

Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia  
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

# REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 10 N° 2

Julio - Diciembre 2020



ISSN: 2244-7334  
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia  
Vicerrectorado Académico

## SISTEMA DE ELASTOMEROS RESORTICOS PARA LA FIJACIÓN DE LOS CUBREJUNTAS METÁLICOS SECUNDARIOS DEL PUENTE GENERAL RAFAEL URDANETA, VENEZUELA

System of resortic elastomers for fixing the secondary metal covers of the Rafael Urdaneta  
general bridge, Venezuela

**Kenneth Rosillón<sup>1</sup>, Alex Salcedo<sup>2</sup>, Violeta Jiménez<sup>2†</sup>**

<sup>1</sup>Centro Tecnológico de Investigación y Consultoría en Ingeniería C.A, Maracaibo Estado Zulia, Venezuela.  
Grupo GV C.A2 Mérida, Estado Mérida, Venezuela.  
Dirección de correspondencia: kennethrosillono@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación es proponer un sistema de elastómeros resorticos para la fijación de los cubrejuntas metálicos secundarios, del puente General Rafael Urdaneta, Venezuela. La investigación se categorizó como proyectiva con diseño cuasi-experimental, soportándose en la manipulación de grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente). La población estuvo conformada por 168 cubrejuntas secundarias que posee el puente sobre el Lago de Maracaibo, seleccionando una muestra representativa de seis para los ensayos del sistema con elastómeros, conformando una muestra T para grupos relacionales con momentos ante (sistema actual) y después (sistema propuesto) destacando que es un sistema conformado por un elemento de sujeción con su respectiva retención, más el elemento elástico a fin de producir amortiguamiento con el paso vehicular a través de estas uniones. Como resultado se obtuvieron en la implantación de seis elementos elastómeros de tipo poliuretano 9500, el cual presentó una dureza de 95A shore con resistencias a la torsión de 280-340 N.m y la compactación con soporte de hasta 10 toneladas de carga, para convertirse en una nueva alternativa de solución al sistema resortico actualmente instalado en este sistema de cubrejuntas metálicas secundarias del puente General Rafael Urdaneta, Venezuela.

**Palabras clave:** Cubrejuntas, Puente sobre el lago, elastómeros, poliuretano

### ABSTRACT

The objective of this research is to propose a system of spring elastomers for the fixing of the secondary metal joint covers of the General Rafael Urdaneta bridge, Venezuela. The research was categorized as projective with a quasi-experimental design, supported by the manipulation of a group of individuals to certain conditions or stimuli (independent variable), to observe the effects that are produced (dependent variable). The population was made up of 168 secondary joint covers that the bridge over Lake Maracaibo has, selecting a representative sample of six for the elastomer system tests, forming a T sample for relational groups with moments before (current system) and after (system proposed) highlighting that it is a system made up of a fastening element with its respective retention, plus the elastic element in order to produce damping with the vehicular passage through these joints. As a result, the implantation of six elastomeric elements of the polyurethane type 9500 were obtained, which presented a hardness of 95A shore with torsional resistance of 280-340 Nm and compaction with support of up to 10 tons of load, to become a new alternative solution to the spring system currently installed in this system of secondary metal joint covers of the General Rafael Urdaneta bridge, Venezuela.

**Keywords:** Flashing, Bridge over the lake, elastomers, polyurethane.

**Recibido: 08-03-2020 Aceptado: 19-06-2020**

## INTRODUCCIÓN

Venezuela como país latinoamericano, no escapa de la situación problemática sobre el mantenimiento en cualquier estructura, maquinaria o sistema de producción y obra civil. Esto puede observarse en los puentes de acero, o de cualquier otro material del cual fueron construidos, que incluye la falta de aplicación de una buena gestión de mantenimiento preventivo que ha ocasionado de manera grave el deterioro en funcionamiento de equipos y sistemas de los mismos (Groove 2009). Asimismo, la corrosión de las bases de estos y la disparidad en los materiales empleados en los elementos de sujeción de los puentes, lo cual ocasiona el deterioro progresivo de la calidad de los servicios de vialidad que estos ofrecen como vía de transporte terrestre en el país, y en consecuencia producen pérdidas económicas para la nación en general (Beer 2012).

El estado Zulia posee un puente de dimensiones extraordinarias, el cual es icono de la Zulianidad, atravesando el majestuoso Lago de Maracaibo y conectando cuatro municipios del este al oeste, con punto de partida en el municipio San Francisco y llegada en el municipio Santa Rita. Este puente fue construido en base a concreto, el cual según los estudios para la construcción se iniciaron en 1956. Desde entonces se consideró que debía hacerse en concreto armado, pre y post-tensado y no de acero, debido al medio ambiente agresivo (alta concentración de oxígeno y temperatura), aunque la concentración de iones cloruro para la época era de apenas 400 ppm (Navarro 2011).

