

# ***EVALUACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS ESTRUCTURALES EN PUENTES PEATONALES EN CONCRETO ARMADO, DETECTANDO LAS POSIBLES CAUSAS Y PROPONIENDO ACCIONES CORRECTIVAS, EN LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN.***

*López Rodríguez Hernán Alexis, Salas González David Leonardo*

*Programa de ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia  
Bogotá D.C., Colombia*

*Resumen: Los puentes peatonales son estructuras necesarias para la movilidad de toda ciudad, evitan el colapso del transporte público o privado, es incentivo del orden de la ciudad, deben ser prioridad para salvaguardar la vida de cualquier persona, por lo tanto es necesario mantener en excelentes condiciones dicho conjunto de elementos. Este artículo se encaminó en la evaluación e identificación de las patologías encontradas en los puentes peatonales de concreto armado en la localidad de Fontibón en Bogotá D.C., mediante la inspección visual en campo de cada uno de ellos, identificando las lesiones químicas, físicas y mecánicas y realizando pruebas de fenolftaleína "in situ", registrando la información encontrada en fichas de inspección diseñadas por el grupo de trabajo y su respectivo registro fotográfico. Finalmente, se desarrolló un reporte final, donde se diagnosticó las causas por las cuales se produjeron las patologías encontradas.*

*Palabras Clave: Carbonatación, Concreto Armado, Lesiones, Patología, Puentes Peatonales*

*Abstract: Pedestrian bridges are necessary structures for the mobility of all city, avoid the collapse of public or private transport, it is an incentive of the order of the city, they must be priority to safeguard the life of any person, therefore it is necessary to maintain in excellent conditions remark set of elements. This article aimed at the evaluation and identification of the pathologies found in the pedestrian bridges of reinforced concrete in the town of Fontibón in Bogotá DC, by visual field inspection of each of them, identifying the chemical, physical and mechanical injuries and Carrying out tests of phenolphthalein "in situ", recording the information found in inspection record cart designed by the working group and its respective photographic record. Finally, a final report was developed, where the causes for which the pathology was found were diagnosed.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

El trabajo de investigación tuvo como objeto inspeccionar en campo, de manera visual, la condición, estado, daños y fallas encontradas de las patologías físicas, químicas y mecánicas, en los puentes peatonales en concreto armado de la localidad de Fontibón. Se realizaron pruebas de fenolftaleína “*in situ*”. Esta información se plasmó en fichas de inspección, en las cuales se hizo una clasificación de lo encontrado y se establece un diagnóstico.

## **II. TIPOS DE INSPECCIÓN**

Basados en el documento español “Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de carreteras del estado”, (2012) se establecen distintos niveles de inspección que se diferencian en su intensidad, frecuencia, medios humanos y materiales empleados. Estas son: inspecciones básicas (o rutinarias), principales y especiales.

### **a. Inspección básica**

Se entiende por inspección básica (también conocida como inspección rutinaria) una inspección visual desarrollada por personal no especializado. Este nivel de inspección constituye una sistemática útil para detectar deterioros de forma temprana y poder así prevenir que estos degeneren en deterioros graves, así como para localizar daños que necesiten una reparación urgente.

### **b. Inspección principal**

Se entiende por inspección principal, una inspección visual minuciosa del estado de todos los elementos del puente constituyendo una autentica auscultación del mismo. A priori no requieren la utilización de medios extraordinarios. Deben ser realizadas por personal

especializado bajo la supervisión de un ingeniero. Se recomienda que la primera inspección principal, denominada comúnmente inspección cero, se realice poco antes de la puesta en servicio del puente, ya que servirá de referencia para determinar la evolución de los deterioros.

### **c. Inspección especial**

Las inspecciones especiales, a diferencia del resto, no se realizan sistemáticamente o con carácter periódico, sino que surgen, generalmente, como consecuencia de los daños detectados en una inspección principal o excepcionalmente como consecuencia de una situación singular (como por ejemplo impactos de vehículos, daños por riadas (Crecida del caudal de un río) o cualquier otro desastre natural, etc.). Necesariamente implican la presencia de técnicos y equipos especiales. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2012)

## **III. METODOLOGÍA**

Para la identificación de los puentes peatonales objeto de intervención, se realizó una revisión de los documentos públicos en el IDU, donde se estableció la localidad de trabajo.

