



INSPECCION VISUAL

CONEXIÓN VIAL ROSARIO – VICTORIA

SOLANGE FERRARIS



INSPECCIÓN VISUAL

CONEXIÓN VIAL ROSARIO-VICTORIA

INSPECCIÓN VISUAL

CONEXIÓN VIAL ROSARIO-VICTORIA

Informe Técnico de Práctica Supervisada

Por

SOLANGE FERRARIS

Tutor interno

FERNANDO J. GARCÍA, Prof. Ing. Civil

Tutor externo

JUAN J. VILLAFANE, Ing. Civil

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Córdoba 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a aquellas personas que han estado a mi lado en mi paso por la Facultad.

A mi mamá, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, por el amor y por cada palabra de aliento.

A mis hermanos. Por impulsarme a ser quien soy y por su confianza incondicional que siempre se hizo notar.

A mi papá, por sus consejos.

A mi abuela Ida. Por su ayuda constante y por ser esa persona especial.

A mi novio, por su compañía en todo momento y nunca dejarme bajar los brazos.

A mis amigos de toda la vida. En especial a Daniela, Eugenia y Luciana por cada palabra de apoyo, cada encuentro y simplemente por esta valiosa relación de amistad.

A las amigas que me dejó la Facultad. Por cada recreo compartido, cada trabajo en equipo, cada tarde de estudio. Sin su compañía no hubiese sido lo mismo.

A mis familiares, presentes física o espiritualmente, por el apoyo y la ayuda brindada.

A todos los que integran SETEC por dejarme formar parte del grupo de trabajo y hacer más amigable mi inserción en el ámbito laboral; en especial al Ing. Huerta y al Ing. García por la oportunidad, por su tiempo y dedicación brindados en este proceso.



RESUMEN

Este informe de práctica supervisada presenta las tareas realizadas en la asistencia a la Inspección Visual de la “Conexión Vial Rosario-Victoria”.

El objetivo del informe es plasmar en forma ordenada las experiencias vividas y el conocimiento adquirido en la práctica profesional.

El informe condensa la descripción de las tareas profesionales realizadas en la inspección tanto en campo como en la oficina, la interacción con el grupo de profesionales participantes de la inspección y la búsqueda de los orígenes de los fenómenos observados. El enfoque propuesto por el tutor pretende reflejar los conceptos adquiridos, sin ahondar en las tareas científicas, pero recurriendo a la guía de los profesionales participantes para la comprensión de los fenómenos observados.

La Práctica Supervisada ha sido realizada en la Empresa SETEC S.R.L. (Sociedad de Estudios Técnicos y Económicos), encargada de efectuar la Inspección Visual Anual de la “Conexión Vial Rosario-Victoria” para la Empresa delegada del mantenimiento “Puentes del Litoral”.

Se desarrollará la octava Inspección realizada en esta Conexión Vial acotada a los elementos estructurales principales que forman parte de los puentes.

Las inspecciones de puentes son complejas y deben realizarse de forma ordenada, se deben preparar con antelación, estudiar los antecedentes del puente y analizar todos los datos existentes de inspecciones anteriores. En consecuencia esta tarea se ha basado en los conceptos de “poder ver, saber ver, saber lo que se quiere ver”.

En la primera parte se realizó una descripción de las estructuras que forman la Conexión Vial: Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zonas de Islas. Se comentó acerca de la ubicación geográfica, las condiciones del entorno y el sistema estructural. Se definió el alcance de las tareas, se indicó cuál fue la metodología y pasos a seguir para la realización de la inspección, y cómo se llevaron a cabo cada una de las tareas ejecutadas en campo y en oficina.

Se describió el relevamiento y la inspección de cada uno de los elementos observados que luego se analizaron como las superficies, fisuras y anomalías de la Superestructura, Juntas de Dilatación, Dispositivos de Apoyo y las Protecciones de los Taludes en los Puentes en Zona de Islas.

Se desarrolló un marco teórico sobre la funcionalidad, componentes, deterioros típicos a observar en el relevamiento y demás consideraciones específicas para cada elemento de la estructura. Seguidamente se comentó lo que se observó e inspeccionó, acompañado de fotografías que fueron obtenidas en el relevamiento realizado en campo.

Se detalló el proceso de evaluación del estado de conservación realizado por el grupo profesional en base a lo observado en el relevamiento, y desde el punto de vista conceptual las consideraciones que se tuvieron en cuenta para esta determinación.

Finalmente se plantearon las recomendaciones y conclusiones en relación a los resultados obtenidos en las evaluaciones.



ÍNDICE

1	INTRODUCCION A LAS INSPECCIONES DE PUENTES	5
1.1	INSPECCION DE LOS PUENTES EN LA CONEXIÓN ROSARIO-VICTORIA	6
2	OBJETIVOS	8
3	DESCRIPCION DE PUENTE PRINCIPAL, VIADUCTOS DE ACCESO, Y PUENTES EN ZONA DE ISLAS.	9
3.1	CONDICIONES DEL ENTORNO.....	10
4	ALCANCE Y METODOLOGÍAS	11
4.1	ALCANCE DE LAS TAREAS	11
4.2	METODOLOGIA A SEGUIR EN LA INSPECCION Y EVALUACION DE PUENTES.....	11
4.2.1	Antecedente sobre la metodología de inspección.....	11
4.2.2	Metodología a seguir en la Inspección Visual.....	12
5	DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS	17
5.1	PUENTE PRINCIPAL Y VIADUCTOS DE ACCESO	17
5.2	PUENTES EN ZONA DE ISLAS	20
6	RELEVAMIENTO E INSPECCIÓN	22
6.1	INSPECCION VISUAL DE SUPERFICIES, FISURAS Y ANOMALIAS EN LA SUPERFICIE	22
6.1.1	Resultados de la Inspección Visual:.....	27
6.2	INSPECCION VISUAL DE JUNTAS DE DILATAACION.....	32
6.2.1	Resultados de la Inspección Visual.....	35
6.3	INSPECCION VISUAL DE DISPOSITIVOS DE APOYO.....	38
6.3.1	Resultados de la Inspección Visual.....	41
6.4	INSPECCION VISUAL DE LAS PROTECCIONES DE LOS TALUDES EN LOS ESTRIBOS DE LOS PUENTES EN ZONA DE ISLAS.....	43
6.4.1	Resultados de la Inspección Visual.....	44
7	ESTADO DE CONSERVACION Y RECOMENDACIONES	46
7.1	EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION.....	46
7.1.1	Superficies, fisuras y anomalías en la Superestructura	46
7.1.2	Juntas de Dilatación.....	46
7.1.3	Dispositivos de Apoyo.....	48
7.1.4	Protecciones de Taludes en los Estribos de los Puentes en Zona de Islas.....	51
8	RECOMENDACIONES SOBRE LA INSPECCION	52
8.1	SUPERFICIES, FISURAS Y ANOMALIAS EN LA SUPERESTRUCTURA	52
8.2	JUNTAS DE DILATAACION.....	52
8.3	DISPOSITIVOS DE APOYO.....	52
8.4	PROTECCIONES DE TALUDES EN LOS ESTRIBOS DE LOS PUENTES EN ZONA DE ISLAS....	53
9	CONCLUSIONES	54
10	BIBLIOGRAFÍA	55



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3.1. Ubicación geográfica - Conexión Vial Rosario-Victoria.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3.2. Ubicación de estructuras a lo largo de la traza de la Conexión Vial Rosario-Victoria.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4.1. Puente Principal-Personal de mantenimiento realizando arreglos en junta de dilatación.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4.2. Viaducto de Acceso Oeste-Inspección Visual de las superficies de superestructura y pilotes</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4.3. Puente Principal-Inspección Visual de obenques y juntas de dilatación.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4.4 Puente en Zona de Islas-Inspección de dispositivos de apoyos</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4.5. Inspección Visual de puentes en Zona de Islas</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5.1 Esquema Longitudinal-Puente Principal.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5.2. Esquema Transversal de Tablero-Puente Principal</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5.3. Esquema Longitudinal-Viaducto de Acceso Oeste.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5.4. Esquema Transversal-Viaducto de Acceso Oeste</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5.5. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 4 y parte del 3.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5.6. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 2 y parte del 3.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5.7. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5.8. Esquema transversal-Viaducto Este-Izquierda: tramo 3 y 4.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5.9. Esquema Transversal-Puente Banderas</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5.10. Esquema Longitudinal-Puente Banderas-Tramo Oeste.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5.11. Esquema Longitudinal-Puente Banderas-Tramo Este.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6.1. Fisura en Junta Constructiva por defectos en su ejecución.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6.2. Esquema-Fisuras en vigas por efectos de Flexión Simple. Imagen en Ref. [5].....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6.3. Esquema-Fisuras en viga por Torsión. Imagen en Ref. [5].....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6.4. Esquema-Evolución de fisura en viga-Esfuerzo Cortante. Imagen en Ref. [5]</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6.5. Manifestación de fisuras por corrosión de armaduras en pila. Imagen en Ref. [5] 26</i>	
<i>Figura 6.6. Manifestación de eflorescencia en tablero de un puente. Imagen en Ref. [5]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6.7. Manifestación de crecimiento de líquenes y musgo en paramento de hormigón. Imagen en Ref. [5].....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6.8. Antecedente del panorama de fisuración en el Puente Principal</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6.9. Fisura reparada en el tramo central del PP con sellado epoxídico</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6.10. Fisuras selladas en tablero del Puente Principal</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6.11. Esgurrimiento en junta Gerber N° 7- Aguas arriba-Viaducto de Acceso Este</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6.12. Presencia de nidos en junta Gerber N° 16-Aguas abajo-Viaducto de Acceso Este</i>	<i>29</i>



<i>Figura 6.13. Fisuras en viga entre ejes de pilas 45 y 46-Aguas arriba-Viaducto de Acceso Oeste</i>	30
<i>Figura 6.14. Panorama fisurativo en viga entre ejes de pilas 45 y 46-Aguas arriba-Viaducto de Acceso Oeste</i>	30
<i>Figura 6.15. Vista inferior del tablero-Puente Carbón Grande 1</i>	31
<i>Figura 6.16. Nidos en junta Gerber N° 2-Aguas arriba-Puente Paranacito Victoria</i>	31
<i>Figura 6.17. Junta de perfil elastómero armado. Imagen en Ref. [2]</i>	33
<i>Figura 6.18. Acumulación de material en junta tipo peine. Imagen en Ref. [5]</i>	34
<i>Figura 6.19. Manifestación de fisuras y pérdida de material de borde en una junta. Imagen en Ref. [5]</i>	35
<i>Figura 6.20. Pérdida de material elastomérico, acumulación de material granular y pérdida de protección de anclajes-Junta de dilatación N° 14-Viaducto de Acceso Este</i>	36
<i>Figura 6.21. Mancha por falta de estanqueidad de junta de dilatación N° 9-Aguas Arriba-Viaducto de Acceso Este</i>	36
<i>Figura 6.22. Manchas por escurrimiento de agua en viga cabecera encuadrada en amarillo-Viaducto de Acceso Oeste</i>	37
<i>Figura 6.24. Deterioros en material de transición y armadura expuesta-Junta de dilatación N°2–Puente en Zona de Islas (Carbón Grande 1)</i>	37
<i>Figura 6.23. Acumulación de material granular en canaletas de elongación-Junta de dilatación N°2-Puente en Zona de Islas (Carbón Grande 2)</i>	37
<i>Figura 6.25. Leve hundimiento en junta de dilatación N°1 (estribo oeste)-Puente en Zona de Islas (La Camiseta 1)</i>	38
<i>Figura 6.26. Junta de dilatación lado Oeste-Aguas Arriba-Puente Principal</i>	38
<i>Figura 6.27. Apoyo deslizante tipo POT</i>	40
<i>Figura 6.28. Manifestación de pérdida de la posición original. Imagen en Ref. [5]</i>	40
<i>Figura 6.29. Desplazamiento y corte de teflón (PTFE)- Apoyo estribo oeste (aguas arriba)-Puente Paranacito Victoria</i>	42
<i>Figura 6.30. Desplazamiento de teflón (PTFE)-Apoyo estribo oeste (aguas abajo)-Puente Zanja la Zorra</i>	42
<i>Figura 6.31. Presencia de nidos y telgopor-Apoyo N° 16 (Aguas abajo)-Viaducto de Acceso Este</i>	42
<i>Figura 6.32. Asentamiento localizado de la protección del estribo Oeste-Puente Banderas</i>	44
<i>Figura 6.33. Asentamiento localizado de la protección del estribo Este-Puente Camiseta 1</i>	45
<i>Figura 7.1. Carrera de juntas del Puente ZE (Paranacito Victoria)</i>	47
<i>Figura 7.2. Esquema de apoyos en articulaciones Gerber-Excentricidad (e) Positiva (izquierda), Negativa (derecha)</i>	49
<i>Figura 7.3. Dispositivo de apoyo en Puente en Zona de Islas-Centro de placa superior y centro de plato inferior</i>	50



1 INTRODUCCION A LAS INSPECCIONES DE PUENTES

En el presente informe se desarrollará la octava Inspección realizada en esta Conexión Vial acotada a los elementos estructurales principales que forman parte de los puentes.

Una definición ajustada a lo que entendemos por inspección enuncia:

“La Inspección es el conjunto de acciones realizadas tanto en campo como en gabinete que tienen como objetivo principal facilitar los datos necesarios para conocer el estado de conservación de un puente en un instante dado”.

Conocer el estado de conservación de un puente permite adoptar las medidas necesarias a tiempo para prevenir daños que comprometan la seguridad de los usuarios y de la estructura. En la ingeniería estructural es reconocida la necesidad de mantenimiento preventivo para minimizar los costos operación y las intervenciones de reparación, y que los costos de mantenimiento y reparación son de un orden inferior a la reconstrucción.

En algunos países del mundo, para la optimización de Inspecciones y debido a la gran cantidad de información que se maneja, existe lo que se denomina “Sistema de Gestión de Obras de Paso”. Según una Guía para la Inspección de Puentes de la Dirección General de Carreteras del Gobierno de España, este Sistema es muy útil debido a que permite dar una estimación del estado de las obras mediante los resultados de las campañas (a través de un “índice de condición”). Admite la elaboración de un programa de actuación adaptado a los presupuestos anuales disponibles, y el correspondiente control y seguimiento de dichos programas para determinar luego la eficacia de las actuaciones y su correcta elección y planificación.

El sistema otorga el establecimiento de prioridades de reparación teniendo en cuenta múltiples factores como la seguridad estructural, funcionalidad, tráfico, importancia de la vía donde está ubicada la estructura, entre otros, para definir prioridades y alternativas de reparación con su costo.

Las inspecciones realizadas de forma eficaz tienen en cuenta que es una tarea compleja, es importante contar con los siguientes tres aspectos:

- “Poder ver”, es decir, contar con los medios de acceso necesarios para poder revisar los distintos elementos del puente;
- “Saber ver”, los inspectores deben ser personas calificadas y con un anterior conocimiento sobre el tema y, por último;
- “Saber lo que se quiere ver”, se debe preparar con antelación la inspección, estudiar los antecedentes del puente y analizar todos los datos existentes de inspecciones anteriores.

La inspección de los puentes no se limita solo a los elementos que conforman las Infraestructura y la Superestructura, sino que se extiende a otros elementos anexos como pueden ser los muros de contención, terraplenes y vías de acceso, cauces, entre otros; cuyo estado de conservación puede tener una incidencia apreciable en su funcionalidad y durabilidad.

Existen distintos niveles de inspección que se diferencian en su intensidad, frecuencia, medios humanos y materiales empleados. Habitualmente los tipos de inspecciones que se suelen explicitar en los Manuales o Guías para Inspección de Puentes son: las Inspecciones Básicas (o rutinarias), Principales y Especiales.



Las Inspecciones Básicas se realizan con una frecuencia aproximada de un año, permiten detectar deterioros de forma temprana y poder así prevenir que estos no degeneren en deterioros graves. Las Inspecciones Principales son efectuadas aproximadamente cada cinco años por personal especializado en las que se inspecciona de forma detallada cada una de las partes del puente pudiendo utilizar elementos auxiliares sencillos, tienen como objetivo evaluar cualitativa y cuantitativamente los deterioros observados, para determinar el estado de conservación del puente. Por último, las Inspecciones Especiales no se realizan con carácter periódico sino que surgen, generalmente, como consecuencia de los daños detectados en la Inspección Principal, o excepcionalmente, a partir de una situación particular (tras un accidente, socavación o simplemente cuando la evidencia de un daño lo aconseje); además del examen visual se necesitan ensayos y mediciones complementarias por lo que se debe contar con la presencia de técnicos y equipos especiales.

Por ejemplo: en el año 2009, en el Puente Principal Rosario-Victoria y como consecuencia de un accidente entre dos camiones se incendió la cabina de uno de ellos cerca de la zona de los obenques. Para determinar en qué condiciones se encontraban los elementos estructurales que habían sido alcanzados por el fuego se realizó una inspección especial. Se llevaron a cabo relevamientos por medio de fotografías y ensayos en los obenques que presentaban evidencias exteriores de haber sido alcanzados por el fuego y por tanto podrían haber sufrido alguna pérdida de fuerza como consecuencia del calentamiento. Con los resultados de los estudios se formularon las correspondientes recomendaciones de reparación.

1.1 INSPECCION DE LOS PUENTES EN LA CONEXIÓN ROSARIO-VICTORIA

Las Inspecciones rutinarias en el Puente Rosario-Victoria son realizadas con una frecuencia anual. Se efectúan en los dos Viaductos de Acceso (Este y Oeste) y en la seguidilla de los doce puentes que se encuentran entre dicho puente principal y la ciudad de Victoria, el conjunto recibe el nombre de “Conexión Vial Rosario-Victoria”.

Normalmente, la inspección se inicia con la losa y la superestructura, luego se sigue con la infraestructura y finalmente con los elementos anexos. Es importante establecer un protocolo de inspección que facilite seguir un proceso ordenado de revisión de los distintos elementos. Eso permite reducir los riesgos de que algún elemento, detalle, o ángulo visual quede sin cubrir. Sin embargo, es frecuente que debido a la disponibilidad de los medios, las condiciones topográficas, de tráfico u otras, resulta conveniente alterar el orden previsto para la visita a fin de dejar reflejadas las posibles incidencias o estados de las cosas principales.

