



Recepción: 25 / 03 / 2018

Aceptación: 19 / 05 / 2018

Publicación: 01 / 08 / 2018



Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

Comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en Manta

Behavior and structural safety of road bridges in Manta

Comportamento e segurança estrutural de pontes de veículos em Manta

Carlos G. Delgado-Castro ^I

carlosgdelgado@uleam.edu

Robert A. Rodríguez-Rivas ^{II}

robertr@gmail.com

Weelington A. Vera-Ávila ^{III}

weelingtonv@gmail.com

Correspondencia: carlosgdelgado@uleam.edu

^I Magister en Gestión Ambiental, Ingeniero Civil Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Capacitación Global CAPAGLOB S.A prevención de riesgos laborales, Manabí, Ecuador.

^{II} Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.

^{III} Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.

Resumen

Uno de los elementos fundamentales dentro de la red vial son los puentes vehiculares, cuyo diseño debe de considerar de forma oportuna el tipo real de vehículos que van a emplear dicho puente así como el método de diseño a emplear; partiendo de lo previamente mencionado el presente artículo se propuso analizar el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en manta, proceso llevado a cabo, mediante la aplicación de un instrumentos de recolección de información, por medio de los que se pudo concluir que el 76,67% de los encuestados si tienen conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares mediante el diseño por factores de carga y resistencia y cuentan con el conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por esfuerzos permisibles; el 100% de los encuestados consideran que el análisis comparativo entre los métodos de diseño estudiados puede ser determinado como una solución para la seguridad y comportamiento de puentes vehiculares.

Palabras clave: seguridad estructural; comportamiento estructural; diseño estructural y puente vehicular.

Abstract

One of the key elements within the road network are vehicular bridges, whose design should be considered in a timely manner the actual type of vehicles that are to be used this bridge as well as the design method to be used; on the basis of the previously mentioned this article proposed to analyze behavior and structural safety of road bridges in manta, process carried out, through the implementation of a data collection instruments, by means of the that could be concluded that 76,67% of respondents if they have knowledge concerning the analysis and structural design of bridges vehicle through the design for load and resistance factors and they have the knowledge concerning the analysis and structural design vehicular bridges through design for permissible efforts; 100% of respondents consider that the comparative analysis between the studied methods of design can be determined as a solution for the safety and behavior of road bridges.

Keywords: structural behavior; structural design; structural safety and vehicular bridge.

Resumo

Um dos elementos chave dentro da rede de estradas são pontes veiculares, o desenho devem ser considerados de uma forma atempada o tipo real de veículos para utilizar a ponte, bem como o método de dimensionamento a ser usado; do que anteriormente mencionado neste artigo teve como objetivo analisar o comportamento ea segurança estrutural das pontes veiculares em cobertor, processo realizado através da aplicação de um instrumento de recolha de informações, através do qual se concluiu que 76, 67% dos entrevistados se eles têm conhecimento sobre o projeto e análise estrutural de pontes rodoviárias por fatores de carga de design e resistência e têm conhecimento sobre o projeto e análise estrutural de pontes rodoviárias através da tensão admissível projeto; 100% de respondentes sentiu que a comparação entre os métodos de concepção estudadas pode ser determinada como uma solução para a segurança e desempenho de pontes veiculares.

Palavras chave: segurança estrutural; comportamento estrutural; projeto estrutural e ponte veicular.

Introducción

Los puentes vehiculares, plantea Nilson (2011) se constituyen en los elementos fundamentales dentro de la red vial, cuyo diseño debe de considerar de forma oportuna el tipo real de vehículos que van a emplear dicho puente; otro punto a considerar son las condiciones hidráulicas y geotécnicas que presenta cada localidad, con la finalidad de proporcionar una adecuada seguridad estructural del mismo, evitando la afectación en los aspectos económicos, sociales, ambientales y estéticos de cada proyecto. Siendo Manta una ciudad que por su geografía se requiere construir puentes de diversas características, el contar con métodos que se ajusten de forma apropiada a la realidad de la localidad es un aspecto esencial, de este modo poder así obtener la solución óptima para cada nuevo trazado o para el reemplazo de una estructura existente.

