

FACTIBILIDAD DE RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO EN CARRETERAS

Roberto Magallanes Negrete

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.

Las rampas de emergencia para frenado son elementos de una carretera diseñados para detener a los vehículos que han perdido la capacidad de pararse se por fallas en sus sistemas de frenos y evitar la ocurrencia de accidentes graves. En este documento se analiza la factibilidad técnica, financiera y económica de la construcción de estas rampas.

La factibilidad técnica de una rampa de emergencia está implícita en el capítulo 5 del anteproyecto de norma APROY-NOM-036-SCT2-2015 que establece los dos requisitos, no necesariamente excluyentes, para construir la rampa: el primero es que el vehículo sin frenos alcance velocidades mayores de 140 km/h y el segundo es la ocurrencia anual de al menos un accidente fatal. Como se establece después, este último requisito se considera en el análisis de factibilidad económica.

La factibilidad financiera se da cuando el costo de la rampa es menor que los ingresos asociados a su eventual uso. Tales ingresos podrían asimilarse a una prima de seguridad pagada por el estado con recursos fiscales. Por ello, se asume que la rampa es financieramente factible si es factible desde el punto de vista económico.

La factibilidad económica se da cuando los recursos invertidos en la construcción, operación y conservación de la rampa son inferiores a los beneficios asociados con su existencia, constituidos por la no ocurrencia del accidente fatal anual establecido como requisito para que la rampa se justifique técnicamente. Para fines del análisis, los costos y los beneficios se cuantifican en las mismas unidades monetarias y se refieren al mismo horizonte de tiempo, utilizando las reglas del interés compuesto con las tasas aplicables. Los indicadores más comunes, producto del análisis económico, son la relación beneficio-costos (B/C), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). La selección del indicador pertinente depende del contexto en que se use.

Definición y uso de las tasas aplicables

Para el análisis de factibilidad económica se usan básicamente dos tasas y sus variantes: la tasa de interés y la de actualización; la misma definición de estas tasas condiciona su empleo correcto.

Tasa de interés. Es el costo del dinero, expresado como fracción o porcentaje del monto inicial, en un período determinado. Hay diversas maneras para determinarla, según el contexto en que se aplique. Por ejemplo, la *Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio* (TIIE), cuyo valor objetivo es del 3%, parece adecuada para análisis financieros. Para análisis económicos, la SHCP sugiere utilizar como deflactor la variación del PIB. Por ejemplo, esa cifra, a precios constantes de 2005, fue de 1'067,916 millones de pesos para 2014 y de 953,068 millones para 2010, lo que da una tasa de interés media anual de 2.89% para ese período; la cual es consistente con la variación del PIB en los últimos cuatro sexenios (3.91%, 3.39%, 2.03% y 2.04%). Cuando la tasa de interés se expresa como porcentaje o fracción del monto al final del período, se le denomina **tasa de descuento** (d) y se determina a partir de la tasa de interés (i) mediante la expresión: $d=i/(1+i)$. De esta manera si la tasa de interés es $i=0.0289$, su correspondiente tasa de descuento es $d=0.0298$.

Tasa de actualización. Es la cantidad de dinero, expresado en fracción o porcentaje, que representa el sacrificio del consumo actual para obtener un beneficio futuro. Por su definición esta tasa se aplica a los beneficios que, aunque se cuantifican en términos monetarios, representan intangibles asociados al bienestar social, como el valor

de la vida, la salud y el patrimonio familiar. Por ello, la relacionan con la **tasa social de descuento**, cuyo valor es recomendado por organismos multinacionales y cada país la adopta en función de sus planes de desarrollo. En México era 0.12; pero a partir del año 2014 la SHCP estableció su valor en $t= 0.10$.

Determinación del costo de la rampa de emergencia

El costo de una rampa de emergencia para frenado está constituido por los costos de construcción, de operación y de conservación. El costo de construcción incluye el costo de los materiales, maquinaria, mano de obra, señalamiento y equipo necesario para su construcción. El costo de operación incluye el personal y equipo necesario para el retiro eventual de los vehículos que usan la rampa, así como para el monitoreo de la operación. Finalmente el costo de mantenimiento incluye el costo de todas las operaciones requeridas para la correcta operación de la rampa, como reposición del señalamiento, limpieza, cribado y nivelación del material de la cama de frenado, conservación del camino de servicio, limpieza de terraplenes, entre otros.