Previamente a la realización de la inspección propiamente dicha, debe llevarse a cabo una planificación de la misma en la que se debe tener en cuenta la importancia de la existencia de un Inventario del puente en cuestión que contenga su historial, información estructural, descripción de la infraestructura y superestructura, información de tránsito, evaluación de cargas e inspecciones anteriores, entre otros. También es importante el estudio de la documentación recopilada, el análisis y la preparación de los medios necesarios para poder inspeccionar los distintos elementos del puente.

Por último, resulta valioso aclarar que como en todo tipo de proyecto, en lo que se refiere a las soluciones que se plantean para las reparaciones que son necesarias ejecutar según el diagnóstico final de la inspección, se requiere de un conocimiento de las condiciones de contorno (fundamentalmente, la necesidad de mantener el tráfico, pero también de las



geometrías de la sección transversal, sistema de contención de vehículos, valor patrimonial, entre otros), de grandes dosis de buen juicio y de los medios disponibles.



2 OBJETIVOS

Los objetivos de la práctica profesional pueden dividirse en dos grupos de distinta índole, uno referido a las experiencias adquiridas como parte de la formación como ingeniera civil, y por otra parte los objetivos que se tratan en el presente informe.

Desde el punto de vista de la formación personal los objetivos fueron:

- Integrarse a un grupo de ingeniería para compartir la tarea profesional cotidiana, visualizar las exigencias de los proyectos y vincular los conocimientos adquiridos en la formación académica con las metodologías y procedimientos de trabajo aplicados en cada etapa de las tareas encomendadas.
- Formar parte de un proyecto, integrar conocimientos y aprender sobre aspectos específicos de los puentes.
- Adquirir una primera experiencia en el ámbito profesional.
- Aplicar, profundizar y llevar a la práctica los contenidos asimilados durante la carrera.

Objetivos del informe:

- Conocer la estructura y rasgos del comportamiento estructural a través de la descripción de la misma, revisión de planos de proyecto y construcción disponibles, y los antecedentes sobre inspecciones anteriores.
- Comprender que son las inspecciones, cuál es su función, como se planifican y como son los resultados.
- Adquirir conocimientos sobre los aspectos destacados en la inspección, y describirlos a través de la investigación bibliográfica y consultal con los tutores.
- Resumir las tareas realizadas y los conceptos adquiridos en un documento ordenado.

Las tareas del ejercicio profesional realizadas fueron la asistencia a la inspección y evaluación de la estructura del Puente Principal Rosario-Victoria, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas, incluyendo los siguientes puntos:

- Participación en la Revisión de los antecedentes y planificación de la inspección.
- Inspección de superficies, fisuras y anomalías en la Superestructura.
- Inspección y evaluación de Juntas de Dilatación y Dispositivos de Apoyo.
- Inspección de Protecciones de Taludes en los Estribos de los Puentes en Zona de Islas.



3 DESCRIPCION DE PUENTE PRINCIPAL, VIADUCTOS DE ACCESO, Y PUENTES EN ZONA DE ISLAS.

En el año 2003, transcurriendo el mes de Mayo, se inauguraba el Puente Rosario-Victoria que había comenzado a construirse a finales de los noventa. Esta conexión vial de 59,4 km de longitud es la continuación de la Ruta Nacional N° 174. Comunica las ciudades de Rosario, en la Provincia de Santa Fe, y Victoria, en la Provincia de Entre Ríos, de la República Argentina.

La parte occidental de esta obra vial está compuesta por el Puente Principal oficialmente conocido “Puente Nuestra Señora del Rosario” y por sus dos viaductos de acceso: Viaducto de Acceso Oeste, desde la ciudad de Rosario, y Viaducto de Acceso Este, desde la ciudad de Victoria. Al Puente Principal, en progresivas crecientes hacia la dirección noreste le suceden doce puentes ubicados sobre las islas del alto delta del Paraná. La denominación que poseen estos puentes partiendo desde Victoria hacia Rosario es la siguiente:

- 1) Puente Ceibo/Victoria (ZA)
- 2) Puente Carbón Chico (ZB)
- 3) Puente Carbón Grande 1 (ZC)
- 4) Puente Carbón Grande 2 (ZD)
- 5) Puente Paranacito Victoria 1 (ZE)
- 6) Puente la Camiseta 1 (ZG)
- 7) Puente La Camiseta 2 (ZH)
- 8) Puente Barrancoso (ZI)
- 9) Puente Banderas (ZJ)
- 10) Puente San Lorenzo (ZK)
- 11) Puente Zanja La Zorra (ZN)
- 12) Puente Paranacito Rosario (ZO)
- 13) Viaducto de Acceso Este (VE)
- 14) Puente Principal (PP)
- 15) Viaducto de Acceso Oeste (VO)



Figura 3.1. Ubicación geográfica - Conexión Vial Rosario-Victoria

El Puente Principal, los Viaductos de Acceso y los doce Puentes en Zona de Islas conforman lo que se conoce como Conexión Vial Rosario-Victoria. En la Fig. 3.2 se puede apreciar la ubicación de dichas estructuras a lo largo de toda la traza.



Figura 3.2. Ubicación de estructuras a lo largo de la traza de la Conexión Vial Rosario-Victoria

3.1 CONDICIONES DEL ENTORNO

La zona aledaña al trayecto de la Conexión Vial Rosario-Victoria se comporta con un clima templado y húmedo la mayor parte del año. Las cuatro estaciones están medianamente definidas, aunque su invierno es bastante suave, corto e irregular. Durante los meses invernales la temperatura mínima promedio es de 5 °C y la máxima promedio de 16 °C, es muy común que haya buena cantidad de días en donde la temperatura máxima supera los 20°C. Los veranos son cálidos y de elevada humedad, hay una temporada calurosa desde octubre a abril (de 18 °C a 36 °C).

Las temperaturas medias anuales se encuentran entre los 16 y 18°C, el volumen de precipitaciones totales varía entre los 800 mm y 1300 mm al año, y la humedad relativa es del 79%. Dichos valores, junto con las relativamente bajas amplitudes térmicas, temperaturas máximas y frecuencia de días con heladas, se producen debido a la acción moderada de grandes masas de agua circundantes.

Los registros de intensidad de vientos existentes en la zona (tomados desde el año 1986 al 1992), informaron velocidades que superaron los 50 km/h. Los vientos más intensos (que superan los 100 km/h) proceden de las direcciones sureste y suroeste, en la dirección noreste se presentan ocasionalmente registros con vientos de intensidades importantes pero algo menores a la antes citadas.

Para realizar la Inspección Visual de una estructura de paso es necesario tener en cuenta las condiciones del entorno, ya sea temperatura, precipitaciones, vientos; como así también las cargas a las que va a estar sometida la misma durante su vida útil. El tipo de vehículo que va a transitar es un aspecto a tener en cuenta, considerando dos tipos de cargas: frecuentes y extremas.



4 ALCANCE Y METODOLOGÍAS

4.1 ALCANCE DE LAS TAREAS

Las inspecciones rutinarias que se llevan a cabo cada año en la Conexión Vial Rosario Victoria, se realizan en base a una propuesta y plan de actividades que consisten en la revisión de antecedentes y planificación en base a los resultados de la última inspección compuesta por una serie de ensayos y relevamientos de las estructuras. En el mes de Octubre del 2015 se ejecutaron las tareas de campo inherentes al plan y luego se elaboró el informe de inspección.

Las tareas planificadas se componen de varios ítems, sin embargo en este trabajo final se describen solo aquellas tareas en las cuales he participado:

- Revisión de los antecedente y planificación de la inspección visual
- Inspección de superficies, fisuras y anomalías en la Superestructura
- Inspección y evaluación de Juntas de Dilatación y Dispositivos de Apoyo
- Inspección de la Protección de Taludes en los Estribos de los Puentes en Zona de Islas

La inspección visual de las superficies, fisuras y anomalías se ejecutó de forma directa en el Puente Principal en los tramos donde existe un carro de inspección que permite visualizar los elementos estructurales de la superestructura. En los Viaductos y en los Puentes en Zona de Islas se hizo mediante cámaras fotográficas ya que no existe un acceso directo como en el Puente Principal. Esta tarea se realiza para constatar el estado de los puntos críticos de los elementos estructurales. Con respecto a las fisuras, se verifica la situación actual respecto a las observaciones anteriores y si hay indicios de nuevos cuadros de fisuración.

En los dispositivos de apoyo correspondientes a las articulaciones Gerber y a los estribos tanto de los puentes en Zona de Islas como en el Viaducto de Acceso Este del Puente Principal, se realizó el relevamiento de los desplazamientos y excentricidades de los mismos.

Para la inspección de la carrera de las juntas de dilatación, se analizaron los valores máximos alcanzados a través de los puntos fijos para registro de la carrera de las juntas, enclavados en la junta de vereda.

También se ejecutó la inspección de la protección de los taludes de los estribos de los puentes constatando el estado general y las irregularidades superficiales para descartar anomalías.

4.2 METODOLOGIA A SEGUIR EN LA INSPECCION Y EVALUACION DE PUENTES

4.2.1 Antecedente sobre la metodología de inspección

Siguiendo una estrategia que permita actuar preventivamente, en la inspección de una estructura, se busca la máxima información posible a través de un examen principalmente ocular. Esta información puede ser muy útil a la hora de dar un diagnóstico sobre las causas de los daños y las recomendaciones acerca de las posibles intervenciones ya sea para corregir las deficiencias o impedir el incremento de las mismas.

Generalmente, resulta ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir seguir una rutina de inspección en todos los puentes. Esto, como se dijo en la introducción, permite que sea



menos probable que algún elemento quede sin cubrir y además colabora positivamente en el ordenamiento y procesamiento fotográfico aportando mayor agilidad.

Inspecciones regulares deben considerarse como una responsabilidad primordial en el mantenimiento. El personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación.

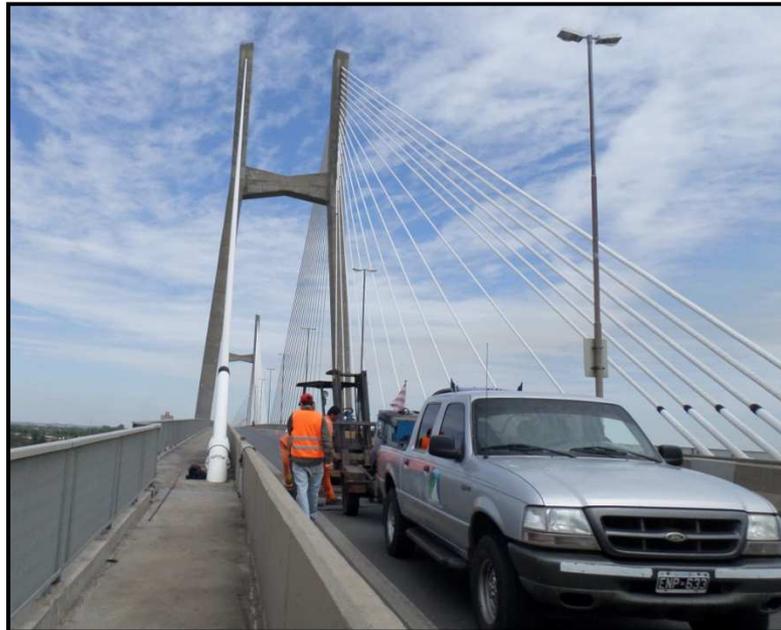


Figura 4.1. Puente Principal-Personal de mantenimiento realizando arreglos en junta de dilatación

4.2.2 Metodología a seguir en la Inspección Visual

La metodología o pasos que se tuvieron en cuenta para realizar la inspección de la “Conexión Vial Rosario-Victoria” fue la siguiente:

Primero resultó importante realizar estas tareas antes del trabajo de campo propiamente dicho:

- Revisión de antecedentes y recopilación de documentación existente en Inventario e Inspecciones anteriores.
- Preparación los medios materiales necesarios para poder llevar a cabo las inspecciones de la manera más correcta y segura posible.

La forma, y en ciertos casos el orden, en el que se relevaron los distintos elementos varió dependiendo si se trataba de los Puentes en Zona de Islas, de los Viaductos de Acceso o del Puente Principal. Igualmente estos van a coincidir en el siguiente punto importante:

- Ejecución de forma sistemática de la inspección en cada uno de los elementos que forman parte de la estructura.

En lo que respecta al relevamiento en campo, las tareas a seguir fueron:



- Inspección visual de las superficies de la Superestructura del Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas. En el Puente Principal se inspeccionarán las fisuras existentes en las vigas de forma directa.
- Visualización del estado e inspección de la carrera de las juntas de dilatación del Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas.
- Relevamiento de los dispositivos de apoyo, en articulaciones Gerber y Estribos tanto en los puentes en Zona de Islas como en el Viaducto del Acceso Este del Puente Principal.
- Inspección visual de las protecciones de los taludes de los estribos de los Puentes en Zona de Islas, para verificar el estado general.
- Ensayos No Destructivos para determinar la fuerza axial actual en los Obenques del Puente Principal.
- Nivelaciones del Puente Principal (a cargo de “Puentes del Litoral/Caminos del Río Uruguay”)

Una vez recopilada toda la información en campo con las fotografías y observaciones, en gabinete se realizaron las siguientes tareas:

- Clasificación de cada una de las fotografías, indicando a que elemento corresponde y las observaciones si es que posee.
- Evaluación de las observaciones, fotografías, deterioros observados y datos obtenidos.
- Elaboración del informe de inspección.

Si bien la tarea a realizar en campo es la que más atención y energías requiere no es la que define el éxito de la inspección, el trabajo en gabinete antes y después del trabajo de campaña fueron de suma importancia para que la inspección se lograra satisfactoriamente. Antes de realizar la tarea en campo, se debió revisar la documentación existente sobre los puentes, su inventario y los informes de inspección anteriores. Esto permitió tomar conocimiento de si existían circunstancias especiales, como deterioros ya observados en ciertos elementos, que necesiten una inspección más detallada.

Es importante contar con los medios materiales necesarios para llevar a cabo las inspecciones, ya sean aquellos que permitan garantizar la seguridad del personal en las tareas de campo como chalecos, cascos, botas de agua, entre otros; como también los medios auxiliares que contribuyen a la efectividad de los relevamientos como cuaderno de anotaciones en donde se plasman las observaciones y datos necesarios que vayan surgiendo, binoculares, cámara fotográfica y sus accesorios como cargadores, baterías, etcétera.

También resultó significativo, a la hora de realizar el trabajo de campo, tener un listado de identificación de los puentes, una guía de los elementos a inspeccionar y los resultados relevantes de las inspecciones anteriores para saber a qué elementos prestarle mayor atención.



La inspección visual de las superficies de la Superestructura del Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas se ejecutó con la ayuda de cámaras fotográficas de alta resolución y mediante binoculares de gran alcance para constatar el estado de los puntos críticos de los elementos de difícil acceso.

En el Puente Principal el relevamiento de los elementos estructurales que forman la superestructura se realizó de forma directa mediante un carro de inspección que recorre la parte inferior del tablero. También se observó el estado de los obenques: los capuchones, cinta protectora y cuerpos de los anclajes.

El relevamiento de los dispositivos de apoyo de las articulaciones Gerber de los Puentes en Zonas de Islas y del Viaducto de Acceso Este se realizó mediante un brazo al que se le adosó una cámara fotográfica con conexión “wifi” conectada a una tablet que visualizaba lo que el lente óptico de la cámara tomaba, y capturaba la imagen. El relevamiento se comenzó desde el Puente Ceibo Victoria y se siguió el siguiente recorrido en todos los puentes en Zona de Islas: primero se bajó hasta el pie del talud del estribo Este y se visualizó y fotografió los dos dispositivos de apoyo (aguas arriba y abajo) de ese estribo, luego se siguió el recorrido por la vereda peatonal hacia el estribo Oeste relevando todos los dispositivos de apoyo aguas arriba, ya

en el estribo Oeste se bajó nuevamente al pie del talud para relevar los dispositivos de apoyo de este estribo, y luego el recorrido final se hizo desde el estribo Oeste hacia el Este, en la vereda de en frente y en sentido opuesto al anterior, relevando todos los dispositivos de apoyo aguas abajo.



Figura 4.2. Viaducto de Acceso Oeste-Inspección Visual de las superficies de superestructura y pilotes



Figura 4.3. Puente Principal-Inspección Visual de obenques y juntas de dilatación



Figura 4.4 Puente en Zona de Islas-Inspección de dispositivos de apoyos

En el Viaducto de Acceso Este, para el relevamiento de los dispositivos de apoyo en las Articulaciones Gerber, se comenzó desde la articulación Gerber que lo conecta con el Puente Principal y se continuó hacia el estribo Este relevando todos los dispositivos aguas abajo, se continuó con los dispositivos aguas arriba desde el estribo Este hacia el Puente Principal.

Al mismo tiempo, en cada uno de los Puentes en Zona de Islas que se bajó al pie del talud para inspeccionar los dispositivos de apoyo de los estribos, se relevaron las protecciones de los taludes de los dos estribos de cada puente por medio de inspección visual.

El estado superficial de las juntas de dilatación se visualizó en el mismo recorrido realizado para la inspección de cada una de los dispositivos de apoyo.

Antes de comenzar con el relevamiento de cada uno de los Puentes en Zonas de Islas, se tomó una foto al cartel que identifica al puente. Esto fue de gran ayuda para el momento de ordenamiento y procesamiento de las fotos permitiendo saber que las fotos que le continúan a la del cartel pertenecen a ese puente eliminando cualquier duda surgida.

Para determinar la fuerza axial actual en los Obenques del Puente Principal, el procedimiento de ensayo se basó en la determinación del período fundamental del cable a partir del registro, en un equipo de adquisición de datos digitales, de las señales generadas en un geófono a través de pequeños impulsos aplicados en las cercanías del extremo inferior del cable. Estos registros están directamente relacionados con las fuerzas axiales actuantes en el cable.

Con respecto a las nivelaciones del Puente Principal, una vez obtenidos los datos de las mediciones realizadas por el comitente “Puentes del Litoral/Caminos del Río Uruguay” en Julio de 2015 se realizó el análisis comparándolos con datos de las campañas anteriores. Este análisis permitió concluir si el estado actual del Puente es normal o presenta alguna singularidad en el comportamiento de la estructura o de sus fundaciones. Luego, los resultados de las mediciones obtenidas fueron utilizados para calibrar el Modelo de Deterioro del Puente, que contempla la evolución en el tiempo del perfil vertical de la rasante del puente y la evolución de la frecuencia fundamental del Puente Principal.