La obra se inició en abril de 1959 y fue puesta en servicio el 24 de agosto de 1962. Para ese entonces un estudio realizado por Finley, de la Creóle Petroleum Corporation, indicaba que el agua del Lago era tres veces más corrosiva (16 mpy), que el agua de mar (5 mpy), pudiendo llegar en las zonas de salpique a velocidades tan altas como 60 mpy. Estudios realizados por Petróleos de Venezuela

(PDVSA) en 1993, indicaron un aumento en corrosividad (180 mpy) debido al aumento de la salinidad del Lago (3000 ppm), ocasionada por su apertura al mar, para permitir la entrada de buques de gran calado para la explotación petrolera (Navarro 2011). Este efecto en conjunto con la alta humedad relativa y temperatura han expuesto al Puente General Rafael Urdaneta (PGRU) a un medio altamente agresivo.

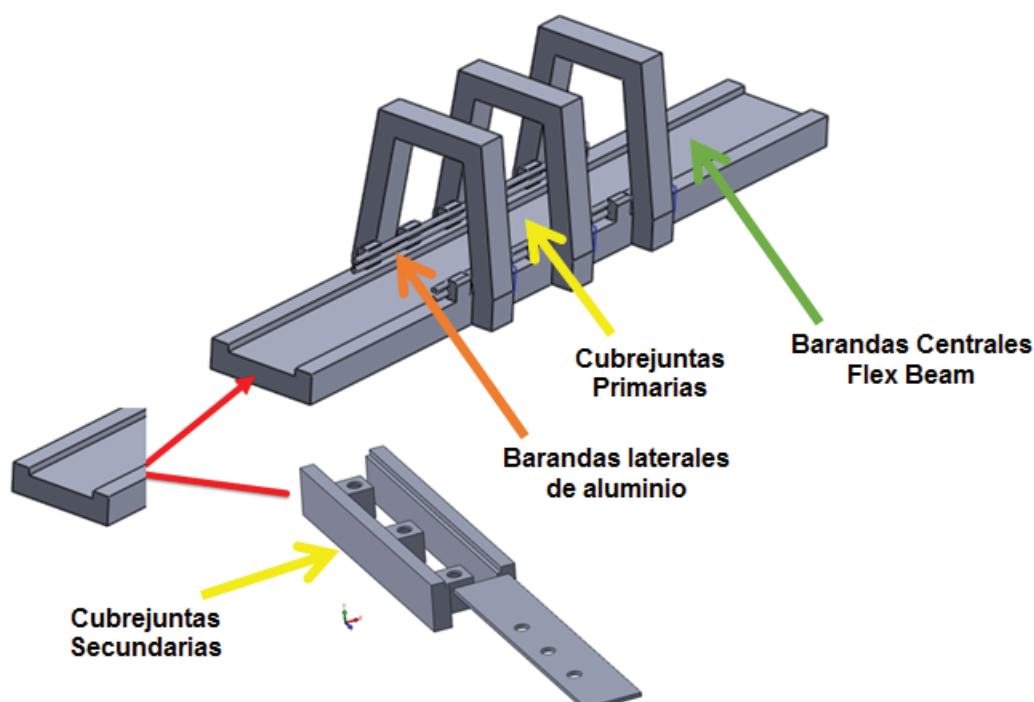
Este estuario según Navarro (2011), es considerado uno de los reservorios de agua más agresivos del mundo. En estudios realizados en 1989, se determinó que el factor de deterioro del refuerzo del puente son los cloruros provenientes del lago, los cuales para esa fecha oscilaban entre 2500 y 3000 ppm aumentando en más de 2000 ppm el valor inicial de 400 ppm

Actualmente, los cubrejuntas secundarios son una parte muy importante del puente sobre el Lago, debido a que se consideran elementos de unión a fin de evitar desplazamientos horizontales en el PGRU. Estos sistemas usualmente se tienen como amortiguadores en el paso de los vehículos livianos y pesados para evitar este desplazamiento en el puente (Navarro 2011). En el año 2015 se dispusieron de elementos resorticos constituidos por un elemento de sujeción (tornillo + tuerca) aunado a un elemento elástico (muelle de arandelas conformadas cónicamente creando estas últimas un resorte con una constante de elasticidad de 1328.9kgf/mm (Navarro 2011). En la actualidad, de acuerdo a las observaciones realizadas por los investigadores estos elementos resorticos sufren impactos y daños producto del choque metal/metal, en periodos no mayores a tres meses, lo que ha ocasionado múltiples mantenimientos por fallas en los tornillos, arandelas y tuercas respectivamente. En la Tabla 1 se presentan las principales particularidades a lo largo de todo el Puente sobre el Lago. En la Figura 1 se muestra la ubicación de cubrejuntas primarias y secundarias.

**Tabla 1. Particularidades del puente General Rafael Urdaneta**

Numero de pilas del PGRU	134	Cubrejuntas secundarias COL-SFCO	84
Numero de cubrejuntas primarias	36	Cubrejuntas secundarias SFCO-COL	84
Numero de cubrejuntas Secundarias			168
TOTAL			204

Fuente: Navarro (2011).



**Figura 1. Sistema de cubrejuntas, barandas laterales y centrales del Puente General Rafael Urdaneta**

Fuente: Elaboración propia (2020).