Cabe señalar que Ecuador no cuenta con una norma propia para diseño de puentes, así como tampoco cuenta con una norma orientada a la construcción en base a hormigón armado ni para las estructuras de acero, es por ello que para este tipo de actividades se recurre a la norma internacional, es decir se emplea la norma AASHTO (Standard Specifications for Highway Bridges, 2004), en la que se encuentran detallados métodos de diseño de puentes, como es el

método de tensiones admisibles (ASD: Allowable Stress Design) y el método por factores de carga (LFD: Load Factor Design) o método de la rotura. Pero debido principalmente al conocimiento de los profesionales nacionales que revisan y generan estos diseños, se trabaja con el método más conservador, que es el de tensiones admisibles (ASD).

“Esta norma se está dejando de lado cada vez más en EEUU, por considerarse obsoleta y en algunos casos errónea, siendo remplazada por la norma moderna AASHTO LRFD (Bridge Design Specifications), cuyo proceso de diseño se encuentra basado en el método por factores de carga y resistencia. Dicho método en la actualidad no solo se encuentra ampliamente difundido en EEUU, sino también en Canadá y diversos países de Europa” (Escalante Cervera, 2014, p98).

Por lo anterior y considerando la transferencia tecnológica que se ha de realizar desde países desarrollados, y en vista de que estos análisis tarde o temprano tendrán que comenzar a realizarse, resulta de gran importancia conocer las ventajas, técnicas y económicas, que la utilización de la norma AASHTO LRFD traería, al utilizarla en el país. El método LRFD, explica Félix (2015) diseña los puentes para diferentes estados límites, buscando satisfacer la condición de que las cargas de servicio mayoradas por un factor, sean menores o iguales, a la resistencia nominal minorada. El factor de mayoración de cargas depende de la información relacionada con la mayor o menor certeza de éstas. Con él, las distintas acciones que solicitan los componentes y conexiones del puente, tales como carga viva o peso propio, poseen un factor de carga distinto. El estudio se encuentra orientado en analizar el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en la ciudad de Manta in situ. Este tipo de estructura se ocupa muy de forma continua en varias ciudades del país, como es el caso de Manta.

Desarrollo

Métodos de diseño elástico y plástico

En el método elástico se debe estimar las cargas de trabajo o servicio, o sea, las cargas que la estructura tiene que soportar, para luego diseñar los miembros estructurales con base en ciertos esfuerzos permisibles, estos usualmente son cierta fracción del esfuerzo mínimo de fluencia especificado del acero. Aunque el termino diseño elástico se usa comúnmente para describir este método, los términos diseño por esfuerzos admisibles o diseño por esfuerzos de trabajo son más apropiados. Se ha visto que la ductilidad del acero proporciona una reserva de resistencia y esta

circunstancia es la base del diseño plástico. En este método las cargas de trabajo se estiman y se multiplican por ciertos factores de carga o de sobrecapacidad y los elementos estructurales se diseñan entonces con base en sus resistencias al colapso.

Se sabe que la mayor porción de la curva esfuerzo deformación yace más allá del límite elástico del acero, los estudios experimentales realizados por varios años han mostrado que los aceros pueden resistir esfuerzos considerablemente mayores que sus esfuerzos de fluencia y que en casos de sobrecargas las estructuras estáticamente indeterminadas tienen la capacidad de repartir esta sobrecarga, gracias a la ductilidad del acero.

Con base en esta información se han hecho muchas propuestas de diseño plástico en las últimas décadas, por lo que es necesario mencionar que, para cierto tipo de estructuras el diseño plástico puede lograr un uso más económico del acero que con el diseño elástico.

Métodos de diseño (AASHTO). La “Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structures publicada por la American Association of State Highway Officials” (AASHTO, organismo antecesor de la AASHTO) en 1931, fue la primera norma reconocida en los Estados Unidos para el diseño y la construcción de puentes convirtiéndose rápidamente en una norma nacional (AASHTO, 1996) y, como tal, fue adoptada y utilizada no sólo por los departamentos de vialidad sino también por otras autoridades y agencias tanto en Estados Unidos como en el exterior.