Es importante aclarar que si bien estas últimas dos tareas realizadas en el Puente Principal, medición de fuerza axial de los obenques y nivelaciones del tablero, que forman parte del



proceso de inspección que se realiza anualmente en la Conexión Vial Rosario Victoria, no se va a ahondar en las mismas debido a que no se corresponden con los alcances de este informe.

La campaña de medición de carrera de las juntas de dilatación se realizó en los meses de Marzo y Agosto del año 2015 por el comitente “Puentes del Litoral/Caminos del Río Uruguay”. Se obtuvieron los datos de dichas campañas para efectuar los análisis junto con las mediciones de las campañas previamente realizadas para el Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas.



Figura 4.5. Inspección Visual de puentes en Zona de Islas

Culminadas las tareas de inspección realizadas en campo se continuó con el proceso en gabinete. Primero se realizó el ordenamiento de las fotos clasificándolas por puente y por elemento estructural. A aquellos elementos que presentaban observaciones se las agregó en la fotografía correspondiente.

Con el material de Inventario, las inspecciones anteriores, el registro fotográfico de cada uno de los elementos inspeccionados, las observaciones relevadas en campo y los datos obtenidos a partir de los ensayos y las mediciones, se realizaron los análisis y evaluaciones prestándole mayor importancia a aquellos elementos que presentaron deterioros.

Finalmente se elaboró el informe de inspección. En el mismo se redactó el alcance de las tareas, cómo se realizó cada una en campo, las evaluaciones, el análisis de los datos obtenidos, y las recomendaciones y conclusiones. Se incluyeron descripciones, diagramas y fotografías que detallan los defectos hallados; así mismo se precisó la ubicación del problema y su extensión.



5 DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS

5.1 PUENTE PRINCIPAL Y VIADUCTOS DE ACCESO

La conexión junto con los dos Viaductos de Acceso y el puente principal cuentan con una calzada de dos carriles por sentido de circulación, banquetas pavimentadas y defensas de protección vehicular.

La longitud del Puente Principal es de 608 metros. Al igual que los dos Viaductos de Acceso cuenta con una calzada de dos carriles por sentido de circulación. Este puente salva el cauce mayor del Río Paraná con una luz 300 metros libres de ancho para el canal de navegación, y 50,3 metros de gálibo vertical mínimo sobre el nivel +7,63 m I.G.N. que corresponde al 90 % del tiempo de permanencia de las aguas.

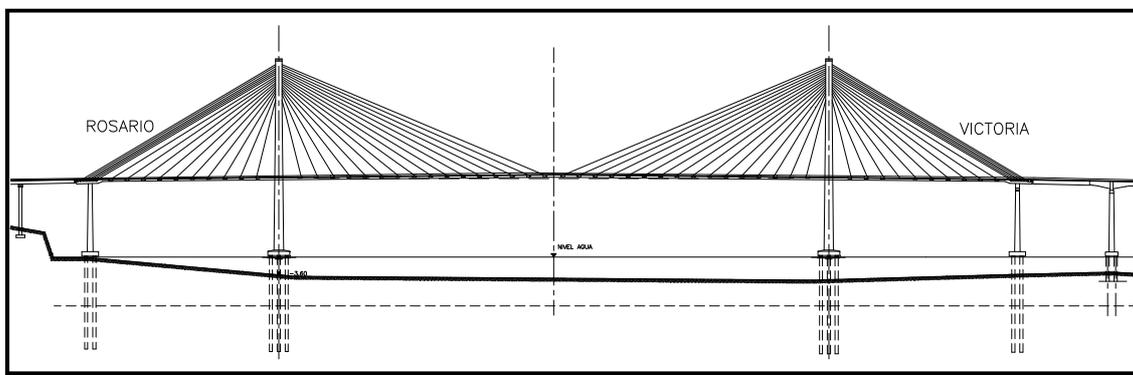


Figura 5.1 Esquema Longitudinal-Puente Principal

Es un puente del tipo atirantado. El tablero con dos vigas principales en los extremos y con vigas transversales cada cierta distancia queda soportado por obenques que se anclan en la parte superior de dos torres en forma de H. En la región de las pilas de anclajes (pilas extremas del puente) el tablero se hormigona “in situ” y marca la transición entre el sistema de emparrillado transversal utilizado en el Puente Principal y el sistema de vigas longitudinales de los viaductos.

Para acceder al Puente Principal desde la ciudad de Rosario se cuenta con el Viaducto de Acceso Oeste que posee una longitud de 1130 metros. Es un tipo de puente viga. La superestructura está constituida por vigas longitudinales prefabricadas, y la losa hormigonada en segunda etapa. Pórticos de 3 pilas formados por una viga cabecera superior, 3 columnas circulares y una fundación directa por zapatas corridas componen la infraestructura del viaducto junto al estribo convencional de alas paralelas que se encuentra sobre el extremo oeste y está apoyado sobre tres tabiques fundados en una zapata.

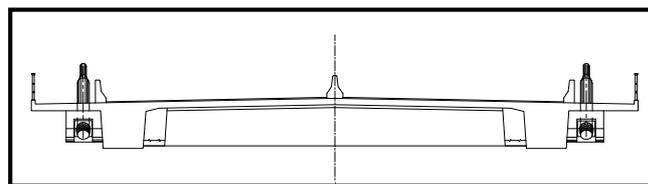


Figura 5.2. Esquema Transversal de Tablero-Puente Principal

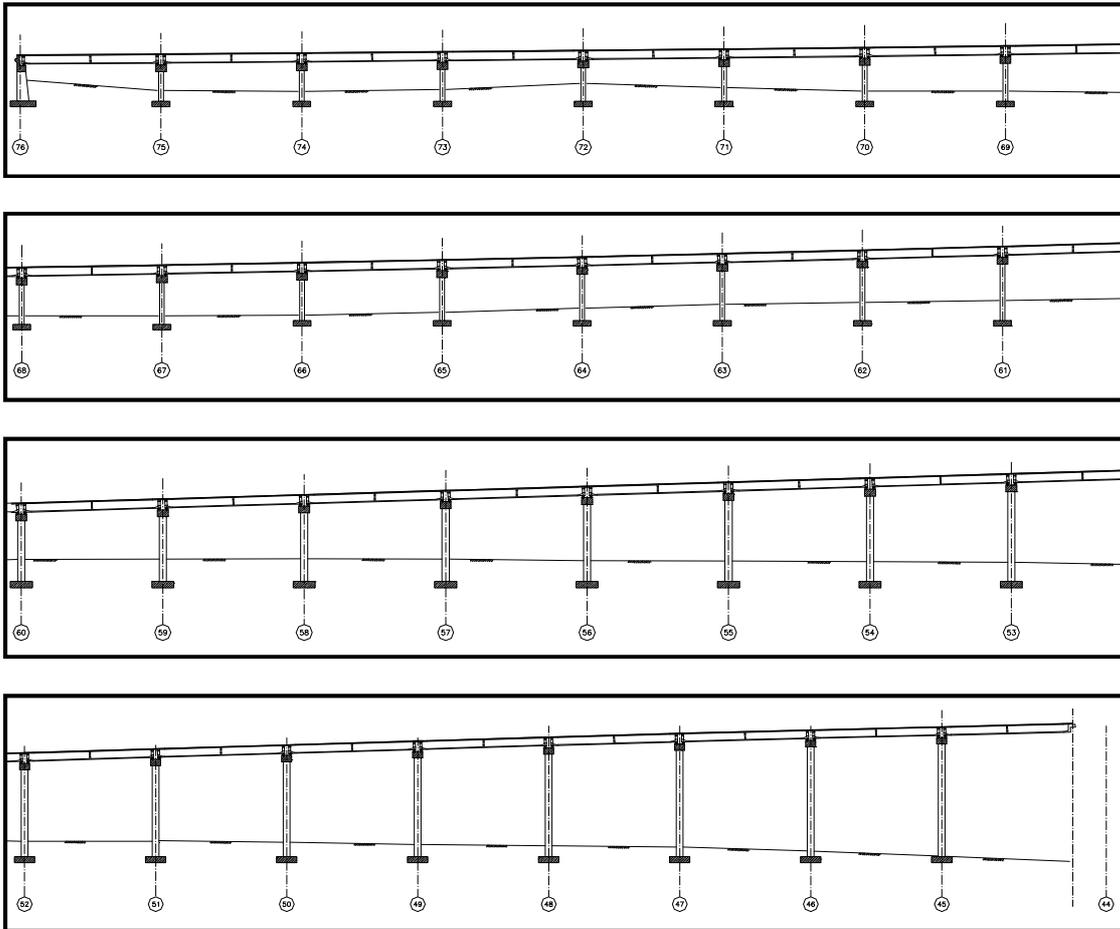


Figura 5.3. Esquema Longitudinal-Viaducto de Acceso Oeste

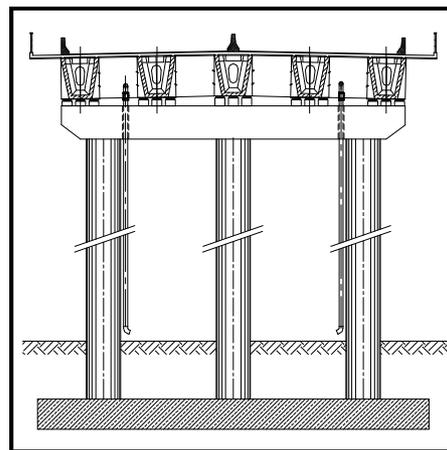


Figura 5.4. Esquema Transversal-Viaducto de Acceso Oeste

El Viaducto de Acceso Este posee una longitud de 2377 metros. Se divide en cuatro tramos, los dos que continúan el Puente Principal (tramos 3 y 4) son de nivel alto, y los otros dos restantes (tramos 1 y 2) de nivel bajo. A diferencia del Viaducto Oeste, la sección de la superestructura es de tipo viga-placa compuesta por una losa empotrada en 3 vigas longitudinales que conforman pórticos con las pilas. Sobre cada pórtico se asienta un tramo de 120 metros de distancia, correspondiendo con las juntas de dilatación, donde se ubican las articulaciones tipo Gerber con



capacidad de soportar los movimientos longitudinales. Las vigas son estructuras postensadas en dirección longitudinal. En los tramos 3 y 4, la infraestructura se compone de 5 a 6 pilotes por eje que coronan en un cabezal y por encima del mismo se ubican las pilas. En los tramos 1 y 2, con 3 pilotes por eje, la infraestructura se compone por pilotes-columnas que suben hasta el nivel de la viga cabecera y por un estribo de muros paralelos en el extremo este.

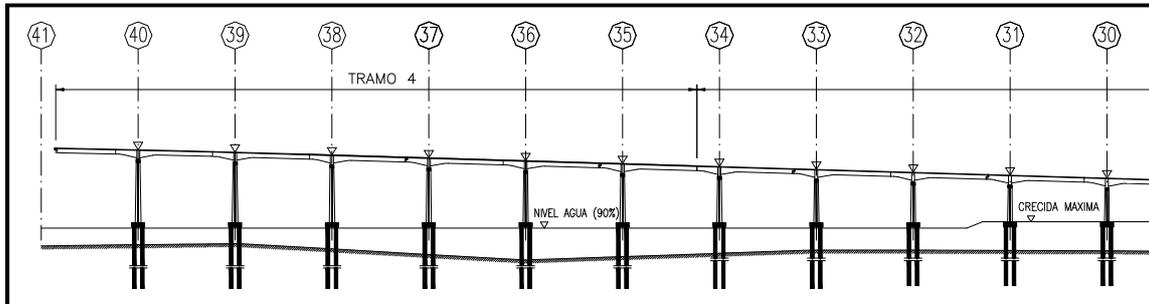


Figura 5.5. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 4 y parte del 3

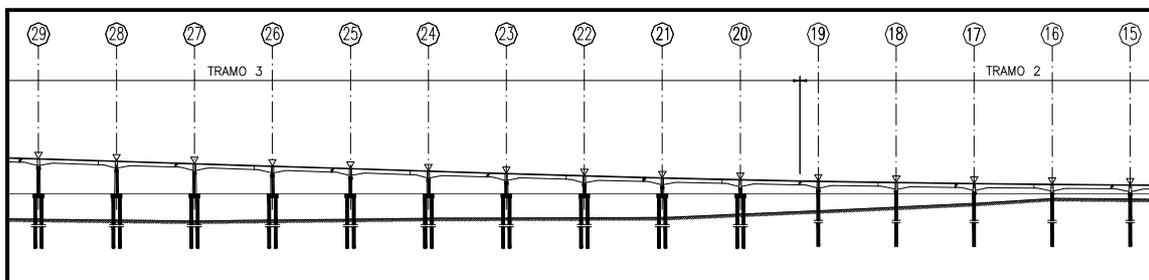


Figura 5.6. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 2 y parte del 3

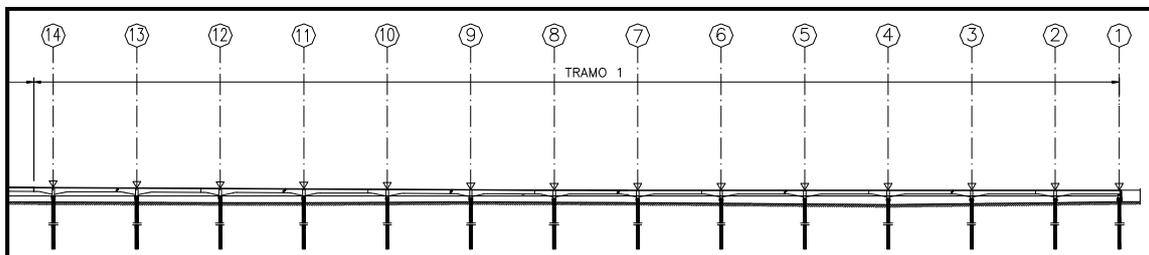


Figura 5.7. Esquema Longitudinal-Viaducto Este-Tramo 1

El Puente principal y el Viaducto Este cruzan un sector del Río Paraná sumamente utilizado por el tráfico fluvial. Una gran cantidad de graneleros, contenedores, tanques, barcazas y trenes de barcazas navegan por la vía fluvial. Con el canal de navegación localizado en el centro del vano principal del Puente Principal, una serie de pilas a ambos lados de este canal, se encuentran en riesgo de ser impactadas por barcos navegando fuera del canal por aberración del rumbo. Es por eso que ante la necesidad de evitar choques contra las pilas que se encuentran cerca del canal, se construyeron estructuras de protección que

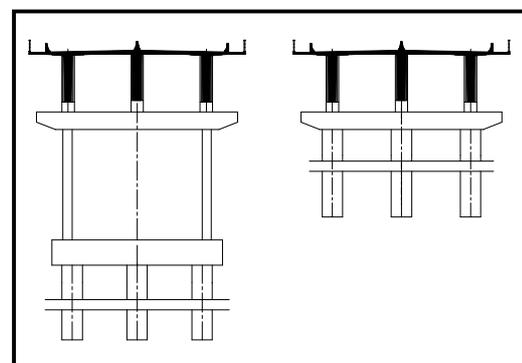


Figura 5.8. Esquema transversal-Viaducto Este-Izquierda: tramo 3 y 4.
Derecha: tramo 1 y 2.



consisten en cabezales de hormigón que van a absorber las grandes energías en casos de impactos.

5.2 PUENTES EN ZONA DE ISLAS

En la Zona de Islas, los puentes están pensados principalmente para interrumpir a intervalos apropiados el efecto dique creado por el terraplén sobre el que se desarrolla la conexión. La longitud total de las estructuras de los doce puentes es de 8184 metros. Se ha adoptado una calzada de 8,30 metros de ancho, con defensas tipo New Jersey como protección de las veredas. Del total de los puentes, la mitad posee la condición de navegable con un gálibo vertical mínimo de 10,00 m sobre la cota + 7,00 IGM y un gálibo transversal mínimo de 45 m de luz libre para navegación.

En consideración de la magnitud de las obras y la necesidad de reducir los tiempos de construcción, se adoptó una tipología de puente lo más estandarizada posible. La tipología del tablero y el método de construcción adecuados se identificaron en módulos de 60 m de luz al igual que el Viaducto Este. La superestructura está constituida por una losa superior en hormigón armado de espesor variable, empotrada en dos vigas principales postensadas, en sentido longitudinal. Las juntas de dilatación del tablero están situadas de manera típica cada dos luces, o sea a intervalos de 120 metros, y a 14 metros del eje de los pilares, donde están previstas articulaciones tipo Gerber. La estructura soporte del tablero está compuesta por pilares equidistantes materializados por dos pilotes-columnas conectados por una viga cabecera que permite el apoyo de las vigas longitudinales, y por dos estribos con una configuración inicial absolutamente idéntica a la de las pilas intermedias.

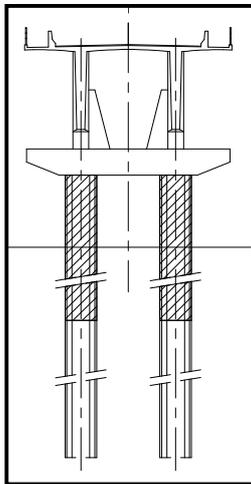


Figura 5.9. Esquema
Transversal-Puente
Banderas

La sección transversal es la misma en todos los Puentes en Zona de Islas, varían longitudinalmente según la cantidad de tramos. Se muestran esquemas longitudinales (Fig. 5.10 y 5.11) y transversal (Fig. 5.9) del Puente Banderas que forma parte de los Puentes en Zonas de Islas, posee nueve tramos y es navegable.