El costo de construcción se eroga al principio del plazo de análisis y los costos de operación y mantenimiento a lo largo de ese período, usualmente 20 años; por lo que hay que descontarlo al inicio del período de análisis con la respectiva tasa de descuento de manera que esa cantidad se capitalice con la tasa de interés y produzca un flujo anual uniforme de dinero durante el plazo de análisis suficiente para cubrir los costos de conservación y operación.

Actualmente, el costo de construcción promedio de una rampa se estima en \$4'058,988 aplicados al inicio del plazo de análisis. El costo de operación total se estima también en esa cantidad, pero distribuida a lo largo del plazo de análisis y el costo de conservación se estimó en \$135,300 anuales. De esta manera, los costos anuales de conservación y operación importan: \$135,300 + \$4'058,988 /20, lo que arroja un costo de \$338,249 anualmente. Así, aplicando la tasa de descuento, el costo actual de la rampa es:

$$\$4'058,988 + \$338,249 \sum_{j=1,20} (1.0298)^{-j} = \$9'100,418$$

Con las modificaciones propuestas a la norma, el costo de construcción se incrementa por el pintado del señalamiento horizontal en la entrada de la rampa (\$59,463), un amortiguador de impacto (\$305,370) y la instalación de una cámara de video para detección automática de incidentes (\$294,000), lo que eleva el costo de construcción en \$417,821, esto es a \$4'476,809 . Al aumentar el costo de construcción también se eleva el de operación y el de conservación a \$194,765. De esta manera, el costo anual conservación+ operación se incrementa a \$194,765+ \$4'476,809/20, lo que arroja \$418,605 anuales. Así, aplicando la tasa de descuento, el costo de la rampa modificada es:

$$\$4'476,809 + \$418,605 \sum_{j=1,20} (1.0298)^{-j} = \$10'576,076$$

Por lo tanto, el efecto de las modificaciones a la norma implica un costo adicional del orden del 16%.

Determinación del beneficio de la rampa de emergencia

El beneficio de la rampa está constituido por el costo del accidente fatal anual que se evita por la construcción de la rampa. En el anuario estadístico de 2013, el Instituto Mexicano de Transporte asigna un valor de 400,000 USCY a cada muerte, 100,000 USCY por lesionado y \$60,038 MN por daños materiales, así que al tipo de cambio de

\$17.05 MN/USCY, el costo anual por accidente es de: $17.05 \cdot (400,000 + 100,000) + 60,038 = \$8'585,038$. Si tal cantidad se acumula en el período de análisis con la tasa de descuento y el total se actualiza con la tasa social de descuento, el beneficio al principio del plazo de análisis es:

$$\left[\$8'585,038 \sum_{j=1,20} (1.0289)^{-j} \right] (1.10^{-20}) = \$33'900,583$$

Índices económicos

Relación beneficio costo. Si esta relación es mayor que uno la rampa es factible económicamente y será tanto más cuanto mayor sea esta relación. En la situación actual esta relación es de **3.73**, pero con las modificaciones a la norma baja a **3.21**, que significa un decremento de 14%. Estos resultados son suficientemente buenos para justificar económicamente la norma. Sin embargo, esta relación podría ser poco significativa si los costos y beneficios fuesen menores y por ello, en ocasiones, vale la pena determinar el valor presente neto.

Valor presente neto. Se define como la diferencia entre los beneficios y los costos en el año inicial. Para las condiciones actuales de las rampas, este valor es **\$24'188,165** y de **\$23'333,507** considerando las modificaciones propuestas, que significa un decremento de 3.5%. Estos valores son francamente buenos para una obra específica. A pesar de ello, este índice está expresado en moneda nacional, lo que no siempre da idea de su importancia frente a organismos multinacionales. Es por ello que a veces conviene estimar la tasa interna de retorno.

Tasa interna de retorno. Se define como la tasa de descuento para la que los beneficios igualan a los costos o para que la relación B/C sea unitaria. Por lo tanto, puede estimarse con la veinteava raíz de tal relación y restándole uno. De esta manera, esta tasa resulta ser de **0.068** para las rampas actuales y de **0.060** para las rampas propuestas, una reducción del 12%. Aunque estos valores están por abajo de la tasa social de descuento, más que duplican la tasa de crecimiento del PIB y por lo tanto resultan favorables.

Conclusión

Las rampas de emergencia para frenado son técnica, financiera y económicamente factibles, cualquiera que sea el índice con el que se evalúen.

México, DF, Octubre 14 de 2015