“Poco después se eliminaron las tres últimas palabras del título, y este documento ha sido reeditado en ediciones consecutivas a intervalos de aproximadamente cuatro años bajo el título Standard Specifications for Highway Bridges, apareciendo la 16^o Edición en 1996” (Perales 2013, p.87).

En 1931 en la teoría como en la práctica se han desarrollado de manera significativa, mostrando progresos por medio de investigaciones que hacen hincapié a las propiedades de los materiales, estudios más racionales y precisos del comportamiento estructural, y la aparición de la tecnología, para analizar eventos intensos que representan peligros particulares para los puentes, así como los sucesos sísmicos y la socavación.

A partir del programa de investigación NCHRP terminado en 1987 y por sugerencia de este se comenzó el desarrollo de la norma de diseño aplicado a los puentes. En los años 70, al principio de esta década la filosofía que prevalecía era la del diseño por tensiones de trabajo que es el ASD, es decir constituye tensiones admisibles como un porcentaje (fracción) de la capacidad de carga de un material dado, y solicita que las tensiones de diseño deducidas no sean mayores que dichas tensiones aceptables.

En esta época el diseño por tensiones de trabajo se ajustó para expresar la predecibilidad variable de algunos tipos de cargas, podemos tomar de ejemplo las cargas vehiculares y las cargas de viento, a través de factores de ajuste, y a esta filosofía se la conoció como diseño por factores de carga (LFD). La ideología también se extendió al tomar en cuenta la variación de las propiedades de los elementos, de igual manera a la variación de las solicitaciones. Sin embargo, el LFD la consideraba en parte, la filosofía de “diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)” considera la variación del comportamiento de los elementos estructurales de forma determinante. El “diseño por factores de carga y resistencia” se apoya de manera confiable de los métodos de estadística, pero admite conseguir resultados de manera que resulta más sencillo utilizar el método a los proyectistas y calculistas.

Materiales y métodos

El método que siguió la investigación fue de tipo inductivo – deductivo, como estrategia general orientadora de la actividad científica del estudio, dado que permitió integral todas las etapas del proceso investigativo y permitió cumplir con el objetivo del mismo. Se utilizó como instrumento un cuestionario con alternativas de repuestas por ítems y como técnica la encuesta. Así mismo fue de tipo descriptiva y de campo, esto último dado que el estudio se realizó en el mismo lugar donde se dio el problema de investigación. La población estuvo constituida por 30 profesionales de la ingeniería que trabajan en la provincia de Manabí, especialmente a los especialistas del proyecto de los 11 puentes que se están construyendo en la ciudad de Manta. La estadística aplicada fue de tipo descriptiva, cuyos resultados se presentaron en tablas con sus respectivos gráficos.

Resultados

Los datos obtenidos posterior a la aplicación del cuestionario a los profesionales en Ingeniería Civil de la ciudad de Manta, se presentan a continuación en tablas con sus respectivos gráficos.

Metodología

La metodología fue de carácter Cuantitativo con una tipología explicativa. La población estuvo compuesta por el total de 30 Autoridades y Miembros del equipo directivo que participan en el proceso de acreditación de las universidades públicas de la Zona 4 de Ecuador. Además, se complementó con los funcionarios especialistas en materia de gestión del conocimiento que alcanzaron a 125 especialistas de entre los docentes de: las Universidades y la Escuela Superior en estudio. Por lo tanto, la población alcanzó a 155 profesionales de los cuales posterior al cálculo de la muestra quedo constituido por 127 del total. El instrumento utilizado fue tipo cuestionario y la técnica la encuesta. La estadística utilizada fue la descriptiva y la Prueba Friedman (Fr) expuesta en Wakerly (2008).

Resultados

Se presentan en tablas con sus respectivos gráficos el análisis del manejo de la información en la gestión del conocimiento del gerente universitario obtenida a través del instrumento aplicado a gerentes universitarios de la Zona 4 del Ecuador.