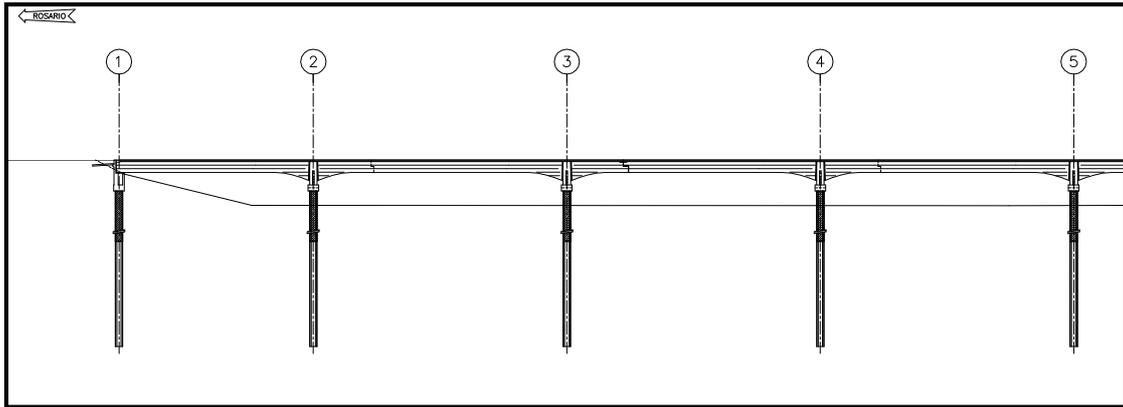


Figura 5.10. Esquema Longitudinal-Puente Banderas-Tramo Oeste

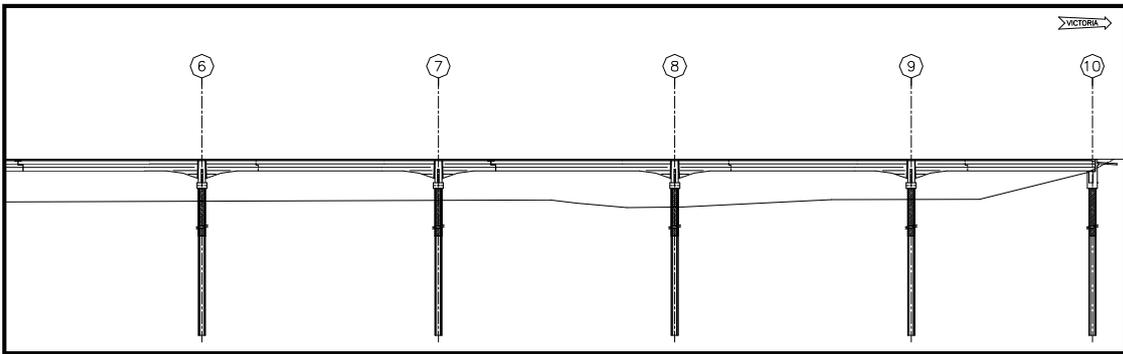


Figura 5.11. Esquema Longitudinal-Puente Banderas-Tramo Este



6 RELEVAMIENTO E INSPECCIÓN

6.1 INSPECCION VISUAL DE SUPERFICIES, FISURAS Y ANOMALIAS EN LA SUPERFICIE

En hormigón armado, el factor relevante para visualizar la calidad del comportamiento en un elemento estructural y potenciales deficiencias, es el estado fisurativo. Las fisuras pueden deberse a múltiples causas y cuando se manifiestan en algún componente vital de la estructura requerirá más detallada investigación de ingeniería. Los registros fotográficos tomados logran captar las fisuras relevantes que se presentan en la estructura.

En el Puente Principal, la magnitud de los esfuerzos asociados con las zonas de anclajes es claramente diferente al de las secciones normales (lejos de los anclajes) por estar concentrados, y en las zonas normales los esfuerzos están distribuidos a lo largo de la sección del puente.

La Superestructura de los Puentes en Zona de Islas y del Viaducto Este está conformada por vigas postensadas continuas empotradas en las pilas-pilotes y relacionadas entre sí mediante articulaciones tipo Gerber, presentan sus puntos críticos en el entorno de esas articulaciones y en las juntas de construcción en donde se ubican los empalmes de postensado.

En la inspección visual de la Superestructura de los Viaducto Este, Oeste, del Puente Principal y los Puentes en Zona de Islas, para la evaluación del estado general de las superficies del hormigón se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Deterioros accidentales en la superficie de la estructura
- Deterioros por factores físicos
- Fisuración
- Eflorescencias superficiales
- Deterioros por factores biológicos
- Corrosión de armaduras

No se pretende realizar una descripción en profundidad de cada uno de los defectos nombrados, sino aportar una información básica acerca de su origen y actuación.

Los **deterioros accidentales** más comunes son los originados por factores mecánicos como los impactos de vehículos o golpes durante el proceso de construcción, se actuará para su reparación en relación al nivel de deterioro.

Las acciones provocadas por **factores físicos** que pueden afectar al hormigón dando lugar al desgaste superficial o a la pérdida de integridad y que se tienen en cuenta generalmente en las inspecciones de puentes, pueden ser provocadas por los fenómenos de hielo-deshielo, y por la abrasión y cavitación. En el caso del Puente Rosario-Victoria el fenómeno hielo-deshielo no se tiene en cuenta en la inspección debido a que el clima es húmedo y templado la mayor parte del año, con temperaturas mínimas promedio en invierno de 5°C.

La abrasión y cavitación, no se tienen en cuenta en la inspección de la superestructura ya que afectan a los elementos estructurales que forman parte de la subestructura del puente. Además, vale aclarar que en el caso del Puente Rosario-Victoria, la abrasión no es un fenómeno a tener en cuenta en la inspección debido al tipo de sedimento en suspensión que es de granulometría muy fina.



En el caso de las estructuras de hormigón armado, la **fisuración** representa uno de los síntomas más importantes de su comportamiento en servicio. Las causas pueden ser muy variadas y su determinación no siempre es fácil; sin embargo, su conocimiento es importante para saber por qué se ha producido el fenómeno, a fin de aplicar el tratamiento adecuado si correspondiere. La posición de las fisuras en los elementos estructurales, su amplitud, su trayectoria y su espaciado, puede servir para indicar la causa o las causas que las provocaron. Uno de las principales consecuencias que pueden presentar las fisuras, aparte de su aspecto antiestético y la sensación de poca seguridad de la pieza fisurada, es el de ser un espacio abierto para la corrosión de las armaduras. A continuación se hace una clasificación de distintos tipos de fisuración según las causas.

- *Fisuración por Retracción*: puede hacer su aparición cuando el hormigón esté fraguando, lo que se llama Retracción Plástica o cuando esté endurecido. Las retracciones producen acortamientos de los elementos de la estructura que se traducirán en tracciones, que superando la capacidad de tracción del hormigón provocan fisuras, siempre que el elemento se encuentre impedido de deformarse.

La *fisuración por Retracción Plástica* en el hormigón ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie. Estos factores pueden combinarse de manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío. Si la humedad se evapora de la superficie del hormigón recién colocado más rápido de lo que puede ser reemplazada por el agua de exudación, el hormigón superficial se contrae. Debido a la restricción proporcionada por el hormigón debajo de la capa superficial que se seca; en el hormigón débil, plástico y en proceso de rigidización se desarrollan tensiones de tracción que provocan fisuras poco profundas pero de profundidad variable, que pueden formar un patrón poligonal aleatorio, o bien pueden aparecer básicamente paralelas unas a otras. Comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad abarque la totalidad de la altura del elemento.

La *fisuración por Retracción del Hormigón en Estado Endurecido* (retracción por secado) es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1%. Cuando se humedece el hormigón tiende a expandirse. Estos cambios de volumen inducidos por los cambios de humedad son una característica propia del hormigón. Es la combinación de la retracción y la restricción lo que provoca el desarrollo de tensiones de tracción. En los elementos de hormigón masivo hay tensiones de tracción provocadas por la retracción diferencial entre el hormigón de la superficie y el hormigón del interior de la masa.

La magnitud de la retracción por secado depende principalmente de la cantidad y tipo de agregados y del contenido de agua de la mezcla. Cuanto mayor sea la cantidad de agregados, menor será la retracción. La fisuración superficial irregular en muros y losas (piel de cocodrilo) constituye un ejemplo de retracción por secado.

-*Fisuración por Tensiones de Origen Térmico*: Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de hormigón pueden ser provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura a una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra. Estas diferencias de temperatura ocasionan cambios diferenciales de volumen. Si las tensiones de tracción provocadas por los cambios diferenciales de volumen superan la capacidad de deformación por tracción del hormigón, éste se fisurará. Los diferenciales de temperatura provocados por diferentes tasas de disipación del calor de hidratación del cemento normalmente



sólo afectan al hormigón masivo (que puede incluir columnas, estribos, vigas y zapatas, además de presas), mientras que los diferenciales de temperatura provocados por cambios de la temperatura ambiente pueden afectar a cualquier estructura.

-Fisuración por reacciones químicas: Algunas reacciones químicas pueden provocar la fisuración del hormigón. Estas reacciones pueden ser producto de los materiales utilizados para preparar el hormigón, o de los materiales que están en contacto con el hormigón una vez endurecido. Dentro de las más habituales encontramos: reacción álcali-agregado, reacciones con sulfatos y carbonatación.

Reacción álcali-agregado: se cuidaron durante la construcción que estos fenómenos estuvieran controlados y las primeras inspecciones verificaron que el material no presenta este fenómeno.

Reacciones con sulfatos: se cuidaron durante la construcción que estos fenómenos estuvieran controlados y las primeras inspecciones verificaron que el material no presenta este fenómeno.

Carbonatación: El hidróxido de calcio de la pasta cementicia hidratada se combinará con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato de calcio. Debido a que el carbonato de calcio tiene menor volumen que el hidróxido de calcio, habrá retracción. Esta situación puede provocar un importante grado de fisuración irregular en las superficies de hormigón.

-Fisuración por errores en Proyecto o Construcción: Las fisuras en el hormigón endurecido pueden producirse por efecto de deficiencias en el proyecto, en la ejecución, por un mal uso de la estructura al someterla a cargas para las que no estaba proyectada, por la acción de agentes agresivos y por envejecimiento. No es motivo de este trabajo enumerar todos los casos que pueden presentarse en la práctica de fisuración producida por errores de Proyecto o en la etapa de Construcción; estas deficiencias suelen ser las más difíciles de diagnosticar. En cada caso en particular, debe ser el especialista el que realice un análisis de la situación para obtener los resultados más reales posibles. En la Fig 6.1 se puede observar una fisura en una junta constructiva producida por defectos en su ejecución, la imagen fue obtenida en el tramo central del Puente Principal en la Inspección Visual de la “Conexión Vial Rosario-Victoria” realizada en el año 2014.



Figura 6.1. Fisura en Junta Constructiva por defectos en su ejecución

-Fisuras debidas a acciones Mecánicas: son consideradas por efecto de las fisuras de esfuerzos de Tracción, Compresión, Flexión, Torsión y Cortante.

Las Fisuras de *Tracción* de gran abertura son poco frecuentes en el hormigón armado debido a que el acero se encarga de controlarlas y están asociadas a esfuerzos de elementos estructurales que trabajan como tensores.

El hormigón, sometido a esfuerzos de *Compresión simple*, puede fisurarse si el valor del esfuerzo es mayor que la resistencia. Las fisuras son paralelas a la dirección del esfuerzo, la separación entre ellas es muy variable y su trazado es irregular debido a la heterogeneidad del

hormigón. En las columnas, la aparición de fisuras de compresión son muy peligrosas, siendo síntoma precursor de un hundimiento inmediato de la zona afectada y consecuentemente, el colapso de los elementos estructurales.

Las Fisuras de *Flexión* son las más comunes en el hormigón armado. En la Flexión Simple, las fibras tendidas se pueden considerar sometidas a un esfuerzo de tracción simple cuya intensidad va disminuyendo conforme la fibra considerada se va acercando a la línea neutra. Estas fisuras aparecen, por lo tanto, en las proximidades de las armaduras sometidas a tracción y progresan verticalmente buscando la línea neutra, a la vez que su abertura va disminuyendo.

Las Fisuras de Flexión son normales en elementos sometidos a grandes solicitaciones, si la armadura dispuesta es adecuada, son de pequeño tamaño y espaciamiento reducidos y su control permite tomar medidas a tiempo, no son índice de peligro inminente y dando tiempo, por consiguiente, para tomar medidas correctivas al elemento estructural si correspondiere. En la siguiente imagen (Fig. 6.2) se esquematizan la forma que adquieren las fisuras por flexión.

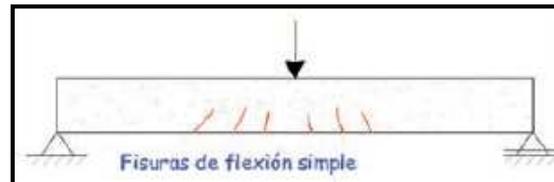


Figura 6.2. Esquema-Fisuras en vigas por efectos de Flexión Simple. Imagen en Ref. [5]

Los esfuerzos de *Torsión* dan lugar a fisuras inclinadas a 45° que aparecen en las diferentes caras de la pieza. Este tipo de fisuras son frecuente cuando los elementos estructurales están sometidos a solicitaciones de torsión elevadas y no se ha previsto refuerzos adecuados para controlar el panorama fisurativo asociado a estos efectos, que se mitigan colocando las armaduras precisas para absorber estos esfuerzos.

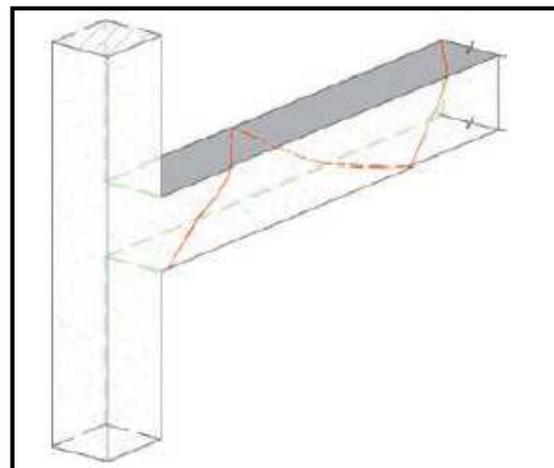


Figura 6.3. Esquema-Fisuras en viga por Torsión. Imagen en Ref. [5]

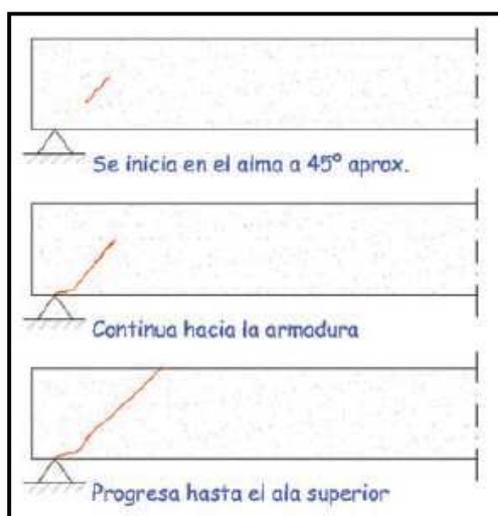


Figura 6.4. Esquema-Evolución de fisura en viga-Esfuerzo Cortante. Imagen en Ref. [5]

Las Fisuras de *Esfuerzo Cortante* suelen aparecer en el alma de las vigas progresando hacia las armaduras para llegar finalmente a los puntos de aplicación de las cargas, con lo cual dividirán las piezas en dos partes. En vigas de hormigón armado, aparecen las fisuras cerca de los apoyos si los estribos o barras dobladas son de cuantía deficiente.



-*Fisuras debido a Corrosión de Armaduras*: se originan por efecto de la corrosión con óxido expansivo con aumento de volumen. Se crean fuertes tensiones en el hormigón que hacen que éste se rompa por tracción, presentando fisuras que siguen las líneas de la armadura principal como se puede apreciar en la siguiente imagen de la pila de un puente (Fig. 6.5), e incluso de los estribos si la corrosión es muy intensa.

Se denominan Fisuras Vivas a aquéllas que están sometidas a movimientos y especialmente a cambios en su amplitud o espesor, son producidas por acciones de magnitud variable que van a provocar deformaciones también variables en el hormigón. A este grupo pertenecen las fisuras de origen térmico, las fisuras de flexión. Fisuras Muertas son las que están estabilizadas presentando siempre la misma amplitud; una vez que han llegado a su máxima amplitud, la mantienen debido al cese de la causa que la ha producido. Un caso típico de este tipo de fisuras es la retracción hidráulica, las producidas por asentamientos diferenciales de las fundaciones.

Pasando a otros de los aspectos evaluados en la inspección de las superficies de la superestructura, las **eflorescencias** son manchas superficiales producidas por la existencia de sales solubles en la masa de hormigón, que son disueltas y arrastradas por el agua hacia las superficies de los paramentos, donde cristalizan cuando el agua se evapora. La presencia de eflorescencias es un indicador de un cierto paso de agua de mayor o menor importancia, con los problemas que ello

supone, sin aportar indicación del tipo de proceso que puede estar transcurriendo, ya que en general todas ellas tienen una misma coloración blanquizca.

Con respecto de los deterioros por **factores biológicos**, en el ataque causado por la vegetación la acción de degradación es de tipo mecánica, pudiendo llegar a la rotura y desplazamiento de elementos, como por ejemplo ocurre con los enraizamientos en estribos. Con una consecuencia menor, los líquenes y musgos pueden dar lugar a la aparición de alteraciones superficiales como las que se muestran en la siguiente figura (Fig. 6.7).



Figura 6.5. Manifestación de fisuras por corrosión de armaduras en pila. Imagen en Ref. [5]



Figura 6.6. Manifestación de eflorescencia en tablero de un puente. Imagen en Ref. [5]



Figura 6.7. Manifestación de crecimiento de líquenes y musgo en paramento de hormigón. Imagen en Ref. [5]



Ampliando lo comentado anteriormente sobre la fisuración por corrosión, se agrega que los deterioros por **corrosión de las armaduras** afectan a las barras de acero apareciendo únicamente en estructuras de hormigón armado o pretensado. El hormigón es una excelente protección para las armaduras frente a la corrosión, ya que por una parte es una barrera física que lo aísla y protege del medio exterior, y por otro lado ejerce además una protección de tipo químico ya que el elevado pH de su fase acuosa hace que se desarrolle sobre el acero una capa microscópica pasivante que mantiene a los aceros protegidos, mientras se mantengan las condiciones.

Sin embargo, existen determinadas circunstancias en las que la protección se rompe, por la presencia de agentes agresivos, desencadenándose los procesos de corrosión. Para que se generen dichos procesos debe haber, además de un agente agresivo (cloruros y carbonatación son los más frecuentes), unas condiciones de humedad apropiadas, ya que al tratarse de un proceso electroquímico debe haber un electrolito (el agua o humedad de los poros de hormigón) a través del cual transcurra la reacción.

La corrosión afecta la capacidad resistente de las barras de acero al disminuir su sección y afectar las características mecánicas del mismo, también perjudica las características del hormigón que rodea la armadura debido a la fisuración del recubrimiento por efecto de la expansión de los óxidos que se generan en la corrosión, y por último produce pérdida de adherencia entre el hormigón y el acero.

