicia una fase compresiva hasta la actualidad (Boinet et al., 1985).

La Orogenia Andina, durante el Mioceno - Plioceno, dio origen a la regresión final del mar y así el ambiente depositacional con el tiempo se fue tornando progresivamente de tipo marino a completamente continental. Esta orogenia que se encuentra activa ha producido como resultado la actual conformación geomorfológica de la Cordillera Oriental y particularmente la estructuración del territorio al cual corresponde el área de la Cuenca de Maracaibo.

Fallas geológicas de la zona estudio

A nivel regional existen dos fuentes sismo génicas que influyen en la zona de estudio, la cuales pertenecen a la Falla de Bucaramanga-Santa Marta y al Sistema de Fallas Frontales de la Cordillera Oriental. Se describirán más adelante estas fallas regionales y su posible relación como fuente de amenaza sísmica para el área en estudio.

Comenzaremos de lo más general y nos iremos concentrando en lo particular y de mayor importancia a considerar en el Proyecto.

Sistemas Falla Bucaramanga - Santa Marta

Forma parte de los principales rasgos estructurales del Noroeste de Colombia y la principal fuente de amenaza sísmica para el corredor vial objeto de estudio, distanciándose su trazo principal entre 56 Km aproximados con respecto del proyecto.

El sistema de fallas está relacionado con el levantamiento de la Cordillera Oriental, originándose su movimiento durante el Terciario Tardío al Mioceno y continua su actividad durante el Cuaternario. La principal actividad cuaternaria de esta falla es Pre-holocena. Tiene una rata de desplazamiento moderada, calculada con base en la geometría resultante de rasgos morfoneotéctónicos.

Sistema de Fallas Servitá – Chitagá – Pamplona

Es el conjunto de varias fallas ubicadas en los alrededores del corredor vial en estudio, de carácter inverso y escalonado que pasan por el flanco oriental de la Cordillera del mismo nombre con dirección NNE. A este sistema pertenecen las fallas de Pamplona, Chitagá, Brahmon y Las Mercedes cuyos trazos principales se encuentran a distancias de 2 a 15 Km del corredor vial, siendo las más cercanas la Falla de Pamplona, y la Falla Chitagá.

Sistema de fallas de Morro negro o Montenegro - La Merced

Actúa hacia el oeste de la plancha; donde se extienden de norte a sur afectando rocas Precámbricas del complejo Metamórfico. Existen además fallas menores en la zona como la falla de Gramalote, la falla del Río Zulía.

Las fallas geológicas de pamplona y Chitagá controlan fallas menores y la dirección del drenaje, particularmente la del Río Pamplonita. El corredor vial objeto de estudio se localiza sobre un bloque fallado limitado por estas dos estructuras las cuales se extiende de forma paralela a la falla de Morro negro en cercanías a los municipios de Bochalema y Don Juana sitúa en contacto rocas Precámbricas y Jurásicas al este con rocas del Cretáceo y Terciario al oeste).

Falla de Chitagá

Conforma una falla de cabalgamiento a nivel regional creando un patrón altamente complejo a lo de su trazo, se extiende desde el sur de Chitagá hasta Bochalema a lo largo de más de 80 Km, presentando cambios notables en su dirección NW al sur, N-S en su parte media y NE al final. Se destaca como la más larga del flanco oriental del Macizo de Santander Se estima un desplazamiento de 2500 m y a nivel local coloca en contacto formaciones cretácicas y terciarias al oeste con rocas más antiguas al este (Jurásicas a precámbricas), conformando un claro limite

tectónico regional, determinándose rasgos de actividad reciente, a partir de las cuales han estimado que la falla tiene una actividad de baja a moderada.

Esta estructura se localiza al este del corredor vial; sin embargo, genera estructuras paralelas como la Falla del Río Pamplonita que controla el cauce del río en la zona de estudio.

Falla Pamplona

Se tiende desde el sur a lo largo de 45 Km como una prolongación de la Falla de Morro Negro en el sector de Babega continuando al norte con dirección NNE a NS hasta cercanías a Bochalema. Ortogneis pre-devónico en el este se encuentra en contacto con una franja angosta de rocas del cretáceo que incluye hasta la Formación Luna, en el oeste. La arenisca de la Formación Aguardiente constituye un risco central sobresaliente a lo largo de esta franja. En el extremo sur la falla atraviesa el Plutón del granito de Durania y sirve de límite entre este y la Formación Silgará en el oeste.

Falla de Morro negro o Montenegro

Se extiende por el noreste de la Cordillera Oriental de Colombia, este sistema de fallas presenta un cambio de dirección de NW a N. Desplaza rocas del Paleozoico y Cretácico (El Sistema de fallas de Morro negro - La Merced se observa hacia el Este de la plancha 98, donde se extiende de norte a sur)

Falla de Las Mercedes

Es de carácter regional y el rasgo estructural más destacado en el área de estudio, pone en contacto rocas cristalinas precámbricas con rocas sedimentarias cretáceas y terciarias.}

Con respecto a la Falla de Las Mercedes se localiza unos 3 Km al occidente de Sardinata y a unos 35 Km al occidente de Cúcuta, destacándose la ocurrencia de un terremoto en 1950 que

destruyó parcialmente tres poblaciones alineadas con el trazo de la falla. Basados en su expresión geomórfica, la actividad de la falla se cree que es de baja a moderada.

Falla de Boconó, Venezuela

En Venezuela, el límite entre las Placas del Caribe y Suramérica está definido por la alta sismicidad que ocurre entre Caracas y San Cristóbal, siguiendo el trazo de la Falla de Boconó.

En Colombia su rumbo es N35W, está situada a 12 Km al sur de Cúcuta y alrededor de 40 Km de la zona en estudio; la falla cabalga calizas y areniscas del Cretáceo sobre areniscas y calizas del Mioceno – Plioceno. El carácter de la Falla de Boconó es inversa con componente de rumbo y un desplazamiento de tipo dextro lateral, con tasas de desplazamiento de 8 a 10 mm/año.

