

**PATOLOGÍA DE LOS PUENTES PEATONALES EN LA LOCALIDAD DE
TEUSAQUILLO**

**ANA MARÍA GUZMÁN VARGAS
JOANA MERCEDES PADILLA ALDANA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2017**

**PATOLOGÍA DE LOS PUENTES PEATONALES EN LA LOCALIDAD DE
TEUSAQUILLO**

**ANA MARÍA GUZMÁN VARGAS
JOANA MERCEDES PADILLA ALDANA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**Directora:
MARISOL NEMOCÓN RUIZ
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2017**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Dedicatoria

A Dios.

Por darme la oportunidad de realizar mis proyectos, por bendecirme cada día en el transcurso de mi carrera y darme salud para levantarme y trabajar por mi meta. Le doy gracias por darme sabiduría, entendimiento, fortaleza, ciencia, paciencia, amor y constancia para sobrevivir a cada obstáculo que me colocaba en el camino, como el estar a kilómetros de distancia de mi familia en estos 5 años de carrera.

A mis padres (Luz Melva Vargas Ramírez, José Omar Guzmán Montoya) y mis hermanos (Jhon Edward Guzmán Vargas, Yuri Johana Guzmán Vargas, Milton Cesar Vargas Ospina).

De los cuales tuve un apoyo incondicional de cada uno de estas personas, siendo las más importantes en mi vida. En especial le dedico esta tesis y mi carrera a mi madre, ya que ella me ha brindado un apoyo constante, en compañía de sus buenos consejos, deseos y amor, que me convirtieron en una mejor persona.

Para mí, fue de gran ayuda mi núcleo familiar, puesto que recibía ánimo cada vez que sentía que no podía más y estaba a punto por darme por vencida. También les agradezco a cada una de ellas por el apoyo económico en su totalidad para poder realizar mi sueño.

A mis familiares y amigos.

Les agradezco y dedico a cada uno de ellos por haberme brindado un espacio en sus vidas, en sus corazones y en sus hogares, haciéndome sentir como en el mío, así lo tuviera a bastantes kilómetros de distancia. Donde cada uno me dio a entender que fui y soy importante en sus vidas. Agradezco por cada una de las experiencias vividas y sus enseñanzas, que me han hecho crecer como persona y espiritualmente.

Ana María Guzmán Vargas

Dedicatoria

*Primeramente, dedicó la tesis a Dios todo poderoso por ser mi guía en este sendero, me brindo salud y la fuerza espiritual para no desfallecer en las adversidades, en segundo lugar, dedicó a **Mercedes Padilla** que desde el cielo hizo lo posible para hacer realidad este sueño, quien me inculco el estudio y fue mi más grande inspiración dejando el legado a un ser maravilloso como lo es mi padre **Luis Eduardo Padilla** y mi mami **Odilma Aldana**, mis principales motores, quienes me han dado la vida y el apoyo incondicional, mi padre que con esfuerzo, sabiduría y dedicación ha hecho todo lo que está en sus manos por darme la posibilidad de llegar a este lugar, mi mami que con su amor y paciencia me guía por el mejor camino, encargada de mi educación y a la que le agradezco de todo corazón porque gracias a ella son quien soy y me ha sabido aconsejar para llegar a este punto. Mi hermano **David Santiago Padilla Aldana** que me ha mostrado el mundo de una forma diferente, me ha ayudado cuando más lo necesito y está presente en los momentos buenos y malos, además, es el ser por el cual quiero ser mejor cada día. A mis familiares y amigos que dejaron su grano de arena haciendo posible este sueño, en especial **Ana María Guzmán**, que me brindó el gran valor de la amistad y compañía en los momentos difíciles. Y por último a **Antonio Koop**, por ser mi segundo padre, y un gran apoyo económico, quien me aconsejo y guio a ser una profesional.*

Joana Mercedes Padilla Aldana

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto, el cual fortalece nuestro conocimiento en la carrera de Ingeniería Civil y nuestra vida profesional. De seguido agradecemos a la Ingeniera Marisol Nemocon Ruiz, por dejarnos realizar este proyecto con su colaboración y conocimiento, siendo este de gran ayuda. También agradecemos al Ingeniero Cesar David Quintana Cabeza, por brindarnos su apoyo y ayudarnos con el cuerpo del trabajo, siendo su colaboración indispensable. Y a cada uno de nuestros familiares y compañeros que de alguna u otra forma nos brindaron su apoyo para dar como finalizado este trabajo de investigación y carrera.

Joana Mercedes Padilla Aldana

Ana María Guzmán Vargas

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	5
INTRODUCCIÓN	8
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. OBJETIVO GENERAL	11
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
4. ALCANCES Y LIMITACIONES	12
5. MARCO DE REFERENCIA	13
5.1 MARCO TEÓRICO	13
5.2. MARCO CONCEPTUAL	13
5.3 MARCO HISTÓRICO	15
5.4. MARCO LEGAL	16
6. METODOLOGÍA	18
7. ESTADO DEL ARTE	21
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
10. CONCLUSIONES	33
11. RECOMENDACIONES	36

GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1 Puentes peatonales de la localidad teusaquillo según su estructura.	24
Gráfica 2 Porcentajes de daños por tipo patologías.	25
Gráfica 3 Cuantificación de los daños según sus patologías.	27
Gráfica 4 Porcentaje de daños en acceso peatonal de los puentes metálicos.	29
Gráfica 5 Porcentaje de daños en acceso peatonal de los puentes en concreto.	29
Gráfica 6 Promedio del grado de daños en el acceso peatonal para puentes metálicos.	30
Gráfica 7 Promedio del grado de daños en el acceso peatonal para puentes en concreto.	30
Gráfica 8 Porcentaje de patologías físicas según su estructura.	31
Gráfica 9 Porcentaje de patologías mecánicas según su estructura.	32
Gráfica 10 Porcentaje de patologías químicas según su estructura.	32

GLOSARIO

Convención de daños según el manual para la inspección visual de puentes y pontones¹

¹ Manual para la inspección visual de puentes y pontones. INVIAS. Universidad Nacional de Colombia. Octubre 2006. Bogotá D.C.

AE	Agentes externos
AS	Asentamiento
AUA	Ausencia de anclajes
AUE	Ausencia de elementos
AUP	Ausencia de pintura
AUS	Ausencia del sello
CAR	Carbonatación
COL	Corrosión leve
COM	Corrosión Media
COP	Corrosión en pasamanos
COS	Corrosión Severa
CTC	Contaminación del concreto
DGG	Desgaste
DPG	Desportillamiento
DT	Deterioro en pintura
EF	Eflorescencias
EXA	Exposición del acero
FIC	Fisuras por cortante
FIF	Fisuras por flexión
FIG	Fisuramiento
FIR	Fisuración por retracción
FRP	Fracturamiento de postes
GIV	Golpes por impacto vehicular
HO	Hormigueros
IL	Ilegibilidad
IMP	Fallas por impacto
IN	Infiltración
IVN	Invisibilidad
JF	Construcción inadecuada de juntas frías.
OB	Obstrucción del sello
PD	Perfiles defectuosos
PI	Pintura deteriorada
PS	Perfiles sueltos
RE	Recubrimiento
RU	Ruptura del sello
SE	Segregación
VI	Vibración Excesiva
VO	Volcamiento

Convención de daños para completar y obtener la información necesaria para realizar los análisis

AG	Agrietamiento
ASD	Ausencia de drenajes
ASÑ	Ausencia de señalización
AUJ	Ausencia de juntas
AUL	Ausencia de láminas
DET	Deterioro de láminas y concreto
DH	Desplazamiento horizontal
DT	Deterioro de pintura
FCE	Falla o colapso de las estructuras
FIL	Filtración
GRV	Grietas verticales
INT	Inestabilidad
OBC	Obstrucción del cauce
SMT	Sedimentación del material transportado
TD	Taponamiento de los drenajes
VEG	Vegetación

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen variedad de puentes en la Ciudad de Bogotá. Los más destacados están contruidos en concreto y metal, los cuales facilitan el tránsito de los peatones por la ciudad. Por ende, es de gran relevancia realizar una investigación para conocer la patología de estos.

En este documento se enfatizará los puentes ubicados en la localidad de Teusaquillo, ya que es una zona central donde se encuentra ubicado un porcentaje significativo de trabajos, universidades, centros médicos, parques y lugares de entretenimiento, los cuales generan mayor riesgo para la seguridad de la ciudadanía.

Al pasar el tiempo, los puentes se pueden ir deteriorando por diferentes causas, como los son: su antigüedad, la protección, el mantenimiento, el medio ambiente, la sobre-carga y por las acciones inadecuadas que puede causar el hombre.

Por ende, se quiere hacer un estudio patológico para suministrar una estadística del estado actual de los puentes, teniendo en cuenta los componentes físicos, químicos y mecánicos. Para realizar este estudio se enfatizó en el Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones¹ (INVIAS, Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones, 2006), donde hace referencia a los parámetros que se deben de tener en cuenta a la hora de diligenciar las fichas técnicas donde se caracterizarán los daños estructurales. Esclareciendo que el análisis llevado a cabo a las estructuras fue de carácter visual.

Finalmente, se darán a conocer los puentes con mayor índice de riesgo para la comunidad, con el fin de proporcionar información detallada de los riesgos que se pueden estar presentando con el tiempo y también prevenir daños a corto, mediano y largo plazo.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, en la Ciudad de Bogotá, se evidencia un alto índice de accidentalidad a causa del mal estado de los puentes peatonales. Datos del Instituto de desarrollo Urbano (IDU) indican que de los 425 puentes peatonales que hoy existen en la ciudad, el 39 por ciento está en buen estado (165); el 29 por ciento, regular (120); el 0,5 por ciento, en mal estado (2) y el 31,5 por ciento, sin calificación (138), (Torres, 2017)

Por este motivo, muchos usuarios optan por colocar en riesgo su vida al no utilizar los puentes. Al analizar esta situación, se concluyó que no solo es por la negligencia de la persona, sino que también la estructura no está en perfectas condiciones para salvaguardar la vida de los ciudadanos, por lo tanto, el usuario prefiere cruzar por el obstáculo (rio, zona de alto tráfico vehicular, canal abierto, humedal) sin tener en cuenta las consecuencias. Según una encuesta de Percepción Ciudadana de Bogotá 2013, el 48 % de los encuestados, consideran que el comportamiento de los peatones en Bogotá es inapropiado, y solo el 22% considera muy probable que sea castigado por no hacer uso de los puentes peatonales, (Cardona, 2014).

