

## Capítulo 7

# Evaluación del Desempeño en Servicio

### 7.1 PROPÓSITO

Como se mencionó en el Capítulo 1, la evaluación del desempeño en servicio (ISPE) es un paso muy importante en la evaluación del desempeño ante el impacto de un sistema de seguridad nuevo o ampliamente modificado. El propósito de la evaluación del desempeño en servicio es determinar y documentar la manera en que el sistema de seguridad ejerce su desempeño durante un amplio rango de situaciones de colisión, ambientales, operacionales y de mantenimiento para típicas condiciones de lugar y tránsito. La evaluación del desempeño en servicio sigue siendo un importante control después de los experimentos de ensayos de choque descriptas en capítulos anteriores. Los ensayos y el análisis solo evalúan la eficacia de un sistema de manera parcial y es importante un conocimiento profundo y riguroso del sistema para su implementación apropiada.

Aunque las pautas de los ensayos de choque descriptas en este reporte aseguran que los dispositivos de seguridad funcionan bien con las condiciones de ensayo especificadas, hay muchas incertidumbres y preocupaciones sobre el desempeño ante el impacto de sistemas en el costado de la carretera bajo condiciones reales. Pueden surgir diferencias entre desempeño en el campo y los resultados de los ensayos de choque debido a varios factores, incluyendo:

- Condiciones de impacto de Campo que no están incluidas en las pautas de ensayos de choque, como el no guiado y los impactos en el costado;
- Condiciones del sitio, como pendientes en el costado de la carretera y cunetas, que afectan de manera inversa la cinemática del vehículo, y
- Sensibilidad a los detalles de instalación, como la resistencia del suelo o la configuración de resplandor de la barrera.

Por lo tanto, si es necesario, se debe llevar a cabo una evaluación del desempeño en servicio para evaluar y monitorear el desempeño en el campo de los sistemas al costado de la carretera. La evaluación del desempeño en servicio permite a las agencias viales identificar el desempeño ante el impacto total de un sistema, así como también identificar las debilidades potenciales o problemas con el diseño.

Las siguientes secciones describen metas y procedimientos sugeridos para la evaluación del desempeño en servicio. Sin embargo, la naturaleza aleatoria y extremadamente compleja de los choques vehiculares sumada a las limitaciones de recursos de las agencias de transporte limita enormemente la amplitud con la cual estas metas puedan cumplirse y llevarse a cabo los procedimientos.

### 7.2 OBJETIVOS

Los objetivos de la evaluación del desempeño en servicio incluyen:

1. Demostrar que las metas de diseño se consigan en el campo e identificar las modificaciones que puedan mejorar el desempeño.
2. Adquirir un amplio rango de información de desempeño-colisión de los sistemas instalados en situaciones típicas y especiales. Es deseable que se incluya información como la exposición de datos, los datos de las heridas de los ocupantes y condiciones de impacto vehiculares sobre las cuales el índice de valores pueda ser definido. Además de los “choques reportados”, una medida de las más numerosas colisiones de roces y vehículos que continúan su viaje pueden ser monitoreadas para establecer el radio de fallo/éxito y los costos de reaparición del daño por la colisión.
3. Identificar los factores que puedan comprometer o provocar el fallo de un sistema. Algunos ejemplos de dichos factores incluyen la vulnerabilidad del sistema al robo o vandalismo, la corrosión acelerada o degradación de materiales debido a las sales de descongelación y otros contaminantes y la susceptibilidad al daño durante las operaciones de quitanieves o desmalezado.
4. Examinar la influencia del clima/ambiente en el desempeño frente a la colisión. Los efectos a ser determinados, son los de temperaturas extremas, ya sea frío o calor, hielo, nieve, lluvia, viento y polvo durante el desempeño ante la colisión y el mantenimiento del sistema de seguridad.
5. Examinar las influencias que el sistema puede exhibir en otras condiciones de rutas que, a su vez, afecten de manera inversa las operaciones de autopistas y tránsito. Dichos factores a ser monitoreados son la congestión de tránsito, los cambios en índices o patrones de choque, disrupción del drenaje de superficie o acumulación de nieve o escombros.
6. Adquirir la información del mantenimiento de rutina. Como parte de este esfuerzo, el diseño y disposición del sistema debe ser examinado para posibles modificaciones que bajarían los costos de instalación, mantenimiento y reparación de daños. Los problemas encontrados durante la rutina de mantenimiento y reparación de daños deben ser documentados y reportados. Téngase en consideración que la frecuencia y demanda de reparación (después de impactos severos y nominales) son factores críticos. Los sistemas que pueden sustentar impactos numerosos o severos mientras permanecen en servicio ofrecen protección sustancialmente mejor para los usuarios que aquellos que son dejados fuera de servicio virtualmente por cada impacto. Esto se vuelve especialmente crítico en rutas de volumen alto, en rutas donde las actividades de mantenimiento causan congestión e incremento de riesgos de choque y en ubicaciones problemáticas o de alto riesgo de choque. Este tipo de información puede volverse la consideración primaria en la selección de un sistema de barrera para dichas ubicaciones.