Estos sistemas resorticos deben garantizar la prevalencia en el tiempo a partir del paso de vehículos pesados y livianos por un trayecto de aproximadamente 8,7 kilómetros, por lo que esto se ve afectado por la fatiga vehicular y la cantidad de estos medios de transporte que día a día recorren el PGRU. A fin de buscar soluciones al problema técnico de las cubrejuntas, y mejorar los servicios de mantenimiento, el objetivo de esta investigación es proponer un sistema de elastómeros resorticos para la fijación de las cubrejuntas metálicas secundarias, del puente General Rafael Urdaneta, Venezuela, como una alternativa sostenible al reúso de metales, adecuación de plásticos y resinas, a base de reciclaje, entre otros componentes, que ayudan a preservar la naturaleza de cualquier evento fósil que ocasione el deterioro a la capa de ozono.

## METODOLOGÍA

Bautista (2009) explica que un proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para la solución de problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. Para Arias (2006) la investigación de campo, consiste en

la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna; mientras que Sampieri (2010) expresa que en el diseño de campo los datos se recogen directamente de la realidad, y se denominan primarios. Según Bautista (2009) el diseño no experimental, es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. Por lo tanto, en este trabajo no se construye una situación específica, sino que se observan las existentes.

La investigación se categorizó como proyectiva con diseño cuasi-experimental, soportándose en la manipulación de grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente). La población estuvo conformada por 168 cubrejuntas secundarias que posee el puente sobre el Lago de Maracaibo, seleccionando una muestra representativa de seis para los ensayos del sistema con elastómeros, conformando una muestra T para grupos relacionales con momentos antes (sistema actual) y después (sistema propuesto).

## RESULTADOS

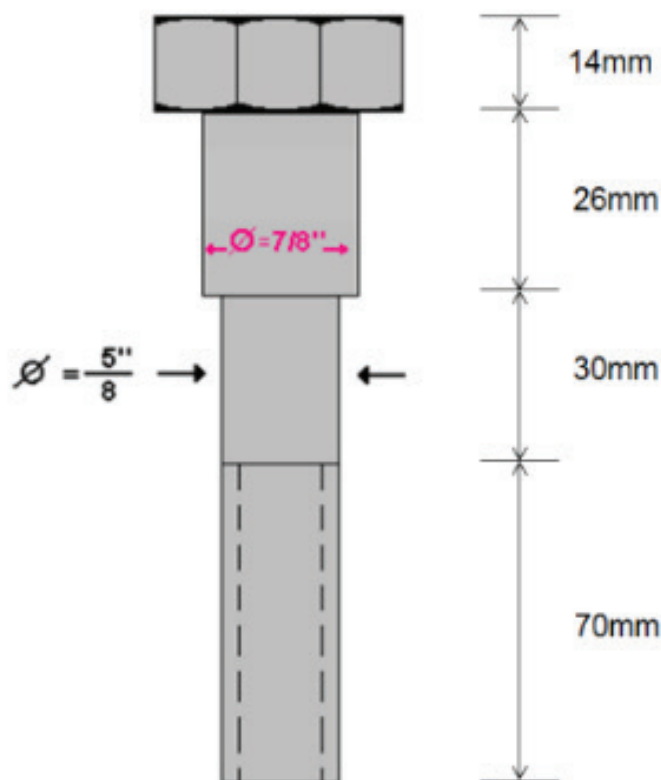
En esta sección de la investigación se presentan los resultados adaptándolos a la muestra represen-

tativa tomada de manera aleatoria y en función a estudios realizados en campo con base a la prioridad de fallas de las cubrejunta por orden de aparición, por lo cual se hizo uso de la prueba T de Estudent para el análisis de selección de muestras críticas y para el procesamiento de la información se aplicaron ensayos mecánicos destructivos a partir de pruebas estándares dictadas por la ASTM en sus incisos E18 (dureza Rockwell), D2240-15 (dureza para materiales elásticos), E143 (ensayo de torsión) y A255-48T (ensayo de tratamientos térmicos (Sampieri 2010)).

### Sistema de sujeción (tornillos y tuerca)

Los tornillos de fijación del cubrejunta metálico para las juntas secundarias, se pretenden diseñar a partir de alternativas como la familia AISI-SAE grado 5, 7 y 8, con las siguientes dimensiones:

Dimensiones del Tornillo junta secundaria: Todos los tornillos usados en la fijación de las cubrejuntas secundarias deben poseer las siguientes características: Tornillo de Acero de 7/8" de diámetro, y dimensiones según se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Dimensiones del Tornillo para junta secundaria después de maquinado.**

Fuente: Navarro (2011) y editado por los autores (2020).