Por lo tanto este proyecto se realiza con el propósito de ejecutar una inspección visual con el fin de obtener un documento, reportando y esclareciendo el acondicionamiento de los puentes, para hacer cumplimiento de la Constitución Política de Colombia² (Constituyente, 1991) y la Norma Sismo Resistente (NSR10)³, la cual especifica en el Título A (A.1.2.2.1) que las estructuras ya sean antiguas y futuras deben de reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos (NSR-10, 2010). Cabe resaltar que a la hora de hacer un diseño estructural no solo se vela por la seguridad, sino que se debe ser sismo resistente y durable, (Sísmica, 1997).

² Constitución Política De Colombia. 1991. Asamblea Nacional Constituyente.

³ Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente. Creada por la Ley 400 de 1997.

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A causa del mal estado de los puentes, producto de la baja frecuencia de sus reparaciones, algunos de los peatones sufren accidentes, (Torres, 2017).

Por este motivo, las entidades públicas encargadas de la administración de estos equipamientos urbanos requieren de un inventario de daños para que, ellos, generen las posibles soluciones en concordancia con sus capacidades y recursos.

En síntesis, las entidades públicas necesitan un análisis del deterioro en las escalera y rampas de acceso, el estado del concreto, las láminas levantadas, rotas y huecos, entre otros problemas que pueden producir accidentes a los usuarios de los puentes peatonales de la localidad Teusaquillo, ya que está situado en vías principales y zonas con alta demanda de población debido a los centros médicos, universidades y lugares recreativos.

¿Es posible aplicar el Manual para la Inspección Visual de puentes y pontones¹ para la caracterización (análisis y sistematización) de las patologías en los puentes peatonales de la localidad de Teusaquillo de Bogotá DC?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las patologías mecánicas, físicas y químicas de los puentes peatonales en la localidad de Teusaquillo por medio de inspecciones visuales, bajo el Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar las inspecciones respectivas a los 25 puentes peatonales de la Localidad de Teusaquillo teniendo en cuenta el Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones.
- Organizar y analizar los datos obtenidos en las inspecciones de cada puente de la Localidad de Teusaquillo.
- Registrar en fichas técnicas las características físicas, químicas y mecánicas que se manifiestan en los puentes peatonales.
- Evaluar detalladamente las patologías físicas, mecánicas y químicas, con mayor frecuencia que inciden en los puentes de estructuras en concreto y metálicos, dando a conocer sus posibles causas, los elementos y daños que más afectan la estructura con su respectivo análisis.
- Determinar el elemento que se encuentra más afectado, teniendo en cuenta para su análisis la unión de las tres (3) patologías, físicas, mecánicas y químicas, especificando los daños que la posicionan en primer lugar.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

El tiempo definido para cumplir los objetivos propuestos para el desarrollo de este proyecto es de 4 (cuatro) meses durante el periodo 2017-3. Teniendo en cuenta que es un proceso que se le realizará a los 25 puentes peatonales que existen actualmente en la localidad de Teusaquillo. Con el propósito de evaluar y entregar un documento, un poster y artículo sobre la condición o estado en que encuentran las estructuras de manera física, química y mecánica mediante la inspección visual.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

Un puente puede definirse de muchas maneras, pero Andrea Palladio, el gran Arquitecto e Ingeniero Italiano del siglo XVI, fue quien probablemente se acercó a la esencia de la construcción de un puente cuando dijo «los puentes deben adaptarse al espíritu de la comunidad exhibiendo amplitud, firmeza y deleite». (Locke & Locke, 2011).

Davison y Owens (2003), observaron que el acero estructural cuya aleación metálica está compuesta principalmente de hierro y pequeñas cantidades de carbón (de 0.002% a 2.0%), posee propiedades de resistencia y ductilidad. Aditivos y aleaciones especiales son generalmente empleadas como especialidades en la ingeniería del acero.

Pinho y Bellei, observan que en las estructuras compuestas (vigas y placas) fabricadas en acero y hormigón, muy empleadas en la construcción de puentes pequeños y de tamaño mediano, también se debe verificar la integración entre el hormigón y el acero, es decir las conexiones.

Según un estudio sobre los criterios de aplicación de pintura del año 2009 realizado por Pfeil and Pfeil, la pintura es el medio generalmente empleado para evitar la oxidación del acero, esta debe ser aplicada en intervalos máximos de 5 a 10 años, dependiendo del ambiente, (Tadeu, 2011).

5.2. MARCO CONCEPTUAL

La patología estructural es una ciencia que se encarga del estudio, diagnóstico de daños, evaluación de las causas y formulación de los procesos de reparación. La patología del concreto abarca todos los diferentes factores que pueden afectar una estructura como lo son: el medio ambiente, las cargas a las que está sometida y al curado inadecuado. Estas patologías se dividen en tres grupos: químicas, físicas y mecánicas,

El estudio de la Patología Estructural involucra el análisis detallado del problema, describiendo sus causas, formas manifiestas, mecanismos de ocurrencia, mantención estructural y profilaxis, (Tadeu, 2011).

El puente es una obra de arte que permite la continuidad de una vía ante un obstáculo. La vía puede ser férrea, carretable o peatonal y el obstáculo – una depresión del terreno, una corriente de agua u otra vía, (Sandoval, 1986).

Cuando se habla de puentes con dimensiones pequeñas se hace referencia a pontones, (Arias Aristizabal & Díaz Jaramillo, 1996).

Si existe un desgaste en los sólidos, especialmente en los metales se conoce como corrosión, (Arias Aristizabal & Díaz Jaramillo, 1996).

Cuando existen cambios abruptos en el espesor, desplazamiento o cambios en el tipo de construcción, se debe dejar una abertura llamada junta de dilatación, para permitir las dilataciones y contracciones indeseables del concreto en la obra para evitar el agrietamiento en la estructura que se está realizando, en este caso, en puentes, (Arias Aristizabal & Díaz Jaramillo, 1996).

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción de puentes peatonales puesto siendo este una mezcla de cemento, agua, agregado y opcionalmente aditivos, (García, 2013). Otro material predominante en la construcción de estos puentes es el acero.

Generalmente, en los puentes metálicos se evidencian daños por soldaduras, estas fallas se dan por bajo rendimiento o material inadecuado, pueden ocasionar daños severos a la estructura generando una ruptura leve, (Tadeu, 2011).

Se conoce como barandilla a un sistema de barrera de tráfico hecho de rieles longitudinales unidos a postes verticales, (Zhao & Tonia Rev, 2012).

Dos fallas comunes que se pueden presentar en el concreto son fisuras y grietas, la primera no representa problemas estructurales, es más que nada un problema estético que se puede solucionar fácilmente (Chile, 2010) y las segundas se debe a la deformación provocada por la carga medioambiental o mecánica en una pieza de hormigón reforzado o pre-tensado, (Tadeu, 2011).

Para realizar los puentes, existen dos maneras de construirlos, el primero es el pos-tensado el cual es una técnica especial utilizada en las construcciones de hormigón armado que consiste en someter las vigas o elementos estructurales,

luego de su colocación en obra y cuando el concreto haya alcanzado suficiente resistencia, a un sistema de tensiones de sentido opuesto a las que deberán soportar posteriormente por efecto de las cargas. Y el segundo, es el pre-tensado el cual es una técnica especializada en la construcción de hormigón armado que consiste en someter al acero de refuerzo de las vigas o elementos estructurales, antes de su colocación.

La estructura que sostiene el tablero de un puente, es conocido como viga. Estas vigas están colocadas paralelamente con separaciones entre 1,2 y 1,5 metros. La distancia entre las vigas se encuentra asegurada por medio de estribos o pilas que soportan el tablero del puente, (Pozo, 2010).

Al hablar de la vida útil de una estructura, hace referencia al periodo donde no requiere mayor gasto en mantenimiento ni reparación, (concreto, 2012)

Los puentes de grandes dimensiones descansan generalmente sobre cimientos de roca o tosca. Si los estratos sobre los que se va a apoyar están muy lejos de la superficie, entonces se hace necesario utilizar pilares cuya profundidad sea suficiente para asegurar que la carga admisible sea la adecuada, (Márquez, 2008).

La infraestructura de un puente está compuesta por estribos y pilares. Estribos, que transfieren la carga de éste al terreno y que sirven además para sostener el relleno de los accesos al puente. La superestructura está compuesta de tablero y estructura portante, (Salle, 2015).

Esta patología consiste en fisuras muy finas, marcadas en los revestimientos y paralelas a las viguetas de la losa. Las grietas generalmente comienzan a detectarse unos días después de que la losa está en servicio, después de que se colocan las particiones y el pavimento del piso, y normalmente aparecen mucho más rápido en climas secos y cálidos. Estas fisuras se producen de forma aislada y se distancian de acuerdo con el ancho de la losa, (Santa Cruz Astorqui, del Rio Merino, Cachero Alonso, Moge Garcia, & Rubio Madueño, 2009).

5.3 MARCO HISTÓRICO

En términos de Ingeniería, siempre se ha hecho referencia a los puentes en cuanto a su diseño o tipo (en viga, en arco, apuntalado, voladizo, colgante o móvil), longitud (generalmente expresada en términos de luz neta o global) y sus materiales (piedra, madera, hierro fundido o forjado, o lo que se utiliza hoy en día hormigón y acero), (Locke & Locke, 2011).