### **7.3 PROGRAMA DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN SERVICIO**

Dependiendo de las preguntas planteadas, la evaluación del desempeño en servicio puede involucrar aproximaciones diferentes con diversos grados de detalle. El Reporte NCHRP 490, *Desempeño En Servicio de Barreras de Tránsito*, (118) presenta una aproximación con procedimientos detallados paso por paso sobre la conducta de una evaluación del desempeño en servicio. Los procedimientos descriptos en este reporte están diseñados principalmente para la evaluación de un sistema al costado de la carretera específico; sin embargo,

puede ser expandido para incluir el monitoreo continuo de varios tipos de dispositivos como parte de un sistema de gestión de seguridad a largo plazo. Esta aproximación utiliza los equipos de mantenimiento como la fuente principal de recolección de datos, suplementado por los datos de reportes de choque por la policía. La Figura 7-1, reproducida del Reporte NCHRP 490, muestra los diferentes pasos de este proceso de evaluación del desempeño en servicio. Los procedimientos detallados para cada uno de estos pasos están resumidos en el reporte y no se repetirán aquí.

En su lugar, aquí se presenta una discusión más general de la estructura conceptual de una evaluación en servicio detallada. La estructura conceptual cubre no solamente evaluaciones utilizando los procedimientos detallados en el Reporte NCHRP 490, sino también otros aspectos de evaluación del desempeño en servicio. En general, esta evaluación incluye dos programas integrados, aunque separados, que aborda diferentes aspectos de la misma:

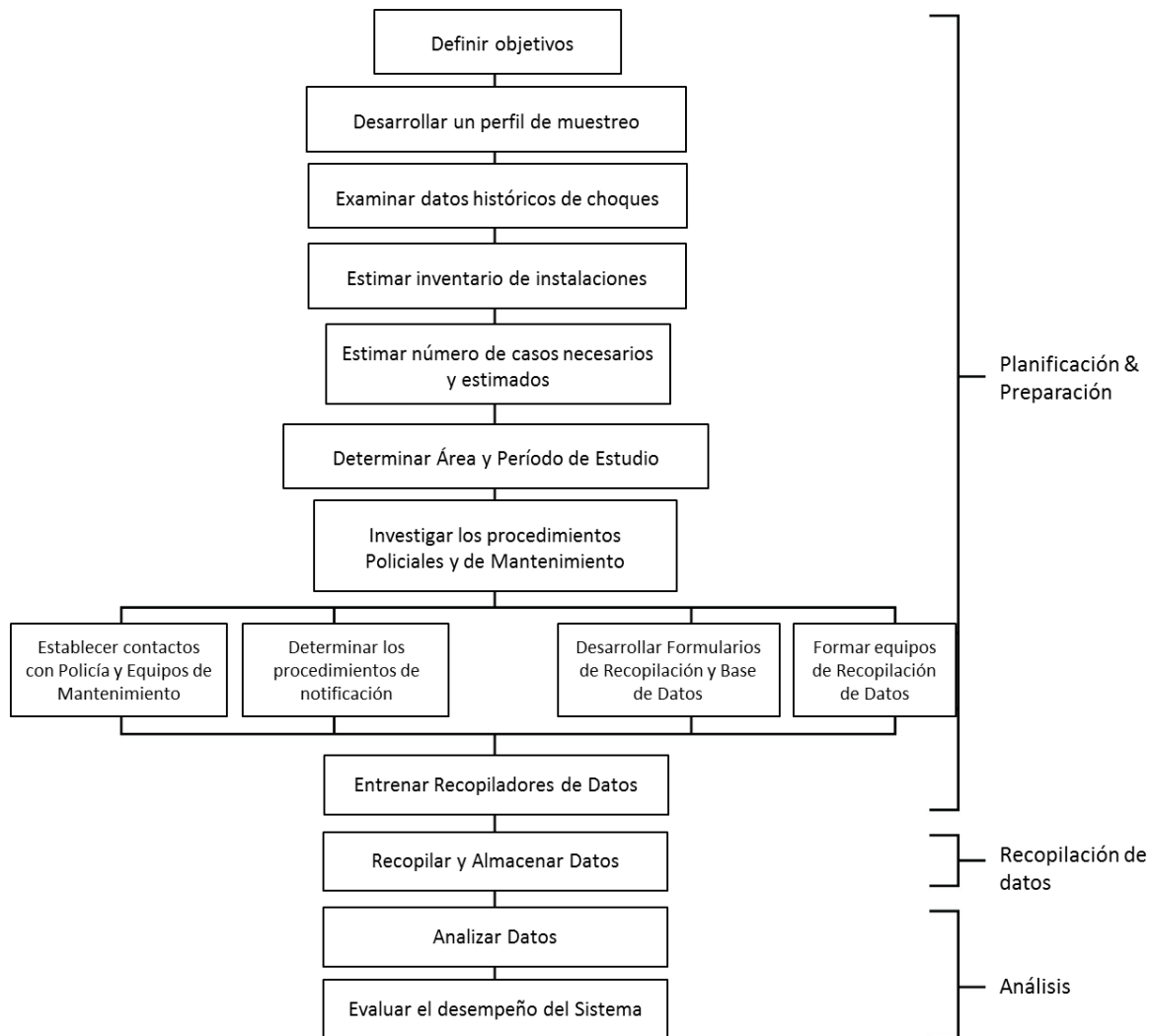
- La evaluación de nuevos sistemas y
- El monitoreo continuo

A continuación se presentan descripciones más detalladas de estos dos programas.

### **7.3.1 EVALUACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS**

Mientras un sistema nuevo o ampliamente modificado puede haber cumplido exitosamente con todos los criterios descritos en las pautas, aún hay preguntas relacionadas a su desempeño ante el impacto en condiciones de campo reales. Por lo tanto, es importante considerar la necesidad de evaluar el desempeño en servicio cuando un nuevo sistema es implementado para asegurarse que el sistema funcione en condiciones reales como fue diseñado.