La patología en puentes peatonales se constituye en un elemento esencial en la gestión de estructuras, razón por la cual se hace necesario realizar un seguimiento del estado actual de los puentes peatonales de la localidad de Fontibón, a través de inspecciones visuales, donde se proporcionó la información necesaria para el procesamiento de datos que seguramente se utilizarán para un posible manual de inspección de puentes peatonales.

Con base en lo anterior se ejecutó el inventario de las fallas de los puentes peatonales para la zona en estudio con el propósito de calificarlo dentro de los parámetros de funcionalidad y así

determinar el estado superficial en que se encuentra la estructura del puente, registro que se plasmó en fichas técnicas y/o formatos diseñados por el grupo de trabajo.

Así mismo se realizaron estadísticas con el fin de sistematizar (cuantificar y cualificar) los resultados obtenidos y presentes en las fichas técnicas y/o formatos realizados con anterioridad.

Finalmente, se estructuró un reporte final, que comprendió cada una de las etapas contenidas en el proyecto, con conclusiones y recomendaciones generales de los resultados y las consecuencias directas.

#### IV. CONSIDERACIONES PARA CALIFICAR EL GRADO DE DAÑO DE LOS PUENTES PEATONALES

Para el trabajo de campo se diseñó unas fichas donde se calificó el grado de daño de cada puente inspeccionado, se tuvo en cuenta el estado y condiciones actuales con las que cuenta la estructura y los diferentes elementos que la componen para ser evaluado. El grado de daño se presenta en una escala progresiva (ver tabla 1), que se clasifica en 3 grupos que son baja, mediana y alta, que se presenta a continuación:

**Baja:** no tiene una incidencia notable dentro del comportamiento de la estructura cualquiera que sea el tipo de daño, se da cuidado especial a las condiciones de grave mediana y alta, valores de 1 y 2.

**Mediana:** dentro de la media hay tantas variables que para poder identificar si el daño aumente o disminuya su magnitud es bastante complicado, valores desde 3 y menores de 4.

**Alta:** las variables identificadas son bastante contundentes en el funcionamiento de la estructura afectando a los usuarios que utilizan o transitan por ella, valores mayores o iguales a 4 y hasta máximo 5.

Tabla 1. Grado de daño del elemento.

Grado de severidad del elemento	
Grado del daño	Descripción
1	Se observa pérdida del elemento construido
2	Se observa una considerable pérdida de material de la estructura
3	Ha crecido la pérdida de material en algunas partes de la estructura
4	Se observa el principio de pérdida de material de la estructura
5	No se observa pérdida de material de la estructura

Fuente: autores

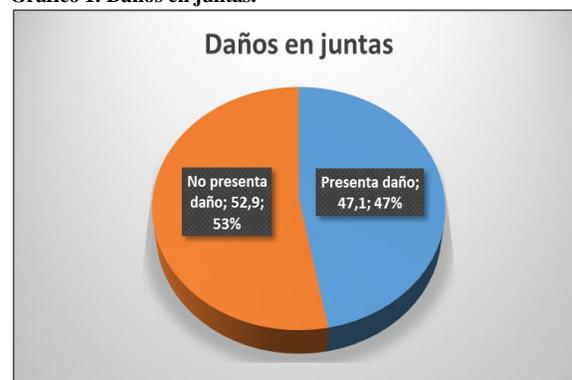
#### V. DIAGNOSTICO

##### a. Juntas

Los daños en las juntas presentados en la inspección de los 17 puentes de la localidad de Fontibón, se identificó patologías similares entre los puentes que afectan la transmisión de cargas verticales y la libertad de movimiento horizontal. Se examinó que el sello elastomérico estuviera en condiciones óptimas, es decir que no exista material que impida el movimiento y que no permita el paso de agua hacia los apoyos del puente, más sin embargo se encontró material orgánico y desechos en estos elementos del puente, lo que ocasiona a futuro obstrucción y ruptura de este sello.