Al País llegó la técnica del concreto pre-esforzado, más que todo a través de las plantas de fabricación o por ingenieros que estudiaron en Europa. En Colombia se prefabricaron pontones para luces de hasta 18 metros con vigas y plaquetas, cuyo montaje y construcción de placa se hacía fácilmente en un día, así como la colocación de la baranda. El primer puente pos-tensado en Colombia lo realizó el Ingeniero Medardo Castro por el año de 1956 en Santa Rosita, en la vía Bogotá – Tunja, (Corredor, 2010).

Al hablar específicamente de los puentes peatonales en la Ciudad de Bogotá, los nuevos puentes cuentan con materiales tales como acero, aluminio, hierro y sus bases en concreto, estos son estáticos, sismo resistentes y de diversos tamaños que dependen en gran parte de la carga de tráfico particular que ha de soportar, pero también de la distancia de la vía, lado a lado. Desde el punto de vista de planificación de transporte, la gran ventaja de estas estructuras es que facilitan el tráfico peatonal y ayudan a evitar el tráfico vehicular, (IDU, 2016).

Las evaluaciones de la condición de la corrosión de las estructuras de hormigón históricas, pueden proporcionar al propietario información valiosa sobre la condición actual de la estructura, los factores que contribuyen al daño por corrosión, y también pueden proyectarse cuando la estructura puede presentar una mayor pérdida de material. Esta información es vital para ser proactivo en el proceso de reparación, que es imprescindible para minimizar la pérdida de la estructura.

Una evaluación detallada de la condición de corrosión es una parte importante del proceso de evaluación para envejecer el concreto. El procedimiento de evaluación identifica los factores de deterioro, incluidos los daños físicos, químicos, estructurales, mecánicos y electroquímicos, para incorporarlos en una matriz de riesgos.

El hormigón armado revolucionó la construcción del siglo XX. El material es omnipresente y estuvo a la vanguardia de los avances tecnológicos modernos dentro de la industria de la construcción en una plataforma internacional. Las estructuras una vez reconocidas como innovadoras y nuevas, desde bellas en su forma, hasta brutales y ofensivas, (Crevello, Hudson, & Noyce, 2015).

5.4. MARCO LEGAL

La evolución de los códigos y los criterios de diseño colombiano de puentes siempre han estado muy de la mano de los criterios norteamericanos. El Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP) tiene sus orígenes en el código de la Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transporte, AASHTO, (Corredor, 2010).

AASHTO: Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials), (AASHTO, s.f.).

El Ingeniero Santander aclara que el código colombiano incluyó la salvedad de poder utilizar un código más moderno que comúnmente se ha denominado LFRD, que es la norma actualmente autorizada por la AASHTO, que define el método de diseño por factores de carga y resistencia, (Corredor, 2010).

Existen al menos cinco clasificaciones para la inspección en conformidad con el código DNIT (2004), que incluyen inspecciones de registro, rutinarias, especiales, extraordinarias e intermediarias. Basados en los datos recopilados, debiera adoptarse un programa de mantención que busque aumentar la vida útil y reducir los costos, como una posible intervención para corregir las patologías mencionadas, (Tadeu, 2011).

Para realizar las fichas técnicas para este trabajo de investigación sobre patologías en los puentes peatonales en la localidad de Teusaquillo, se utilizará el Manual para la Inspección Visual de puentes y pontones¹, (INVIAS, Manual para la inspección visual de puentes y pontones, 2006)

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente³, específicamente en el Título A y la Constitución Política de La República de Colombia De 1991², hacen referencia a las estructuras ya sean antiguas y futuras, las cuales deben de reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

ACI. (American Concrete, Instituto Americano del Concreto)

6. METODOLOGÍA

Tabla 1. Metodología

Realizar las inspecciones respectivas a los 25 puentes peatonales de la Localidad de Teusaquillo, teniendo en cuenta el Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones.		
ACTIVIDAD	MEDIO	PRODUCTO
Averiguar el manual de inspección visual en el cual se encuentra el desarrollo para la patología de puentes	Internet	Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones ¹
Entender el Manual para distinguir las diferentes fallas existentes en los pontones	Comprensión de lectura	Conocimiento del Manual
Indagar históricamente sobre los puentes peatonales en Teusaquillo	Internet, periódico, Supercade, TV.	Estadísticas e información trascendental de los puentes de Teusaquillo.
Ubicación de cada puente peatonal de Teusaquillo	Google maps, IDU	Dirección de cada estructura
Desplazamiento a cada puente peatonal de la Localidad	Carro o Bus	Estar en la zona a caracterizar
Observar los daños presentes en la estructura	Lupa y Binóculos	Daños existentes en la estructura

Organizar y analizar los datos obtenidos en las inspecciones de cada puente de la Localidad de Teusaquillo		
Identificación de las fallas de la estructura según el Manual de Inspección Visual de Puentes o Pontones ¹	Flexómetro y/o cinta métrica, fisurómetro de bolsillo, linterna, formato de captura de información	Escrito de las fallas de los pontones
Tomar fotos de los puentes peatonales	Cámara fotográfica, regla o marcadores para resaltar fisuras	Álbum de daños superficiales en la estructura
Búsqueda de información sobre los puentes peatonales existentes en la localidad de Teusaquillo	IDU e Internet	Información y evidencias sobre el estado de los puentes peatonales existentes en la localidad de Teusaquillo.
Evaluar y registrar en fichas técnicas las características físicas, químicas y mecánicas que se manifiestan en los puentes peatonales.		
Especificar en las fichas técnicas la gravedad de cada una de las fallas presentadas en la estructura de los puentes de Teusaquillo	Manual de inspección visual en el cual se encuentra el desarrollo para la patología de puentes, papel y computador	Fichas técnicas
Evaluar detalladamente las patologías físicas, mecánicas y químicas, con mayor frecuencia que inciden en los puentes de estructuras en concreto y metálicos, dando a conocer sus posibles causas, los elementos y daños que más afectan la estructura con su respectivo análisis.		
Recolectar y organizar los datos obtenidos	Microsoft Office Excel y Word	Tablas y gráficas, indicando los daños y sus respectivo grado, presente en cada

		elemento.
--	--	-----------

Analizar y comparar las patologías físicas, mecánicas y químicas, para obtener la patología con mayor repercusión en las estructuras de concreto y metálicas.	Tablas y gráficas en Excel	Conclusiones sobre la patología con mayor frecuencia de los puentes peatonales de la localidad de Teusaquillo
Determinar el elemento que se encuentra más afectado, teniendo en cuenta para su análisis la unión de las tres (3) patologías, físicas, mecánicas y químicas, especificando los daños que la posicionan en primer lugar.		
Comparar los resultados obtenidos de los elementos teniendo cuenta las tres (3) patologías.	Tablas y gráficas en Excel	Conclusión sobre los elementos más dañados de los puentes peatonales de la localidad de Teusaquillo
Determinar cuáles son los daños principales que afectan al elemento que se encuentra más dañado.	Tablas y gráficas en Excel	Conclusión sobre los causantes principales de los elementos con más daños.

Fuente: Autores

7. ESTADO DEL ARTE

Según un análisis que se realizó de patología, el fenómeno de carbonatación en puentes de concreto, en las localidades de Teusaquillo, Engativá y Fontibón de la ciudad de Bogotá, que fue realizado por estudiantes de la Universidad Católica de Colombia, se determinó que el 95% de los puentes analizados tienen presencia de carbonatación en vigas y/o columnas de la estructura.

Teniendo en cuenta que el puente vehicular de la Av. Boyacá con calle 72 fue el único que no presentó carbonatación y este se encuentra ubicado en la localidad de Engativá, siendo esta analizada por la estación RMCAB (Las Ferias), presentando diferentes concentraciones de gases en el ambiente se concluye que este no es un factor definitivo para la presencia de carbonatación en la estructura.

Se identifica que el 27% de los artículos tratan el tema de la velocidad de carbonatación como uno de los principales factores a tener en cuenta en este tipo de patología, ya que permite plantear alternativas de mitigación como el uso de capas de recubrimiento u otro tipo de materiales más resistentes a este fenómeno, (Bolívar García & Cañón Montoya, 2015).

Aunque hoy en día es usual encontrar puentes que se están diseñando para una vida útil de 120 años, el Ingeniero Santander considera que no hay un cambio fundamental en los conceptos de diseño, aparte de los considerados por el código LRFD, sino, más bien, mayor exigencia en el control de los requisitos de diseño, construcción y materiales utilizados para alcanzar esa durabilidad.

“En Colombia estamos adquiriendo conciencia. El criterio de los concretos no es solamente de resistencia. Antes lo que más importaba era que el concreto resistiera. Hoy no solamente es de interés que el concreto resista, sino, que dure y tenga una serie de condiciones que antes se descuidaban. Por ejemplo, en el diseño actual las resistencias del concreto se han aumentado notablemente únicamente por durabilidad, aunque el elemento pueda trabajar con resistencias menores”. También ha habido avances principalmente en los relacionado con rehabilitación y recuperación de puentes, evitando su demolición y repotenciándolos cuando es técnicamente posible y económicamente viable, utilizando nuevos materiales compuestos, fibra de carbono, fibras de vidrio, etc., (Corredor, 2010).

La sostenibilidad, actualmente es uno de los principales temas en el mundo de la ingeniería, la arquitectura y la construcción, es otro argumento que puede ser utilizado para fomentar el aprecio y conservación de los puentes históricos. Cuando la comunidad elige rehabilitar en lugar de reemplazar un puente, hace uso de la seguridad y la eficiencia al mismo que salva una estructura para posteridad y mantiene el paisaje o la vía a la que está asociado, (Locke & Locke, 2011).

En general las estructuras tanto las antiguas como las modernas, ya sean de concreto reforzado, concreto armado, o de otros materiales como piedra, madera, metal o sus combinaciones, sufren deterioros en mayor o menor grado a través del tiempo, afectando directamente la durabilidad y vida útil de estos, (Rodríguez, 2002).