6.1.1 Resultados de la Inspección Visual:

Realizada la descripción conceptual de cada uno de los factores a considerar en los elementos de la Superestructura, se desarrollarán los aspectos observados en la inspección visual efectuada en el Puente Principal, en los Viaductos de Acceso y en los Puentes en Zona de Islas.

En el Puente Principal, la inspección visual directa de las estructuras tuvo por objeto recorrer todos los elementos de la superestructura y observar las zonas con fisuras en las vigas principales del Puente y en los elementos de anclaje reparados, que fueron identificadas en campañas anteriores. Estas zonas se muestran en la Fig. 6.8.

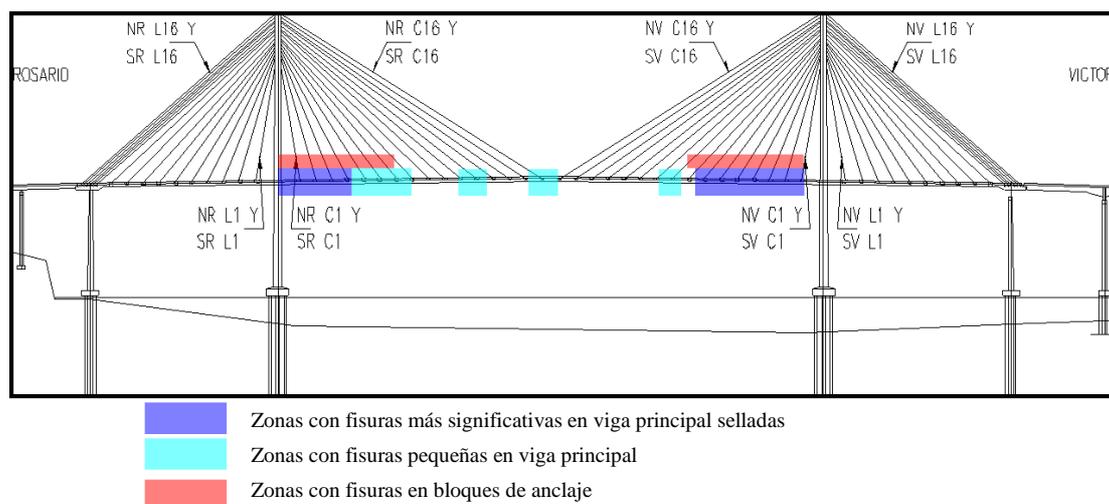


Figura 6.8. Antecedente del panorama de fisuración en el Puente Principal



Las cargas de tránsito y las condiciones ambientales prevalecientes son los dos factores que ocasionan los movimientos del Puente. Como se puede observar en las distintas nivelaciones de invierno y verano el puente tiene un movimiento permanente global de la propia estructura. En cada sección en particular, la variación de los esfuerzos resulta imperceptible cuando el hormigón no está fisurado. En las secciones en donde se han producido fisuras, el hormigón armado actúa en estado II concentrando parte de las deformaciones en las fisuras que acompañan el movimiento general del tablero.

Por los efectos del peso propio de la estructura, desde su construcción y antes de su habilitación, se ha producido un cierto panorama fisurativo. Las fisuras de mayores dimensiones se han sellado con selladores epoxídicos y las fisuras menores a 0,1 mm se han dejado expuestas ya que no significaban ningún riesgo en el proceso de deterioro de las armaduras.

En la inspección se pudo apreciar que las fisuras selladas con epoxi se mantienen en las mismas condiciones que lo observado en la inspección anual del año 2014 y refleja ese movimiento permanente de la estructura en la superficie del sellado epoxídico microfisurado de similar conformación que la fisura que cubre, pero con un espesor sensiblemente menor a la fisura reparada. Además, sobre la superficie del sellado se observan fisuras de pequeña longitud, poca penetración y múltiples orientaciones que son producto de la meteorización superficial del sellado epoxídico. Ver Fig. 6.9.

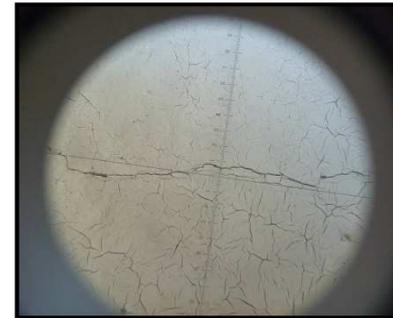


Figura 6.9. Fisura reparada en el tramo central del PP con sellado

Los patrones de fisuración observados se corresponden con los estados tensionales principales de las secciones en las cuales estos se manifiestan y reflejan claramente el comportamiento flexotorsional o flexional de las secciones inspeccionadas compatible con los modelos computacionales teóricos de comportamiento de estas secciones. En la siguiente figura se pueden apreciar las fisuras selladas en unas de las vigas principales del Puente Principal.

No se observaron coloraciones de óxido en las fisuras que son de vieja data lo que da indicios de una nula actividad química en sus materiales componentes. No existen manchas por eflorescencias en las superficies ni deterioros por factores biológicos.



Figura 6.10. Fisuras selladas en tablero del Puente Principal

En el Viaducto de Acceso Este se hizo un recorrido mediante el uso de binoculares y un brazo al que se le adosó una cámara fotográfica que fue la que permitió fotografiar los apoyos en las articulaciones Gerber como se explicó en el capítulo anterior. Se observó el estado interior y exterior de las superficies del hormigón armado y postensado del viaducto.

Con respecto a las articulaciones Gerber, se observó un buen estado de conservación de las superficies de hormigón en esa zona. En la siguiente imagen (Fig 6.11) se muestra una fotografía obtenida en una de las articulaciones del Viaducto aguas arriba, se puede observar un mancha negra en la superficie de hormigón que hace referencia a la presencia de agua por la falta de estanqueidad en la junta de dilatación, tema que será abordado en el capítulos de las juntas de dilatación.



Figura 6.11. Esgurrimiento en junta Gerber N° 7- Aguas arriba-Viaducto de Acceso Este

En algunas de las juntas se observó la presencia de nidos y restos de telgopor. Esto no origina desventajas a nivel estructural ni funcional del puente, pero la presencia de dichos elementos en las juntas impide la visualización en algunos casos de los apoyos para verificar su estado y los nidos pueden aumentar el deterioro superficial de los hormigones. En la Fig. 6.12 se puede observar la presencia de nidos y telgopor en una de las juntas del Viaducto.



Figura 6.12. Presencia de nidos en junta Gerber N° 16-Aguas abajo-Viaducto de Acceso Este

No existen manchas por eflorescencias en las superficies ni deterioros por factores biológicos.



Para la inspección visual del Viaducto de Acceso Oeste se hace un recorrido con binoculares de alta definición que permiten apreciar en detalle las superficies de hormigón.

En la Campaña del año 2014 se identificaron una serie de fisuras en una de las vigas del Viaducto. En el recorrido y visualización que se hizo con binoculares en la Inspección del 2015 no se identificaron nuevas fisuras ni cambios en las ya identificadas el año anterior.

En las siguientes imágenes se muestra: en la Fig. 6.13 el tablero visto desde abajo indicando la viga en la que aparecen las fisuras, y en la Fig. 6.14 se pueden apreciar gracias al zoom óptico, indicadas algunas con líneas de color amarillo, las fisuras que se confunden con los derrames de pasta cementicia.

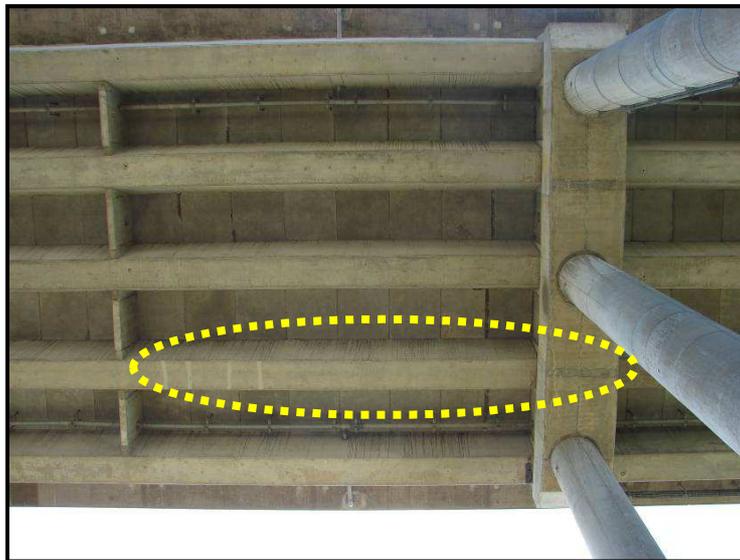


Figura 6.13. Fisuras en viga entre ejes de pilas 45 y 46-Aguas arriba-Viaducto de Acceso Oeste



Figura 6.14. Panorama fisurativo en viga entre ejes de pilas 45 y 46-Aguas arriba-Viaducto de Acceso Oeste



Las fisuras se observan en las almas de las vigas postensadas de tipo nabra del tramo de referencia y están disimuladas entre una serie de derrames de pasta cementicia sucedidos durante el proceso de hormigonado de las losas.

En general no se observaron coloraciones de óxido ni eflorescencias lo que da indicios de una nula actividad química en sus materiales componentes. Tampoco se observaron deterioros por factores biológicos en su aspecto superficial.

En los Puente en Zonas de Islas, al igual que en al Viaducto de Acceso Este se hizo un recorrido mediante el uso de binoculares y un brazo al que se le adosó una cámara fotográfica observando el estado de las superficies interior y exterior del hormigón armado y postensado del viaducto. En el recorrido sobre estos puentes se bajó al pie del talud para tener una visualización más directa de la superestructura. En la fotografía de la derecha (Fig. 6.15) se puede visualizar una imagen del tablero en su parte inferior desde el pie del estribo Este del Puente Carbón Grande 1.



Figura 6.15. Vista inferior del tablero-Puente Carbón Grande 1

El estado general de las superficies de hormigón es bueno, sin visualizaciones de fisuras que denoten algún tipo de llamado de atención. No se observaron manchas de eflorescencias ni deterioros por factores biológicos en su aspecto superficial.

En algunas de las juntas de articulaciones Gerber en los distintos puentes se observó la presencia de nidos que como se dijo anteriormente no producen ninguna desventaja a nivel estructural o funcional, pero impiden en ciertos casos visualizar el estado de los apoyos. En la siguiente imagen (Fig. 6.16) se puede apreciar la presencia de nidos en una junta y además una armadura que quedó descubierta producto de algún elemento provisorio de construcción en el momento de armado y hormigonado de la viga.



Figura 6.16. Nidos en junta Gerber N° 2-Aguas arriba- Puente Paranacito Victoria



6.2 INSPECCION VISUAL DE JUNTAS DE DILATACION

La junta de dilatación es un dispositivo cuya principal función es permitir los movimientos relativos entre dos partes de una estructura, provocados por procesos de retracción, fluencia lenta, cambios de temperatura, acortamientos por pretensado, cargas de tráfico, asentamientos diferenciales, acciones sísmicas, etcétera.

Los responsables del área de mantenimiento y conservación de puentes saben, como los usuarios, que las juntas de dilatación son elementos de rápido deterioro, de incomodidad en la rodadura, de suciedad y de problemas de durabilidad; es por eso que el número de juntas en los puentes debe limitarse en la medida de lo posible. Además representan singularidades que restan monolitismo a la estructura, siendo el puente ideal aquél que no requiriese juntas ni apoyos especiales.

Para que una junta cumpla su función correctamente debe satisfacer los siguientes puntos:

- Asegurar que los movimientos totales del tablero se puedan lograr sin golpear o deteriorar los elementos estructurales.
- Lograr continuidad a la superficie de rodadura del puente, siendo capaz de soportar las cargas de tránsito y a su vez, brindar confort a los usuarios.
- Ser estancas y permitir la correcta evacuación de aguas superficiales y otros elementos agresivos de forma rápida y segura para evitar los ataques a las estructuras en caso de agresividad climatológica o por vertidos ocasionales.
- No deben ser fuente de ruidos, impactos y vibraciones al soportar las cargas de tránsito, procurando suficiente durabilidad.

Las juntas de dilatación son probablemente los elementos más delicados del equipamiento del puente debido a la complejidad de su funcionamiento estructural ante las cargas que recibe y al estar en contacto directo con el tráfico en los puntos de discontinuidad de los tableros, que son los espacios o partes más vulnerables y expuestas del puente. En el momento en el que las juntas de dilatación no pueden absorber los movimientos estructurales de los elementos del puente, dichos elementos comenzarán a sufrir sobreesfuerzos que pueden originar deterioros en los propios aparatos de junta o en el hormigón.

Los espacios dentro de la calzada más transitados se denominan huellas y se percibe a simple vista las partículas de caucho que permiten identificar una franja por la que han circulado gran parte de los vehículos, particularmente los pesados. Si la junta está conformada por módulos facilita el mantenimiento al tener que reemplazar pocos elementos del total del ancho de la calzada.

Existen diversos tipos de juntas que son utilizadas en puentes de carretera, dentro de las más conocidas se puede mencionar: junta sellada con material elástico, perfil de caucho comprimido, junta de asfalto modificado, perfil de elastómero armado, juntas con placas deslizantes, juntas modulares y juntas de dientes o peines correspondientes.

Se desarrollará de forma más detallada el tipo de junta que se encuentra en los Puentes en Zona de Islas y en los dos Viaductos de Acceso.

Generalmente reciben el nombre de “*Juntas con Perfil de elastómero armado*”. Están constituidas por una banda de material elastómero, normalmente una mezcla de cauchos con base cloropreno, diseñadas adecuadamente para dar elasticidad, resistencia y durabilidad a la misma. Dentro de esta se encuentran unos refuerzos metálicos de acero, que le confieren la



rigidez y resistencia necesarias para transmitir las cargas de tráfico e impiden su alabeo al absorber los movimientos. La primera tarea a realizar en obra para su colocación es el replanteo marcando a ambos lados del eje de la junta, para luego cortar el pavimento con una máquina de disco de diamante. Luego se nivela el fondo de la caja con mortero especial hasta alcanzar la cota adecuada y una vez fraguado se coloca el perfil del elastómero armado.

El conjunto se ancla mediante pernos a los bordes de la estructura. Los pernos de anclaje de acero se fijan a la estructura generalmente mediante resina epoxi y se aprietan con arandelas zincadas y tuercas. Las cabezas de los anclajes van alojadas en unas cavidades previstas en los bordes y que una vez apretadas se sellan con un ligante para dar continuidad a la rodadura. Anclada la junta se procede al relleno de las zonas de transición mediante un mortero especial de naturaleza elástica.

En la Fig. 6.17 se ilustra una junta de este tipo y se indican sus componentes, la que se muestra en la imagen posee tres módulos pero es importante aclarar que también existen de un módulo con distintas configuraciones.

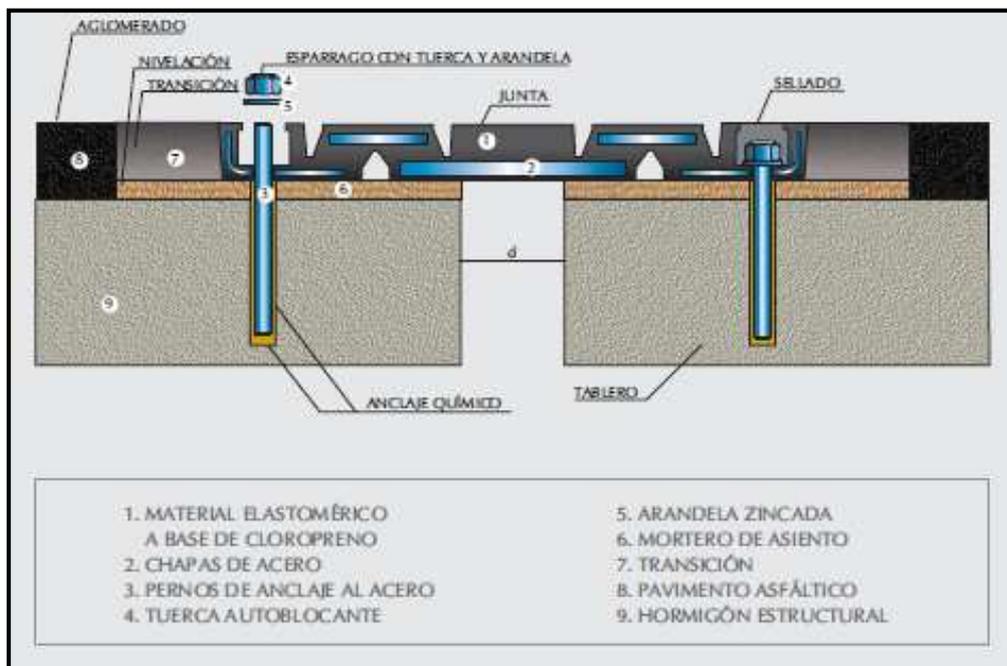


Figura 6.17. Junta de perfil elastómero armado. Imagen en Ref. [2]

En cada módulo, los trapecios de goma de la formulación especial de caucho, comprendidos entre los perfiles metálicos, absorben los esfuerzos en la extensión o compresión, transmitiendo un menor esfuerzo a los anclajes que en otros modelos de junta.

Admiten grandes movimientos, (el rango horizontal varía de 10 mm a 300 mm, dependiendo del modelo) pero presentan rigidez apreciable que se traduce en esfuerzos de tracción o compresión que deben ser tenidos en cuenta en el cálculo de la estructura del puente y, sobre todo, en el dimensionamiento y disposición de los propios anclajes, sometidos a esfuerzos cortantes importantes que transmiten al hormigón circundante.

Tiene una vida útil de unos 10 años. La sustitución es costosa puesto que, normalmente, lleva consigo la demolición de las camas de asiento y zonas de transición, y la colocación de nuevos pernos de anclaje. Para su mantenimiento es necesario una limpieza periódica y vigilancia del



estado de los anclajes, de la zona de transición y del nivel de pavimento anexo a la junta. La estanqueidad se consigue con un babero flexible de recogida de aguas entre los labios de la junta, conduciéndola hasta un punto de evacuación que no afecte a la durabilidad de la estructura.

Es uno de los tipos de junta más utilizados actualmente ya que, aunque se trata de un elemento que requiere gran atención en su instalación y mantenimiento, proporciona buenas prestaciones en una amplia variedad de estructuras.