De los 17 puentes inspeccionados, 8 presentan daños en sus juntas, lo que representa el 47% (ver gráfico 1), es decir, se encuentra material orgánico, desechos en estos y rotura del sello elastomérico.

Gráfico 1. Daños en juntas.



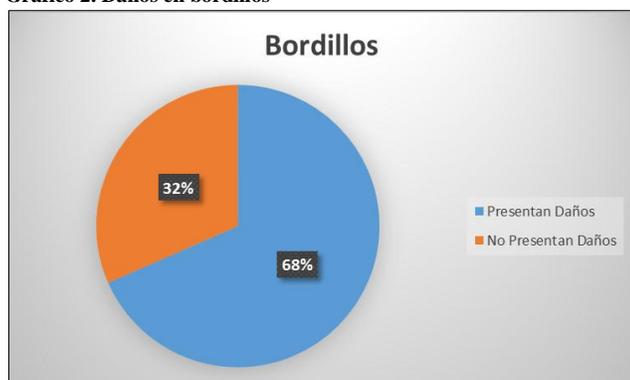
Fuente: autores

### b. Bordillos

Los bordillos presentan descascaramientos, fracturamiento, aceros expuestos y corrosión del mismo, a su vez las barandas evidencian un desprendimiento con este elemento, como sucede en el puente de la AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68A y el puente DG 15A - KR 98. Este tipo de daños pueden aumentar el grado de severidad hasta la pérdida total del concreto, dejando expuesto el acero como ocurre en el puente AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68, AV. BOYACA - AC 26, DG 15A - KR 98 y TV 73A - CL 23.

13 de los 17 puentes presentaron daños en los bordillos, lo que es equivalente al 68% (grafico 2).

Gráfico 2. Daños en bordillos



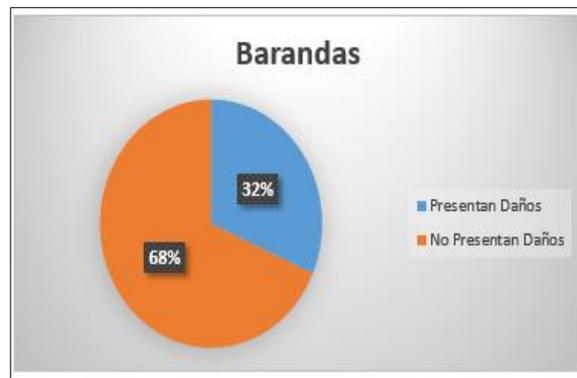
Fuente: autores

### c. Pintura

Falta de pintura, delimitación de la pintura, corrosión y ausencia de elementos, son los deterioros que se observan sobre las barandas en los diferentes puentes de la localidad de Fontibón. La corrosión es el daño más grave sobre las barandas, ya que conlleva a la reducción del material y al fracturamiento entre elementos como se evidencia en el puente DG 15A - KR 98. El puente AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) y el puente AV DE CALI - AC 13 no presentan mayores deterioros.

Los puentes AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) CON carrera 69, AV DE CALI - AC 13, CALLE 26 CON CARRERA 68 y AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68B, no presentan los daños descritos anteriormente, esto equivale a que tan solo el 32% de los puentes evidencian falta de pintura, delimitación de la pintura, corrosión y ausencia de elementos (grafico 3).

Gráfico 3. Daño en barandas.



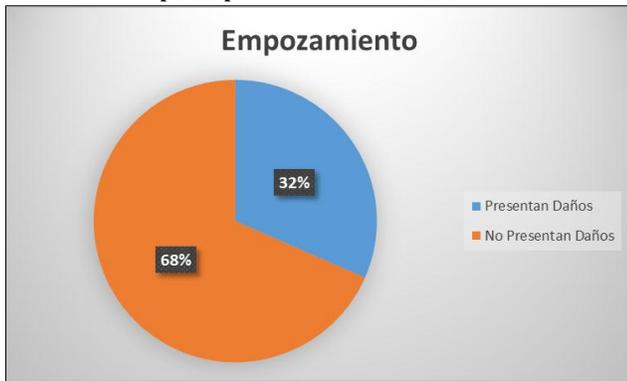
Fuente: autores

### d. Empozamientos

Todos los puentes inspeccionados presentan un buen retiro de aguas, sin embargo, se genera algunos empozamientos que pueden generar una filtración en el concreto y esto puede ocasionar corrosión en el acero de refuerzo. Los puentes en los que se evidenció este problema fueron: puente AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68B, puente CALLE 26 CON CARRERA 68, puente DG 15A - KR 98, puente AC 26 - KR 74, puente AC 13 - AV DE CALI y puente AV DE CALI - AC 13

Estos 6 puentes mencionados anteriormente representan un 31.6% (grafico 4) de todos los puentes inspeccionados.