El hormigón arquitectónico, del movimiento moderno, comprende estructuras individuales para las ciudades planificadas. El diseño, el método de construcción, los materiales utilizados y los estándares de mano de obra empleados en la creación de una estructura de concreto variarán enormemente según su fecha de construcción. Todos estos factores afectarán la durabilidad de la estructura (Macdonald, 2003). Además, la ubicación, el clima, juega un papel importante en el deterioro y la reparación posterior, (Crevello, Hudson, & Noyce, 2015).

Al evaluar la resistencia a la carbonatación del concreto pintado, se investigaron los efectos del grado de resistencia y de las condiciones de curado (curado estándar y acelerado) del sustrato de concreto sobre la resistencia a la carbonatación del concreto pintado. El concepto de relación de supresión de carbonatación de la pintura se presentó para la evaluación del rendimiento de la lucha contra la carbonatación de los dos tipos de pinturas (pinturas exteriores e interiores) cuando se aplica a un sustrato de hormigón de referencia. Los resultados de la prueba mostraron una buena relación lineal entre las profundidades de carbonatación del hormigón pintado y la raíz cuadrada de los tiempos de exposición. El concreto con un grado de resistencia más alto exhibió una mayor resistencia a la carbonatación, (Tommy Y. Lo, Liao, C.K , & Tang, 2016).

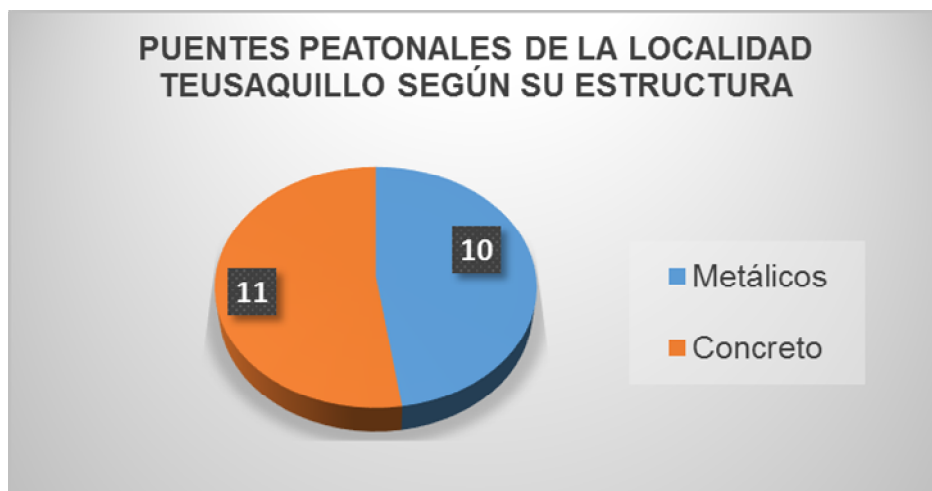
La importancia de la inspección de puentes para la preservación de estructuras en los Estados Unidos y en otros países del mundo, incluidos Canadá, Europa Occidental y Sudáfrica. Discute varias técnicas para la inspección de puentes en forma de inspección visual, pruebas no destructivas para concreto y acero, sonar y inspección subacuática de puentes submarinos. La evaluación de puentes se discuten en las prácticas de inspección en Canadá, Europa y Sudáfrica. El método

de inspección de puentes basado en confiabilidad da más énfasis a la evaluación basada en el riesgo y resalta un evento en el taller del panel de evaluación de riesgos en Indiana, (Hurt & Schrock, 2016).

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo, se exponen los resultados obtenidos de las visitas técnicas de los Puentes Peatonales de localidad de Teusaquillo, basados en el Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones¹ de Invías. Se trabajó con un total de 21 puentes peatonales, fraccionados según su estructura como se observa en el gráfico N°1. Cabe resaltar que uno de los objetivos específicos del proyecto era evaluar 25 puentes peatonales de esta localidad, pero al realizar la visita técnica a cada puente, se evidenció que tres (3) de ellos se encontraban repetidos con diferente código en el Boletín Técnico No.3 del IDU, el cual hace referencia al inventario de puentes⁴. Y el cuarto puente faltante, indicaba una dirección errada, puesto que en esta localización no se encontraba un puente peatonal; teniendo un total de 21 puentes a trabajar.

Gráfica 1 Puentes peatonales de la localidad Teusaquillo según su estructura.



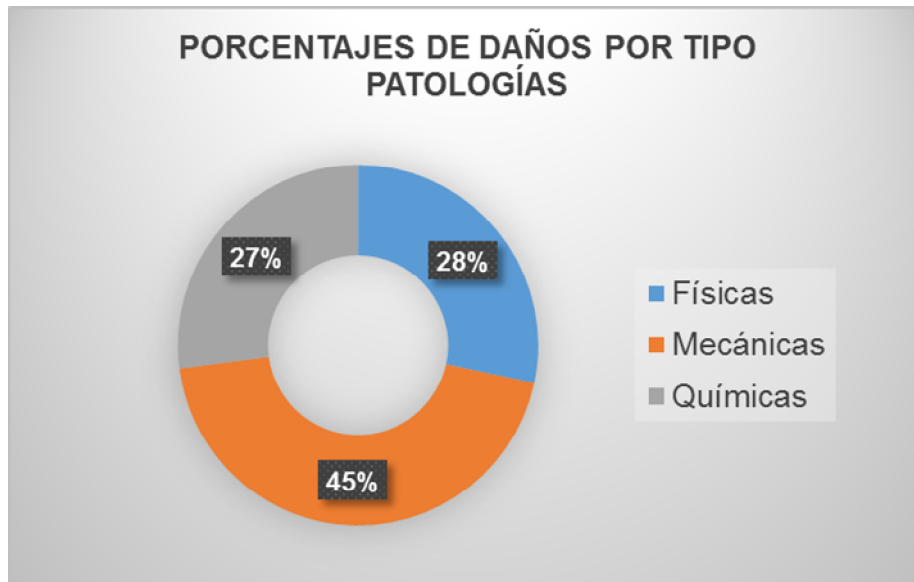
Fuente: Autoras.

Para llevar a cabo un análisis más detallado y específico, se utilizó el programa Microsoft Office Excel para la recolección de datos, haciendo énfasis en las fichas técnicas que se realizó a cada puente peatonal.

Con la intención de obtener una mejor caracterización de los datos, se subdividieron los daños en patologías físicas, químicas y mecánicas; observando en la gráfica N° 2, que la última nombrada es la sobresaliente, dado que domina con un 45%; teniendo aproximadamente el doble de porcentaje respecto a las otras patologías.

⁴ Boletín Técnico No.3. Inventario de puentes – Actualización a 2016 incluye las zonas urbanas y rurales del distrito capital. IDU.

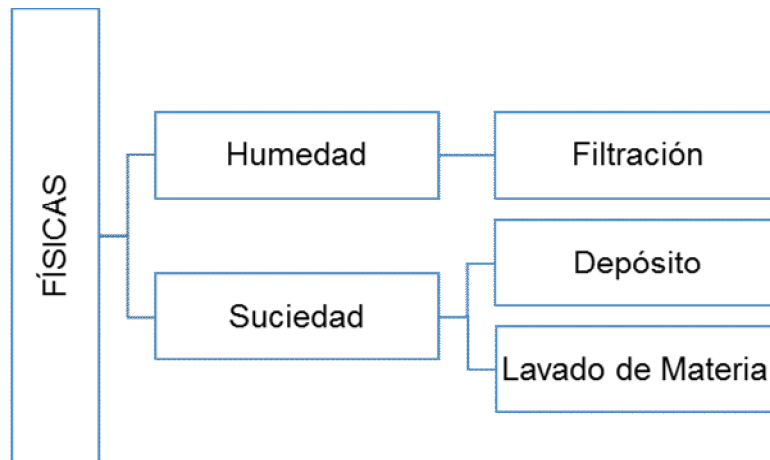
Gráfica 2 Porcentajes de daños por tipo patologías.



Fuente: Autoras.

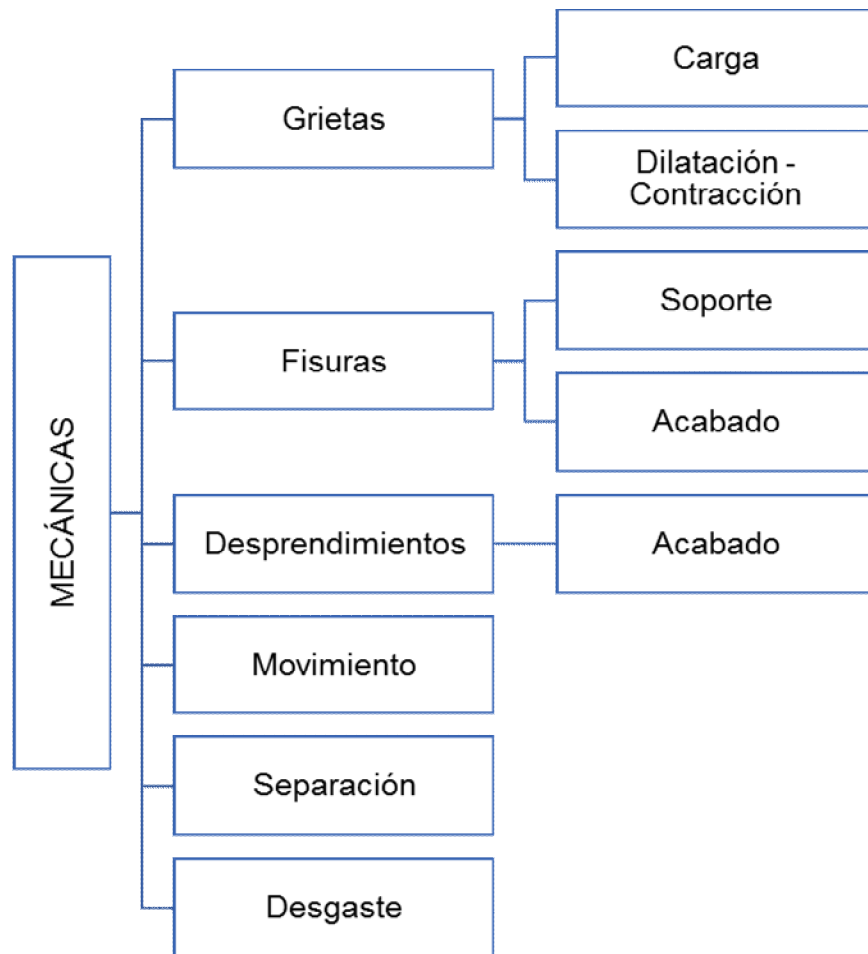
La información correspondiente a las patologías se tomó teniendo como referencia el libro Patología de la construcción, del Arquitecto, Jorge E. Lozano P. A continuación se presentan en las ilustraciones N°1, 2 y 3, los daños relevantes con su respectiva jerarquía.