La evaluación del desempeño en servicio de un sistema nuevo o ampliamente modificado presenta algunos problemas únicos. En primer lugar, el número de instalaciones iniciales es en general muy pequeño para un sistema nuevo. Consecuentemente, el número de choques involucrando estas instalaciones también va a ser pequeño. La muestra de tamaño pequeña limitaría la significancia estadística de los resultados de la evaluación y la dejaría más anecdótica y subjetiva. Para incrementar el tamaño de las muestras de choques, las alternativas son incrementar el número de instalaciones iniciales o incrementar el periodo de evaluación. Hay un límite práctico a la longitud del periodo de evaluación, sin embargo, como por ej. Tres a cinco años. La aproximación más lógica es incrementar el número de instalaciones iniciales. Sin embargo, como se discutió previamente, una agencia de transporte estatal quizá no quiera desplegar ampliamente un nuevo sistema sin una evaluación en servicio previa. Este dilema se resuelve compartiendo recursos entre las agencias de transporte estatales que están interesadas en el mismo sistema. Cada agencia puede instalar y monitorear un pequeño número de instalaciones iniciales. Los resultados pueden ser compartidos para proveer una muestra de tamaño grande. Esta aproximación permite a las agencias mantener un número inicial pequeño de instalaciones para cada país; y aún así provee una muestra del tamaño suficiente para la evaluación.



**Figura 7-1. Diagrama de Flujo del Proceso de Evaluación del Desempeño en Servicio (118)**

En segundo lugar, además de los diagramas de diseño e instalación de los prototipos de los ensayos de choque, no hay experiencia en el mundo real solamente instalando y manteniendo el sistema. Incluso con los mejores diseños, es razonable que haya problemas imprevistos que necesitan ser descartados con las instalaciones iniciales. Por lo tanto, uno de los objetivos de la evaluación del desempeño en servicio para un nuevo dispositivo es identificar y resolver cualquier problema asociado con la instalación y el mantenimiento del mismo.

Dado que el verdadero desempeño ante el impacto de un dispositivo nuevo o ampliamente modificado en condiciones reales es desconocido, se recomienda que la evaluación de su desempeño en servicio se lleve a cabo previo a su instalación masiva.

La evaluación de desempeño en servicio de un sistema nuevo o extensamente modificado debe incluir los siguientes componentes:

- **Lista de verificación de instalación y mantenimiento** – La lista de verificación incluye una lista de elementos relacionados a la construcción, instalación y mantenimiento del dispositivo. Cualquier problema identificado debe ser investigado y documentado, y la información debe ser enviada a los diseñadores para una acción correctiva apropiada.
- **Inventario** – El inventario debe incluir la ubicación y los detalles de diseño de las instalaciones para que la información puede ser contrastada con los datos de choque para una evaluación.
- **Monitoreo de choque** – El monitoreo debe incluir choques reportados y no reportados, que involucren las instalaciones. Los choques reportados se identifican mediante las notificaciones de la policía o los reportes de choque y los no reportados mediante notificaciones de los equipos de mantenimiento. Para los choques reportados, la investigación debe incluir: Una copia del reporte de la policía, visitar el sitio para documentar cualquier evidencia de escena disponible, como marcas de gomas, daño a la instalación, posición de parada final, etc.; y tomar fotografías del sitio. Para los choques no reportados, la investigación será limitada a la documentación del sitio y daño del sistema.
- **Investigación a fondo** – Los choques que involucren un nuevo sistema que resultó en lesiones graves o muertes debe ser investigado a fondo. Además de obtener el reporte de choque de la policía y la documentación del sitio, el vehículo involucrado debe ser examinado y debe hacerse un esfuerzo para reconstruir el choque en términos de configuración de impacto y condiciones, como por ej. El punto de impacto, ángulo, velocidad, orientación del vehículo, etc.; y para evaluar el desempeño ante impacto del sistema, como por ej. Si el dispositivo tuvo un desempeño como fue diseñado y, de no ser así, si hay circunstancias atenuantes.