Fallas de Borde Llanero. Venezuela

Está conformado por fallas conocidas como: La Esmeralda, Santa María, Medina, Guaicaramo, Yopal y Sácama. Son en general fallas inversas con dirección general N0-20E, que afectan a la cordillera en su flanco oriental y que parecen obedecer a esfuerzos de compresión NW. Se extiende desde la Depresión del Táchira, en Venezuela hasta el Ecuador, donde recibe el nombre de Frente Subandino.

La existencia de sismos poco profundos (hasta 70Km) en la zona de Falla de Guaicaramo sugiere que el límite Este de la Cordillera oriental representa un accidente tectónico activo de mayor importancia, que afecta por lo menos todo el espesor de la corteza. La actividad reciente también es demostrada por la presencia de terrazas basculadas hacia el occidente, al borde del Río Casanare, en la zona de Sácama.

El área de influencia del Sistema presenta una permanente actividad sísmica, probablemente por la aparente alineación de epicentros con este sistema de fallas. Su distancia con respecto al proyecto es de aproximadamente 120 Km.

Geología Regional

Según la localización del Proyecto y de acuerdo con el estado de la Cartografía Geológica de Colombia se localiza la plancha cartográfica que corresponde, (para este caso es la No. 98) de donde se tomarán los principales datos geológicos, que se ilustra a continuación.

La descripción de geología detallada, levantamiento de columnas estratigráficas, descripción de fallas, análisis petrográfico, geología de las planchas 98 - Durania y 99 - villa del rosario norte de Santander – Colombia, como interés para el caso de estudio menciona las principales formaciones y se muestran en el siguiente gráfico las Unidades Estratigráficas.

La mayor parte del centro poblado del Nuevo Diamante presenta la formación Capacho (K1C), esta formación es definida como la superior del grupo Cogollo y en pequeña afectación se encuentra la formación el Mirador, en el sector de ubicación del puente, correspondiente a la vereda Nuevo Diamante afloran rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios no consolidados de origen coluvial principalmente, pertenecientes a la Cuenca de Maracaibo. Los depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente distribuidos en la zona cubriendo estas litologías, en su mayoría son de origen denudacionales, estructural como coluviones, terraza y conos de deyección; y de origen fluvial como aluviones.

Formación Capacho (Campaniano - Maestrichtiano)

El nombre de esta formación viene desde 1888, cuando Sievers la usó para designar afloramientos de caliza cerca del pueblo de Capacho Viejo en Táchira (Venezuela). En la Concesión Barco, se reconocen dos a tres divisiones (Notestein, 1944).

El Miembro Inferior constituido por shale negro, muy calcáreo, orgánico, bituminoso y caliza gris oscura; el Miembro Medio por shale gris oscuro a negro, no calcáreo con algunas capas de limolita y caliza gris arcillosa fosilífera. El Miembro Guayacáno superior corresponde a caliza gris marrón muy fosilífera, masiva con intercalaciones de shale gris oscuro a negro, no calcáreo, parcialmente limoso y micáceo.

El espesor de la formación varía de 175 a 435 m, aumentando de norte a sur. La base y el tope del Capacho son conformes y generalmente bien definidos con la subyacente Formación Aguardiente y la suprayacente Formación La Luna, tendiendo a formar una topografía baja entre las dos formaciones citadas por su mayor dureza.

Formación Mirador - Tem

Esta formación se designa por el Cerro Mirador en el Anticlinal Tarra del Distrito Colón, en Zulia (Venezuela). Es predominantemente arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. En la parte inferior, la arenisca es menos limpia y de estratificación más delgada. Es común la estratificación cruzada y marcas de oleaje; las intercalaciones gris púrpura de shale y limolita, son pocas y delgadas.

Morfológicamente esta unidad forma un filo persistente que es semejante pero un poco más sobresaliente que el de la Formación Barco. El contacto con la subyacente Formación Cuervos es inconforme de manera local.

Las estimaciones de espesor varían de 210 a 235 m. Se le asigna una edad del Eoceno Inferior a Medio.

Depósitos Cuaternarios

A nivel regional los depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente distribuidos en los municipios de Chinácota, Bochalema y el Corregimiento de la Don Juana, unidos por el cauce

del Río Pamplonita descansando discordantemente sobre las diferentes formaciones de rocas presentes en el área de estudio.

La formación de los depósitos está relacionada a los procesos estructurales y denudacionales y a los procesos fluvio-lacustres que permitieron el arranque, transporte y depositación de abundante material detrítico.

Depósitos Aluviales - Qal

Se forman a partir de las quebradas y ríos del área en estudio que aportan abundante material detrítico, el cual es depositado en forma de abanicos. Los depósitos están constituidos por cantos redondeados que varían en tamaño dentro de una matriz areno-arcillosa.

La principal zona identificada con este tipo de materiales en la zona de estudio se localiza sobre el Valle del Río Pamplonita, conformando depósitos aluviales de lecho de cauce (Qal) lineales en la parte alta cerca a Pamplona a Trenzados en la parte baja al norte de la zona de estudio.