Este tornillo es maquinado hasta un diámetro de 5/8" en una longitud de 115 mm, ver figura anterior, maquinándose una rosca NC de 11-20 hilos por pulgada (NC – 11) en una longitud de 70 mm. Esto garantizará un buen funcionamiento del tornillo para altas cargas de apriete por torsión. Para el inicio del cálculo es necesario conocer la junta a la cual estará sometido este elemento de sujeción y su rosca como se aprecia en la siguiente imagen. La tuerca cuadrada con su guía está fabricada en acero A-36/fundición de hierro o acero SAE 1020/1025, Acero 4140 entre otros, su función en la

sujeción de la cubrejunta es de suma importancia, ya que en ella se sujeta la guía de los elastómeros y una vez posicionada en el cajetín de la junta, al enroscarse el tornillo, se aplica la fuerza de fijación de la cubrejunta metálica.

Dimensiones de la Tuerca-Guía: La tuerca-guía permite transmitir la carga del resorte al tornillo y sujetar el cubrejunta. Estará fabricada de un Acero SAE 4140 con las siguientes dimensiones que se señalan en la Figura 3.

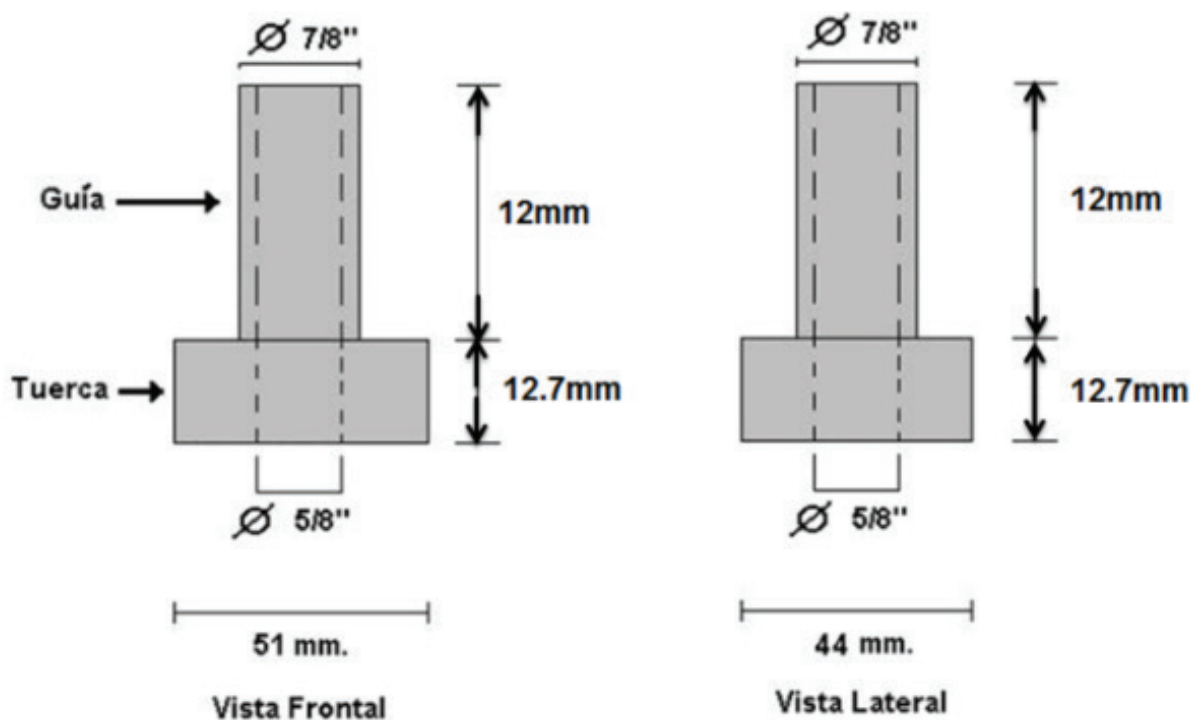


Figura 3. Dimensiones de la tuerca para junta secundaria.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Dimensiones de la Tuerca-Guía del Sistema de Fijación del a cubrejunta secundaria. A partir de estos requerimientos, a nivel de diseño, se establece el plano de contacto del cubrejunta, con respecto a la tuerca y el tornillo respectivamente (Figs.4-7).

Esto a fin de conocer la rigidez y los factores de seguridad de cada tornillo a ensayar, garantizando la seguridad en el apriete de los mismos bajo niveles de cargas cíclicas a proponer (Beer 2012).