Gráfico 4. Daños por empozamiento.



Fuente: autores

Aunque los líquenes y musgos no causan mayor impacto estructuralmente, si causa un impacto estético.

Un 29% de los puentes presenta líquenes y musgos, mientras que el 71% no lo presentan (grafico 5).

Gráfico 5. Daños por líquenes y musgos.



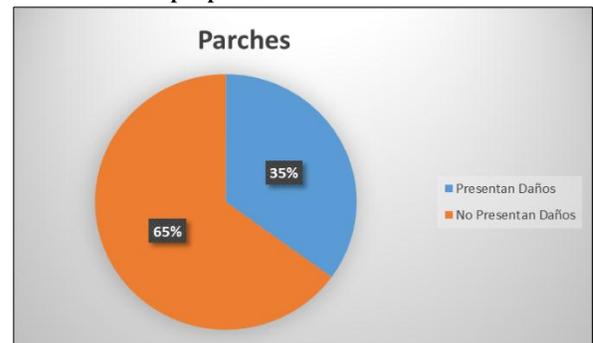
Fuente: autores

#### e. Parches

Las losas de concreto presentaron un deficiente estado, no obstante, se ha removido o reemplazado, ya sea con material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente. Los puentes en los que se evidencian parches sobre la losa son: el Puente CALLE 68 CON CALLE 22a, Puente AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68a, Puente TV 73C - CL 24D BIS, Puente TV 73A - CL 23, Puente TV 73A - CL 23 y Puente AV. BOYACA - AC 26.

Se evidencia el poco mantenimiento sobre estos puentes, que tan solo el 35% (ver gráfico 6), de estas estructuras han sido intervenidas.

Gráfico 6. Daño por parches.



Fuente: autores

#### f. Desintegración

Las pequeñas cavidades que presenta el concreto por su desintegración del agregado grueso con el agregado fino, se evidencian en los puentes: AV. BOYACA - AC 26, AV. BOYACA - CL 23C, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 69, AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) CON carrera 69, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24), CARRERA 68 CON CALLE 22ª, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68B y AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68A.

8 puentes presentan desintegración en la losa que equivale al 47% de todos los puentes inspeccionados (ver gráfico 7).

Gráfico 7. Daños por desintegración.



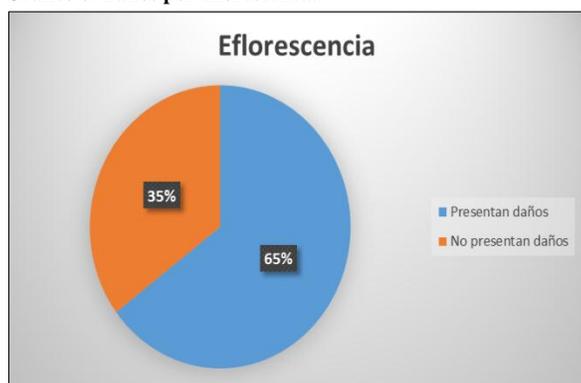
Fuente: autores

### g. Eflorescencia

La eflorescencia es el paso del agua a través del concreto por la cristalización de sales generando manchas de color blanco de forma no definida, como las que presentan los puentes: Carrera 68 con calle 22A, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68B, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68A, Calle 26 con carrera 68, AC 26 - KR 74, AC 13 - AV C. de CALI, AV. BOYACA - CL 23C, AV de CALI - AC 13, AV. BOYACA - AC 26. El 65% refleja la afectación de este fenómeno (ver gráfico 8).