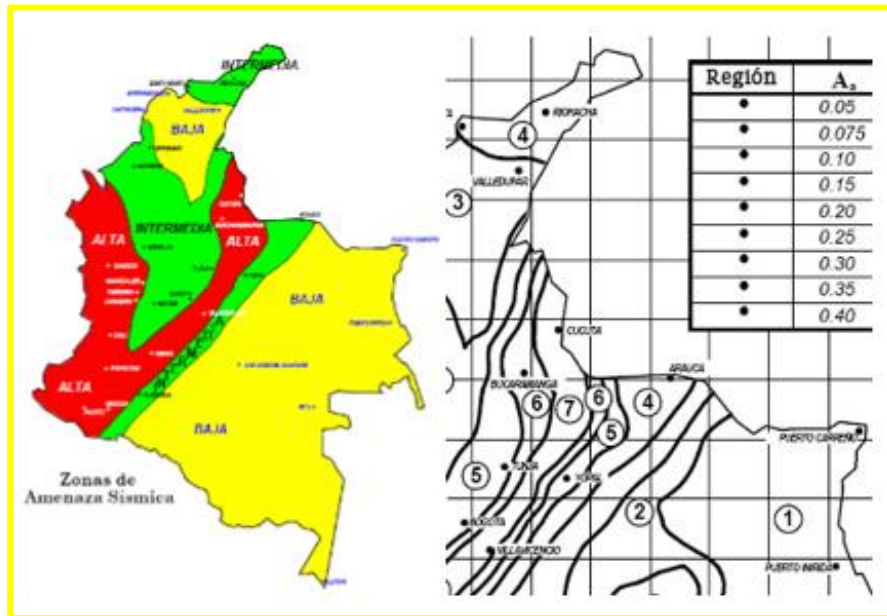
Apéndice No 2.

Microzonificación

Para el caso del Pontón en estudio la Norma de Diseño que le aplica es la CCP 14, pero para revisar la tectónica de la zona de estudio se debe realizar con La NSR-10. En este caso la zona se caracteriza como de amenaza alta, según NSR-10, teniendo en cuenta los valores de aceleración Aa (g) en un rango de 0.25 a 0.35 según Mapa Zonas de Amenaza Sísmica y Mapa de Valores de Aa (g). En la siguiente Figura se observa la localización del área en estudio sobre el Mapa de Zonificación Sísmica y sobre el Mapa de Aa.

Ilustración 54

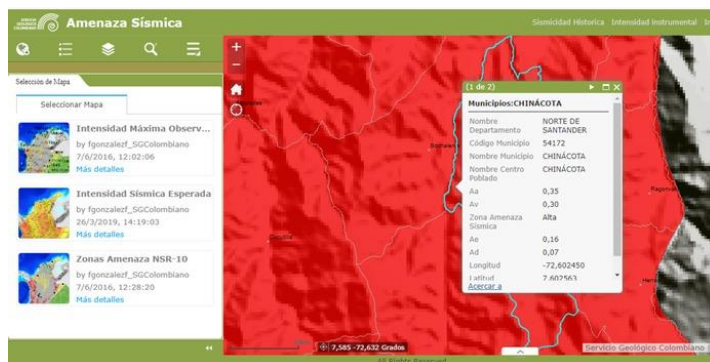
Mapa de Zona de Amenaza Sísmica. Recuadro negro localización área de estudio



Nota: Fuente, [https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza Sísmica/](https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza%20S%C3%ADsmica/)

Ilustración 55

Amenaza Sísmica coordenada Pontón



Nota: Fuente, [https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza Sísmica/](https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza%20S%C3%ADsmica/)

Historia de Sismos en la zona de estudio

Históricamente se conoce el violento terremoto que destruyó casi en su totalidad a Cúcuta y Villa del Rosario en Colombia y a poblaciones limítrofes de Venezuela como San Antonio y Ureña en el año 1875. Igualmente, hubo daños considerables en Pamplona, Cucutilla, Chinácota, Matanza y en otras poblaciones del Estado de Táchira como San Cristóbal, Colón, Palmira y Táriba.

Ilustración 56

Sismicidad Histórica – 1875 Cúcuta

Parámetros generales		
Fecha	1875/05/18	
Hora local	11:15	
Magnitud	6.8 (MW)	
Epicentro	Latitud	7.86
	Longitud	-72.42
Profundidad (Km)	15	
Intensidad máxima (EMS-98)	10	
Número de puntos de intensidad (EMS-98)	54	
Área epicentral	Cúcuta, Norte de Santander	

Nota: Fuente, <https://sish.sgc.gov.co/>

La descripción de los daños en Cúcuta da cuenta de la destrucción de la mayoría de las construcciones, la ruina de otras y la muerte de varias personas bajo sus escombros. El "Boletín Oficial" del 8 de julio de 1875, reporta un total de 461 personas muertas en Cúcuta (García, 1920). Aunque existen cifras mucho más altas de víctimas, pues se dice que murieron en total 3.000 personas (Centeno, 1969).

Los habitantes de Cúcuta y Villa del Rosario se vieron obligados a trasladarse a los sitios El Ojito y Los Ejidos, respectivamente, debido al grado de destrucción en que quedaron sus poblaciones. En las vegas de los ríos Pamplonita y Táchira en inmediaciones de Cúcuta, Villa del Rosario, Ureña y San Antonio hubo licuación de suelos de donde brotó agua negra y de mal olor

(Gaceta Histórica, 1959). En Cúcuta también se abrieron grietas en el suelo y se vieron ondas de gran amplitud (García, 1920). Se registraron réplicas durante aproximadamente un mes.

Para comprender mejor el histórico de sismos es importante señalar que, el tamaño de un sismo y sus efectos se pueden calcular por su magnitud que es un único valor y por la intensidad que es diferente según el sitio de análisis. Las señales sísmicas son registradas por redes sismológicas, para ser analizadas y obtener información de las características del sismo en cuanto al tiempo de origen, localización, magnitud, profundidad y potenciales efectos. A su vez, la magnitud es utilizada para cuantificar el tamaño de los sismos (mide la energía liberada durante la ruptura de una falla) mientras que, la intensidad es una descripción cualitativa de los efectos de los sismos.