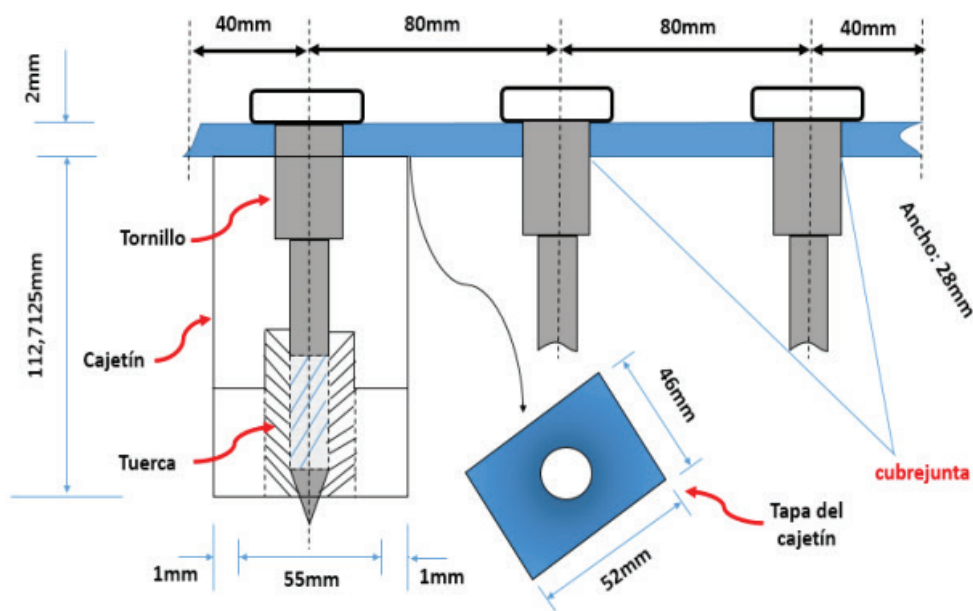


Figura 4. Sistema de sujeción en un cubrejunta secundario del Puente General Rafael Urdaneta.

Fuente: Elaboración propia (2020).

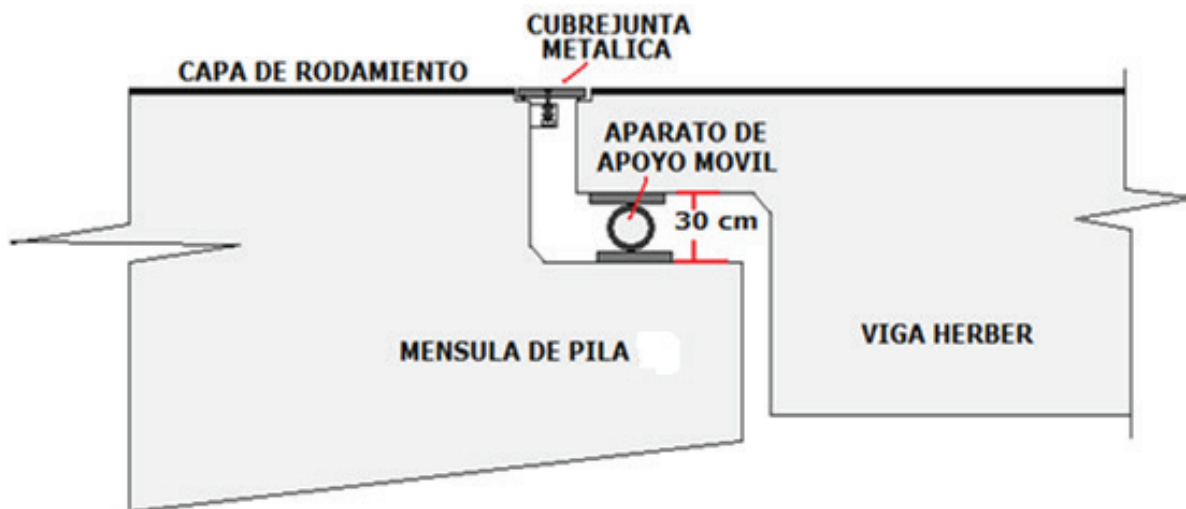


**Figura 5. Cubrejunta secundario del Puente General Rafael Urdaneta.**

Fuente: Elaboración propia (2020).

Algunos de estos problemas se han originado por condiciones ambientales, ritmo cambiante y progresivo aumento del paso vehicular, así como el fin de vida de muchos de los elementos que hace más de 50 años fueron instalados desde la concepción del puente sobre el lago. A todos estos se les ha dado solución momentánea, pero lo más crítico

es el desgaste debido a la corrosión del soporte de la guía y la falta de una fuerte fijación elástica de la cubrejunta metálica. Esto trae como consecuencia que toda la carga de corte, producida con el paso del vehículo, lo soporten los tornillos y eventualmente pueden fallar, soltándose la cubrejunta metálica con el consecuente peligro para el paso vehicular.



**Figura 6. Ubicación en el plano civil el cubrejunta secundario del Puente General Rafael Urdaneta.**

Fuente: Navarro (2011).

