



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

cpc@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión
Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Fernández-Ochoa, Eddy; Candebat-Sánchez, Darío; Vázquez-Ballester, Yanet
OBTENCIÓN DE UN MODELO DE CARGAS VIVAS A PARTIR DE ACCIONES REALES
DE VEHÍCULOS SOBRE PUENTE DEL RÍO MAYARÍ, HOLGUÍN
Ciencia en su PC, núm. 1, enero-marzo, 2017, pp. 1-14
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181351125001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

OBTENCIÓN DE UN MODELO DE CARGAS VIVAS A PARTIR DE ACCIONES REALES DE VEHÍCULOS SOBRE PUENTE DEL RÍO MAYARÍ, HOLGUÍN

NEW MODEL OF LIVE LOADS OBTAINED FROM THE REAL ACTIONS OF THE VEHICLES ON THE BRIDGE OVER MAYARÍ RIVER, HOLGUÍN

Autores:

Eddy Fernández-Ochoa, efochoa@uho.edu.cu¹

Darío Candebat-Sánchez, dario@cenais.cu. Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais). Santiago de Cuba, Cuba.

Yanet Vázquez-Ballester, yvazquezb@uho.edu.cu¹

¹Universidad Oscar Lucero Moya. Holguín, Cuba.

RESUMEN

Los puentes son estructuras de gran importancia y sus fallos traen consigo grandes pérdidas económicas y también daños al medioambiente, tanto por el gran volumen de escombros generados, como por las afectaciones debido a las labores de reconstrucción. Parte de los deterioros de estas estructuras es consecuencia del aumento del peso vehicular o carga viva que circula sobre ellas. El objetivo del presente trabajo fue obtener un modelo de cargas vivas que represente las acciones reales de los vehículos sobre los puentes de carreteras. Para ello se partió de los resultados de monitoreos de tráfico en la carretera Holguín–Moa y de la extrapolación de sus efectos para un período de 50 años de vida útil. Se obtuvo un modelo de carga viva que se ajusta a las condiciones reales, puesto que los establecidos en la NC 733:2009 son de origen foráneo y no se ajustan a la realidad cubana.

Palabras clave: puentes de carreteras, modelos de cargas vivas, peso vehicular.

ABSTRACT

Bridges are structures of vital importance and their failures bring large economic losses and also damages to the environment due to the high volume of debris that are produced as well as the affectations product to the works of reconstruction. Part of the deteriorations in these structures is produced by the increase of the vehicular weight or live load that transit across them. The objective of the present work was to obtain a model of live loads that represents the real actions of the vehicles on the highway bridges. Results from vehicular surveying on Holguín–Moa highway were employed in this report. Through extrapolating his effects for a period of 50 years of service life, a model of live load that fits to the actual conditions was obtained, inasmuch as the ones established in the NC 733:2009 are of foreign origin and they do not fit up to the Cuban reality.

Key words: highway bridges, live load models, vehicular weight.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los ingenieros han sido testigos del fallo de múltiples puentes debido a peligros tanto naturales como inducidos por el hombre. Dentro de ellos cabe mencionar los colapsos de puentes como consecuencia de los huracanes (incluyendo las fuerzas hidrodinámicas producto de las intensas lluvias que pueden ocasionar), los sismos y las sobrecargas provenientes de los vehículos que circulan sobre estos. Las estadísticas demuestran que estos peligros, también vistos o considerados como eventos extremos, están dentro de las causas principales del deterioro y colapso de estas estructuras.

Existen varias razones para una mayor precisión en cuanto a la cuantificación y valoración de las cargas en los puentes que en otros tipos de estructuras. Dentro de ellas se pueden mencionar:

- Los puentes constituyen inversiones importantes de fondos públicos y requieren un gran nivel de seguridad.
- La resistencia estática o a la fatiga es, con más frecuencia, la condición de diseño predominante.
- La estructura primaria constituye una proporción mucho más alta (generalmente > 80 %) de la inversión total que en el caso, por ejemplo, de un edificio comercial de varios pisos (frecuentemente < 20 %) (ITEA).
- Deben conservar su utilidad una vez finalizado un episodio sísmico.