Cualquier escala de intensidad consiste en una serie de descripciones de los efectos producidos por distintos grados de temblores sísmicos sobre una serie de objetos que se pueden encontrar en el ambiente cotidiano. Estos objetos se pueden considerar como sensores, puesto que su respuesta al temblor se usa para medir la fuerza de este. No son partes de algún equipo especial instalado por el investigador, sino que, por ser parte del ambiente normal, estos sensores son extremadamente comunes. Esta es una de las grandes ventajas de la intensidad como herramienta: no requiere de instrumentos para ser medida.

Los sensores usados históricamente en escalas de intensidad pueden dividirse en cuatro grupos:

Seres vivos - gente y animales. Según aumenta la intensidad una mayor proporción de gente o animales (a) nota las vibraciones y (b) se asusta debido a ellas.

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

Objetos ordinarios. Según aumenta la intensidad, un mayor número de objetos domésticos ordinarios (utensilios de cocina, libros, etc.) empiezan a vibrar, desordenarse y caer al suelo.

Edificios. Según aumenta la intensidad los edificios experimentan progresivamente mayores daños.

Tabla 8

Sismicidad Histórica – por años, datos de Magnitud

SISMICIDAD HISTORICA DE COLOMBIA										
No.	Fecha	Hora local	Epicentro Latitud	Epicentro Longitud	Magnitud	Profundidad	Numero puntos	Intensidad máxima	Escala	Área epicentral
1	1644/01/16	05:00	7.37	-72.64	6.5	15	5	9	EMS- 98	Pamplona, Norte de Santander
8	1796/02/15	12:00	7.37	-72.64	5.5	15	1	7	EMS- 98	Pamplona, Norte de Santander
16	1875/05/18	11:15	7.86	-72.42	6.8	15	54	10	EMS- 98	Cúcuta, Norte de Santander
39	1950/07/08	21:35	7.6	-72.86	6.2	10	41	9	EMS- 98	Arboledas, Norte de Santander
45	1961/06/16	05:33	8.88	-73.48	6.5	114	20	7	EMS- 98	Ocaña Norte de Santander
54	1973/08/30	13:25	7.14	-72.76	6.3	180	52	8	EMS- 98	Convención, Norte de Santander
63	1981/10/17	23:31	8.136	-72.517	5.9	30	40	8	EMS- 98	Cúcuta, Norte de Santander

Nota: Fuente,

https://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irATablaCompleta&opciones=MAPA_ACTUAL_SISMOS

UAL_SISMOS

De acuerdo con la **Escala macrosísmica europea (EMS-98)**, Es la primera escala de grado de daño de los edificios destinadas a fomentar la cooperación entre los ingenieros y sismólogos. Entre la que se encuentra la No. 10, que hace referencia a **Muy destructivo** y consiste en lo siguiente:

La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4 y algunos pocos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 3 y algunos pocos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 2 y algunos pocos de grado 3. Algunos pocos edificios de clase de vulnerabilidad F sufren daños de grado 2.

Tabla 9

Datos de Sismos en la Región Norte de Santander – datos de Intensidad

No.	Sitio	Latitud	Longitud	Distancia hipo central (km)	Intensidad	Escala	Autor	Calidad
14	Bochalema	7.60	-72.66	41.65	8	EMS-98	SGC-UN	Insuficiente
15	Bochalema	7.60	-72.66	41.65	9	MM	CERESIS	Sin dato
16	Bochalema	7.60	-72.66	41.65	8	MM	SGC-UN	Insuficiente
34	Chinácota	7.61	-72.61	38.4	8	EMS-98	SGC-UN	Insuficiente
35	Chinácota	7.61	-72.61	38.4	7	MM	CERESIS	Sin dato
36	Chinácota	7.61	-72.61	38.4	6	MM	CERESIS	Sin dato
37	Chinácota	7.61	-72.61	38.4	8	MM	SGC-UN	Insuficiente

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

45	Cúcuta	7.90	-72.49	17.47	10	EMS-98	Servicio Geológico Colombiano	Buena
46	Cúcuta	7.90	-72.49	17.47	10	MM	SGC-UN	Buena
47	Cúcuta	7.90	-72.49	17.47	9	MM	CERESIS	Sin dato
48	Cúcuta	7.90	-72.49	17.47	10	MM	CERESIS	Sin dato
100	Pamplonita	7.44	-72.63	54.33	7	EMS-98	SGC-UN	Insuficiente
101	Pamplonita	7.44	-72.63	54.33	7	MM	SGC-UN	Insuficiente

Nota: Fuente,

https://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irATablaCompleta&opciones=MAPA_ACT

UAL_SISMOS

Tabla 10

Sismicidad Histórica – Descripción de daños

No.	Sitio	Latitud	Longitud	Efecto
6	Bochalema	7.60	-72.66	c) La iglesia parroquial y la capilla fueron destruidas.
11	Chinácota	7.61	-72.61	c) Muchas casas quedaron destruidas, Se sintieron réplicas hasta el 4 de junio.
14	Cúcuta	7.90	-72.49	a) Aproximadamente 461 personas murieron La mayoría de las construcciones quedaron destruidas, como la iglesia, la casa y cárcel municipal, las pulperías y en general todas las viviendas de la calle Chiozzzone, de la plaza mayor, de la calle del comercio, de la botica alemana, entre otras. Varios sobrevivientes de San José de Cúcuta se trasladaron al sitio llamado “el llano de la Vega”, localizado 2 kilómetros al sur de la población, donde levantaron toldas y casas de bahareque. Sin embargo, en agosto de ese mismo año, el gobierno encargó la elaboración del plano de la nueva población, la cual fue edificada en el mismo sitio donde se encontraba la población destruida, correspondiendo al actual casco histórico de Cúcuta. Se abrieron grietas en las colinas cercanas a

La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el pasado 10 de agosto de 2023, culminó la instalación de la nueva estación sismológica BLMC en Bochalema, Norte de Santander; ubicación estratégica, pues permitirá complementar el monitoreo de la actividad sísmica del nororiente colombiano. Esta nueva estación satelital en tiempo real contribuye al monitoreo sísmico del país 24/7 y nos permite brindar a los ciudadanos información oportuna y de calidad.