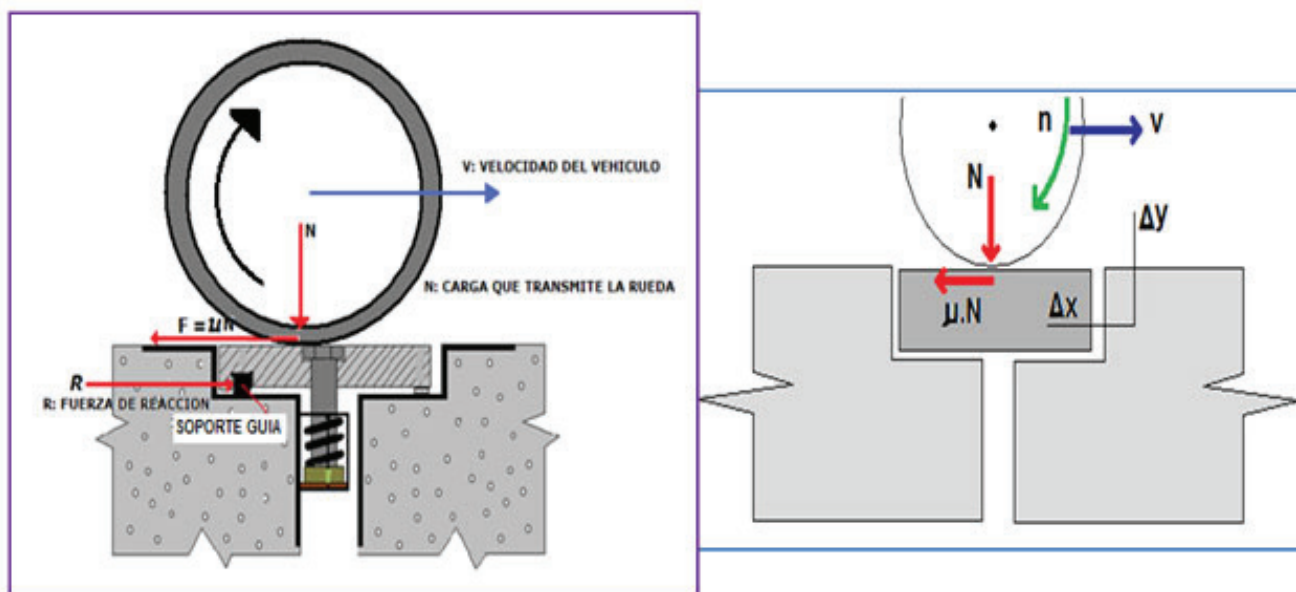


Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas que actúan sobre el cubrejunta secundario.

Fuente: Navarro (2011).

El cubrejunta metálico tiene como función tapar el espacio de la junta de dilatación del tramo de vigas y la ménsula de la pila, permitiendo el libre movimiento por las dilataciones térmicas entre las vigas y ménsula. Como es de suponer, la cubrejunta está sometida a las fuerzas producidas por el paso de los vehículos, aceleraciones y desaceleraciones producidas por frenazos. Estas fuerzas son de considerable magnitud y deben ser soportadas por la barra llamada soporte guía y que le transmite la guía de la cubrejunta. La función del tornillo y el resorte es mantener el cubrejunta fuertemente fijada al soporte de la guía y el patín en el apoyo de esta.

El daño por corrosión del soporte de la guía y de la guía del cubrejunta metálico causa que las fuerzas producidas por el paso de los vehículos sea transmitida a los tornillos de fijación, los cuales se fatigan y con el tiempo se descabezan, haciendo que la cubrejunta salte de la junta y se produzca un accidente automotriz. Esto ha ocurrido varias veces, sin accidentes que lamentar (Navarro 2011). Partiendo de esto se establecieron criterios de selección de tornillos para estos eventos a través de los fundamentos de Shigley (2009) que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Evaluación y selección de tornillos para cubrejuntas secundarios del Puente General Rafael Urdaneta

GRADO TORNILLOS	MATERIAL	Factor de Seguridad fluencia	Factor de Seguridad del tornillo (Goodman)	Torque de apriete
5	4140	1,39	2,41	280 N.m
7	1045	1,41	2,64	285 N.m
8	4140	1,40	2,9	300N.m
TRATAMIENTO TÉRMICO				
GRADO TORNILLOS	DUREZA		PGRU	
	TEMPLE	TEMPLE-REVENIDO		
5	46,7	45,9		
7	47,9	47,1		
8	49,4	48,125		

Fuente: Elaboración propia (2019).



### Sistema de amortiguamiento (elastómero 9500)


SINTHAC TA-9500 / SINTHAC IL es un sistema de dos componentes líquidos, que mezclados de forma homogénea y dosificados en relación adecuada, polimerizan a temperatura ambiente, dando como resultado un elastómero de consistencia sólida con características mecánicas definidas por el tipo de producto seleccionado (Tabla 3). El uso de

SINTHAC curado en frío, se recomienda en la fabricación de piezas variadas que no demanden una alta exigencia mecánica, sin embargo, posee una buena resistencia al ataque químico excepto frente a ácidos oxidantes y álcalis concentrados (Groove 2009) y se presenta dos componentes:

Componente A: Básicamente, mezcla de polioliol que incluye otros componentes.

Componente B: SINTHAC IL, Isocianato basado principalmente en MDI.

Tabla 3. Evaluación del elastómero (poliuretano) 9500

Elastómero Poliuretano	DUREZA		ILUSTRACION
	SHORE	ROCKWELL C	
9500	95	65	
Características			
Aspecto	Poliol	Líquido Viscoso amarillo claro	
Aspecto	Isocianato	Líquido ambar claro	
Relacion de mezcla	Poliol/isocianato	100/34	
Porcentaje de NCO	Isocianato	29,1 +/- 0,3	
Tiempos a 25 °C			
Tiempo de agistacion	Segundos	45-70	
Tiempo de hilo	Segundos	120-130	
Tiempo de tacto	Segundos	160-190	

Fuente: Elaboración propia (2020).