A lo anterior se suma que el colapso de estas estructuras ocasiona perjuicios, no siempre de fácil cuantificación, tales como: económicos, por la afectación a la infraestructura de la localidad donde está enclavada; sociales, relacionados con posibles pérdidas de vidas humanas y con el hecho de que la sociedad no espera el fallo de tales estructuras; finalmente, daños al medioambiente como consecuencia de la generación de un gran volumen de escombros. Con este último va aparejado el impacto que ocasionan las construcciones auxiliares necesarias para la reconstrucción del puente afectado, además del empleo de más materiales de construcción con la consiguiente emisión de polvo.

Uno de los agentes causantes del deterioro de los puentes es el aumento del peso vehicular que transita sobre los mismos y cuyas configuraciones ya distan

bastante de las consideradas en el proceso de diseño de estas estructuras. La acción de tales cargas se representa a través de modelos conocidos como cargas verticales móviles o, simplemente, cargas vivas; que deben representar, con un adecuado grado de seguridad, los efectos reales que el tráfico vehicular ocasiona sobre estas estructuras. Para garantizar lo antes dicho, estos modelos de cargas vivas deben estar fundamentados por conteos vehiculares.

En Cuba, actualmente el diseño y revisión de los puentes de autopistas, carreteras y urbanos se debe realizar según la NC 733:2009 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización), la cual establece como modelos de cargas vivas el MS-32, importado del código AASHTO (2005), y el vehículo NK-80. El hecho de que este código haya importado un modelo foráneo para la representación de las acciones de los vehículos sobre los puentes puede comprometer la seguridad de las obras ingenieriles que se construyan y la correcta evaluación de los ya construidos. Por lo antes expresado, el objetivo del presente trabajo fue obtener un modelo de carga vertical móvil, que represente los efectos de los vehículos que circulan en las carreteras de la provincia de Holguín.

METODOLOGÍA

En general, los modelos de cargas verticales móviles (MCVM) se obtienen a partir de la simulación del tráfico real y el posterior procesamiento estadístico, en el cual se extrapolan los resultados obtenidos para diferentes períodos de retornos –que pueden coincidir con el tiempo de vida de las estructuras– y a través de un proceso de ingeniería inversa se obtiene el modelo buscado. Para tramos pequeños usualmente se emplean modelos de cargas compuestos por fuerzas puntuales, mientras que para tramos largos se prefieren modelos conformados por fuerzas distribuidas, que pueden contener o no fuerzas concentradas, y que tienen como objetivo simular convoyes de vehículos. El proceso seguido para la obtención del MCVM consta de los siguientes pasos:

1. Selección del prototipo de puente
2. Simulación del tráfico real
3. Extrapolación de los efectos producidos por los vehículos seleccionados
4. Obtención del MCVM

RESULTADOS

A la hora de desarrollar los modelos de cargas verticales móviles se debe partir de clasificar el transporte automotor en grupos de vehículos que presenten características comunes. La NC 334: 2004 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización) los denomina siluetas, según el método indirecto para la determinación de las cargas del tránsito. Dentro de estas características priman las dimensiones del vehículo, separación entre ejes y tipos de eje.

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como partida la clasificación de los vehículos brindada por León (2009) –la cual parte de la clasificación recogida en la NC 334: 2004 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización) – y que contempla 14 siluetas.

Las dimensiones y los pesos de estos vehículos normalmente son de carácter estocástico; aunque sus valores están claramente determinados en los manuales técnicos estos están dispersos y son de difícil acceso, por lo que no se tiene un conocimiento preciso acerca de su distribución. Por lo tanto, en el presente trabajo se adoptaron tres posibles estados de cargas de los vehículos seleccionados, estos son:

- Lleno (L): cuando los vehículos transitan a su máxima capacidad de carga
- Vacío (V): cuando transitan sin carga alguna
- Medio (M): en caso que no se cumpla ninguno de los estados anteriores

Se adoptan estos tres estados de cargas por motivos de falta de tecnologías, como el Pesaje en Movimiento (WIM por sus siglas en inglés), que permite obtener el peso real de los vehículos cuando estos transitan por las redes viales.

Los valores de cada estado de carga fueron propuestos por Villalón (2011) y en cuanto a las dimensiones de los vehículos se adoptaron los resultados obtenidos por Almaguer (2011).