Ilustración 58

Imagen de la estación sismológica en Bochalema (Norte de Santander)



Nota: Fuente, <https://sish.sgc.gov.co/>

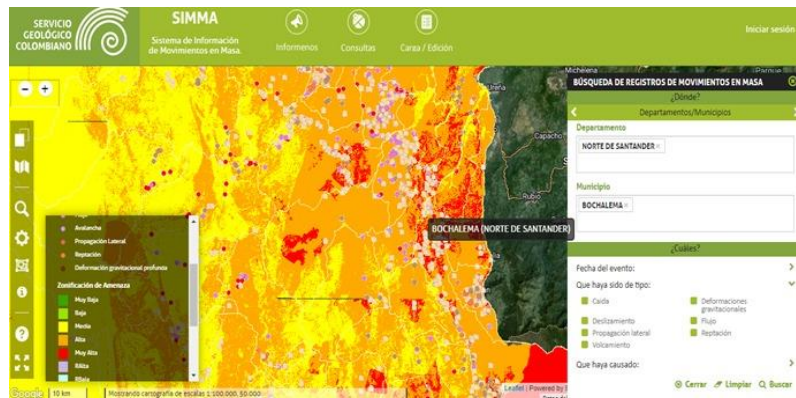
Histórico de Movimiento en Masa

El Pontón analizado se encuentra localizado relativamente cerca de Bochalema, Chinácota, Pamplonita, los cuales históricamente reflejan que han tenido movimiento en masa.

Ilustración 59

Búsqueda de Registros de movimientos en Masa

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander



Nota: Fuente, <https://simma.sgc.gov.co/#/public/results/>

Matriz de Vulnerabilidad

Matriz de Vulnerabilidad (Magnitud y Clasificación del Riesgo)

Tabla 11

Magnitud del Riesgo

MAGNITUD DEL RIESGO Directamente Proporcional a los Factores de Consecuencia, $MR = C \times P$

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD				
PROBABILIDAD	Frecuente	4	8	12	16	20
	Probable	3	6	9	12	15
	Remota	2	4	6	8	10
	Improbable	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Muy Leve	Leve	Seria	Grave	Catastrófico
		SEVERIDAD				

Nota. Fuede Propia

Tabla 12

Descripción del Riesgo

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO			MEDIDAS DE CONTROL
Descripción	Rango	Categoría	
RIESGO BAJO	de 1 - 5	4	Riesgo asumido, Consecuencias no graves, No requiere intervención inmediata
RIESGO MEDIO	de 6 - 10	3	Riesgo aceptable con las actuales medidas de protección adecuadas, requiere Revisión
RIESGO ALTO	de 11 - 15	2	Riesgo alto, implementar medidas de control para garantizar condiciones de Funcionalidad de la estructura
			Inspecciones periódicas de Estructura, Chequeo de asentamientos y Grietas
			Se deben mantener registros de las acciones preventivas
RIESGO EXTREMO	de 16 - 20	1	Suspender el Tránsito por el Puente hasta Controlar el Riesgo
			Implementar medidas de Control y Monitoreo
			Inspecciones periódicas de Estructura, Chequeo de asentamientos y Grietas
			Se deben mantener registros de las acciones preventivas
			Determinar Propuesta de Intervención

Nota. Fuente Propia

Etapas de Vulnerabilidad y Clasificación del Riesgo

Tabla 13

Etapas de Vulnerabilidad y Clasificación del Riesgo

Etapas de Vulnerabilidad		
Probabilidad de Ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa Probabilidad de Ocurrencia	A
Probable	Mediana Probabilidad de Ocurrencia	B
Remota	Baja Probabilidad de Ocurrencia	C
Improbable	Difícil que Ocurra	D

Clasificación del Riesgo	
Riesgo	Categoría
Extremo	1
Alto	2
Medio	3
Bajo	4

Nota. Fuente Propia. Basado en Material de Vulnerabilidad Sísmica, USTA

Análisis de Riesgos de la Estructura

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

En las siguientes tablas se realiza el estudio de riesgos general de la estructura puente PK 98 y el análisis de riesgos de los elementos más vulnerables (a Nivel de Estructura), Estribos, Vigas y Losas.

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

ANÁLISIS DE RIESGOS (MATRIZ DE VULNERABILIDAD) - PUENTE

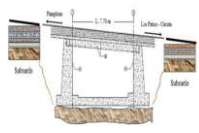
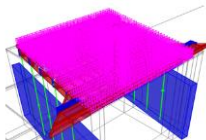
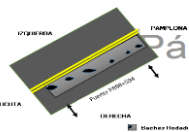
Estudio Patologico Puente (Pontón) PR98+594, Cucuta - Pamplona

Descripción General del Puente

Estribos en concreto armado In Situ. La arquitectura de puente vehicular corresponde a las características de diseño recomendadas y de referencia para la época de las cartillas del Ministerio de Obras Publica, año 1988. El criterio para la definición de una geometría supuesta de los estribos parte de la investigación de los parámetros utilizados para el dimensionamiento de este tipo de elementos en la época en que fueron construidos, que correspondería para el caso de muros de gravedad con sobrecarga

Vigas No 1 - No 2 - No 3- No 4- No 5 reforzado de seccion transversal 48 cms x 40 cms apoyadas sobre estribo. Adicionalmente Viga Nueva No 6 de seccion 73 cms x 45 cms para ampliacion Ponton apoyada sobre aleta lateral.

