

# SOLICITACIONES DE DISEÑO EN PUENTES CARRETEROS OBTENIDOS DE AFOROS VEHICULARES Y REGLAMENTOS DE DISEÑO

Núñez Diego, Agustín (1), Hernández Martínez, Alejandro (2)

1 Ingeniería Civil | Dirección de correo electrónico: agustin\_nunez93@yahoo.com.mx

2 Departamento de ingeniería civil, División de ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: alejandro.hernandez@ugto.mx

## Resumen

Las sobrecargas vehiculares provocan solicitaciones muy por encima de las generadas por los camiones de diseño actuales, causando fuertes daños a la infraestructura carretera (Puentes y Pavimentos). Este trabajo exploró los elementos mecánicos que generan: el tránsito real que circula en puentes vehiculares y aquellas generadas por vehículos de diseño reglamentarios que intentan representar de una mejor manera los efectos de la carga viva vehicular. Para este propósito se planteó realizar el análisis de una muestra de puentes de distintos claros, se obtienen los diagramas de elementos mecánicos y se comparan con los generados por una base de datos de vehículos que transitan por la red carretera. Con base en los análisis se concluye que la carga de diseño de la mayoría de los puentes está muy por debajo de las cargas máximas que circulan y muy por encima de cualquier reglamento poniendo a tope la capacidad de los elementos estructurales principales.

## Abstract

Nowadays vehicular overloads cause higher design actions than the current official vehicles included in design codes, causing extensive damage to road infrastructure (bridges, pavements). This paper explores the design actions generated due real traffic and those generated by design vehicles and that try to represent better the effects of live load on bridges. For this purpose, we have modeled different span bridges and computed the internal forces, in addition a comparison between this and a database of real traffic has been done. The obtained results indicate that design loads in most of bridges are far below the real load actions and well above of any design code, pushing the capacity of primary elements to limit.

## Palabras Clave

Puentes; Sobrecarga; Cargas vivas; Códigos de diseño; Aforos vehiculares

## INTRODUCCIÓN

### Motivación

Es casi seguro que toda red de transporte carretero requerirá de obras para salvar cruces, ya sean naturales o de origen humano. Tales obras son los puentes. Desde una perspectiva histórica, el puente carretero moderno nació durante la década de 1930, obteniendo su madurez durante las décadas de 1950 a 1970 con el uso de concreto presforzado, lo cual derivó en la época de oro de estas estructuras durante las décadas de 1980 y 1990 [1].

Debemos tomar en cuenta que la mayoría de los puentes que conforman nuestra infraestructura fueron construidos en una era donde el crecimiento de nuestras necesidades de transporte era más que una expansión una explosión, y por ende con necesidades muy diferentes a las actuales [1]. Uno de los cambios más palpables en la evolución de dichas necesidades es el desarrollo de la industria del transporte de mercancías, que ha aumentado significativamente en capacidad de carga de sus vehículos y en la flota o número de vehículos que la integran.

Sin embargo, la industria del transporte no es consciente ni responsable del daño que producen las sobrecargas sobre las estructuras de puentes y pavimentos [2].

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano del Transporte han realizado estudios de campo para medir los pesos y las dimensiones de los vehículos de autotransporte que circulan por las carreteras federales. De ahí, se ha encontrado que el 28.65% del total de los vehículos de carga circulan con sobrecarga, pero por tipo de vehículo, el 44.9% de los T3-S3 y el

50.1%<sup>1</sup> de los T3-S2-R4 son los que reportan mayores porcentajes de sobrecargados [3].

### Marco teórico

#### Generalidades

En México la SCT<sup>2</sup> define un puente como una estructura con longitud mayor a 6m, que se construye sobre corrientes o cuerpos de agua y cuyas dimensiones quedan definidas por razones hidráulicas. Siendo “Estructuras Similares” Viaductos, Pasos superiores vehiculares (PSV), Pasos inferiores vehiculares (PIV), Pasos peatonales, pasos para ferrocarril, puente canal y puente ducto.

- Puentes Isostáticos

Los puentes isostáticos son aquellos conformados por vigas simplemente apoyadas, cuyos tableros son estáticamente independientes uno del otro.

De acuerdo con [4] estos componen el 90% de los puentes en Guanajuato.