Ilustración 1 División de las patologías físicas.



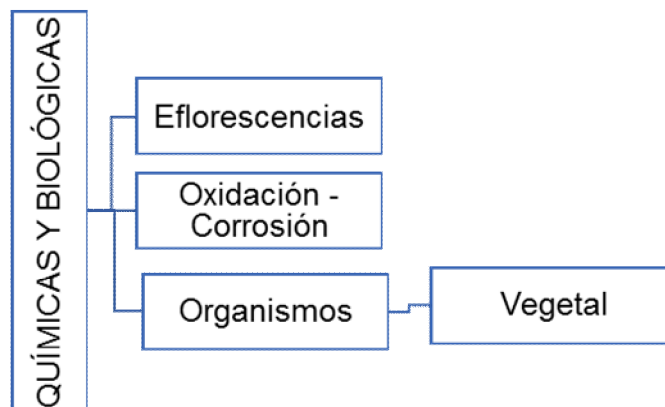
Fuente: Autoras.

Ilustración 2 División de las patologías mecánicas.



Fuente: Autoras.

Ilustración 3 División de las patologías químicas y biológicas.



Fuente: Autoras.

Aplicando esta subdivisión a los datos obtenidos en las fichas técnicas, se puede afirmar a partir de la gráfica N°3, que la patología más relevante es la mecánica con un total de 235 daños.

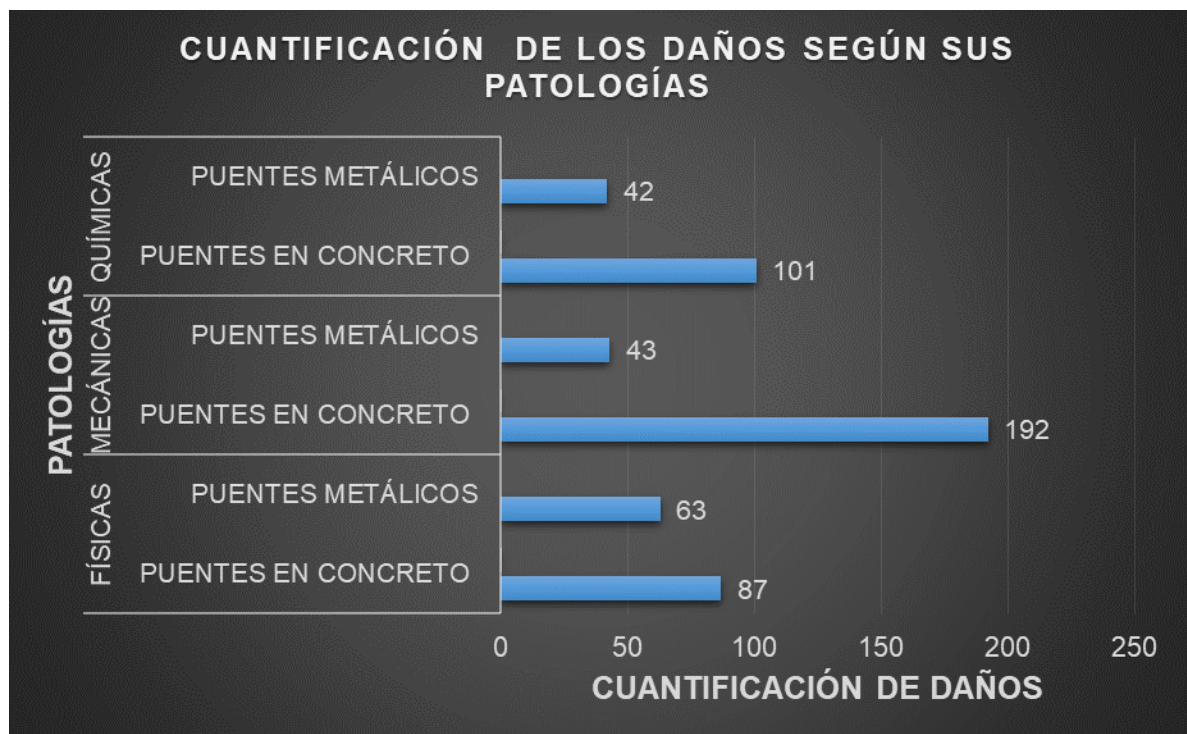
En segundo lugar, se encuentran con 150 daños, las patologías físicas. Y por último la patología con menor frecuencia en los puentes peatonales son las químicas, con 143 daños.

Estas cifras corresponden a una división de los daños totales, correspondiente a 528 (Anexo B, Tabla N 76) daños presentes en los puentes peatonales de concreto y metálicos.

Asimismo, se puede observar que, según las estadísticas de esta gráfica, los puentes con la estructura en concreto tienen una mayor afectación, sobresaliendo con 192 daños, correspondiente a la patología mecánica, encabezando la cuantificación de los daños según las patologías.

Siguiendo el análisis, se observó que la patología con mayor relevancia en los puentes metálicos pertenece a las físicas, con una cuantía de 63.

Gráfica 3 Cuantificación de los daños según sus patologías.

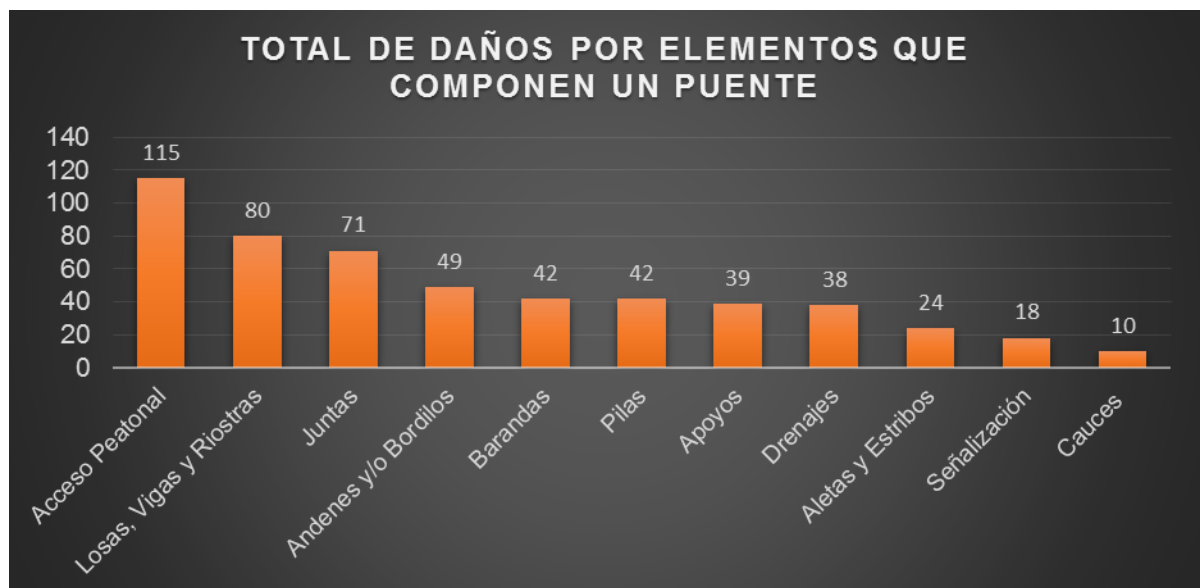


Fuente: Autoras.

Los daños que puede sufrir cada elemento, son otros aspectos a clasificar y en conjunto con los datos obtenidos y la gráfica N°4.

Haciendo énfasis en los tres (3) primeros elementos, los cuales contienen el mayor número de daños, el primer lugar lo ocupa el acceso peatonal con 115 daños, seguido de losas, vigas y riostras con un valor de 80 daños y por último, con un total de 71 daños, se encuentran las juntas.

Gráfica 4 Total de daños por elementos que componen un puente.

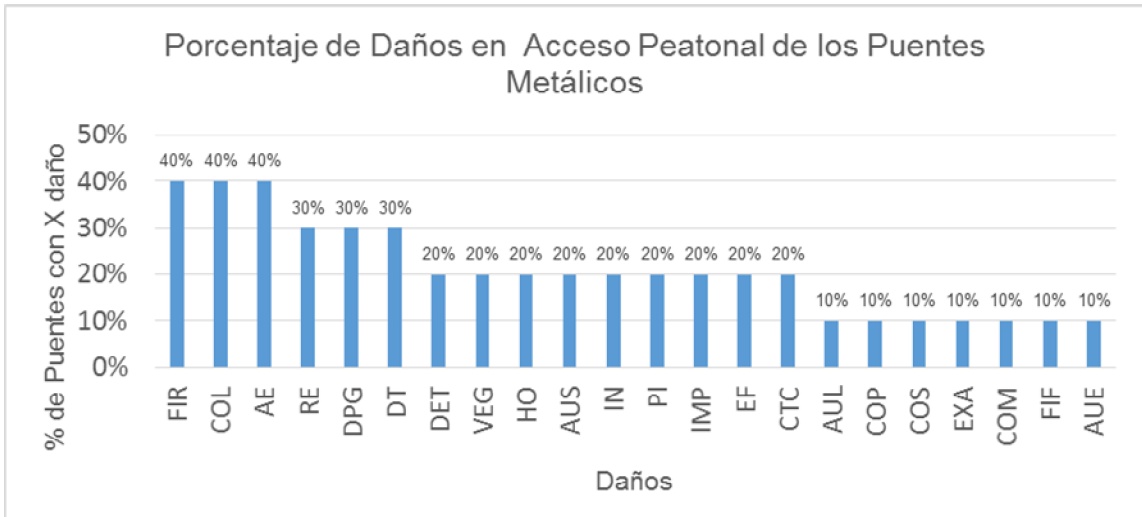


Fuente: Autoras.