La eflorescencia no solo se presenta en el paramento del elemento, estas pueden estar presentes en otro lugar, como por ejemplo en fisuras, porque este proceso no se restringe a ser producido de una sola manera ni en un solo lugar. Dando lugar a esto, la eflorescencia que se manifestó en fisuras está en los puentes AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68, en una fisura por cortante (la eflorescencia también la presenta en las juntas de construcción); y en el puente AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24), se presenta en fisura por flexión en el paramento inferior de la placa.

Gráfico 8. Daños por eflorescencia.

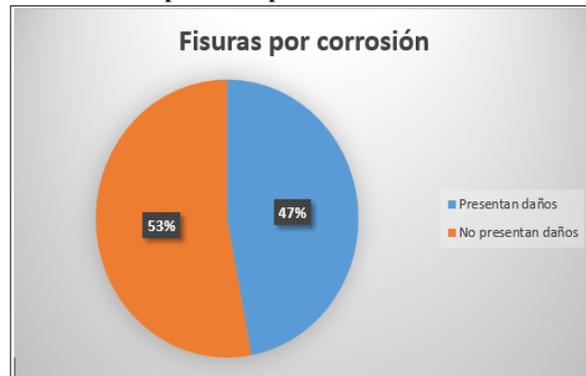


Fuente: autores

### h. Fisuras por corrosión

La fisuración por corrosión presentada en los puentes: CARRERA 68 CON CALLE 22A, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 69, AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) CON carrera 69, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68A, AC 26 - KR 74, AC 13 - AV de CALI, AV C.deCALI - AC 13, AV. BOYACA - AC 26, es causado porque el agua ingresa por las fisuras, estas tienen la misma dirección al acero afectado y es muy frecuente que aparezcan manchas de óxido en la superficie del elemento, causando el 47% de afectación a dichas estructuras (ver gráfico 9).

Gráfico 9. Daños por fisuras por corrosión.



Fuente: autores

### i. Corrosión por carbonatación – bordillos

La corrosión por carbonatación se presenta especialmente en dos (2) puentes AV. BOYACA - AC 26 y AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68, este daño es producido porque en el concreto se producen fisuras diminutas por retracción, por estas fisuras ingresa agua hasta el acero de refuerzo, aquí el proceso de corrosión en el acero afecta la capa pasivante, haciendo que esta se disuelva dejando una zona donde no hay ni acero de refuerzo ni concreto, esto hace que el concreto sea propenso a la pérdida de material (descascamiento). Esto equivale al 12% de afectación a las estructuras (grafico 10).

Gráfico 10. Daños por corrosión por carbonatación.



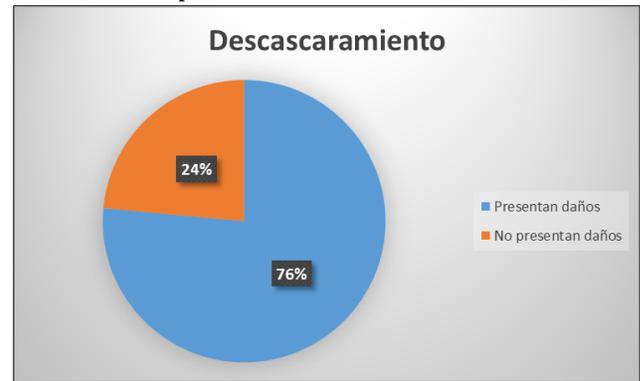
Fuente: autores

### *j. Descascaramiento*

Los puentes peatonales inspeccionados presentan descascaramiento, que es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad entre 5 a 15 mm, esto ocurre por diferentes factores, frecuentemente es por corrosión por carbonatación, que es uno de los que más presentaron; también es producido por mal proceso constructivo, es decir, no hubo buena adherencia entre el acero y el concreto (capa pasivante), por segregación, la humedad relativa (94%) de Bogotá, fisuras por retracción, poco mantenimiento, entre otros.