Se presenta en la tabla y grafico 1, posterior al análisis de los datos que evaluaron la recolección en el manejo de la información durante la gestión del conocimiento, que el 54% del total de los directivos encuestados coincidieron en opinar que concuerdan fuertemente en afirmar que durante la gestión del conocimiento se recolecta información como apoyo por parte de los directivos de la educación superior. Seguido del 45% que consideraron la alternativa concuerdan, cabe mencionar que solo el 1% del total de los directivos, opino estar en discrepancia fuertemente. Se destaca el hecho, en la cual no se evaluaron repuestas para las alternativas no opina y discrepa.

Tabla 1. Conocimiento acerca del análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por factores de carga y resistencia. (LRFD).

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-----------------|
| Si | 23 | 76,67 % |
| No | 7 | 23,33 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

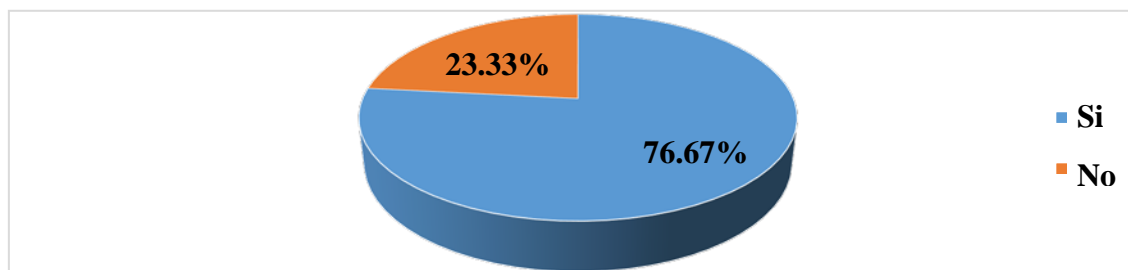


Figura 1. Conocimiento acerca del análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por factores de carga y resistencia. (LRFD).

Fuente: Elaboración propia

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 76,67% de los encuestados respondieron que, si tienen conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares mediante el diseño por factores de carga y resistencia, mientras que el 23,33% restante expreso que no posee dicho conocimiento.

Tabla 2: Conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por esfuerzos permisibles. (ESTÁNDAR)

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-----------------|
| Si | 23 | 76,67 % |
| No | 7 | 23,33 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

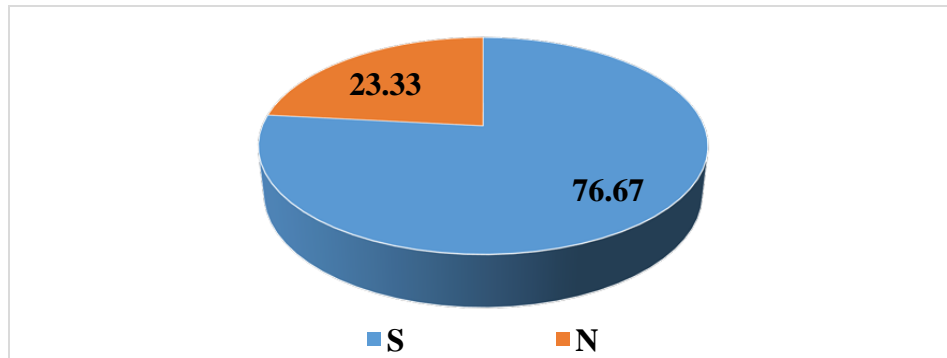


Figura 2. Conocimiento acerca del análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por factores de carga y resistencia. (ESTÁNDAR).

Fuente: Elaboración propia

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 76,67% de los encuestados respondieron que, si tienen conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por esfuerzos permisibles, mientras que el 23,33% restante expreso que no posee dicho conocimiento.

Tabla 3. Análisis y método de diseño en el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en Manta.