Losa inferior en concreto simple ciclopeo la estructura tiene un galibo suficiente. Se presenta socavación en el lecho en la zona de encole y descole dejando una variación considerable en los niveles de la estructura y el terreno. La Quebrada El Tesoro, cruza la vía existente (UF6) a la altura del PR 98+594 (PK 32+766) mediante el pontón en estudio de ancho hidráulico 7.0 m y altura aproximada 3.3 m. Actualmente No Existe curso de agua, por que la construcción del nuevo proyecto cambio la dinamica de la quebrada. Igual se tendra en cuenta dentro del analisis. Losa Superior concreto reforzado de Espesor de 20 cms.

	Estribos						
	Losa superior	Izq. (Pampl)	Der. (Cucuta)	Vigas		Pavimento	Suelos
Fotografía							
							
							
Dimensiones	Ancho promedio del tablero de 8,52 metros	Estribo de 3.43 m de alto.	Estribo de 2.9 m de alto	Vigas No. 1, 2, 3, 4, y 5 de concreto reforzado de sección 48 cm x 40 cm; Ampliación Viga No. 6 de sección 73 cm x 45 cm			
Descripción	Sobre carga por espesor de mezcla asfáltica adicional instalado encima de la losa de concreto con el fin de ajustarse a la rasante existente de la vía.	Humedad, biocapas, eflorescencia, contaminación animal y vegetal. Cimentación con segregación, agregado expuesto, sobre tamaño de agregados.	Humedad, biocapas, eflorescencia, contaminación animal y vegetal. Se presentan nidos y caminos tipo tubo de barro de termitas obreras de concreto tanto tipo obreras como aladas. Cimentación con segregación, agregado expuesto, sobre tamaño de agregados. Se evidencia socavación puntual aguas arriba.	Manchas blancas de Eflorescencia en la parte Inferior. Se generan principalmente por alta humedad y evaporación desde el interior del concreto hasta el exterior, expulsando sales que van quedando depositadas en la superficie, generando las manchas en el concreto.		Se evidencian baches y fisuras en el pavimento flexible por la rodada de los vehículos. De igual forma se observa que no se tienen elementos de drenajes el puente, causando filtración de agua la losa, afectando la condición del pavimento.	Apique a 1.5 m de la rasante: Suelo A-2-4 de características Bueno a Moderado o Suelo GP - GC pasa Tamiz # 200 entre 5% y 12%, resistencia al corte alta y la compresibilidad casi nula. Después de 1 metro se encontró roca.

ANÁLISIS DE RIESGOS (MATRIZ DE VULNERABILIDAD) - PUENTE							
Id	Concreto	Sismo	Fisuras	Corrosión	Organismos Vegetales	Animales	Ambientales y cuerpo de agua
Fotografía							
	El sector presenta las siguientes condiciones climáticas: Ambiente Húmedo, con Humedad Relativa entre 71% - 99%, con temperatura promedio de 22 °C a 20 °C, con pluviosidad anual 1.368 m.m/año, y velocidad viento promedio 5 km/h. En cuanto a contaminación se tiene las generadas por el tránsito vehicular.						
Descripción	Vigas de concreto reforzado, estribos de concreto simple o ciclopeo, pavimento flexible. Concreto de $f_c = 2000$ PSI, acero de refuerzo 1400 Kg/cm². 20.000 psi Basados en la cartilla MOPT 1988. Concreto en buen estado. Zona de Amenaza Sismica alta, aceleración A_a (g) 0.30. Así mismo presencia de fallas Geologicas como Pamplona Chitaga / Morro negro Las Mercedes Fisuras localizadas en la cara inferior de la losa superior asociadas a potencial de carbonatación No se presenta corrosión localizada, sin embargo, en algunas de las vigas debido a procesos patológicos se evidencia evidencia de corrosión en el acero de refuerzo Ambiente propicio para Vegetacion abundante. Temp promedio de 20 o C a 22 o C .Humedad Relativa 71% - 99%. Pluviosidad de 1368 mm / anual Termitas de concreto obreras y aladas ,crean tubos de barro, que utilizan para protegerse de la luz y del ataque exterior como la humedad Solo se tiene escorrentía superficial de agua, dado que por la construccion del nuevo proyecto cambio la dinamica de la quebrada.						
Riesgos	Nivel de Consecuencia			Etapas de Vulnerabilidad		Clasificación del Riesgo	
	Categoría de Probabilidad			Probabilidad	Categoría	Riesgo	Categoría
Concreto	3	4	12	Frecuente	A	Alto	2
Sismo	4	4	16	Frecuente	A	Extremo	1
Fisuras	3	3	9	Probable	B	Medio	3
Corrosión	4	3	12	Probable	B	Alto	2
Organismos	1	4	4	Frecuente	A	Bajo	4
Ambientales	2	3	6	Probable	B	Medio	3
Riesgos Evaluados	Calificación	Color	Riesgos que Requieren Descripción				
Concreto	A2		MITIGACIÓN	Planes de acción Correctivos			
Sismo	A1		INTERVENCIÓN	Programa de Intervención Inmediata			
Fisuras	B3		INVESTIGACIÓN	Planes de actuación Preventivos			
Corrosión	B2		MITIGACIÓN	Planes de acción Correctivos			
Organismos	A4		MONITOREO	Planes de actuación Defectivos			
Ambientales	B3		INVESTIGACIÓN	Planes de actuación Preventivos			

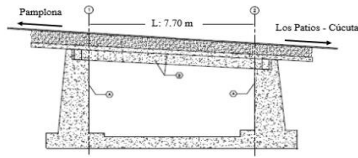
Especialización en Patología de la Construcción

Elaboró: Andrea Marcela Macias Torres
Maria Jose Orozco Ochoa
Milton Cesar Bolaños Vargas