Los puentes evidencian que el descascaramiento puede llegar a ocasionar la pérdida parcial o total de la malla electrosoldada, porque en algunos casos queda expuesta a la intemperie continuando el proceso de corrosión. Los puentes peatonales inspeccionados que presentan dicho daño son: CARRERA 68 CON CALLE 22A, AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) CON carrera 69, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24), AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68, Calle 26 con carrera 68, TV 73C - CL 24DBIS, TV 73A - CL 23D, TV 73A - CL 23, DG 15A - KR 98, AC 26 - KR 74, AC 13 - AV C.deCALI, AV. BOYACA - CL 23C, AV. BOYACA - AC 26, equivalente al 76% de los puentes inspeccionados (grafico 11).

Gráfico 11. Daños por descascaramiento.



Fuente: autores

### *k. Fisuras por flexión*

Los puentes peatonales: AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 69, TV 73A - CL 23D, TV 73A - CL 23, AC 13 - AV de CALI, AV de CALI - AC 13, presentan fisuras por flexión, estas aparecen por las cargas aplicadas al elemento y las losas sufren pandeo, estas cargas están aplicadas en el centro de la luz; como el elemento es de concreto, las fisuras aparecen de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, son verticales y se presentan en el centro del elemento, estas son porque la flexión está en función del elemento y el momento máximo se presenta en el centro de la luz (ver gráfico 12).

Gráfico 22. Daños por flexión.



Fuente: autores

### *l. Fisuras por cortante*

Los puentes peatonales AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 69, AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24) CON carrera 69, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO

(Calle 24A) con AV. DE LA CONSTITUCIÓN (CALLE 24), AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68A, AV. LUIS CARLOS SARMIENTO (Calle 24A) con carrera 68, calle 26 con carrera 68, presentan fisuras por flexión, las cuales aparecen por las cargas concentradas aplicadas de manera perpendicular en el centro de la luz al eje longitudinal, cuando el armado es deficiente; si las fisuras son diagonales y se desarrollan de abajo hacia arriba y son cercanas a los apoyos, son inducidas por cortante. A veces las cargas son horizontales (cargas por sismo) y las fisuras se pueden ver en forma de x (equis) este corresponde al 35% de daños presentes en los puentes inspeccionados (ver gráfico 13).

Gráfico 13. Daños por fisuras por cortante.



Fuente: autores

### *m. Fisuras por compresión (axial)*

Las fisuras por compresión se observaron en los puentes con dificultad, debido a que estas no son tan perceptibles a simple vista. Los puentes peatonales que las presentaron son: calle 26 con carrera 68, TV 73C - CL 24DBIS, AV. BOYACA - CL 23C, estas fisuras son pequeñas y juntas y se ubican en la mitad del elemento. Estas se producen cuando los esfuerzos actuantes son mayores a la resistencia del material, estas corresponden al 18% de daños existentes (ver gráfico 14).

Gráfico 34. Daños por fisuras por compresión (axial).

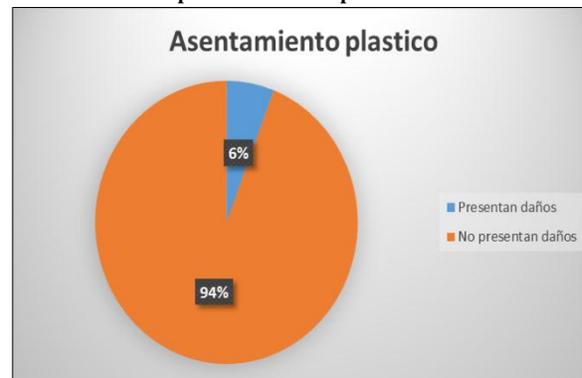


Fuente: autores

### *n. Asentamiento plástico*

El puente peatonal localizado en la AC 26 - KR 74 es caso especial, ya que es el único que presenta asentamiento plástico en el paramento superior de la placa (zona transitable), esta afectación presenta fisuras, que se producen porque los elementos sólidos, se desplazan hacia el fondo de la formaleta debido a la gravedad y el agua se desplaza hacia la dirección contraria; si dentro del concreto hay malla electrosoldada que no posibilite el paso de los sólidos aparecerán las fisuras en la misma dirección de la malla electrosoldada, las afectaciones se reflejan en el gráfico 15.

Gráfico 15. Daños por asentamiento plástico.