El cubrejunta metálico tiene que ser sujetado con una fuerza de apriete de 3000 kg por tornillo; sin embargo, para apretar el tornillo se utiliza un palanquín y es físicamente imposible visualizar la deformación del resorte para estimar la carga, por lo que es necesario establecer una relación entre el torque aplicado por el palanquín y la carga de apriete. Para ello se realiza un ensayo de torsión, donde con el uso de una llave dinamométrica se mide la deformación que experimenta el muelle para un valor de torque determinado, estos valores se grafican y se obtiene la constante del muelle a través de su modelo matemático:  $T = Kt \cdot X$  (1) (Navarro 2011). Al conocer esta relación, se puede medir el torque aplicado para una deformación dada

y para esta deformación la fuerza correspondiente, por lo que se puede establecer una relación entre el torque  $T$  aplicado, la deformación  $X$  y la fuerza  $F$  de apriete:  $T = (Kt/K) \cdot F$  (2) (Navarro 2011). Esta relación es muy importante, ya que actualmente durante la colocación del cubrejunta metálico, se aplica un torque y se desconoce la fuerza con la cual el resorte aprieta el cubrejunta metálico. Mediante esta relación se aplica el torque correcto para una determinada fuerza de apriete, con la seguridad de un apriete adecuado para la vida del sistema. El problema que se genera al desconocer la fuerza de apriete es la falla del tornillo por fatiga al poco tiempo de instalada la cubrejunta. En la Figura 8 se muestran los resultados de los ensayos:

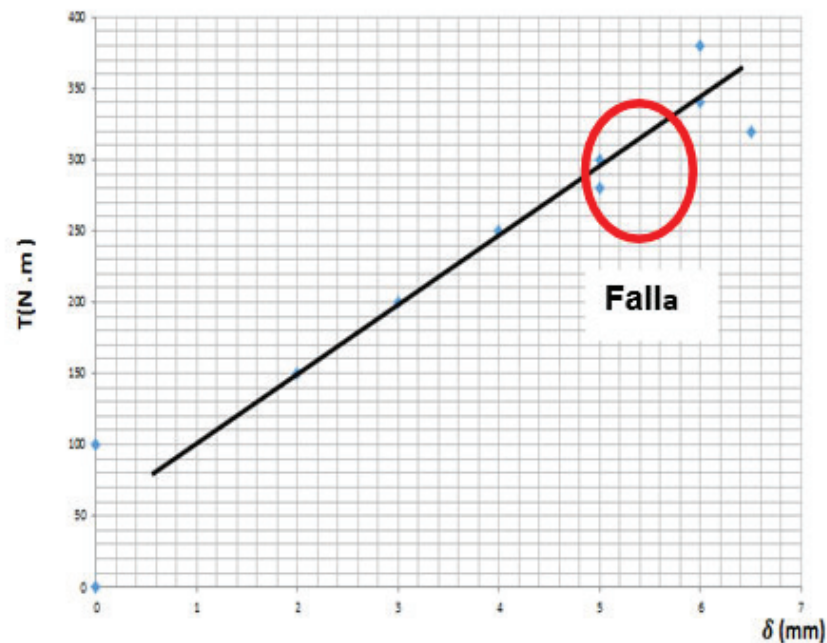


Figura 8. Modelo matemático para el ensayo de compresión del elastómero 9500.

$$K = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{200 \text{ N.m} - 150 \text{ N.m}}{3 \text{ mm} - 2 \text{ mm}} = 50 \text{ N.m/mm}$$

Fuente: Elaboración propia (2020).

Con los datos obtenidos experimentalmente se determina la constante del resorte  $K_t$ , la cual tiene un valor de  $K_t = 50 \text{ N-M/mm}$ . Este valor es de suma importancia ya que permite conocer la deformación del resorte para un torque dado y sustituyendo en la expresión (1):  $T = 50 \cdot X$ . Conocida esta relación, se puede encontrar la relación entre la fuerza de apriete y el torque aplicado a partir de la expresión (2):  $F = (50/16.66) \cdot T$ , de donde  $F = 3.0012 \cdot T$ ; siendo  $F$  en kg y  $T$  en N-M.

Una vez comprobado el modelo matemático a través de la curva, y validando ahora científicamente se sustituye en la ecuación 1 el resultado obtenido a través de los datos de la Tabla 4, donde se esboza la relación entre las variables en torsión del sistema de arandelas resorticas, frente al sistema de elastómeros propuesto.

Tabla 4. Validación del sistema de elastómeros frente al sistema resortico

Sistema de arandelas resorticas			Sistema de Elastómeros		
T (N.m)	$\delta$ (mm)	Media/varianza	T (N.m)	$\delta$ (mm)	Media/varianza
0	0	Media	0	0	Media
100	4	5,75	100	0	3,125
150	6		150	2	
200	7.5	Varianza	200	3	Varianza
300	8		250	4	
340	9	9,14	280	5	4,60
			300	5	
T-Student			340	6	
$T_c = 1,8121$					
$T_{\text{tabla}@75-90\%} = 1,81$					

Fuente: Elaboración propia (2020).