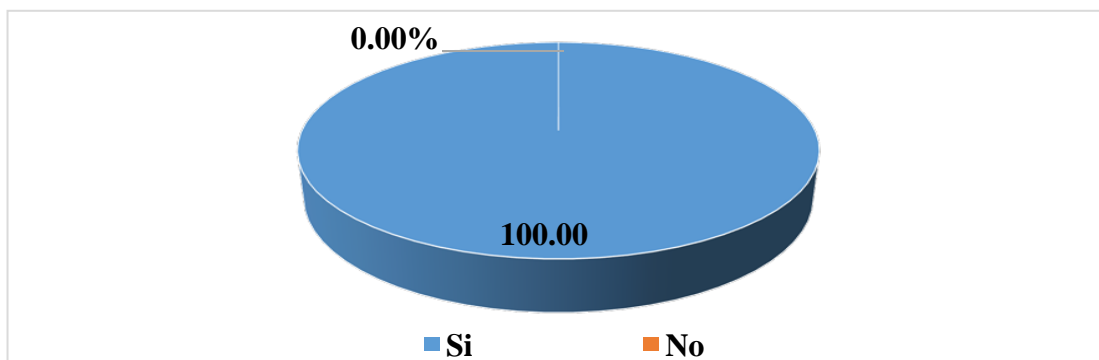


Gráfico 3. Análisis y método de diseño en el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en Manta.

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 100% de los encuestados consideran que el comportamiento y

seguridad estructural de puentes vehiculares en Manta si depende del análisis y métodos de diseño.

Tabla 4. Método empleado para verificar el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares.

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|-----------------|
| Por medio de análisis comparativos | 9 | 30,00 % |
| Realizando varios análisis de diseño | 7 | 23,33 % |
| Realizando y evaluando pruebas a los elementos estructurales en un tiempo determinado | 14 | 46,67 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

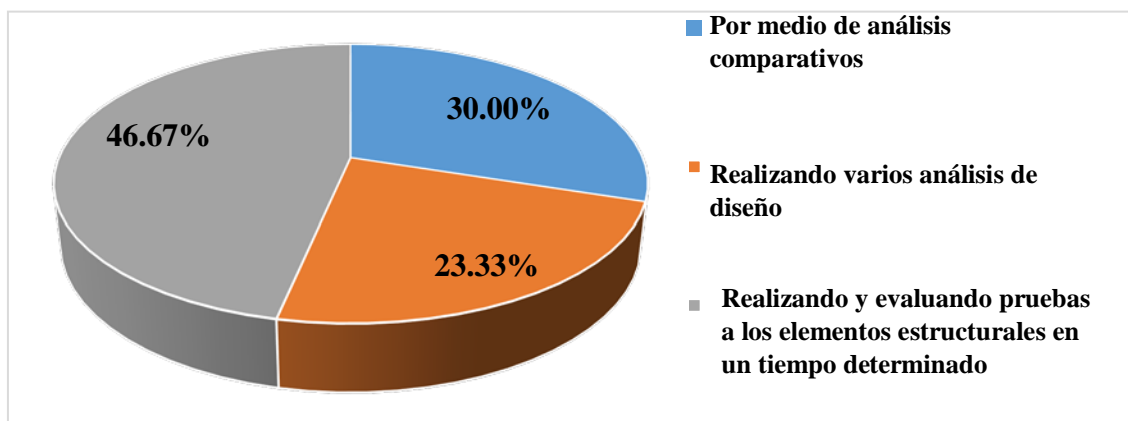


Gráfico 4. Método empleado para verificar el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares.

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 30% de los encuestados considera que el método empleado para verificar el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares es por medio de análisis comparativo; el 23,33% considera que debería de ser realizando varios análisis de diseño y el 46,67% considera que debería ser realizando y evaluando pruebas a los elementos estructurales en un tiempo determinado.

Tabla 5. Necesidad de realizar un proceso comparativo del diseño por factores de carga y resistencia, versus el diseño por esfuerzos permisibles.