Fuente: autores

### *o. Asentamiento de pilas*

Este daño es un caso bastante especial ya que solo se presenta en un solo puente peatonal que está localizado en la AV. BOYACA - CL23C (cerca a los 3 elefantes), este evidencia una

discontinuidad a simple vista y desde muchos ángulos; esta es producida por defectos propios de la cimentación (presión excesiva, deformación del terreno y por aumento de las cargas), es un daño grave, ya que un asentamiento puede provocar la aparición de esfuerzos superiores a los previstos para la estructura. La importancia del daño depende en primer lugar de la magnitud del asentamiento con relación a las restantes pilas, de la estratificación del suelo y de la tipología estructural, este daño debe ser considerado de manera especial para saber la razón exacta por la cual sucedió este. En la fotografía 1 se evidencia de manera visual la condición que posee el puente actualmente.

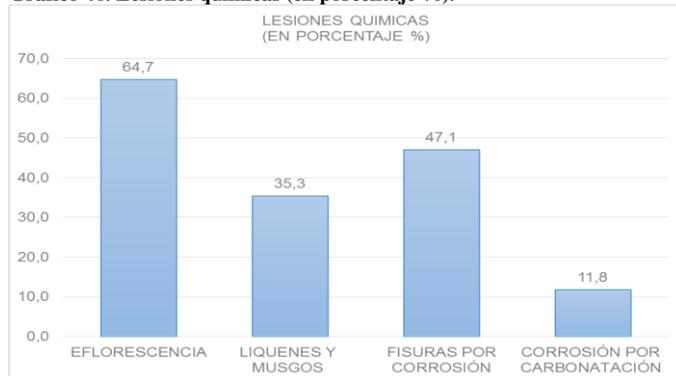
Fotografía 1. Asentamiento de pila.



Fuente: autores

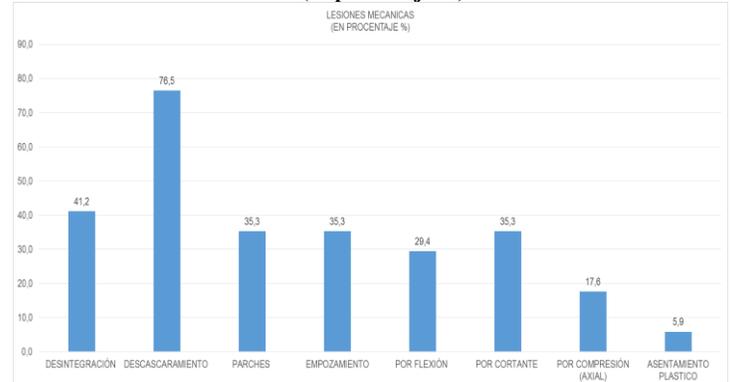
A continuación se presenta el porcentaje de las lesiones químicas y mecánicas que presentaron los puentes de la localidad de Fontibón:

Gráfico 46. Lesiones químicas (en porcentaje %).



Fuente: autores

Gráfico 17. Lesiones mecánicas (en porcentaje %).



Fuente: autores

## VI. CONCLUSIONES

En los puentes peatonales de la localidad de Fontibón, sus juntas presentan patologías que a largo plazo podrían debilitar la estructura, ya que no le permite al concreto expandirse y contraerse libremente. Estos daños evidenciados son (en la mayoría de los casos) presencia de materia vegetal, pérdida del sello elastomérico, suciedad, agrietamientos y discontinuidad

Los bordillos y barandas de los puentes peatonales son fundamentales para la seguridad de los usuarios, la inspección evidenció que las uniones bordillo - baranda presentan un alto grado de descascaramiento, corrosión y musgo. Esto con lleva a que su apariencia no sea agradable a los peatones y que un futuro pudiese llegar a la rotura y/o desplazamiento de elementos.

El 65% de los puentes peatonales de la localidad de Fontibón presentan eflorescencias que afecta el concreto armado, de estos puentes 81,81% se encuentra en los paramentos inferiores de la placa, el 9,09% se encuentra en una fisura por cortante y 9,1% restante se encuentra en una fisura pro flexión.