Selección del prototipo de puente para la obtención del MCVM

El prototipo de puente seleccionado como representativo del vial Holguín-Moa, en el que el tráfico vehicular puede causar los mayores efectos en los elementos componentes, fue el puente sobre el río Mayarí, debido a que es el de luces más

grandes y pilas de mayor altura, además de ser el segundo puente más largo de esta carretera.

El mismo tiene una longitud de 170 m, con cuatro luces de 30 m y las dos extremas de 25 m. La superestructura es de 11,84 m de ancho, conformada por 10 vigas prefabricadas y tablero de 0,15 m de espesor. Las pilas están compuestas por dos columnas de 0,40 x 0,90 m y 11,5 m de altura.



Fig. 1: Puente sobre el río Mayarí

Simulación del tráfico real

Para simular el tráfico se debe contar con las características del mismo obtenidas a partir de un conteo vehicular. Este conteo vehicular fue desarrollado por Villalón (2011) en un lapso de 21 días en la carretera Holguín–Moa. Como resultado del mismo se registraron 25 008 vehículos. Despreciando los vehículos ligeros, se obtuvo una cantidad de camiones de 14 803 para un 54,73 %.

De esta cantidad de vehículos solo fueron seleccionados aquellos cuyo peso fue mayor o igual al 75 % del peso del vehículo de diseño MS-32, según propone Rossigali (2006). Esto permitió reducir la base de datos a 1787 vehículos, agrupados en 13 grupos, cuyo histograma de frecuencia se muestra en la fig. 2.

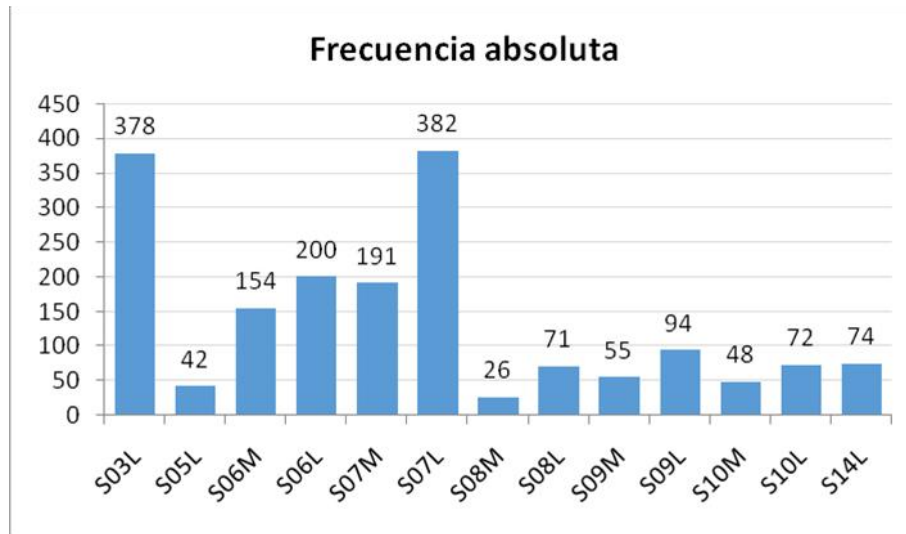


Fig. 2 Histograma de frecuencia de los vehículos observados en el conteo vehicular. Fuente: elaborado a partir de Villalón (2011).

La situación crítica para el análisis de la seguridad de estas obras de ingeniería puede ser la resultante del paso de un único camión o de la presencia simultánea de dos o más vehículos, según plantea Sivakumar and Ghosn (2008).

En la primera hipótesis se admite que la presencia de apenas un camión sobre el puente puede ser crítica para el cálculo de los momentos flectores debido al tráfico real.

Una vez definido en el modelo computacional los 13 vehículos seleccionados anteriormente, se simuló independientemente la acción de cada uno de ellos sobre el puente a través de la técnica de superficie de respuesta, mediante la cual el *software* empleado, CSiBridge 2014, determina las envolventes de cada una de las solicitaciones.