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--|------------|-----------------|
| Es mejor trabajar con solamente con el Método LRFD | 4 | 13,33 % |
| Es mejor trabajar con solamente con el Método ESTÁNDAR | 0 | 0,00 % |
| Es mejor realizar la comparación de los dos métodos | 26 | 86,67 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

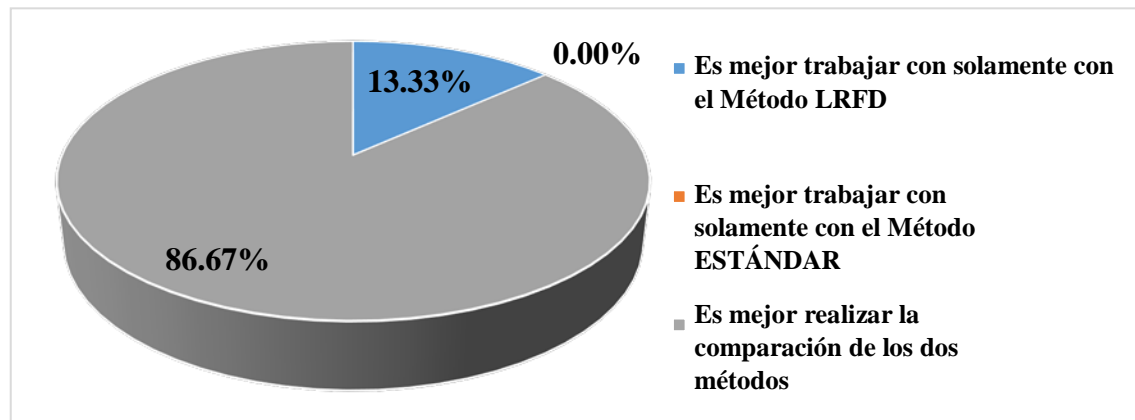


Gráfico 5. Necesidad de realizar un proceso comparativo del diseño por factores de carga y resistencia, versus el diseño por esfuerzos permisibles.

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 13,33% considera que es mejor aplicar directamente con el Método LRFD y el 86,67% considera que es mejor realizar una comparación de los métodos mencionados.

Tabla 6: El análisis comparativo como una solución para la seguridad y comportamiento de puentes vehiculares.

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|-----------------|
| Si es una solución | 30 | 100,00 % |
| No es una solución | 0 | 0,00 % |
| Hay que hacer una comparación con otros métodos de diseño | 0 | 0,00 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

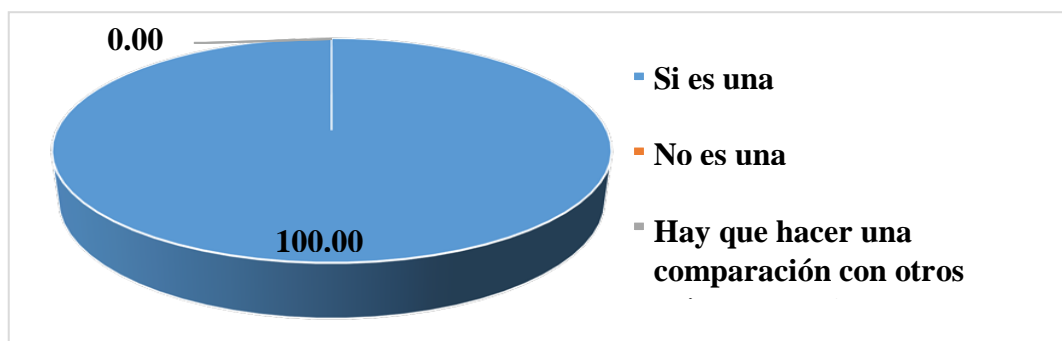


Gráfico 6: El análisis comparativo como una solución para la seguridad y comportamiento de puentes vehiculares.

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 100% de los encuestados consideran que el análisis comparativo entre los métodos de diseño estudiados puede ser determinado como una solución para la seguridad y comportamiento de puentes vehiculares.

Tabla 7. Participación en el diseño de un puente vehicular real y/o en la construcción del mismo.

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------------------------|------------|-----------------|
| Si he diseñado | 1 | 3,33 % |
| Solo he trabajado en su construcción | 29 | 96,67 % |
| Total | 30 | 100,00 % |

Fuente: Elaboración propia.