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

ANÁLISIS DE RIESGOS (MATRIZ DE VULNERABILIDAD) - ESTRIBOS PUENTE

Estudio Patológico Puente (Pontón) PR98+594, Pamplona - Cucuta



Estructura

Estribos en concreto armado In Situ. La arquitectura del puente vehicular corresponde a las características de diseño recomendadas y de referencia para la época de las cartillas del Ministerio de Obras Públicas, año 1988. El criterio para la definición de una geometría supuesta de los estribos parte de la investigación de los parámetros utilizados para el dimensionamiento de este tipo de elementos en la época en que fueron construidos, que correspondería para el caso de muros de gravedad con sobrecarga

ID	Estribo 1 Pamplona PK98+594	Estribo 2 Cucuta PK98+594	Cimentación Pamplona PK98+594	Cimentación Cucuta PK98+594	Aletas Pamplona -Cucuta	Suelo
Fotografía						
Descripción	Estribo de 3.43 m de alto. Humedad, biocapas, eflorescencia, contaminación animal y vegetal	Estribo de 2.9 m de alto. Humedad, biocapas, eflorescencia, contaminación animal y vegetal. Se presentan nidos y caminos tipo tubo de barro de termitas obreras de concreto tanto tipo obreras como aladas.	Segregación, agregado expuesto, sobre tamaño de agregados.	Segregación, agregado expuesto, sobre tamaño de agregados. Se evidencia socavación puntual aguas arriba.	Humedad, biocapas, contaminación, eflorescencias, contaminación animal.	Apique a 1.5 m de la rasante: Suelo A-2-4 de características Bueno a Moderado o Suelo GP - GC pasa Tamiz # 200 entre 5% y 12%, resistencia al corte alta y la compresibilidad casi nula. Después de 1 metro se encontró roca.

ID	Materiales	Sismo	Sobrecarga en la estructura	Organismos	Cuerpos de agua
Fotografía					
Descripción	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS RAMA TÉCNICA DIVISION DE INGENIERIA PUENTE DE PLACA Y VIGAS LUZ LIBRE 8.00 MTS. CONCRETO DE 2.000 LBS/PULG. ACERO ESTRUCTURAL 20.000 LBS/PULG.	Zona de Amenaza Sísmica alta, aceleración Aa (g) 0.30	Posee una sobrecarga en un espesor de relleno promedio de 53 cm y un peso unitario de 22.5 kN/m ³ para todo el ancho de calzada. No presentan patologías asociadas a pérdida de capacidad de carga o agotamiento en su superficie.	Ambiente propicio para Vegetación abundante. Temp promedio de 20 °C a 22 °C. Humedad Relativa 71% - 99%. Pluviosidad de 1368 mm / anual	Termitas de concreto obreras y aladas, crean tubos de barro, que utilizan para protegerse de la luz y del ataque exterior como la humedad.

	Nivel de Consecuencia	Categoría de Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Etapas de Vulnerabilidad		Clasificación del Riesgo	
				Probabilidad	Categoría	Riesgo	Categoría
Materiales	3	4	12	Frecuente	A	Alto	2
Sismo	4	4	16	Frecuente	A	Extremo	1
Sobrecarga Estructura	2	2	4	Remota	C	Bajo	4
Organismos	3	2	6	Remota	C	Medio	3
Cuerpos de agua	4	3	12	Probable	B	Alto	2

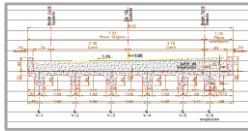
Especialización en Patología de la Construcción

Elaboró: Andrea Marcela Macías Torres
María Jose Orozco Ochoa
Milton Cesar Bolaños Vargas

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

ANÁLISIS DE RIESGOS (MATRIZ DE VULNERABILIDAD) - VIGAS PUENTE

Estudio Patológico Puente (Pontón) PR98+594, Cucuta - Pamplona

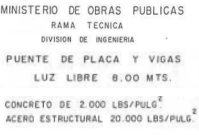
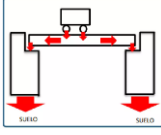


Estructura

Vigas No 1 - No 2 - No 3- No 4- No 5 reforzado de seccion transversal 48 cms x 40 cms apoyadas sobre estribo. Adicionalmente Viga Nueva No 6 de seccion 73 cms x 45 cms para ampliacion Ponton apoyada sobre aleta lateral.

Vigas

ID	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	Viga 6
Fotografia						
Descripción	Manchas blancas de Eflorescencia en la parte Inferior . Se generan principalmente por alta humedad y evaporación desde el interior del concreto hasta el exterior, expulsando sales que van quedando depositadas en la superficie, generando las manchas en el concreto. Así mismo se presenta manchas por eflorescencia en las caras laterales externas de las vigas externas No 1 y No 6, por escorrentía superficial del agua . Falta mantenimiento periódico por parte de la administración, por lo cual las manchas blancas son acumuladas. Presencia de microorganismos tipo moho, liquen y hongo en la parte inferior de todas las vigas .La biocapa o costra que se formo sobre la superficie de concretos se caracteriza por ser una masa de consistencia gelatinosa o mucilaginosa, como consecuencia del asentamiento y presencia de microorganismos vivos y descomposición de microorganismos muertos.					Viga No. 6 Nueva para la ampliacion del ponton con el fin de garantizar el ancho de berma

ID	Materiales	Sismo	Eflorescencias	Hormigueros	Apoyos	Apoyos V6
Fotografia						
Descripción	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS RAMA TECNICA DIVISION DE INGENIERIA PUENTE DE PLACA Y VIGAS LUZ LIBRE 8.00 MTS. CONCRETO DE 2.000 LBS/PULG ² ACERO ESTRUCTURAL 20.000 LBS/PULG ² Concreto de $f_c = 2000$ PSI , acero de refuerzo 1400 Kg/cm ² . 20.000 psi Basados en la cartilla MOPT 1988.El Concreto se observa en buen estado	Zona de Amenaza Sismica alta, aceleración A_a (g) 0.30	Eflorescencia en la parte Inferior considerable. No se realiza mantenimiento y la Humedd acelera y acumula este proceso.	Lesiones puntuales en el recubrimiento del concreto Viga No 3 frente al avance de la carbonatación.	No se logra observar apoyos adecuados bajo las vigas. Se presume que se encuentran deformados, o fueron cubiertos en posteriores reparaciones de la estructura, o simplemente nunca se instalaron	Se observa la viga de ampliación No. 6 apoyada sobre la aleta generando esfuerzos sobre ella.