Tabla 1. Resultados de la simulación

Silueta	Peso [kN]	Conteo	Razón [%]	Frecuencia	Solicitaciones totales			
					Vy [kN]	T [kNm]	M2[kN m]	M3[kN m]
S06M	257.8	154	79.08	8.62	212.76	379.14	175.01	1426.71
S07M	290.6	191	89.14	10.69	232.54	414.49	194.61	1585.82
S08M	271.25	26	83.21	1.45	248.04	440.27	193.71	1727.33
S05L	293	42	89.88	2.35	248.06	447.06	205.62	1728.33
S09M	320	55	98.16	3.08	270.00	480.70	214.50	1753.24
S10M	389	48	119.33	2.69	307.22	531.46	238.13	1875.98
S03L	301.7	378	92.55	21.15	283.34	498.85	214.59	2014.27
S06L	399.6	200	122.58	11.19	336.93	600.20	272.74	2197.23
S14L	300	74	92.02	4.14	321.57	583.27	289.63	2277.81
S07L	433.2	382	132.88	21.38	361.90	644.88	298.11	2409.09
S08L	392.5	71	120.40	3.97	358.92	637.08	280.30	2499.45
S09L	465	94	142.64	5.26	392.35	698.52	311.70	2547.67
S10L	603	72	184.97	4.03	476.23	823.82	369.14	2908.02
MS-32	360	-	-	-	285.49	514.13	230.99	1975.82
Carga sustitutiva	-	-	-	-	255.9	471.4	606.72	1609.6
NK-80	800	-	-	-	728.58	1179.92	519.29	5313.74
Total	-	1787	-	100.0	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia

En la tabla 1 se muestran los resultados del proceso de simulación en el cual se corrieron los vehículos antes mencionados, aparte de los modelos establecidos en la NC 733: 2009 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización).

Como resultado del proceso de simulación, con respecto al MS-32 o camión de diseño, se obtiene que aproximadamente el 50 % de las siluetas seleccionadas producen:

- Momentos flectores longitudinales superiores entre un 11 y 47 %
- Momentos flectores transversales superiores entre un 18 y 60 %
- Momentos torsores superiores entre un 17 y 60 %
- Fuerzas cortantes superiores entre un 18 y 67 %

En cuanto a la carga sustitutiva o carga carril se obtiene que:

- El 73,8 % de las siluetas seleccionadas produce momentos flectores longitudinales superiores a este modelo entre un 17 y 81 %.
- Es extremadamente conservador en relación con los momentos flectores transversales, pues supera en un 39 % el máximo valor producido por las siluetas.
- El 52,66 % de las siluetas seleccionadas produce momentos torsores superiores a este modelo entre un 13 y 75 %.
- El 73,8 % de las siluetas seleccionadas produce esfuerzos cortantes superiores a este modelo entre un 11 y 86 %.

De acuerdo con estos resultados, se puede observar que los modelos normados no brindan una seguridad adecuada y que, al menos, para luces de hasta 30 m, el MS-32 ofrece mejores resultados en comparación con el modelo de cargas distribuidas.

Sin embargo, en el caso del vehículo NK-80, este genera solicitaciones que exceden a las producidas por los vehículos seleccionados:

- En cuanto a las fuerzas cortantes, entre un 35 y 71 %
- En relación con los momentos torsores, entre un 30 y 68 %
- Con respecto a los momentos flectores transversales, entre un 29 y 66 %
- En cuanto a los momentos flectores longitudinales, entre un 45 y 73 %

Presencia simultánea de dos o más camiones

En relación con la presencia de dos o más camiones, esta suposición plantea que la presencia de varios camiones, suficientemente cercanos uno del otro sobre un mismo puente, conduce a la situación crítica de diseño, a pesar de la baja probabilidad de ocurrencia.

Para la simulación de la ocurrencia de múltiples vehículos sobre el puente se generaron 130 secuencias de tráfico mediante el empleo del *software* SStop, versión 1.0, que conforma cada secuencia de forma aleatoria a partir de la información introducida e histogramas de frecuencia. Posteriormente, estas secuencias fueron exportadas al CSiBridge 2014, en el cual se determinaron las envolventes de las solicitaciones.

Las 130 secuencias arrojaron momentos flectores longitudinales y fuerzas cortantes, según se muestra en los siguientes histogramas de frecuencia.