El tipo de Junta que posee el Puente Principal se puede denominar de la siguiente forma “*Finger Type Bridge Expansion Joint*”. Es utilizada mayormente en puentes con cargas de tráfico pesado y movimientos horizontales de entre 120 mm y 1000 mm. Está formado por perfiles de borde de acero, conectados al tablero por medio de resortes de anclaje y el uso de acero inoxidable garantiza una larga vida útil. Posee un canal de drenaje que cuelga por debajo de la junta permitiendo la evacuación del agua. Las cargas de tráfico son transferidas de las placas deslizantes a los perfiles de borde.

La junta está compuesta por una parte que desliza y otra anclada al borde de la junta, los dedos que deslizan lo hacen en los espacios que dejan los que están anclados.

Para evaluar la gravedad de los daños en las juntas de dilatación en general, además de tener en cuenta lo que se producen sobre el elemento propiamente dicho, hay que considerar otros factores como pueden ser la existencia de deterioros en otros elementos del puente como consecuencia de daños en las juntas, y que afectan fundamentalmente a la seguridad y funcionalidad de parte o la totalidad de la estructura.

En la inspección se ha intentado identificar los siguientes defectos:

-Degradación del material constitutivo: se refiere a la pérdida de las propiedades de los materiales que componen el dispositivo de junta. Las causas son variadas: envejecimiento, defectos en la fabricación del dispositivo, ataque físico-químico o la falta de mantenimiento adecuado. La gravedad del daño depende de la medida en la que afecte a la funcionalidad de la junta.

-Movimiento impedido: consiste en que el aparato de junta no puede permitir los movimientos requeridos por la estructura. Como en general la junta es más blanda que la estructura, si no permite el movimiento acaba por romperse. Es el deterioro que aparece con más frecuencia en las juntas. Las causas de esta patología pueden ser la acumulación de diversas partículas, la vegetación o una repavimentación ejecutada sobre la junta; en la Fig. 6.18 se muestran un ejemplo de movimiento impedido. Para evitar esta patología es necesario un mantenimiento periódico realizando las labores de limpieza adecuadas.



Figura 6.18. Acumulación de material en junta tipo peine. Imagen en Ref. [5]

-Falta de material o módulos de junta: el problema suele aparecer en las juntas que se montan por tramos independientes y no tienen continuidad resistente. La gravedad de este deterioro



depende de los problemas de estanqueidad que genere y especialmente del peligro para los usuarios.

-Falta de estanqueidad: filtraciones en la zona de la junta o en los alrededores de la misma, que pueden afectar a la subestructura. Las causas pueden ser una inadecuada ejecución, el envejecimiento de la junta o la disposición de una junta inadecuada para la estructura.

-Fisuras/grietas/cuarreamiento/pérdida de material en los bordes de la junta: degradación del material de aglomerado de los alrededores de la junta. Ver ejemplo en Fig. 6.19. Se debe tener en cuenta que este problema suele ser consecuencia de las diferencia de rigidez del material en el que está la transición (en los bordes de la junta) y el material de relleno.

-Pérdida de elementos protectores de anclajes: desaparición de los elementos elastoméricos que protegen los anclajes de la junta. Las causas pueden ser una inadecuada ejecución, el impacto de los vehículos o la disposición de una tipología de junta inadecuada para la estructura.

-Pérdida de alineación entre placas o chapas (escalón): diferencia de cota entre las chapas constituyentes de la junta que producen discontinuidad en la rodadura. Las causas pueden ser variadas: una inadecuada ejecución, el impacto de vehículos, los movimientos excesivos, la existencia de una distancia importante entre la junta y los aparatos de apoyo, un esviaje grande con voladizo muy flexible y una pendiente apreciable del tablero. La gravedad de este deterioro reside en la peligrosidad que puede suponer para los usuarios.

-Corrosión de elementos metálicos: proceso de corrosión en los diferentes elementos metálicos que forman parte de la junta. Las causas más habituales son los agentes atmosféricos, el empleo de sales fundentes y la falta de mantenimiento.



Figura 6.19. Manifestación de fisuras y pérdida de material de borde en una junta.
Imagen en Ref. [5]

6.2.1 Resultados de la Inspección Visual

Las mediciones de la carrera de las juntas de dilatación en el Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas se han realizado de forma periódica desde el comienzo de operación de la Conexión Vial Rosario-Victoria. Estas permiten realizar un control global del funcionamiento de los puentes y verificar en forma aproximada las condiciones ambientales a las que han estado expuestos, como así también que el comportamiento de la estructura durante el período analizado haya sido de acuerdo a lo previsto. Los valores de la carrera de cada junta se identificaron como la distancia entre puntos fijos que se crearon en cada junta para tal fin.

Se realizó un ajuste lineal de la relación: “Distancia entre marcas vs. Temperatura” para cada una de las juntas de cada puente. Luego se estimó la variación uniforme de temperatura necesaria para producir en una barra homogénea la carrera observada en la junta y la diferencia entre dicha variación de temperatura y la registrada en las observaciones.



Las dos campañas de medición del año 2015 (estación fría y cálida) se incorporaron al análisis de las distintas campañas realizadas previamente para el Puente Principal, Viaductos de Acceso y Puentes en Zona de Islas. En el capítulo siguiente (7.1.2) se explicarán las consideraciones tomadas para la evaluación de las mediciones de las carreras.

También se ha realizado la Inspección Visual de la superficie de las juntas de dilatación, con el objetivo de identificar si existen manifestaciones de degradación o deformaciones anómalas.

En el Viaducto de Acceso Este, en general las juntas se encuentran en buen estado. Sólo en tres se ha identificado pérdida del material elastomérico como se puede apreciar en la Fig. 6.20 quedando a la interperie la chapa de acero que forma parte del módulo deteriorado. Esto a su vez genera un pequeño escalón en la junta provocando falta de continuidad en la rodadura de los vehículos. También se observó la acumulación de material granular en las canaletas de elongación y la pérdida de elementos protectores de los anclajes en algunas juntas.

La manifestación que se aprecia en la Fig. 6.21 del Viaducto de Acceso Este que fue observada gracias al relevamiento fotográfico, se hace presente en la mayoría de las juntas. La mancha negra que se visualiza en la superficie de hormigón en la misma línea que la ubicación de la junta, es producto del escurrimiento del agua por la falta de estanqueidad de la junta de dilatación.

En el recorrido que se realizó para el relevamiento de la Superestructura del Viaducto Oeste, se pudo visualizar en las vigas cabeceras de algunos ejes centrales manchas en su superficie como se puede apreciar en la Fig. 6.22 .Se pudo comprobar que las vigas que presentan dicha manifestación se encuentran cada cuatro ejes y que los mismos se corresponden con la ubicación de las juntas. Verificando así la falta de estanqueidad en las juntas de dilatación.

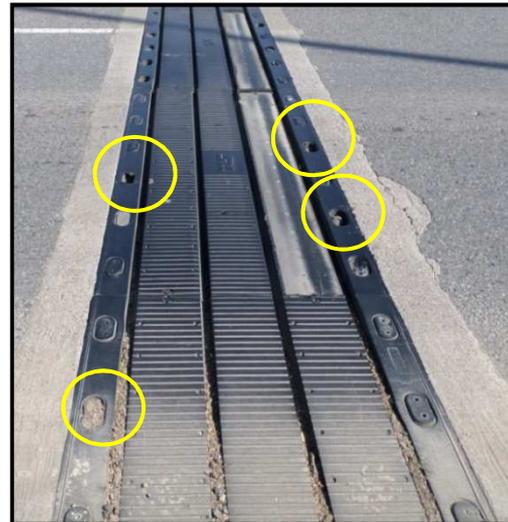


Figura 6.20. Pérdida de material elastomérico, acumulación de material granular y pérdida de protección de anclajes- Junta de dilatación N° 14-Viaducto de Acceso Este



Figura 6.21. Mancha por falta de estanqueidad de junta de dilatación N° 9- Aguas Arriba- Viaducto de Acceso Este



Figura 6.22. Manchas por escurrimiento de agua en viga cabecera encuadrada en amarillo-Viaducto de Acceso Oeste

Con respecto al estado superficial, en algunas juntas se observó la acumulación de material granular en las canaletas de elongación, la pérdida de elementos protectores de los anclajes, y sólo en una se visualizaron deterioros en el material de transición en los bordes de la junta (Fig. 6.23).

En la inspección visual de las juntas de dilatación realizada en los puentes en Zonas de Islas, se pudo observar en la mayoría de las juntas de todos los puentes la pérdida de elementos protectores de los anclajes y la acumulación de material granular en las canaletas de elongación.

En la mayoría de los puentes en todas sus juntas de dilatación se observaron, en mayor o menor medida, deterioros en el material de transición en los bordes de la junta, ya sean pérdidas de material, fisuras, grietas o cuarteamientos. Los únicos puentes que no presentan estos deterioros son tres: Ceibo/Victoria, Carbón Chico y Carbón Grande 2. El resto de los puentes presentan esta manifestación en todas sus juntas, y sólo el puente Carbón Grande 1 posee pérdida de material de transición en una junta, en la siguiente imagen (Fig. 6.24) se puede apreciar la disgregación y pérdida del material de naturaleza elástica que compone la transición, y la armadura del tablero que queda expuesta. En la zona del deterioro se observa como el material elastomérico que compone la junta se está empezando a romper, posiblemente sea por del escalón formado por la pérdida de material que hace que la rodadura de los vehículos sea discontinua y provoque un mayor impacto sobre el perfil de elastómero en esa zona.

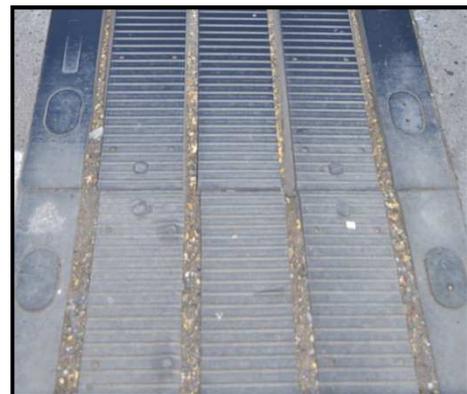


Figura 6.24. Acumulación de material granular en canaletas de elongación- Junta de dilatación N°2-Puente en Zona de Islas (Carbón Grande 2)

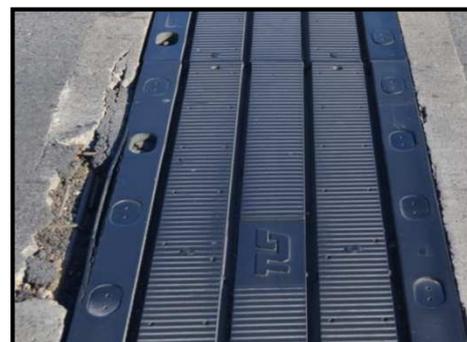


Figura 6.23. Deterioros en material de transición y armadura expuesta- Junta de dilatación N°2-Puente en Zona de Islas (Carbón Grande 1)



Gracias al relevamiento fotográfico, en la mayoría de las superficies de hormigón en coincidencia con las juntas de dilatación se observaron manchas negras dando indicios de la falta de estanqueidad de las juntas de dilatación. Sólo en los tres puentes que no se identificaron deterioros en el material de transición, las manchas negras en las superficies de hormigón se observaron en la minoría de las juntas.

En el Puente La Camista 1, se observó un leve hundimiento de la junta de dilatación que se corresponde con el estribo oeste (Ver Fig. 6.25). Este deterioro se puede deber a defectos constructivos en el momento de instalación de la junta.

En las juntas de dilatación del Puente Principal Rosario-Victoria se observó la presencia de relleno granular en canaletas de elongación sobre el borde de calzada. Comparando las imágenes del relevamiento correspondiente a esta inspección visual (año 2015) y a las del relevamiento del año 2014, se pudo observar que los paneles que han sido reemplazados en las juntas han funcionado correctamente. (Ver Fig. 6.26)



Figura 6.25. Leve hundimiento en junta de dilatación N°1 (estribo oeste)-Puente en Zona de Islas (La Camiseta 1)



Relevamiento año 2014



Relevamiento año 2015

Figura 6.26. Junta de dilatación lado Oeste-Aguas Arriba-Puente Principal

6.3 INSPECCION VISUAL DE DISPOSITIVOS DE APOYO

Se puede decir que los apoyos son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. El uso y la funcionalidad de estos varían dependiendo del tamaño y la configuración del puente. Las funciones principales de los apoyos aparte de transmitir todas las cargas de la superestructura a la subestructura son garantizar los grados de



libertad del diseño de la estructura como traslación por expansión o contracción térmica o por sismo y la rotación causada por la deflexión de cargas permanentes y sobrecargas. Deben poseer gran capacidad de distorsión y gran rigidez ante cargas verticales sin un cambio apreciable de su altura por el efecto de estas cargas.

Los defectos típicos de los dispositivos de apoyo varían según sea el tipo de apoyo (fijo o móvil) y el material utilizado en su fabricación (metálico, hormigón, elastómeros, etcétera). Para evaluar la gravedad del daño, e incluso la necesidad de sustituir los dispositivos, se deben tener en cuenta otros factores como pueden ser la existencia de deterioros en otros elementos del puente como consecuencia de daños en los apoyos, y que afecten fundamentalmente a la seguridad y funcionalidad de parte o totalidad de la estructura.

Los dispositivos de apoyo deben ser de fácil mantenimiento o no requerirlo. A continuación se muestra un listado de los tipos de apoyos más utilizados en puentes de carretera:

- Apoyo elastomérico armado
- Apoyo tipo POT
- Apoyo deslizante esférico
- Apoyo deslizante tipo POT
- Apoyos guiados o confinados
- Apoyo de rodillo (metálico – apoyo móvil)
- Apoyo tipo mecedora (metálico – apoyo fijo)

Los apoyos que han sido inspeccionados en los doce Puentes en Zona de Islas y en el Viaducto de Acceso de Este son denominados comúnmente como “*Apoyos deslizantes tipo POT*” (policloropreno-acero inoxidable-teflón). Se suelen elegir especialmente por las altas garantías de buen funcionamiento y larga duración que ofrecen.

El principio de funcionamiento de los mismos consiste en rótulas deslizables en las dos direcciones horizontales. Las posibilidades de rotación derivan de la capacidad de deformación del elastómero (policloropreno), que se encuentra confinado en un contenedor cilíndrico de acero (parte inferior del apoyo) y comprimido por un pistón guiado en el interior del mismo (parte intermedia del apoyo). Las posibilidades de desplazamiento son garantizadas por la presencia de una placa superior móvil, con la cara inferior revestida por una plancha de acero inoxidable, que puede deslizarse sobre una superficie plana de teflón presente sobre la cara superior del pistón.

El contenedor cilíndrico inferior o plato de acero, cuyo eje debe estar posicionado verticalmente, es instalado sobre un mortero de regulación y nivelación de alta resistencia de espesor apropiado, y asegurado posteriormente mediante un par de anclajes metálicos (se trata de una medida de seguridad ya que la fricción sobre la base de apoyo será, de todos modos, considerablemente superior a la que se produce sobre la superficie de deslizamiento).

En la Fig. 6.27 se puede apreciar un esquema típico de apoyo deslizante tipo POT con cada una de sus partes componentes indicadas.

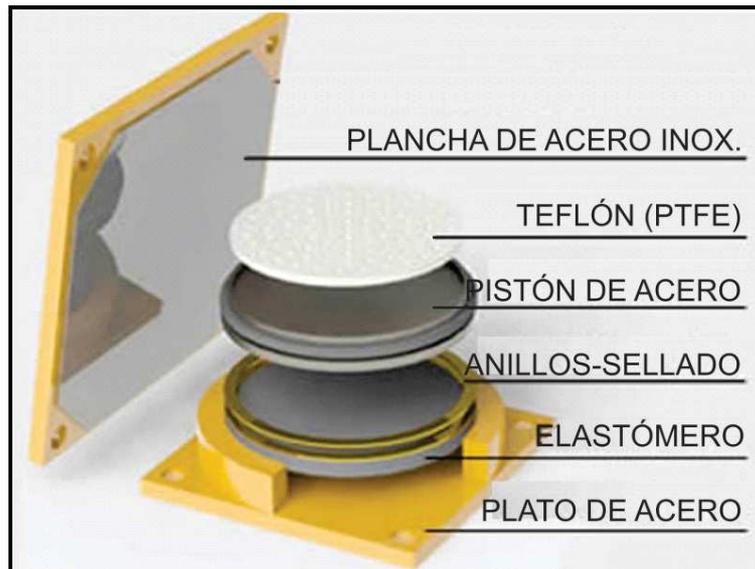


Figura 6.27. Apoyo deslizante tipo POT

El teflón se trata de un material sintético también conocido como politetrafluoretileno (PTFE). En algunos casos al politetrafluoretileno se le añaden rellenos de fibras de vidrio, carbono, etcétera, que son compactadas y sinterizadas con el teflón durante el proceso de fabricación a fin de conseguir un material con unas propiedades mecánicas y de resistencia al envejecimiento mejores que las del teflón puro sin adiciones. De todas maneras, el teflón puro o con adiciones, se trata de un material que es virtualmente inmune al ataque químico y que tiene unas excelentes características de resistencia al envejecimiento. Su otra característica, fundamento de los apoyos deslizantes, es su bajo coeficiente de rozamiento en combinación con la lámina de acero inoxidable de la placa solidaria con el tablero.

En la inspección visual se buscó identificar los siguientes defectos:

-Degradación del material constitutivo: se refiere a la pérdida de las propiedades de los materiales que componen el dispositivo de apoyo. Dentro de las causas de esta degradación podemos encontrar el envejecimiento, defectos de fabricación del aparato, ataque químico, incendio, climatología extrema.

-Despegue: se refiere a la falta de contacto entre la superficie de apoyo del propio dispositivo y el tablero o entre el dispositivo de apoyo y el mortero de nivelación.

-Pérdida de la posición teórica original: suele suceder como consecuencia generalmente de un error de ejecución, una pendiente o peralte excesivos combinados con la falta de nivelación, o una compresión insuficiente para mantener el rozamiento necesario entre el apoyo y los elementos adyacentes. En los apoyos deslizantes la causa de este deterioro suele ser su deficiente puesta en obra, ya que generalmente las cargas son altas y suelen disponer de anclajes. Es necesaria una



Figura 6.28. Manifestación de pérdida de la posición original. Imagen en Ref. [5]



evaluación del apoyo en gabinete a través de las fotografías, teniendo en cuenta la posición teórica del mismo al instante de ser replanteado para determinar la existencia de este deterioro.