	Nivel de Consecuencia	Categoria de Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Etapas de Vulnerabilidad		Clasificación del Riesgo	
				Probabilidad	Categoria	Riesgo	Categoria
Materiales	3	4	12	Frecuente	A	Alto	2
Sismo	4	4	16	Frecuente	A	Extremo	1
Eflorescencia	2	2	4	Remota	C	Bajo	4
Hormigueros	3	2	6	Remota	C	Medio	3
Apoyos	3	2	6	Remota	C	Medio	3
Apoyos V6	3	2	6	Remota	C	Medio	3

Especialización en Patología de la Construcción

Elaboró: Andrea Marcela Macías Torres

Maria Jose Orozco Ochoa

Milton Cesar Bolaños Vargas

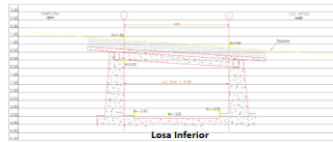


UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

Estudio Patológico Puente PR98+594, Norte de Santander

ANÁLISIS DE RIESGOS (MATRIZ DE VULNERABILIDAD) - LOSAS PUENTE

Estudio Patológico Puente (Pontón) PR98+594, Cucuta - Pamplona



Estructura

Losa inferior en concreto simple ciclopeo la estructura tiene un galibo suficiente. Se presenta socavación en el lecho en la zona de encole y descole dejando una variación considerable en los niveles de la estructura y el terreno. La Quebrada El Tesoro, cruza la vía existente (UF6) a la altura del PR 98+594 (PK 32+766) mediante el pontón en estudio de ancho hidráulico 7.0 m y altura aproximada 3.3 m. **Actualmente No Existe curso de agua, por que la construcción del nuevo proyecto cambio la dinamica de la quebrada.** Igual se tendra en cuenta dentro del analisis. **Losa Superior** concreto reforzado de Espesor de 20 cms.

ID	Losa Inferior, Costado Aguas Arriba	Losa Inferior, Costado Aguas Arriba	Lecho de la Quebrada	Losa Superior, Cara inferior	Losa Superior, Cara Superior
Fotografía					
Descripción	Presenta socavación en el lecho en la zona de encole y descole dejando una variación considerable en los niveles de la estructura y el terreno.	Presenta socavación en el lecho en la zona de encole y descole dejando una variación considerable en los niveles de la estructura y el terreno.	En el lecho de la Quebrada El Tesoro se observan partículas que van desde arenas finas hasta bloques de gran tamaño.	Fisuras localizadas en la cara inferior de la losa superior asociadas a potencial de carbonatación del concreto, en este caso por agresión ambiental generada por el dióxido de carbono, CO ₂ , el cual, unido a la humedad ambiental y de escurrimiento directa, ingresan al concreto a través de sus poros, generando carbonatación.	La estructura no cuenta con un dispositivo de junta de expansión, pero dada las características de la estructura no se considera indispensable su instalación.

ID	Materiales	Sismo	Cuerpos de agua	Sobrecarga en la estructura	Carbonatación	Organismo Vegetal
Fotografía						
Descripción	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS RAMA TÉCNICA DIVISION DE INGENIERIA PUENTE DE PLACA Y VIGAS LUZ LIBRE: 8.00 MTS. CONCRETO DE 3.000 LBS/PIULS.² ACERO ESTRUCTURAL 20.000 LBS/PIULS.² Concreto de $f_c = 2000$ PSI, acero de refuerzo 1400 Kg/cm². 20.000 psi Basados en la cartilla MOPT 1988.El Concreto se observa en buen estado	Zona de Amenaza Sísmica alta, aceleración Aa (g) 0.30	Actualmente No Existe, por que por la construcción del nuevo proyecto cambio la dinamica de la quebrada. Igual se tendra en cuenta dentro del analisis. Quebrada el Tesoro	Posee una sobrecarga en un espesor de relleno promedio de 53 cm y un peso unitario de 22.5 kN/m³ para todo el ancho de calzada. No presentan patologías asociadas a pérdida de capacidad de carga o agotamiento en su superficie.	Las fisuras en la cara inferior de la losa superior están asociadas a carbonatación, en este caso por agresión ambiental generada por el dióxido de carbono, CO₂, el cual, unido a la humedad ambiental y de escurrimiento directa de la losa superior, generan el ataque por carbonatación.	Ambiente propicio para Vegetación abundante. Temp promedio de 20 o C a 22 o C. Humedad Relativa 71% - 99%. Pluviosidad de 1368 mm / anual

	Nivel de Consecuencia	Categoría de Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Etapas de Vulnerabilidad		Clasificación del Riesgo	
				Probabilidad	Categoría	Riesgo	Categoría
Materiales	3	4	12	Frecuente	A	Alto	2
Sismo	4	4	16	Frecuente	A	Extremo	1
Cuerpos de agua	2	3	6	Probable	B	Medio	3
Sobrecarga en la estructura	4	4	16	Frecuente	A	Extremo	1
Carbonatación	4	3	12	Probable	B	Alto	2
Organismo Vegetal	2	2	4	Remota	C	Bajo	4

Especialización en Patología de la Construcción

Elaboró: Andrea Marcela Macías Torres
Maria Jose Orozco Ochoa
Milton Cesar Bolaños Vargas

Nota. Fuente Propia



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