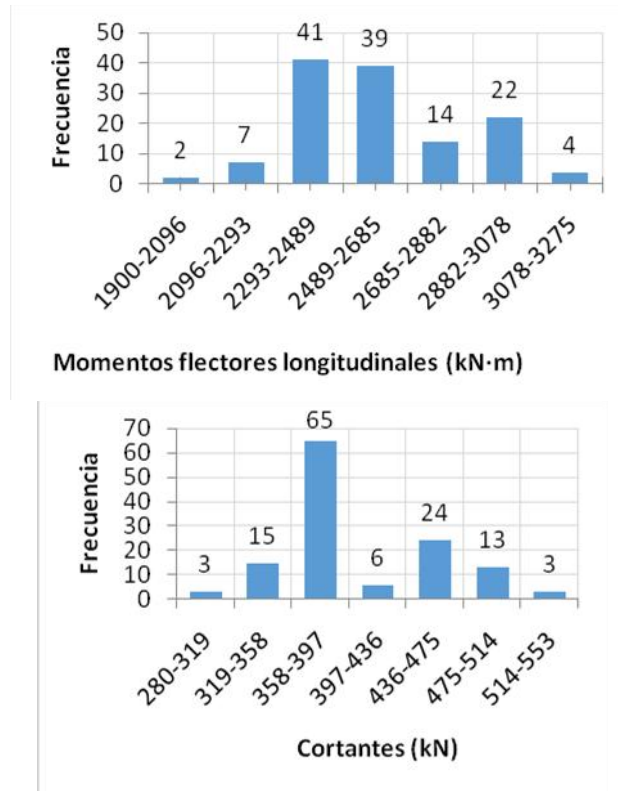


Fig.3 Histograma de frecuencia de los momentos flectores producidos por las secuencias. Fuente: elaboración propia.

Extrapolación de los efectos producidos por los vehículos seleccionados

Para la confección de un modelo de cargas verticales móviles se debe partir de la determinación de un valor representativo de las solicitaciones obtenidas. Es muy común seleccionar el valor promedio de un conjunto de datos, pero como el punto medio es una medida de tendencia central, esta asunción puede conducir a grandes errores si los datos no siguen una distribución simétrica. Por otro lado, si la cantidad de observaciones es grande y si se puede determinar una distribución estadística que sea capaz de modelar los datos observados, es preferible seleccionar un valor que tenga una probabilidad pequeña de no ser excedido.

Durante el análisis estadístico de las solicitaciones obtenidas, considerando la presencia de un único vehículo sobre el puente, se pudo advertir que estos valores no seguían una distribución estadística conocida, coincidiendo con lo expresado

por Rossigali (2006), quien plantea que esto no siempre es posible. No obstante, de acuerdo con la comparación entre diferentes distribuciones de probabilidad, se asume que los datos siguen una distribución Weibull, con un factor de forma de 6.2555 y uno de escala de 2252.07.

Teniendo presente esta distribución, el valor del momento crítico de no excedencia (M_c), para una probabilidad de un 95 %, contemplando un único vehículo sobre el puente, es 2683.83 kN·m. Tomando este valor como referencia de comparación con respecto al caso de múltiples vehículos sobre el puente, se pudo apreciar que solo el 30.76 % de las secuencias exceden al valor crítico, para un 95 % de no excedencia de los momentos ocasionados por los vehículos por separados.

Obtenido este valor, se realiza la extrapolación por el inverso del período de retorno, teniendo presente la vida útil del puente, según se muestra en la Fig. 4. En la misma, en el eje de las abscisas se representa la relación entre los momentos originados por los vehículos seleccionados y el ocasionado por el MS-32, mientras que en el eje de las ordenadas se representa la distribución inversa acumulada Weibull. La extrapolación se realiza mediante la prolongación de la cola hasta que corte las rectas que representan los períodos de retorno. Dicha prolongación se efectuó a través de una ecuación polinómica de grado 3, con un coeficiente de correlación R^2 de 0.981, y obviando el último punto de la cola; pues, de considerarse, se obtendrían valores que representarían un aumento excesivo del peso de los vehículos. Estos irían más allá de su capacidad de carga real de los vehículos.