## DISCUSIÓN

A partir de la información presentada en la Tabla 2, se obtiene el pre tensado y tensado final del tornillo Grado 5 4140, con tratamiento térmico de temple y revenido sumado al sistema resortico a base de poliuretano 9500, donde inicialmente es comprobado en un banco de pruebas construido en la empresa Grupo GV C.A, simulando así condiciones exactas e iguales a la realidad del puente General Rafael Urdaneta, y con esto certificar el uso de este sistema a fin de concretar en el futuro la implantación en el sitio de estudio.

Se evidenció que bajo pruebas piloto, el sistema de elastómeros se comportó de una manera óptima al solo presentar una deformación máxima de 5mm, en función de un torque de 300 N.m máximo y uno de tensado de 280 N.m, por lo cual estos valores se corresponden con los de diseño de apriete de los tornillos grado 5, 7 y 8 respectivamente garantizando la seguridad de la cubrejunta al momento de su cierre y puesta en marcha.

En base a los resultados obtenidos, todo esto se afirma y contrasta de manera positiva con los postulados de Gómez *et al.* (2007) quienes establecen metodologías para el estudio de elementos estructurales de puentes colgantes, lo cual hace hincapié en el uso de la estadística y pruebas de criticidad de basada en la confiabilidad que proporciona el método de Weibull para su estudio.

Asimismo, afirman los autores Benjumea *et al.* (2013) que los sistemas de elastómeros, están diseñados para soportar altos ciclos de cargas y buena receptividad en cuanto a los valores permitidos hasta 340 N.m en cuanto a la variable torque para su ajuste y permanencia en el tiempo, lo cual establece rangos similares entre 300 y 350, lo cual hace entrada y cabida en esta investigación, la pertinencia de estos valores.

Finalmente es importante destacar que las condiciones climatológicas del sitio son atípicas, teniendo presencia de fuertes ventarrones o ventiscas desde el norte, así como un grado de corrosión inclemente, por lo que estos factores fueron considerados al momento de evaluar los diferentes escenarios que pueden atravesar el puente, tal como lo afirman en sus estudios de potencia solar, humedad y viento de Churio *et al.* (2019). Estas variables fueron claves y tomadas para la comparación en los laboratorios de pruebas, arrojando los resultados antes mostrados y que garantizan las adversidades climatológicas de este material en el coloso Zuliano.

## CONCLUSIONES

Los ensayos mecánicos destructivos fueron desarrollados a partir de pruebas estándares dictadas por la ASTM en sus incisos E18 (dureza Rockwell), D2240-15 (dureza para materiales elásticos), E143 (ensayo de torsión) y A255-48T (ensayo de tratamientos térmicos). Estos garantizan a nivel técnico la calidad del material y sus propiedades ante las condiciones reales que se dan en las cubrejuntas secundarias del PGRU, avalando científicamente para un 85% de confiabilidad, en función de la sustitución de un sistema resortico compuesto de arandelas hacia un sistema de elastómeros (poliuretano 9500). Este último provee un mejor desempeño que el sistema actual, brindándole mejor tenacidad y dureza; con esto se puede extrapolar fallas que van entre 5-8 meses, lo cual representa el 50% por encima en función de tiempos entre fallas, en comparación al sistema actual compuesto de arandelas, conformadas cónicamente y que dan el efecto resortico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias F. (2006) "El proceso de investigación". Editorial Episteme, 4ta edición., Caracas, Venezuela. Pag. 23-134.
- Benjumea J., Suarez M., Chio G. (2013). Comportamiento estructural de puentes extradados durante construcción por voladizos sucesivos. Revista EIA, 10 (20), 111-125. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1492/149229801009>.
- Bautista M. (2009). Metodología de la Investigación cuantitativa. Editorial Limusa, 2da edición. México DF. Pág. 45-234.
- Beer F. (2012). Mecánica de materiales. 5ta Edición. Editorial Mw Graw Hill. México DF. Pág. 456
- Churio L., Padilla L., Rincón A., Carrasquero C. (2019). Sistema termosolar para la potabilización de aguas del lago de Maracaibo en isla de toas, Venezuela. Revista Venezolana de Investigación Estudiantil REDIELUZ, 9 (1): 85 – 94.
- Gómez D., Marulanda J, Thomson P. (2007). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas. Dyna, 75 (155): 77-89.
- Groove M. (2009). Procesos de manufactura moderna. 2da edición. México DF, Editorial Mw Graw Hill. Pág. 324-456.
- Navarro A. (2011). Fabricación de muelles de arandelas cónicas para la fijación de las cubrejuntas

metálicas del PGRU. Proyecto presentado ante el SEDAERPGRU. Universidad del Zulia, Fundación Universidad del Zulia. Pag 1 – 32.

Sampieri R (2010). “Metodología de la Investigación”. Editorial Mw Graw Hill, 6ta Edición. México DF. Pag 24-29.

Shigley J (2009). Elementos de Maquina. editorial Prentice Hall. 3era Edición. México, DF. Pag 257 – 301.