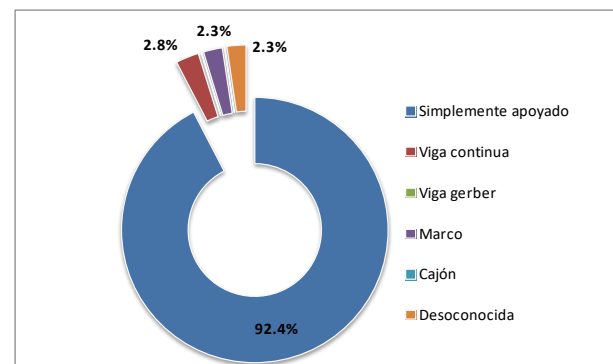


IMAGEN 1: Estructuración de puentes en Guanajuato  
Adaptación de [4]

<sup>1</sup> Cuando estos se encuentran cargados

<sup>2</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes

### Cargas vivas vehiculares

Este trabajo se centra en las cargas transitorias y en específico las cargas vivas vehiculares. De acuerdo con la SCT, las cargas transitorias o variables son las que tienen una variación importante durante la vida de la estructura, con una alta frecuencia de ocurrencia.

Dentro de la carga viva debida a vehículos podemos realizar la siguiente clasificación:

- Cargas reales: Cargas que realmente circulan por el puente, de magnitud y distribución muy variada.
- Cargas permisibles: Las máximas autorizadas para circular en la red vial.
- Cargas de diseño: Es la carga utilizada para el diseño estructural. Consiste en un sistema hipotético de cargas que trata de simular las condiciones más desfavorables que causan los vehículos reales.

### Objetivo

Identificar las solicitaciones generadas por carga viva de diseño y la real, obtenida mediante aforos de vehículos en movimiento realizando una comparación entre estas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cargas vivas usadas en México

A partir de 1980, la SCT definió como vehículos de diseño, aquellos con los mayores pesos dentro del parque vehicular, siendo las configuraciones T3-S3 y T3-S2-R4. La *imagen 2* muestra un esquema de dichos vehículos.

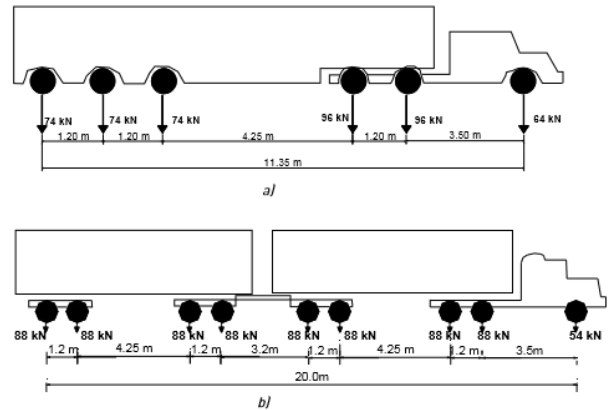


IMAGEN 2: Vehículos de diseño en México.

Para efectos de este trabajo se utilizaron las cargas vivas T3-S3 y T3-S2-R4, los vehículos de diseño de la AASTHO [5] utilizados hasta antes de 1980 y una base de datos de pesos y dimensiones, obtenidos de estaciones localizadas en la carretera MEX-090 Irapuato-Zapotlanejo, en su tramo Irapuato-La Piedad, perteneciente a la red federal libre del corredor No.3 Querétaro- Cd. Juárez [4] *imagen 3*.



IMAGEN 3: Estación de medición [4].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Solicitaciones de diseño

A continuación se muestran las solicitaciones generadas por los camiones de diseño usados en un gran porcentaje de los puentes ya construidos (H15-44, H20-44, T3-S3, T3-S2-R4).