Considerando una vida útil de los puentes de 50 años, la razón entre momentos es de 1.58, lo que significa que el momento que ocasionará el tráfico excederá en un 58 % al que ocasiona el MS-32, con un valor del momento extrapolado (M_s) de 3122 kN·m. En la misma fig. 4 también se puede observar que para períodos de retorno mayores que 50 años la variabilidad de la cola es significativa.

En cuanto a la simulación de múltiples vehículos sobre el puente, se pudo apreciar que los valores de los momentos flectores seguían, con un mejor ajuste, una distribución log-logística con mediana igual a 2550,2 y parámetro de forma 0,0552794.

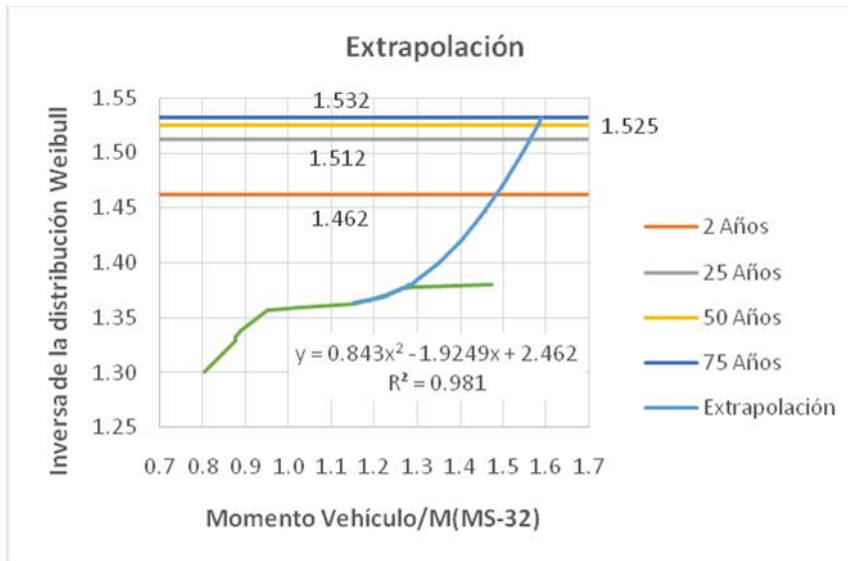


Fig. 4. Extrapolación por el inverso del período de retorno. Fuente: elaboración propia.

Teniendo presente esta distribución, el valor de momento crítico de no excedencia (M_{cm}), para una probabilidad de un 95 %, para el caso de múltiples vehículos, es 3001 kN·m.

El momento extrapolado, en el caso de múltiples vehículos sobre un puente, vendría dado por la siguiente expresión:

$$M_{m\epsilon} = c_{\epsilon} \cdot M_{cm}, \quad (1)$$

$$c_{\epsilon} = \frac{M_{\epsilon}}{M_c} \quad (2)$$

Donde:

$M_{m\epsilon}$: Momento extrapolado con múltiples vehículos

c_{ϵ} : Coeficiente de extrapolación

M_{ϵ} : Momento extrapolado, considerado la acción de los vehículos por independiente

M_c : Momento crítico para un 95 % de no excedencia para vehículos independientes

M_{mc} : Momento crítico para un 95 % de no excedencia para múltiples vehículos

De acuerdo con la ecuación 1:

$$M_{m\epsilon} = \frac{M_{\epsilon}}{M_c} \cdot M_{cm} = \frac{3122}{2683.83} \cdot 3001 = 3491 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$c_s = \frac{M_e}{M_c} = 1.1633$$

El momento extrapolado, considerando la presencia de varios vehículos, es 3491 kN·m, por lo que el modelo a desarrollar debe responder a esta solicitud.

Obtención del MCVM

Para el diseño de la propuesta del MCVM se consideró que el mismo estaría conformado por una carga carril más una carga tándem, compuesta por dos ejes espaciados a 1,2 m y de ancho 1,8 m.

La carga carril se obtuvo a partir de la razón entre el peso promedio de cada secuencia entre la separación promedio de los vehículos que la componían. Esta razón sigue una distribución normal, con media 6,57334 y desviación estándar 1,33981. Para un 95 % de confiabilidad de no excedencia, el valor de la carga carril es 8,78 kN·m. El peso de cada eje que conforma el tándem será 149 kN.