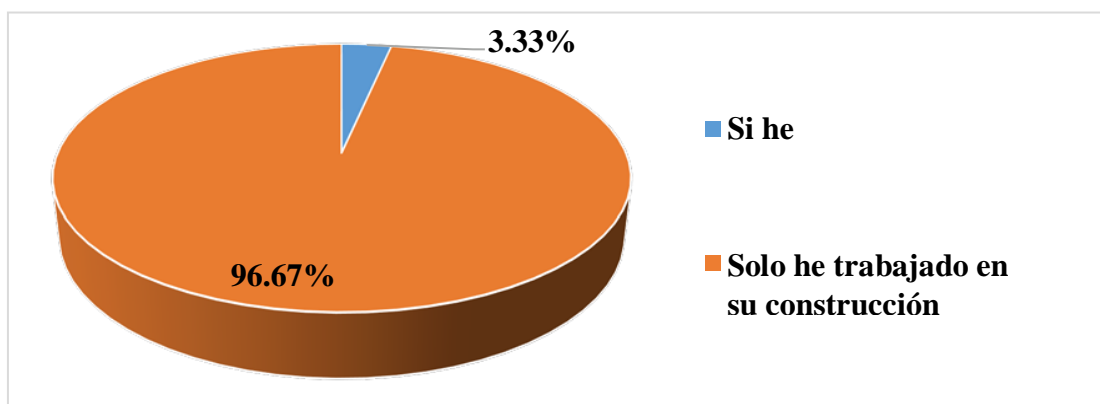


Gráfico 7. Participación en el diseño de un puente vehicular real y/o en la construcción del mismo.

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar que el 3,33% de los encuestados si ha generado diseños de puentes vehiculares, mientras que el 96,67% restante expreso no haber generado dichos diseños, pero si han trabajado en la construcción de los mismos.

Conclusiones

Los ingenieros investigados coincidieron en opinar que, si tienen conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares mediante el diseño por factores de carga y resistencia, solo en un 23,33% considero que no posee dicho conocimiento.

Existe conocimiento referente al análisis y diseño estructural de puentes vehiculares por medio del diseño por esfuerzos permisibles, entre los ingenieros de la ciudad de manta investigados, apenas el 23,33% expreso que no posee dicho conocimiento.

El total de los investigados coincidieron en opinar que el comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares en Manta si depende del análisis y métodos de diseño.

Del proceso de recolección de información aplicado mediante el desarrollo de las encuestas fue posible determinar, en la mayor población de los ingenieros investigados, que el método empleado para verificar el comportamiento y seguridad estructural de los puentes vehiculares

debe ser realizando y evaluando pruebas a los elementos estructurales en un tiempo determinado. En menor porcentaje, con el 30% opino que debería hacerse por medio de análisis comparativo y el 23,33% opino que a través de varios análisis de diseño.

Se pudo constatar mayor inclinación, entre las opiniones de los investigados, que es mejor realizar una comparación de los métodos LRFD y ESTANDAR y solo el 13,33% considera que es mejor aplicar directamente con el Método LRFD. Se determinó en el total de los investigados, que el análisis comparativo entre los métodos de diseño estudiados puede ser determinado como una solución para la seguridad y comportamiento de puentes vehiculares.

Fue posible detectar que solo el 3,33% de los encuestados conocían acerca de los diseños de puentes vehiculares, fortalecido por el grupo restante que expreso haber trabajado en la construcción de los mismos.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO. (1996). Standard Specifications for highway bridge. Washington: 16th Ed.
- AASHTO. (2004). Especificaciones para el diseño de puentes por el método LRFD. Washington: 3th. Ed.
- Escalante Cervera, V. (2014). Diseño de estructuras metálicas LRFD. Santo Domingo - República Dominicana: Editorial Independiente.
- FELIX, D. (2015). Diseño y análisis de la superestructura de un puente de hormigón. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte.
- Nilson, A. (2011). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá - Colombia: Graw Hill.
- Perales, A. (2013). Diseño automatizado de vigas metálicas para puentes carreteros. Chile: Universidad Austral de Chile.