-Exceso de deformación o movimientos: consiste en la deformación excesiva de un dispositivo de apoyo, en la dirección longitudinal o transversal del puente (según el eje longitudinal del tablero), en comparación con las previstas debido a deformaciones de temperatura, retracción y fluencia.

-Pátinas: consiste en la presencia de manchas o acumulaciones en la superficie lateral del dispositivo. Las pátinas no tienen por qué ser perjudiciales, pero pueden estar indicando la existencia de procesos degenerativos de los materiales que componen el dispositivo. La causa más frecuente hace referencia a los escurrimientos de agua con arrastre de material desde el tablero.

-Rotura: se refiere a la pérdida de funcionalidad de todo o parte del dispositivo como consecuencia de la rotura de alguna de las partes que componen.

-Defectos en la base de apoyo: se manifiestan en el mortero de nivelación del dispositivo de apoyo, ya sea como falta de horizontalidad, fisuras, superficie no plana, o pérdidas de material. Se deben generalmente a golpes o impactos durante la ejecución, falta de resistencia a compresión del mortero, retracción, degradación por circulación de agua a través de las juntas de calzadas, etcétera.

Por último, es importante comentar la especial dificultad que presentan los apoyos correspondientes a las articulaciones Gerber. Para su inspección y control es necesaria la utilización de un medio auxiliar que permita fotografiarlos, en los últimos años gracias a los avances tecnológicos esa tarea se ha ido facilitando. La realización de las labores de conservación y mantenimiento se hace aún más difícil ya que se necesita llegar de manera más directa a la zona del dispositivo de apoyo. Una solución podría ser un sistema de arneses que permite la llegada de una persona a la zona del apoyo desde arriba del tablero.

6.3.1 Resultados de la Inspección Visual

El relevamiento fotográfico de los dispositivos de apoyo ubicados en las articulaciones Gerber y en los estribos permitió hacer una valoración del estado de conservación que presentan y del grado de desplazamiento de la placa superior de apoyo con respecto a la inferior a fin de determinar si la carrera se encuentra dentro de las previsiones de proyecto.

Cabe aclarar que en esta última Inspección Visual (Inspección N°8), gracias a los avances tecnológicos de la era digital fue posible realizar el relevamiento fotográfico de los apoyos que forman parte de las articulaciones Gerber, elementos que hasta el momento no había sido fotografiados. Los apoyos correspondientes con los estribos ya habían podido ser relevados en las inspecciones anteriores, ya que como se explicó en el Capítulo 2 se tiene acceso directo a los mismos bajando por el talud.

De acuerdo a las observaciones realizadas en la Inspección anterior, se recomendó prestarle más atención a algunos apoyos en los posteriores relevamientos. En la inspección del año 2014 se dedujo que estos apoyos podían haber empezado a sufrir deterioros debido a que las lecturas de la carrera de las juntas correspondientes empezaban a mostrar un comportamiento no lineal. Estos apoyos se corresponden con los estribos de ciertos puentes en Zonas de Islas, los cuales han sido relevados más de cerca en la Inspección N°8. Los mismos son: Apoyo Oeste y Este-



Puente Carbón Grande 1, Apoyo Oeste-Puente Carbón Grande 2, Apoyo Oeste-Puente Paranacito Victoria y Apoyo Oeste-Puente La Camiseta 1.

El apoyo aguas arriba, estribo oeste, del Puente Paranacito Victoria además del comportamiento en la carrera de la junta correspondiente, había sido identificado debido a que presentaba un pequeño desplazamiento de la plancha de teflón (PTFE). En el relevamiento de la Inspección N° 8 no se ha observado un deterioro mayor del apoyo (Ver Fig. 6.29). El hormigón que lo rodea no mostró signos de deterioro.

El apoyo identificado en el Puente Paranacito Victoria no fue el único en el que se observó un desplazamiento en el teflón del dispositivo de apoyo. En el Puente Zanja la Zorra, estribo oeste, apoyo aguas abajo, se detectó un pequeño desplazamiento de la plancha de teflón que se puede apreciar en la Fig. 6.30.

En uno de los apoyos aguas abajo del Puente Ceibo Victoria, el dispositivo de apoyo presenta un giro de la parte superior con respecto a la inferior igual a $2,5^\circ$ mayor al estimado en el proyecto de $0,86^\circ$ ($0,015$ radianes, valor obtenido de los planos de proyecto). Sin embargo, este valor del ángulo observado es compatible con los valores admisibles de aparatos de apoyo y no se observan elementos que supongan un daño del mismo.

Los puentes San Lorenzo y Zanja la Zorra mostraron moderados valores de desplazamientos en sus aparatos de apoyo en relación a su posición teórica original. Ambos puentes fueron construidos en una época del año con temperaturas bajas. No se tienen referencias de la lluvia ni el viento en la época de la construcción.

En los aparatos de apoyo ubicados sobre los estribos, en muchos puentes, se observó que la distancia entre la viga y el paramento del estribo tiende a achicarse. Este tipo de desplazamiento se da por el



Figura 6.29. Desplazamiento y corte de teflón (PTFE)-Apoyo estribo oeste (aguas arriba)-Puente Paranacito Victoria



Figura 6.30. Desplazamiento de teflón (PTFE)-Apoyo estribo oeste (aguas abajo)-Puente Zanja la Zorra



Figura 6.31. Presencia de nidos y telgopor-Apoyo N° 16 (Aguas abajo)-Viaducto de Acceso Este



fenómeno de fluencia lenta que se produce en los pilotes de los estribos producto del empuje de los suelos.

Con respecto al Viaducto Este, en varios casos no fue posible visualizar los apoyos debido a la presencia de nidos o restos del material de encofrado (poliestireno expandido). Ver Fig. 6.31. Los dispositivos de apoyo de las Juntas Gerber que pudieron inspeccionarse, presentan desplazamientos muy pequeños, o casi nulos.

6.4 INSPECCION VISUAL DE LAS PROTECCIONES DE LOS TALUDES EN LOS ESTRIBOS DE LOS PUENTES EN ZONA DE ISLAS

Los taludes son estructuras que por sus características suelen tener problemas tales como deslizamientos, meteorización, erosión o incluso, el hundimiento del mismo. Los taludes artificiales no presentan demasiados problemas de deslizamiento, ya que se tiene un total control de los materiales junto con sus propiedades para su construcción. Por el contrario, los taludes naturales presentan problemas existentes mayores, dados por las fallas del terreno, los tipos de suelos, la inclinación de su pendiente natural, la napa freática y el clima de la zona.

Existen varios factores que intervienen en la erosión de los taludes, entre ellos encontramos: el escurrimiento del agua de lluvia sobre la superficie del talud que en ciertas ocasiones puede superar la capacidad de infiltración del terreno, la formación de surcos o torrentes, la porosidad o permeabilidad y la intensidad de la radiación solar que puede ir degradando con el tiempo los geotextiles en el caso que estos formen parte de la protección.

Generalmente para impedir la erosión de los taludes se suelen utilizar telas permeables y flexibles de fibra sintética denominadas geotextiles. Estos materiales sintéticos, gracias a su menor apertura de poros, permiten crear una capa de filtración evitando el paso del material fino mientras se produce la libre circulación de agua, evitando así la erosión y degradación del suelo.

Existen las llamadas *soluciones verdes*, reemplazando los geotextiles por geoceldas; esta solución se prefiere en ciertos lugares donde desea conseguirse un aspecto de naturaleza, sin modificar el carácter del entorno. Ofrece las mismas ventajas que los geotextiles en taludes pero, en lugar de proteger el geosintético con material de aporte, se rellena el interior de las celdas con material granular y tierra vegetal, permitiendo así que el talud tenga una superficie verde plantando las especies vegetales elegidas.

Para el caso especial de los taludes de los Puentes en Zonas de Islas que forman parte de la "Conexión Vial Rosario-Victoria", los terraplenes se plantearon con un nivel de protección definido como cubiertas vegetales. Se han realizado estudios para definir distintos aspectos relacionados a este tipo de protección.

Especialistas en vegetación han evaluado especies autóctonas con diferentes tipologías de raíces para definir la que mejor se adapte a las distintas situaciones a la que pueden estar expuestas, en relación a la zona del talud a ocupar. Se dividió al terraplén en distintas zonas en altura según el tiempo de permanencia del agua y la frecuencia de ocurrencia de crecidas. Siendo la más crítica aquella en la que la vegetación tiene que resistir un tiempo prolongado sumergida sin degradarse (pie del talud).



Se tuvo en cuenta también las condiciones de viento, oleaje y lluvia de la zona para definir la protección adecuada. Se analizaron los antecedentes de estudios de vientos en la zona y se hicieron ensayos para verificar la resistencia de distintos revestimientos vegetales posibles. La resistencia hace referencia a la habilidad para soportar la acción del oleaje, su impacto, ascenso y descenso por el talud después de la rotura.

6.4.1 Resultados de la Inspección Visual

Se inspeccionaron las protecciones de los taludes de los dos estribos en cada uno de los Puentes en Zona de Islas.

Se observó un reacomodamiento de la protección con suaves ondulaciones en la superficie del talud. Es notable el crecimiento de vegetación entre los dados de hormigón lo que mejora la durabilidad de la protección. Esta vegetación en algunos de los taludes es escasa y tiene que ver con el tipo de material granular sobre el que se desarrolla la misma, que puede o no facilitar el crecimiento de la vegetación.

En los pies de algunas de estas protecciones se observa que se han formado unos pequeños canales por donde circula agua que rodea la protección en época de estiaje.

Se observaron asentamientos en algunas protecciones de los taludes de los puentes. Se dieron especialmente en la zona baja de los mismos, en proximidad a los cursos de agua. Las protecciones de los siguientes estribos presentaron este fenómeno:

- Puente Banderas - Estribo Oeste
- Puente Camiseta 1 - Estribo Este
- Puente Paranacito Victoria - Estribo Este
- Puente Paranacito Victoria - Estribo Oeste
- Puente Carbón Grande 2 - Estribo Oeste

En las siguientes imágenes (Fig. 6.32 y Fig. 6.33) relevadas en la Inspección realizada el año 2015 se puede visualizar la magnitud de estos asentamientos.



Figura 6.32. Asentamiento localizado de la protección del estribo Oeste-Puente Banderas



Figura 6.33. Asentamiento localizado de la protección del estribo Este-Puente Camiseta 1



7 ESTADO DE CONSERVACION Y RECOMENDACIONES

7.1 EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION

7.1.1 Superficies, fisuras y anomalías en la Superestructura

Las fisuras que se visualizaron en las superficies de la Superestructura del Puente Principal no presentaron cambios en relación a lo observado en la inspección anterior. Son fisuras de vieja data y sus espesores son muy pequeños. Debido a esto y teniendo en cuenta que el panorama fisurativo que presentan refleja claramente el comportamiento flexotorsional o flexional de las secciones inspeccionadas compatible con los modelos computacionales teóricos, se concluye que las fisuras existentes son producto de acciones mecánicas ya previstas en el proyecto. El espesor de abertura que poseen las fisuras no afecta el proceso de deterioro de las armaduras.

No se observaron coloraciones de óxido en las fisuras que son de vieja data lo que da indicios de una nula actividad química en sus materiales componentes.

En una las vigas pretensadas del Viaducto de Acceso Oeste se visualizaron una serie de fisuras. Las dimensiones de las fisuras y posición vertical descartan que existan problemas de seguridad o durabilidad del acero que componen los refuerzos. Por su ubicación en la parte superior de la viga se estima que se pueden deber a un pretensado excesivo de la viga.

7.1.2 Juntas de Dilatación

Las mediciones de las dos últimas campañas, una con altas temperaturas en el hormigón (mes de marzo) del orden de los 30° C y la segunda con temperaturas bajas (mes de agosto) del orden de los 10° C, agregan información al análisis de los registros realizados hasta la Inspección N° 7.

Al realizarse la estimación lineal para cada una de las juntas, tanto en el Puente Principal, en los Viaductos de Acceso o en los Puentes en Zonas de Islas, y compararse las variaciones de temperatura aplicadas al modelo simplificado respecto a las efectivamente medidas, se obtuvieron las diferencias máximas de temperatura en °C.

Considerando el procedimiento de evaluación de temperaturas y la inercia térmica de las estructuras, la variación de temperatura menor a los 5 °C está dentro del rango de la precisión del método de evaluación y acorde a las previsiones de proyecto.

Las diferencias máximas de temperatura que se obtuvieron tanto en el Puente Principal (del orden de 3,5 °C), como en los dos Viaductos de Acceso (Este: del orden de los 4 °C, Oeste: del orden de 1 °C) no superan los 5 °C. Salvo en una junta del Viaducto Oeste donde la diferencia máxima es de 6,5 °C, en la que de todos modos se puede apreciar un comportamiento similar al observado en campañas anteriores.

En el conjunto de las juntas de los 12 puentes en Zona de Islas, la tendencia general de los desplazamientos en la zona de juntas se mantiene lineal respecto a las temperaturas extremas. Es decir, en las épocas de tiempo frío la junta entre marcas tiende a agrandarse por contracción del hormigón, teniendo el desplazamiento un comportamiento lineal con la disminución de la temperatura. Lo contrario sucede en épocas cálidas por dilatación del hormigón.



Se observa que en algunas juntas, en correspondencia con los estribos, a medida que pasan los años, la distancia entre puntos de referencia de medición no mantiene una relación lineal con la temperatura, mostrando una tendencia a disminuir su valor. Este fenómeno en los estribos sería producto del efecto de acortamiento de la junta por fluencia lenta de los pilotes del estribo al estar sometidos al empuje de los suelos.

Las nuevas lecturas del año 2015, sumadas a las de los años 2013 y 2014 permitieron representar una nueva recta con una pendiente muy parecida a la generada por los datos de las primeras campañas pero desplazada hacia abajo en el orden del centímetro a centímetro y medio (Ver Fig. 7.1).

En el caso de los estribos, los pilotes de fundación están sometidos en forma permanente al empuje de suelos y por tanto el fenómeno de fluencia lenta se manifiesta en una deflexión por flexión de los pilotes en un esquema que considera al pilote como un voladizo empotrado en el terreno de fundación.

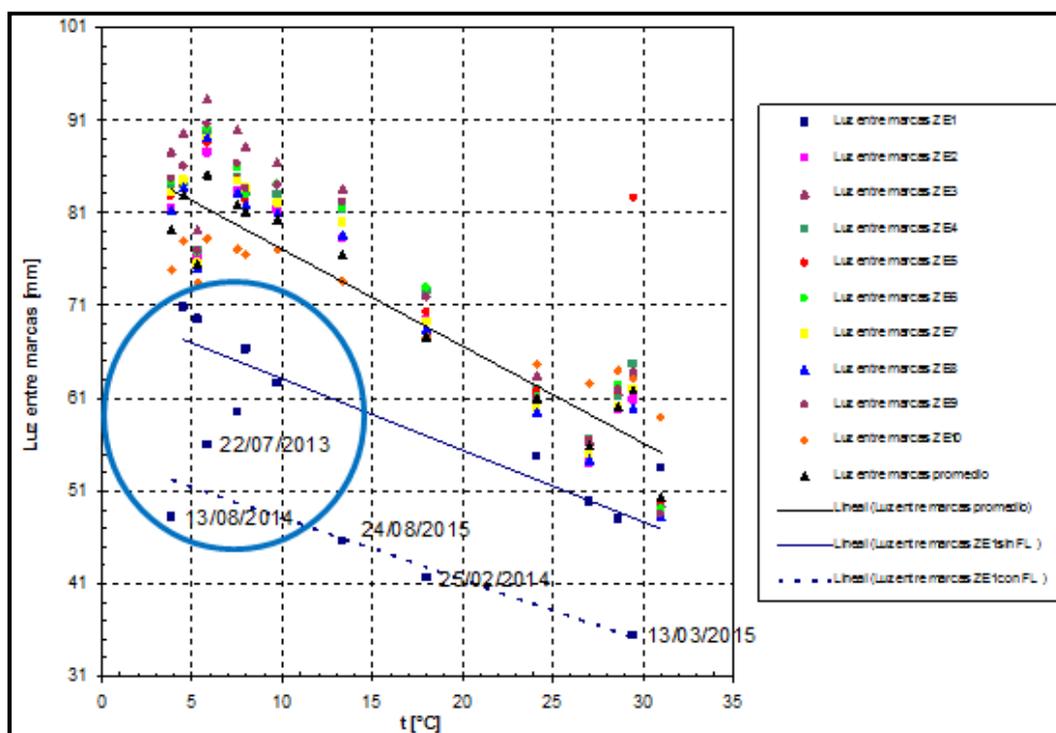


Figura 7.1. Carrera de juntas del Puente ZE (Paranacito Victoria)

La explicación está asociada al acoplamiento de dos fenómenos, el de fluencia lenta y retracción que retrae las vigas postensadas, y el desplazamiento del estribo hacia el centro del puente por efecto de la fluencia lenta provocada por el empuje de los suelos. Esto permite entender lo que sucede con los desplazamientos de las juntas de los estribos en donde se observa una disminución del Gap o espacio previsto como tolerancia de desplazamiento en la fase constructiva.

En el caso de la junta ZE1 (correspondiente al Estribo Oeste) del Puente Paranacito Victoria, se observa una no-linealidad en el comportamiento de los desplazamientos de la junta. Esto claramente se observa para el conjunto de datos tomados en periodos de bajas temperaturas (ver Fig. 3.34 sector resaltado con un círculo). Se grafican dos rectas para el caso del



comportamiento de esta junta. Una línea azul continua para representar el comportamiento lineal de esta junta en base a los primeros registros y una línea azul discontinua para representar el comportamiento lineal de esta junta en base a los últimos registros (año 2013-2015). El desplazamiento vertical de la recta es del orden de los 15 mm.

En relación a las diferencias máximas de temperatura al compararse las variaciones de temperatura aplicadas al modelo simplificado respecto a las efectivamente medidas; en la campaña del año 2014 (7ma inspección), las juntas ZO1 (Estribo oeste - Puente Parancito Rosario), ZN6 (Estribo este - Puente Zanja La Zorra), ZG1 (Estribo Oeste - Puente La Camiseta 1), ZE1 (Estribo oeste - Puente Paranacito Victoria) y ZD1 (Estribo oeste - Puente Carbón Grande 2), mostraban diferencias del orden de los 12, 7, 6, 9.5 y 7°C respectivamente. Todas en correspondencia con los estribos. Hoy, muestra una diferencia mayor a los 5°C solo la junta ZO1 correspondiente al Estribo Oeste del Puente Paranacito Rosario. Esto estaría indicando una estabilización en los desplazamientos por fluencia lenta de los pilotes de los estribos.