El 76,5% de los puentes peatonales de la localidad de Fontibón presentan descascaramiento en la losa de concreto de su zona transitable. Es tan grave este daño que es visible la malla electro soldada.

La patología más común presente en todas estas estructuras sin duda alguna son las fisuras por cortante con un 35,6%, ya de por sí el concreto tiende a fisurarse con el paso del tiempo debido a su estado de servicio.

En el trabajo de campo se evidenció que el 100% de los puentes peatonales inspeccionados presentan carbonatación en el recubrimiento, esto se debe a la presencia de dióxido de carbono que reacciona con la humedad modificando el pH del concreto.

Los puentes peatonales atirantados cercanos a MALOKA presentan daños considerables, se nombran algunos de ellos: los tirantes presentan una alineación incorrecta entre los cables de acero y los tubos guía; daños de los elementos de sellado entre los cables de acero y los tubos guía. La fatiga de los elementos, el envejecimiento de los materiales, las agresiones climáticas como sol, viento y/o lluvia, el vandalismo, entre otros. Son factores que pudiesen haber sido los causantes de los deterioros en dichos elementos.

El empozamiento en los puentes peatonales es factor que ocurre por el taponamiento los drenajes, este que constituye un aspecto básico y muy importante para la durabilidad del puente. Esta patología se presenta en el 32% de los puentes evaluados.

## VII. RECOMENDACIONES

Es de manera indispensable realizar en una segunda etapa, una evaluación del avance de carbonatación realizando extracción de núcleos, así mismo programar ensayos que permita identificar el compromiso estructural inducido por las fisuras, así como evaluar la cuantía de refuerzo. Lo anterior se logra en un estudio detallado, el cual al requerir ensayos destructivos se debe contar con los permisos y el dinero necesario para ejecutarlos.

Se recomienda que el mantenimiento de los puentes peatonales se programado con un intervalo de 3 a 6 meses para llevar un registro de

sus afectaciones y/o cambios causados por procesos mecánicos, químicos y/o físicos que hayan adquirido.

Para un adecuado control e inspección de puentes es recomendable realizar un programa, el cual permita hacer la consignación de la información en campo, logrando así agilizar los procesos, permitiendo además conocer de primera mano el estado general del puente y la historia del mismo.

## REFERENCIAS

[1] (IDU), Instituto de Desarrollo Urbano. 2016. BOLETÍN TÉCNICO No 3 Inventario de Puentes - Actualización a 2016. *Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)*. [En línea] marzo de 2016. [Citado el: 17 de noviembre de 2016.]

[https://www.idu.gov.co/documents/20181/2121303/BOLETIN+INVENTARIO+DE+PUENTES+2016\\_.pdf/c9dca857-6da7-4236-99be-0ed427dbe55a?version=1.0](https://www.idu.gov.co/documents/20181/2121303/BOLETIN+INVENTARIO+DE+PUENTES+2016_.pdf/c9dca857-6da7-4236-99be-0ed427dbe55a?version=1.0).

[2]—. 2014. *Inventario de Puentes - Actualización 2014*. Bogota D.C. : s.n., 2014.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS). 2006b. MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS. *INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS)*. [En línea] Octubre de 2006b. [Citado el: 8 de Abril de 2017.]

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>.

[4] —. 2006a. MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES. *INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS)*. [En línea] Octubre de 2006a. [Citado el: 14 de Marzo de 2017.]

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/976-manual-para-la-inspeccion-visual-de-puentes-y-pontones/file>.

[5] MINISTERIO DE FOMENTO. 2012. Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado. *fomento*. [En línea] 2012. [Citado el: 8 de abril de 2017.] <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/EAAF10BD-4D0C-43D7-87F6-9FFD227A59DC/110622/0870250.pdf>. 978-84-498-0907-1.

[6] Montejo Fonseca, Alfonso. 2013. *Tecnología y patología del concreto armado*. s.l. : U. Católica de Colombia, 2013. 9789588465500.

[7] Osorio, Jesus David. 2012. 360° en concreto - argos. *360° en concreto*. [En línea] argos, 27 de junio de 2012. [Citado el: 17 de noviembre de 2016.] <http://blog.360gradosenconcreto.com/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla/>.