Tabla 2. Comparación entre los modelos analizados y las secuencias de tráfico

		M3 [kN·m]	M2 [kN·m]	M _T [kN·m]	Cortante [kN]
	Secuencias	3001	693.8	806.5	514.1
VH-16	Solicitaciones	3007.32	694.61	752.72	416.81
	Diferencia	6.32	0.81	-53.78	-97.29
	Ajuste (%)	100.21	100.12	93.33	81.08
MS-32	Solicitaciones	1975.82	230.99	514.13	285.49
	Diferencia	-1025.22	-462.74	-292.22	-228.59
	Ajuste (%)	65.84	33.29	63.75	55.53
Carga sustitutiva	Solicitaciones	1609.60	606.72	471.40	220.72
	Diferencia	-1391.44	-87.02	-334.95	-293.36
	Ajuste (%)	53.64	87.45	58.45	42.93

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se realiza una comparación entre las solicitudes que produce el modelo propuesto VH-16, las solicitudes de la simulación, considerando el paso de varios vehículos para un 95 % de no excedencia, y los que ocasionan los vehículos normados.

En aras de considerar el aumento de las solicitaciones para un período de retorno de 50 años, el modelo propuesto VH-16 se afecta por el coeficiente de extrapolación antes calculado ($C_s = 1,1633$), por lo que el valor de la carga carril será 10,2 kN/m y el valor de las cargas del eje tándem 173 kN.

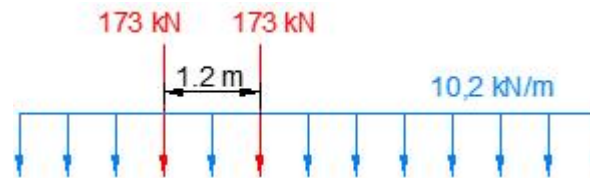


Fig. 5. Modelo de carga vertical móvil propuesto para 50 años de período de retorno. Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Los vehículos normados, MS-32 y carga sustitutiva, importados de la AASHTO (2005), generan solicitaciones muy por debajo de las que generan los vehículos pesados que circulan por la carretera Holguín-Moa.
2. El empleo de los modelos MS-32 y carga sustitutiva para el diseño o revisión de puentes de carreteras puede comprometer la seguridad estructural de estas estructuras, al subestimar las solicitaciones que producen los vehículos que transitan por la carretera Holguín-Moa.
3. El MCVM propuesto (VH-16) ocasiona solicitaciones que están de acuerdo con las producidas por los vehículos que circulan por la carretera Holguín-Moa.
4. El empleo del modelo NK-80 para el diseño o revisión de puentes de hasta dos carriles, con luces de entre 25 y 30 metros, sería extremadamente conservador debido al gran peso del mismo y a la poca distancia existente entre sus ejes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (2005). *Standard Specification for Highway Bridges* (17th edition). EEUU: author.

Almaguer González, J. (2011). *Contribuciones a la caracterización geométrica y estimación simplificada del estado de carga por siluetas del parque vehicular existente en*

Holguín (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Civil). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2004). *NC 334: 2004 Carreteras—Pavimentos Flexibles— Método de Cálculo*. La Habana, Cuba.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2009). *NC-733:2009 Carreteras- Puentes y Alcantarillas- Requisitos de Diseño y Método de Cálculo*. La Habana, Cuba.

Instituto Técnico de la Estructura en Acero [ITEA]. *Manual de estructuras metálicas* (Tomo 18).

León Sardiñas, A. (2009). *Método para el cálculo de pavimento rígido* (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Civil). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.

Rossigali, C. (2006). *Estudos probabilísticos para modelos de cargas móveis em pontes rodoviárias no Brasil* [Dissertação submetida a o corpo docente da coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da universidade federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em ciencias em Engenharia Civil]. Brasil.

Sivakumar, B. and Ghosn, M. (2011). *Recalibration of LRFR Live Load Factors in the AASHTO Manual for Bridge Evaluation*. NCHRP 20-07 Task 285. New York, May.

Villalón Caballero, L. (2011). *Estudio tipológico del parque vehicular existente en Holguín, monitoreo y análisis del comportamiento del tráfico en la carretera Holguín-Moa* (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Civil). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.

Recibido: junio de 2016

Aprobado: diciembre de 2016