Con respecto a los materiales granulares acumulados en los bordes de las juntas de dilatación, se puede decir que la circulación de camiones genera remolinos de viento que desplaza el polvillo y las partículas caídas de los rodados hacia los bordes de la calzada y tienden a acumularse en este sector de la junta, precisamente en las canaletas de elongación. Si el material acumulado es fino o compresible no compromete a estos aparatos y sus bordes. Es una de las tareas sistemáticas del mantenimiento conservar las canaletas libres de material granular ya que pueden restringir el acortamiento de las juntas y tienden a dañar por fatiga el recubrimiento elástico.

En la inspección realizada se han observado varias juntas de dilatación con relleno granular en los bordes de las canaletas de elongación. De todas formas esto no restringe en forma significativa el acortamiento de las juntas. Se cree que tampoco contribuyen a dañar por fatiga el recubrimiento elástico debido a que son los bordes de las juntas los que presentan la acumulación de material, sector que no coincide con el lugar más frecuente de la huella de los camiones ya que la misma se marca a más de 50cm. del borde de calzada.

La pérdida de los elementos protectores de los anclajes es un fenómeno que se observó con frecuencias en las juntas que forman parte de los puentes inspeccionados. La falta de dichos elementos no presenta una amenaza para el buen funcionamiento de la junta. En el espacio de las protecciones generalmente se infiltra tierra o polvillo, que luego se forma en barro cuando llueve. Con el impacto de los vehículos pesados que circulan por la vía se produce el desprendimiento de las mismas generado por el efecto de bombeo.

7.1.3 Dispositivos de Apoyo

Para comprender el significado de los desplazamientos observados en los apoyos deslizantes es necesario tener en cuenta los condicionantes específicos del proceso constructivo que se refieren a la etapas en la que fue realizado cada puente, las tolerancias que se estipularon para cada junta y, como consecuencia, para cada apoyo deslizante. Por último, en qué temporada se realizó el hormigonado y el tesado, ya que en todos los casos este último se llevó a cabo a los siete días de haberse hormigonado y la temperatura media de esos siete días influyó en el estado de maduración del hormigón. Este estado de maduración implica diferentes deformaciones después del tesado debido a que, si bien se realizó siempre a los siete días, a los efectos reológicos el tesado fue incorporado a un hormigón con distintos estados de maduración. Esto explica que en algunos puentes las deformaciones hayan sido algo mayores que en otros.

El proceso de posicionamiento del encofrado estuvo condicionado por la temperatura del hormigón de la etapa anterior y la temperatura del medio ambiente. Esto, para cada época del año significó un espacio libre entre ambos paramentos verticales de estas discontinuidades fijado por proyecto. Sin embargo no existe un registro de la separación efectiva que cada uno de estos elementos tuvo al momento del desencofrado y posterior tesado de cada uno de los tramos.

Para evaluar el estado de los apoyos en cada uno de los puentes, ya sea en los estribos o en las Articulaciones Gerber, se analizó la excentricidad (e) del apoyo. La excentricidad se refiere al desplazamiento del dispositivo de apoyo en relación a su posición teórica original.

Se distinguieron dos tipos de excentricidades: se considera que cuando la junta se abre, la excentricidad es definida por convención como positiva ($e+$), y contrariamente, la excentricidad será negativa ($e-$) cuando la junta se cierre. En los siguientes esquemas se representa la convención tomada, ver Fig. 7.2.

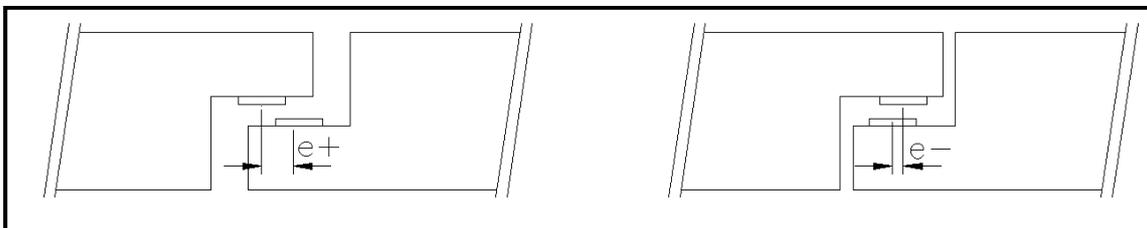


Figura 7.2. Esquema de apoyos en articulaciones Gerber-Excentricidad (e) Positiva (izquierda), Negativa (derecha)

Según los documentos de proyecto, los apoyos fueron replanteados con una excentricidad negativa inicial que varía entre los 30 y 60 mm. Dicho valor inicial depende de que junta se trate, si es una articulación Gerber, si se corresponde con el estribo del inicio de la construcción o con el estribo de llegada. Además, está ligado a la época del año en la que se realice la construcción, dependiendo si es estación fría o calurosa.

Resumiendo, el valor de la excentricidad va a ser el desplazamiento relativo que muestra el centro de la placa superior del apoyo con respecto al centro del plato inferior al momento de tomar la fotografía, teniendo en cuenta el valor de la excentricidad negativa inicial (que se sumará o restará según el caso).

La siguiente imagen (Fig. 7.3), tomada en uno de los apoyos de una articulación tipo Gerber, permite visualizar a que se hace referencia con el centro de la placa superior y el centro del plato inferior. A la distancia que existe entre las dos rayas negras que se visualizan en la imagen, se le aplica la excentricidad inicial negativa, obteniéndose así el valor de la excentricidad al momento de la fotografía; es decir, el desplazamiento total que ha experimentado el dispositivo.

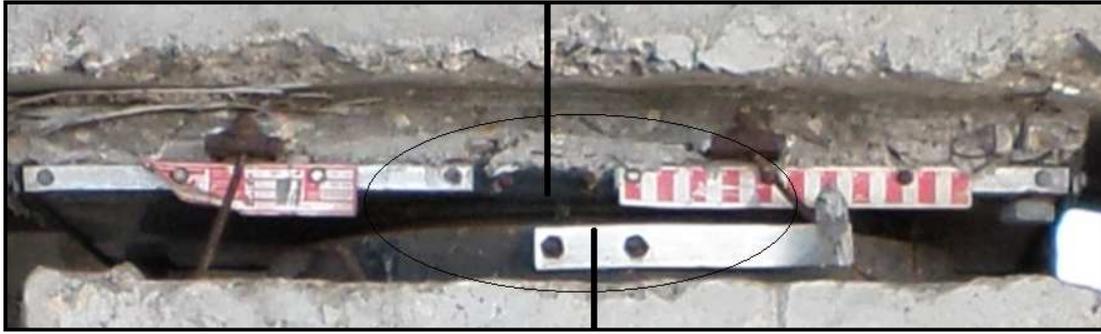


Figura 7.3. Dispositivo de apoyo en Puente en Zona de Islas-Centro de placa superior y centro de plato inferior

Según los planos de proyecto, el límite del desplazamiento relativo medido en sentido longitudinal es de 240 mm, tanto para los apoyos de las articulaciones Gerber como para los apoyos en los estribos. Este límite se compara con los valores de excentricidades obtenidos.

Los valores de excentricidades de cada uno de los apoyos de los puentes, inferidos a través de las fotografías, se obtuvieron a una temperatura ambiente aproximada de 20°C. Como la condición más crítica para los apoyos se da a una temperatura de 5° C (mínimo registro histórico), se extrapolaron los valores obtenidos en la campaña a los correspondientes a la mínima histórica y se compararon con los valores máximos previstos.

En los apoyos de los estribos de algunos se dan excentricidades negativas (mayores al valor de la excentricidad negativa inicial), es decir que la distancia entre la viga y el paramento del estribo se acorta. Este tipo de desplazamiento en los apoyos de los estribos está relacionado con la no linealidad en los desplazamientos de las juntas de dilatación correspondientes a los estribos, es decir, con la disminución del valor de la carrera de la junta; como se explicó anteriormente esto se da por el fenómeno de fluencia lenta que se produce en los pilotes de los estribos producto del empuje de los suelos. En los casos en que esta excentricidad sea positiva, la misma se explica por el acortamiento del hormigón provocado por la fluencia lenta de la viga del tablero por la acción del postesado o por errores al momento de replanteo del apoyo.

En el caso de los apoyos en las articulaciones Gerber, las excentricidades en su mayoría son positivas. Esto se explica por el acortamiento del hormigón debido al proceso de fluencia lenta por la acción de postesado.

El puente Carbón Grande 1 (ZC) y La Camiseta 2 (ZH) si bien se construyeron en temporada invernal, no presentan desplazamientos significativos. Se comportan de la misma forma que los que se construyeron en época cálida o intermedia. Por lo tanto, la definición temporada fría o cálida debería complementarse con temas asociados a las condiciones de viento y lluvia a los efectos de tener una identificación meteorológica que pueda explicar más claramente el por qué de los distintos valores de acortamientos entre los puentes construidos en temporadas similares.

Los puentes San Lorenzo (ZK) y Zanja la Zorra (ZN) muestran moderados valores de excentricidades en sus dispositivos de apoyo. Ambos puentes fueron construidos en una época del año con temperaturas bajas y no hay registros de vientos y lluvias asociados a la época en que se construyeron. El proceso de construcción sistematizó el tesado a los siete días de hormigonado, por tanto estos dos puentes que fueron tesados en épocas frías tuvieron un proceso de maduración del hormigón mucho más reducido que el resto de los puentes que fueron hormigonados en época cálida. Se entiende por proceso de maduración a la integral tiempo-temperatura desde el inicio del fragüe hasta el tesado.



Si las temperaturas son significativamente bajas la aplicación de la fuerza de postesado tiene una significación mayor en términos de fluencia y retracción que aquellos que tuvieron la temperatura ambiente próxima a los 20°C o valores superiores. Esto explicaría los mayores valores de desplazamientos longitudinales que se observan en los apoyos de estos puentes. Sin embargo, como los apoyos deslizan libremente sobre el teflón, el hecho de tener un mayor desplazamiento no implica un incremento de la fuerza de fricción y por tanto no está comprometida la estructura por estas circunstancias.

La pletina de acero inoxidable que forma parte de la viga sobre el teflón, tiene una longitud de carrera significativamente mayor a la necesaria. En los apoyos en lo que se ha podido observar el comportamiento del teflón no se ha visto ninguna irregularidad. Por otra parte, las juntas en el pavimento están previstas de forma tal que pueden absorber sin problemas este mayor desplazamiento.

Se aclara que, las posibilidades de movimiento del apoyo en dirección longitudinal, fueron definidas de modo que no fueran superadas bajo condiciones normales de servicio; de todos modos, fue prevista la instalación de elementos de protección independientes, es decir, de amortiguadores elastoméricos bidireccionales. Por lo tanto, el hecho de que el desplazamiento máximo en los apoyos es de 240 mm, es un valor hipotético ya que está resguardado por dichos amortiguadores.

7.1.4 Protecciones de Taludes en los Estribos de los Puentes en Zona de Islas

De acuerdo a los asentamientos que se observaron especialmente en el pie de los taludes de algunos puentes, se considera que se produjeron a causa de problemas constructivos. Para la colocación de los geotextiles se los extiende anclándolos sobre el talud por su parte superior e inferior, y también se deben solapar las mallas adyacentes una distancia prudente y anclar debidamente el solape. Se los protege con algún tipo material, que en este caso son losetas de hormigón prefabricadas.

Es posible que no se hayan realizado correctamente los anclajes en la parte inferior o en algunos de los solapes y por tanto haya infiltrado el agua de escurrimiento con material de aporte por el geotextil, ocasionando así los asentamientos observados.



8 RECOMENDACIONES SOBRE LA INSPECCION

8.1 SUPERFICIES, FISURAS Y ANOMALIAS EN LA SUPERESTRUCTURA

Con respecto a las fisuras observadas en la superficie de una de las vigas pretensadas del Viaducto de Acceso Oeste, se hace notar que es la única en la cual se ha advertido este tipo de fisuras y que no se pueden atribuir a diferencias térmicas ni ambientales, por lo cual será conveniente hacer un seguimiento de esta viga en particular en las siguientes inspecciones. La viga se encuentra entre los ejes 45 y 46 del Viaducto de Acceso Oeste, adyacente al Puente Principal.

8.2 JUNTAS DE DILATACION

Debido a las manchas superficiales que se relevaron en la zona de las articulaciones Gerber producto del escurrimiento del agua por la falta de estanqueidad de las juntas, es recomendable revisar los sistemas de drenaje de las mismas para verificar si los mismos se encuentran obstruidos o presentan algún deterioro. Es conveniente que el agua no escurra por la zona de los apoyos ya que con el tiempo pueden producir algún tipo de deterioro en los mismos.

Se observa la presencia de nidos ubicados sobre las juntas Gerber del Viaducto de Acceso Este y de los Puentes en Zona de Islas. Los espacios de estas juntas deben estar libres de estos rellenos por lo que es necesario que el personal de mantenimiento acceda a la zona mediante un sistema seguro para retirarlos.

En algunas de las juntas correspondientes a los estribos de los Puentes en Zona de Islas se obtuvo una disminución de la lectura de la carrera en época fría. Estos acortamientos que acusan las gráficas de dilatación térmica en los modelos de estimación lineal son de tipo permanente y no afectan el comportamiento de la junta de dilatación. Las juntas que presentan este tipo de comportamiento son: La Camiseta 1 - Estribo oeste, Carbón Grande 2 - Estribo oeste, Paranacito Victoria - Estribo oeste y Zanja la Zorra - Estribo oeste y Estribo este. Se recomienda realizar una inspección más en detalle en estas juntas en la próxima inspección.

8.3 DISPOSITIVOS DE APOYO

Debido a algunas anomalías en los aparatos de apoyo (Apoyo en Estribo Este-Aguas arriba-Puente Paranacito Victoria, Apoyo Estribo Oeste-Aguas abajo-Puente Zanja la Zorra y Apoyo en junta Gerber 3-Aguas abajo-Puente Ceibo Victoria) es recomendable en las siguientes campañas relevar con más detenimiento a fin de evaluar las acciones específicas sobre los aparatos si se presenta algún tipo de anomalía en la superficie de hormigón de su entorno.

Los doce puentes que se encuentran en la Zona de Islas poseen en su totalidad 154 apoyos (en estribos y en articulaciones Gerber). Es importante destacar que en sólo dos de los apoyos relevados se aprecian pequeños desplazamientos del teflón.



Sería oportuno realizar el mantenimiento de las babetas de protección de los apoyos deslizantes ubicados en los estribos cuyo deterioro no ha sufrido significativas modificaciones respecto a lo que revelan las fotografías de las inspecciones anteriores.

8.4 PROTECCIONES DE TALUDES EN LOS ESTRIBOS DE LOS Puentes EN ZONA DE ISLAS

En relación a los asentamientos observados en los pies de los taludes, se recomienda observar más de cerca en las siguientes inspecciones aquellos que presentaron este deterioro.



9 CONCLUSIONES

El hecho de llevar a cabo este trabajo de mi Práctica Profesional Supervisada, trajo consigo aprendizajes que no sólo tienen que ver con lo académico y profesional, sino sobre todo con lo personal.

El haber tenido la posibilidad de ir a realizar el relevamiento a la “Conexión Vial Rosario-Victoria” para llevar a cabo la Inspección Visual, fue una tarea enriquecedora que me permitió reconocer y tener presente las verdaderas dimensiones de los puentes y elementos estructurales que lo conforman. Como primera experiencia, el estar en contacto con la obra durante la inspección me permitió acentuar conocimientos acerca de las funcionalidades de los elementos estructurales, sus posiciones y diversidades. La tarea en equipo, tanto en campo como en gabinete, fue satisfactoria por el simple hecho de formar parte, y conocer aspectos y metodologías de trabajo desconocidas para mí.

Con respecto a la metodología de trabajo, la integración e interacción con el grupo profesional a lo largo del desarrollo de las tareas, resulta significativo destacar que con el paso de los días pude reconocer la importancia de tener una buena comunicación y diálogo entre los integrantes para llevar a cabo las tareas de la mejor manera.

Por último, vale aclarar que a pesar del conocimiento académico y racional que me brindó la FCEFyN, indispensable para la comprensión e interpretación básica de conceptos, fue necesario y de suma importancia el acompañamiento del grupo profesional; no solo proporcionando conocimientos, experiencias y consejos, sino también acentuando aquellos aspectos inherentes a las relaciones humanas que facilitaron la integración y comunicación con todos los integrantes del equipo de trabajo.



10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asociación Técnica de Carreteras, (2003). *Juntas para Puentes de Carretera-Consideraciones Prácticas*.
- [2] Composan, (2010). *Juntas para Puentes*.
- [3] Dr. Massaki Tatsumi-Ministerio de Obras Públicas y Transporte- Costa Rica, (2007). *Manual de Inspección de Puentes*.
- [4] FHECOR-Ingenieros consultores, (2007). *Reflexión en torno a la inspección de puentes*.
- [5] Geocisa e Ines Ingenieros-Ministerio de Fomento-Gobierno de España, (2012). *Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado*.
- [6] Grant T. Halvorsen, Randall W. Poston, (1993). *Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón*.
- [7] Ministerio de Transportes y Comunicaciones República del Perú, (2006). *Guía para la Inspección de Puentes*.
- [8] Puentes del Litoral S.A., (2003). *Especificación Técnica-Apoyos Deslizantes-Regulación y Reemplazo*.
- [9] Puentes del Litoral S.A., (1999). *Pliegos de especificaciones-Bases de Diseño*.

Páginas web:

- [10] Conexión Vial Rosario-Victoria, (2016), https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Rosario-Victoria, *Fecha de Ingreso: (30-06-2016)*.
- [11] Construmática-Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Geotextiles en taludes, http://www.construmatica.com/construpedia/Aplicaci%C3%B3n_de_Geotextiles_en_Taludes, *Fecha de Ingreso: (11-07-2016)*.
- [12] Monografía: Juntas de Puentes, Ing. Civil William Lobo Dugarte (2011), <http://www.monografias.com/trabajos5/juntas/juntas.shtml>, *Fecha de Ingreso: (05-07-2016)*.