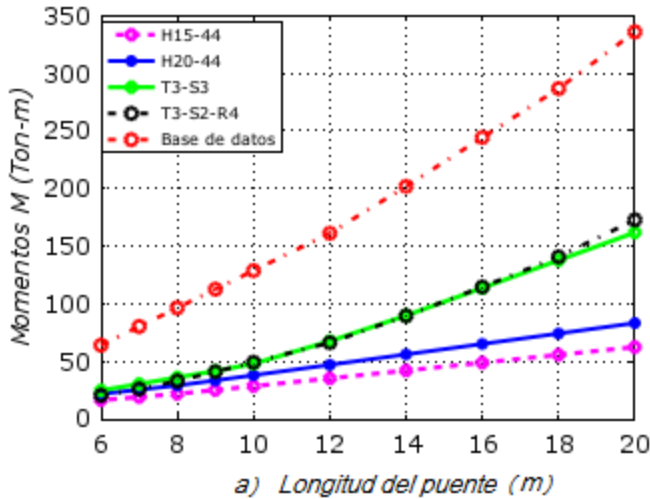


IMAGEN 4: Momentos máximos generados por camiones de diseño y base de datos..

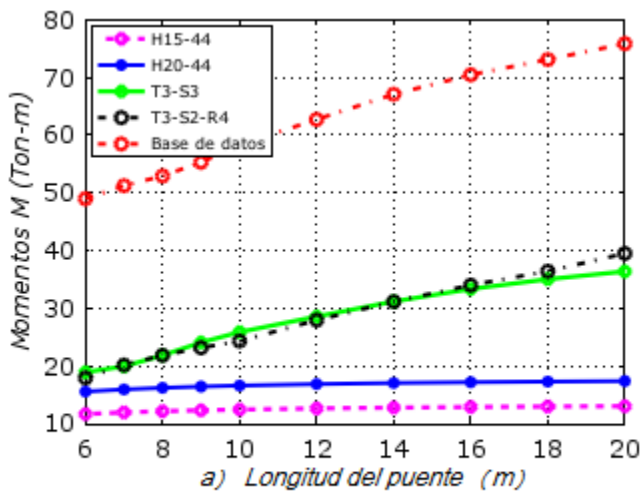


IMAGEN 5: Cortantes máximos generados por camiones de diseño y base de datos.

Las características de los puentes utilizados en este análisis corresponden a elementos

simplemente apoyados con claros de entre 6m a 20m; los cuales corresponden al 65.7% de los puentes del Estado de Guanajuato [4]. De acuerdo con [6] alrededor del 80% de las cargas de diseño corresponden al reglamento norteamericano AASTHO y las cargas HS-20, H20-44.

En el estado de Guanajuato el 54.2% de los puentes fueron diseñados con una carga desconocida, el 12.8% por la carga norteamericana HS-20 y el 12.3% por la carga nacional T3-S2-R4 [4].

De la *imagen 4* podemos observar como para un claro de 20 m el momento máximo se encuentra en 335 Ton-m, mientras el máximo de los camiones mexicanos apenas alcanza los 170 Ton-m, el hecho de que la mayoría de los puentes en el estado de Guanajuato y en México hayan sido diseñados con cargas americanas HS-20 y HS-15 o bien con cargas desconocidas sobre relevancia pues son mayores en un 400% (con respecto de los camiones americanos).

Caso similar ocurre con las fuerzas cortantes, para todos los claros analizados, los valores obtenidos con la base de datos superan por más del doble a las condiciones más críticas obtenidas con los camiones de diseño.

Para evaluar tal característica se propone calcular la relación entre los valores máximos obtenidos con la base de datos y las envolventes de diseño,  $M_{bd}/M_{dis}$  para momentos y  $V_{bd}/V_{dis}$  para cortante:

Se observó que los valores calculados se encuentran en un orden 2 a 2.7, lo cual indica que las cargas reales son excesivamente altas, incluso considerando un factor de carga. Así mismo de la *imagen 6* en ambos incisos se puede notar como esta relación no es constante, dato que en futuros trabajos puede tomar relevancia pues revelan algunos indicios respecto a que el factor de carga viva podría variar de acuerdo al largo del puente.