A continuación, se presenta el gráfico N°5 y 6, donde se logra observar los daños presentes en el acceso peatonal de los puentes metálicos y en concreto, respectivamente.

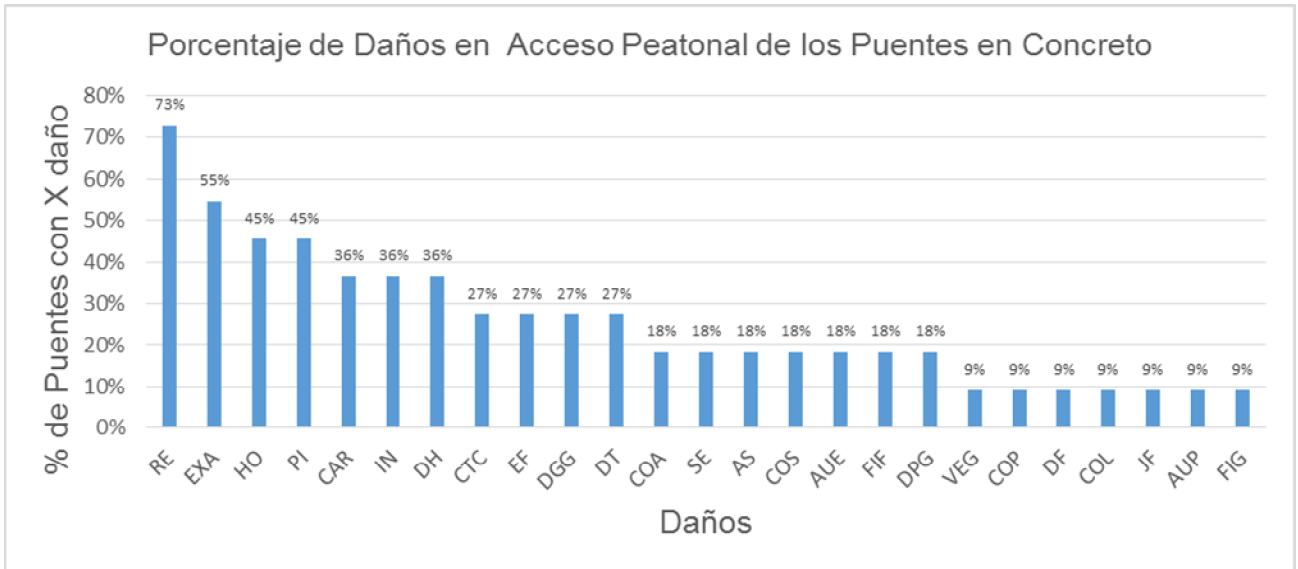
Se aclara que, a estas gráficas y sus correspondientes tablas, se le realizaron a cada uno de los elementos (Anexos B y C); por consiguiente, solo se enseñan las gráficas del acceso peatonal por ser las más destacadas.

Gráfica 5 Porcentaje de daños en acceso peatonal de los puentes metálicos.



Fuente: Autoras.

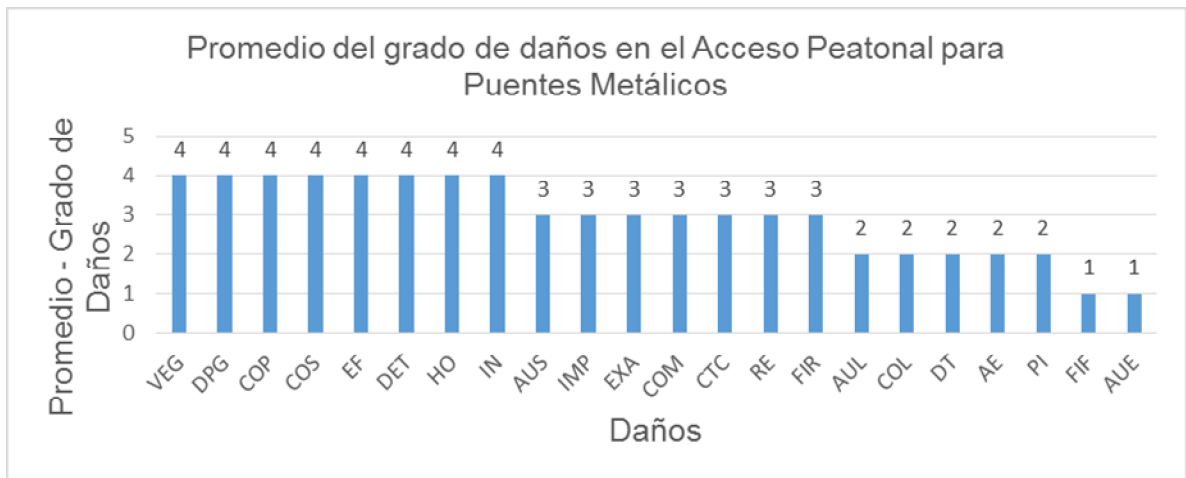
Gráfica 6 Porcentaje de daños en acceso peatonal de los puentes en concreto.



Fuente: Autoras.

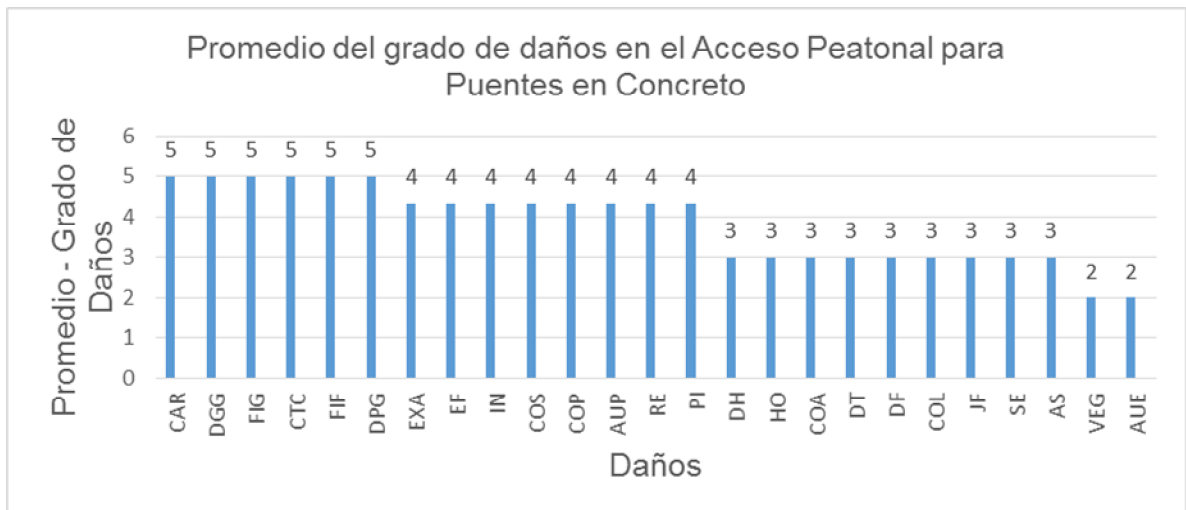
Del mismo modo, se logró obtener una cuantificación del grado de los daños para cada elemento. Donde cinco (5) representa el mayor grado de daño y uno (1) representa la existencia del daño en menor cuantía. A partir de los datos recolectados se obtuvo un promedio de grado de daño para todos los puentes, teniendo en cuenta ambos materiales de construcción, ilustrados en las graficas N° 7 y 8.

Gráfica 7 Promedio del grado de daños en el Acceso Peatonal para Puentes Metálicos.



Fuente: Autoras.

Gráfica 8 Promedio del grado de daños en el Acceso Peatonal para Puentes en Concreto.



Fuente: Autoras.

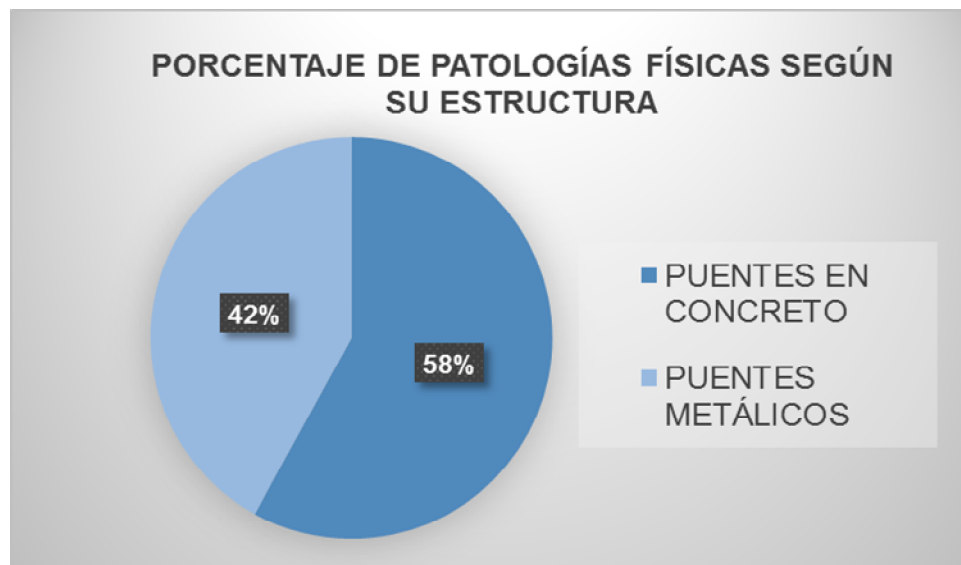
En las anteriores gráficas, se logra observar claramente las convenciones de los daños que afectan notoriamente las estructuras. Para el caso de los puentes metálicos con un promedio de daño de cuatro (4), se encuentran los siguientes daños: vegetación, desportillamiento, corrosión en los pasamanos, corrosión leve, eflorescencia, deterioro en las láminas o en el concreto, hormigueros e infiltración.

Así mismo se obtuvo el promedio de grado de daños para los puentes en concreto donde cuentan con el máximo grado de daño las siguientes patologías: carbonatación, desgaste, fisuramiento de guardacantos, contaminación del concreto, fisuras por flexión y desportillamiento en guardacantos.

Para concretar, las convenciones trabajadas se encuentran enunciadas en el glosario y cada daño que se ha nombrado en este escrito se especifica detalladamente en el Manual Para la Inspección de Puentes y Pontones¹.

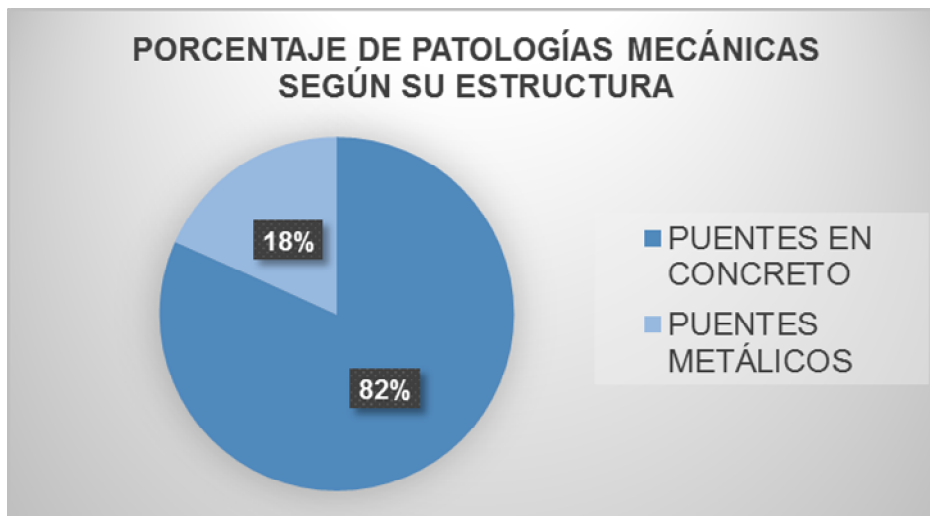
Finalmente, en las siguientes gráficas N° 9, 10 y 11 se muestra la totalidad de patologías físicas, mecánicas y químicas, correspondientes según su estructura.

Gráfica 9 Porcentaje de patologías físicas según su estructura.



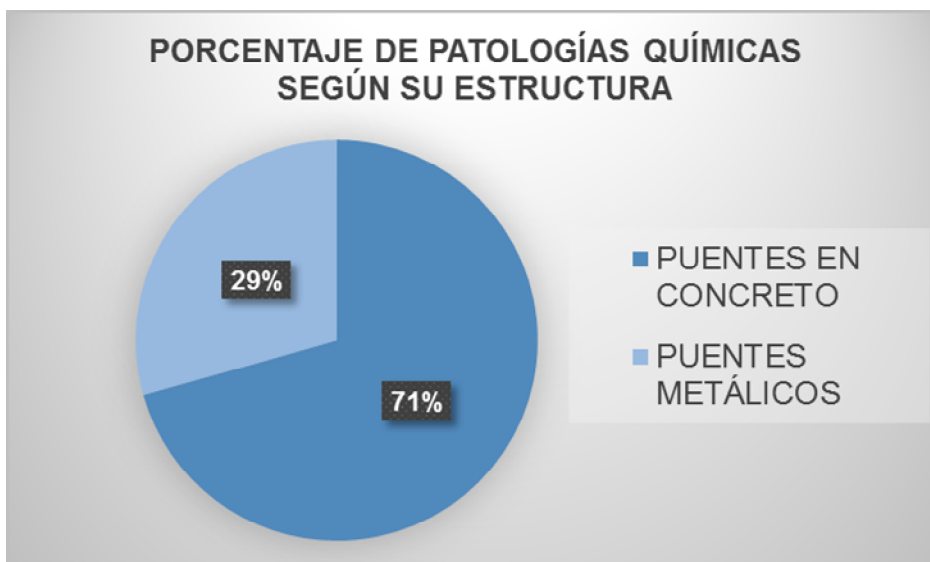
Fuente: Autoras.

Gráfica 10 Porcentaje de patologías mecánicas según su estructura.



Fuente: Autoras.

Gráfica 11 Porcentaje de patologías químicas según su estructura.



Fuente: Autoras.

Los puentes peatonales, que cuentan con una estructura en concreto, presentan los más altos porcentajes de daños en la estructura, con valores del 58%, 82% y 71% de la totalidad de las patologías físicas, mecánicas y químicas,

respectivamente. Y por último, los puentes con estructura metálica presentan 42% en físicas, 18% en mecánicas y 29% en patologías químicas.

10. CONCLUSIONES

Se realizó las inspecciones respectivas a los puentes peatonales de la Localidad de Teusaquillo, teniendo en cuenta el Manual para la Inspección Visual de Puentes o Pontones, resaltando que en su totalidad se estipuló 25 puentes a trabajar, pero como se explicó anteriormente, por causas extracurriculares se realizó la inspección a 21 puentes.

Con estas visitas se organizó y analizó respectivamente los datos obtenidos en las inspecciones de cada puente de la Localidad de Teusaquillo, donde posteriormente se registraron en fichas técnicas las características físicas, químicas y mecánicas que se manifiestan en los puentes peatonales. Obteniendo como resultado las patologías que inciden con mayor frecuencia en los puentes con estructura en concreto y metálica, con sus respectivos análisis, especificados a continuación:

Al observar las gráficas N° 9, 10 y 11 se concluyó que, en primer lugar, se encuentra a los puentes en concreto con una cuantía de daños de más del 50% de en cada patología; dejando claro que, al tener una estructura con más años de construida y en el 90% de los casos concretos porosos, son aspectos que redundan en el daño progresivo y afectación a la durabilidad de la estructura.

La patología más presente en los puentes construidos en concreto, según la tabla N° 77 (Anexo B), son las mecánicas, representadas con el 51%. Esto es causado por los movimientos de tierra, asentamientos diferenciales de la estructura, diseños inadecuados o insuficientes, defectos en su construcción y humedad en la zona, induciendo a fisuras y agrietamientos en la estructura.

A partir de la tabla N°79 (Anexo B), se puede afirmar que el elemento con mayor afectación por patologías mecánicas, de los puentes con estructura en concreto son las losas, vigas y riostras; representado con el 23%. Al ser los elementos más afectados, se realizó un análisis detallado de los daños presentados en esta zona. Por lo anterior y con base en la teoría de Pareto, la cual indica que el 20% de las consecuencias derivan del 80% de las causas, se logró consolidar que el 80 % de los daño han sido causados por: bajo o deteriorado recubrimiento (27%), seguido de la exposición del acero (22%), fisuramiento por retracción (15%), hormigueros (10%) y segregación (7%), lo anterior basados en la tabla N° 82 (Anexo B).

En segundo lugar, se encuentran los puentes peatonales con estructuras metálicas, siendo estos más afectados por las patologías físicas, con respecto a la tabla N° 77 (Anexo B), representadas por un porcentaje de 43%. De acuerdo a la tabla N°80 (Anexo B), se logró confirmar que los accesos peatonales son los elementos más afectados en estos puentes, con una proporción del 23%, puesto que la gran mayoría no cuenta con un buen sistema drenaje y mantenimiento, ocasionando deterioro en la estructura.

Por lo anterior, a continuación se realiza un análisis de esta zona por ser el elemento más afectado.

Se logró obtener por medio de la tabla N° 83 (Anexo B), los causantes principales de las patologías físicas, que componen el mayor porcentaje de daños en los accesos peatonales correspondientes a los agentes externos (21%) y el deterioro en la pintura (16%). Siendo generados principalmente por el alto tráfico de usuarios de estos puentes, la falta de mantenimiento y por agentes externos como lo son las personas causantes de este daño, ya que provocan deterioro en la estructura debido al vandalismo y acumulación de residuos por la falta de cultura y falta de pertenencia por parte de la ciudadanía.

Ahora bien, al realizar el análisis general de los elementos que hacen parte de los puentes los que encabezan el listado por mayoría de daños, teniendo en cuenta las tres patologías, son los accesos peatonales, según la gráfica N°4.

En los accesos peatonales los daños que más afectan a los puentes peatonales, empezando con los puentes de estructura en concreto, ya que son los más afectados, son: la falta de recubrimiento (RE) con 73%, seguido de la exposición del acero (AXE) con 55%; evidenciados en la tabla N° 63 (Anexo B) y la gráfica N° 6 (Anexo C). Siendo el primero la causa del problema, generado por un mal diseño en su construcción, incumpliendo de esta manera las especificaciones del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Y el segundo es la consecuencia del nombrado anteriormente, ya que afecta la durabilidad y/o la capacidad portante de la estructura dejando a la intemperie el acero de refuerzo; este problema a largo plazo puede ocasionar oxidación y en los peores casos corrosión a la armadura.

Asimismo, se puede afirmar con base a la información obtenida en la tabla N° 28 (Anexo B) y la gráfica N° 6 (Anexo C), que en los puentes metálicos los problemas más relevantes del acceso peatonal, sin distinción de patologías, los cuales presentan el mismo porcentaje de repeticiones con un 40%, son las fisuras por retracción plástica (FIR), corrosión leve (COL) y los agentes externos (AE). El primer daño nombrado es muy común, puesto que se genera horas después de la fundida; si no se dispone de adecuadas condiciones de protección, la superficie del hormigón tiende a perder humedad por evaporación. Para evitar o minimizar

estas fisuras, se recomienda actuar en dos (2) sentidos: sobre la mezcla de hormigón y sobre la técnica de protección y curado (Becker, s.f.).