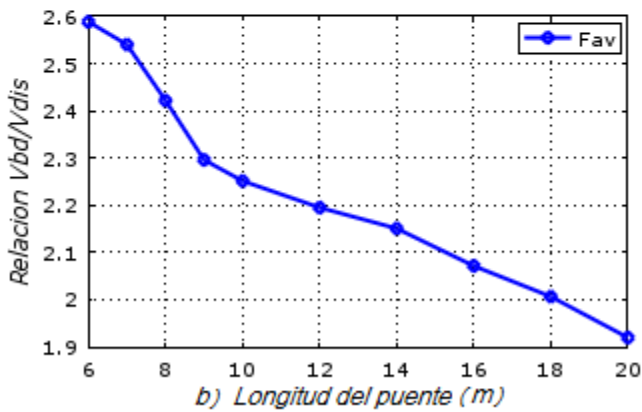
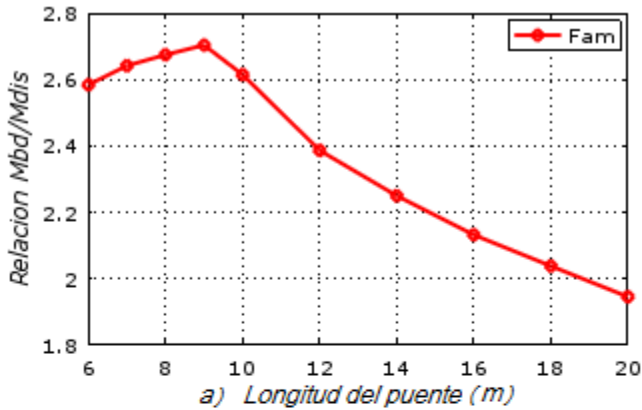


IMAGEN 6: a) Relación  $M_{bd}/M_{dis}$  b) Relación  $V_{bd}/V_{dis}$

El resultado anterior derivó determinar si a lo largo de un mismo puente las relaciones  $M_{bd}/M_{dis}$  y  $V_{bd}/V_{dis}$  podrían variar, obteniendo interesantes resultados. En la imagen 7 se muestra un ejemplo correspondiente a un claro de 10m simplemente apoyado.

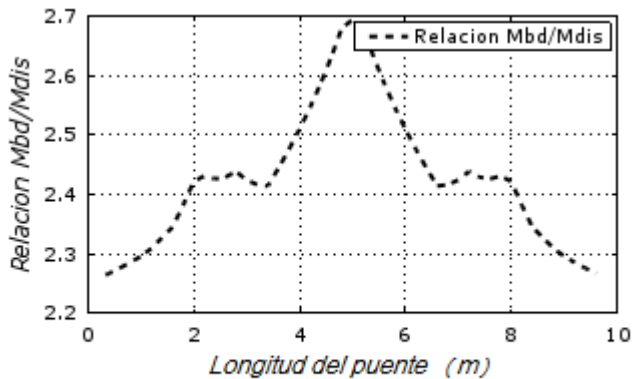


IMAGEN 7: Variación de  $M_{bd}/M_{dis}$  a lo largo de un puente  $L=10m$

en aumento, con mayores pesos y mayores ciclos de carga para las estructuras.

## CONCLUSIONES

Se encontró que realmente existe un problema de sobrecarga en las estructuras de puentes que sin duda merma las condiciones de la infraestructura actual. Así mismo se determinó para futuros trabajos que los factores de diseño particularmente para carga viva podrían depender de la longitud del claro del mismo e incluso variar a lo largo de este.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Hernández Martínez por la asesoría y a CONACyT por el apoyo para este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Barker M, R, Puckett, J. (2013). Design of Highway Bridges: An LRFD Approach (3rd ed.) Virginia: Wiley's.
- [2] Hernández, I E, "Normativa Nacional de cargas vivas en puentes" XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, SMIE, (2010)
- [3] Mendoza, A y Gutiérrez, J L, (2003) "Estudio Estadístico del campo del autotransporte nacional: Análisis Estadístico de la información recopilada en las instalaciones en 2002, Publicación técnica No.31", Instituto Mexicano del transporte, IMT
- [4] Vizguerra, R A, (2015) "Desarrollo De Un Modelo De Cargas Vivas Para El Diseño De Puentes En El Estado De Guanajuato Mediante Análisis Probabilista De Valores Extremos Y Considerando Presencia Múltiple", Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
- [5] AASHTO (2012). "LRFD bridge design specification". American Association of State Transportation Officials, Section 3.6: Live loads , 6th Ed., Washington, DC
- [6] Crespo, S, L E, Rodríguez, N, D, Carrion, V, F, Quintana, R, J A (2014). "Análisis de los efectos longitudinales y transversales en puentes debidos a cargas vivas vehiculares" "Publicación técnica No. 398, IMT.