El segundo daño que más afecta al acceso peatonal es la corrosión leve, ya que es una de las zonas más expuestas a la acumulación de agua, vegetación, basuras y acciones mecánicas (golpes a la estructura, carga y descarga en el uso del puente). Ocasionando un deterioro de las propiedades físicas y químicas del elemento. Y por último, pero de igual repercusión se encuentran los agentes externos; que son ocasionados por la sociedad, afectando estéticamente al puente peatonal, pero no su funcionalidad.

Por otro lado, a consecuencia de la localización de algunos puentes que salvaguardan un cauce, en este caso el río Arzobispo, se generan patologías químicas y biológicas, siendo las menos habituales en conjunto de todos los puentes con un porcentaje del 27%, observado en la gráfica N° 2. Debido a la humedad de la zona donde se encuentran situados, se origina de forma consecutiva material vegetal, el cual es uno de los daños más frecuentes en los puentes de concreto, produciendo un cambio fisicoquímico en la composición de sus materiales, disminuyendo su capacidad portante y generando microfisuras.

Para finalizar este contenido, se da respuesta al planteamiento del problema, el cual, si hace posible la caracterización, el análisis y la sistematización de los puentes peatonales de la localidad Teusaquillo de Bogotá D.C, a partir del Manual para la Inspección Visual de puentes y pontones de INVIAS. Dado que el presente manual es un documento que utiliza el INVIAS como guía y que en la actualidad en Colombia no existe un documento como ley, este escrito ha sido aprobado por una entidad gubernamental, por lo tanto, es válido para ser utilizado en la revisión de puentes a nivel distrital. Además, se tuvo como referencia algunos manuales de otros países que son utilizados para la revisión de puentes como lo es la Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado de España⁵.

⁵ Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado de España. Gobierno de España.2012.

11.RECOMENDACIONES

Se recomienda aumentar o sustituir las construcciones a puentes metálicos los cuales, según el análisis de estadísticas sufren menos daños o desgaste, lo que genera una mayor duración y seguridad al peatón. Cabe aclarar que, al mostrar menos deterioros a partir de las gráficas (Anexo C), no requieren de un mantenimiento preventivo. Ya que por este motivo algunos de las estructuras presentan fallas, disminuyendo su vida útil. En conclusión, si estos puentes peatonales cuentan con un debido mantenimiento van a corresponder de buena manera con una larga duración y buen funcionamiento. Sin embargo, es importante resaltar también que las estructuras en concreto son viables, si y sólo si: existen procesos constructivos de calidad, se cumple con las especificaciones (dimensiones, materiales, por ejemplo) y existe una política de mantenimiento.

Para realizar una adecuada inspección a los puentes peatonales de las localidades de la ciudad de Bogotá D.C, es necesario tener una base de datos actualizada ya sea por parte del IDU, donde indique cada uno de los puentes existentes. Conjuntamente, crear una base de datos para agilizar el trámite al realizar cada una de las inspecciones y consignar su respectiva información, en el cual ya esté especificado sus estudios y visitas técnicas anteriores, permitiendo conocer de primera mano el estado general del puentes y su historia.

Si se desea obtener una evaluación específica de estos puentes, es necesario realizar extracción de núcleos u otros ensayos que permitan verificar de manera más avanzada y específica las patologías que tienen los puentes, el cual permita informar el compromiso que tiene cada uno de sus daños con la estructura en general. Además, debe tener en cuenta que para desarrollar estos ensayos y pruebas se debe tener permisos y un respaldo de una entidad, en este caso el IDU, para la ejecución.

Finalmente, una estructura expuesta a la interperie (concreto o metálica) y ante cargas dinámicas constantes debe tener un plan de mantenimiento periódico el cual no solo garantice su durabilidad sino las adecuadas condiciones para que sea usada por los peatones, ya que algunas de las estructuras encontradas tienen elementos que están levantados y pueden ocasionar accidentes. Esto último tiene total relevancia en la profesión, ya que como estipulan los códigos (NSR-10 y CCP-14), las estructuras deben ser diseñadas para salvaguardar vidas y para cubrir una necesidad.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (n.d.). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Retrieved Marzo 8, 2017, from <http://sp.www.transportation.org/Pages/LegalInformation.aspx>

Arias Aristizabal, R., & Díaz Jaramillo, S. L. (1996). *Diccionario Técnico de Ingeniería civil* (Vol. 13). Medellín, Colombia. Retrieved Abril 6, 2017

Becker, I. E. (n.d.). *FISURAS DE RETRACCIÓN PLÁSTICA*. Retrieved Octubre 14, 2017, from LOMA NEGRA C.I.A.S.A.: <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Bibliografia/FISURAS%20DE%20RETRACCI%D3N%20PL%C1STICA.pdf>

Bolívar García , A. C., & Cañón Montoya, S. E. (2015). *ANÁLISIS DE PATOLOGÍA FENÓMENO DE CARBONATACIÓN EN PUENTES*. Retrieved Abril 10, 2017, from file:///C:/Users/santi/Downloads/Analisis-patologia-fenomeno-carbonatacion-puentes-concreto.pdf

Cardona, E. (2014, Octubre 17). *El Tiempo*. Retrieved Marzo 12, 2017, from El peligro de ser peatón en Bogotá: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14702783>

concreto, 3. e. (2012, abril 9). *Vida útil de estructuras en concreto*. Retrieved marzo 8, 2017, from <http://blog.360gradosenconcreto.com/vida-util-de-estructuras-en-concreto-de-que-depende/>

Constituyente, A. N. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Retrieved Marzo 12, 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>

Corredor, A. R. (2010, Marzo-Abril). Historia de los Puentes Pre-esforzados en Colombia. *Noticreto*, 8-13. Retrieved Abril 26, 2017

Crevello, G., Hudson, N., & Noyce, P. (2015, Junio). Corrosion condition evaluations of historic concrete icons. *Case Studies in Construction Materials*, 2, 2-10. Retrieved Octubre 8, 2017, from

<http://www.sciencedirect.com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co:2048/science/article/pii/S2214509514000345>

García, J. (2013, Febrero 9). *Conceptos Generales sobre el concreto y los materiales para su elaboración*. Retrieved Marzo 15, 2017, from <https://ingjohnnygarciaupn.wordpress.com/2013/02/09/conceptos-generales-sobre-el-concreto-y-los-materiales-para-su-elaboracion/>

Hurt, M., & Schrock, S. (2016). Bridge Inspection and Evaluation. *Highway Bridge Maintenance Planning and Scheduling*, 99-154. Retrieved Octubre 8, 2017, from <http://www.sciencedirect.com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co:2048/science/article/pii/B9780128020692000039>

IDU. (2016). *Instituto de Desarrollo Humano*. Retrieved Marzo 14, 2017, from Puentes Peatonales: <https://www.idu.gov.co/atencion-al-ciudadano/espacio-publico/obras-terminadas/puentes>

INVIAS. (2006, Octubre). *Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones*. Retrieved Febrero 15, 2017, from <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>

INVIAS. (2006, Octubre). Retrieved Marzo 8, 2017, from Manual para la inspección visual de puentes y pontones: <file:///C:/Users/RetailAdmin/Documents/u/anteproyecto/Manual%20Invías%20revisión%20puentes%20y%20pontones.pdf>

Locke , T., & Locke, A. (2011). *Atlas Ilustrados de los Puentes del Mundo*. Madrid: Susaeta. Retrieved Marzo 20, 2017

Márquez, H. (2008). *Elementos que componen un puente*. Retrieved Marzo 8, 2017, from <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Puentes/Elementos.asp>

Montejo Fonseca, A. (2013). *Tecnología y patología del concreto armado*. Colombia: U. Católica de Colombia. Retrieved Marzo 15, 2017

Pozo, G. S. (2010, Junio 15). *Urbanismo.com*. Retrieved Marzo 8, 2017, from Puentes de vigas: <http://www.urbanismo.com/puente-de-vigas/>

Rodríguez, F. d. (2002). Evaluación de estructuras en concreto, técnicas y materiales para su reparación. *Cemento y Concreto*, 146. Retrieved Marzo 20, 2017

Salle, U. I. (2015). *APUNTES INGENIERÍA CIVIL*. Retrieved Marzo 8, 2017, from PARTES DE UN PUENTE: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com.co/2010/10/partes-de-un-puente.html>

Sandoval, A. (1986). Puentes. *Primera parte*. Retrieved Abril 6, 2017

Santa Cruz Astorqui, J., del Rio Merino, M., Cachero Alonso, G., Moge Garcia, I., & Rubio Madueño, D. (2009, Julio). Construction and Building Materials. *Fissure Analysis in one-directional slabs with on-site concrete rib by continous formwork*, 23, 2567-2579. Retrieved Octubre 8, 2017, from <http://www.sciencedirect.com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co:2048/science/article/pii/S0950061809000488>

Sísmica, A. C. (1997). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Bogotá. Retrieved Marzo 12, 2017, from <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>

Tadeu, N. (2011). Identificación y Análisis de Patolgías en puentes de carreteras urbanas y rurales. 26(1), 05-24. Retrieved Marzo 12, 2017, from http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732011000100001

Tommy Y. Lo, Liao, W., C.K , W., & Tang, W. (2016, March 15). Evaluation of carbonation resistance of paint coated concrete for buildings. *Construction and Building Materials*, 107, 299-306. Retrieved Octubre 8, 2017, from <http://www.sciencedirect.com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co:2048/science/article/pii/S0950061816300277>

Torres, A. (2017, Febrero 17). *El Tiempo*. Retrieved Marzo 22, 2017, from En mayo comienza arreglo de puentes peatonales: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16821657>

Zhao, J., & Tonia Rev, D. E. (2012). *Bridge Engineering* (Third ed.). Mc Graw Hill. Retrieved Abril 22, 2017