Los resultados de la evaluación del desempeño en servicio deben ser resumidos en un reporte, el cual debe incluir, pero no estar limitado a:

- Número y ubicaciones de las instalaciones
- Lista de problemas identificados con la construcción, instalación y mantenimiento del dispositivo y remediación subsecuente
- Frecuencia y severidad de los choques reportados y no reportados
- Documentación de choques que resultaron en heridos graves o fatalidades
- Valoración de la evaluación del desempeño ante el impacto
- Cambios recomendados o modificaciones al diseño y aplicación del sistema

### 7.3.2 MONITOREO CONTINUO

Incluso después de que un dispositivo haya sido sometido con éxito a la evaluación del desempeño en servicio del sistema, se recomienda un sistema de monitoreo continuo para asegurarse de que el sistema continúe funcionando de manera satisfactoria y manteniéndose al día con los cambios en las condiciones de campo. El sistema de monitoreo continuo tiene componentes similares al nuevo sistema de evaluación, incluyendo:

- Lista de verificación de mantenimiento
- Inventario
- Monitoreo de choques
- Investigación profunda

Sin embargo, la organización del programa de monitoreo continuo es muy diferente del sistema de evaluación de nuevos sistemas de seguridad. Con un nuevo sistema, se espera que la cantidad de instalaciones iniciales

sean pocas y el número de choques resultantes sea relativamente pequeño. Por lo tanto, el monitoreo del sistema de evaluación de nuevos sistemas de seguridad es generalmente de rango pequeño e incluso puede ser manejado manualmente. En comparación, el número de instalaciones y choques asociados probablemente sean mayores con el despliegue total de un sistema. Esto provee una muestra de mayor tamaño apropiado para análisis estadísticos.

El sistema de monitoreo continuo se compondría de los tres siguientes subsistemas:

- Subsistema de base de datos computarizado
- Subsistema de recolección de datos suplementario
- Subsistema de investigación profunda

La columna vertebral del sistema de monitoreo continuo es una base de datos computarizada creada mediante la combinación de los siguientes archivos de datos:

- **Datos de rutas y tránsito** – Los ítems de interés incluyen información como: Tipo de ruta, clase funcional, número de carriles, ancho de carril, ancho de banquetas, tránsito diario promedio, porcentaje de camiones, etc.
- **Registros de mantenimiento** – Hay dos áreas generales de interés con respecto a los registros de mantenimiento. Primero, los registros son revisados para identificar problemas asociados con el mantenimiento del dispositivo. Cualquier problema identificado debe ser investigado y documentado, y la información debe ser enviada a los diseñadores para una acción correctiva apropiada. Segundo, los registros son compilados para determinar la extensión de los choques no reportados, lo cual es parte de la evaluación del desempeño ante el impacto del sistema.
- **Datos del inventario de sistemas en el costado de la carretera** – Los datos del inventario deben incluir ubicación y detalles de diseño de las instalaciones para que la información pueda ser contrastada con los datos de choques para ser evaluados.
- **Datos de choque** – Los choques reportados por la policía que involucran el sistema de interés son contrastados con los datos del inventario del sistema en el costado de la carretera y su ubicación en la carretera.

La base de datos computarizada debe ser analizada periódicamente, por ejemplo anualmente, para analizar posibles tendencias e identificar problemas. Los análisis pueden ser de un tramo de camino específico (es decir, analizar los registros de choque o mantenimiento para todos los dispositivos en ciertas secciones de la ruta), de un dispositivo específico (es decir, analizar los registros de choque o de mantenimiento de ciertos dispositivos, sin importar el tipo de ruta) o una combinación de ambas (es decir, analizar los registros de choque y mantenimiento para ciertos dispositivos en determinadas secciones de la ruta). Ejemplos de dichos análisis pueden incluir:

- Frecuencia/relación y severidad de los choques reportados y frecuencia/relación de choques no reportados que involucren diferentes sistemas en el costado de la carretera, daños por período, tipo de ruta/clase funcional y volumen de tránsito para cada distrito y provincia.
- Tendencia de análisis de frecuencia/ratio y severidad de choques reportados y no reportados involucrando diferentes sistemas en el costado de la carretera.

La base de datos puede ser usada para llevar a cabo un análisis comparativo en una base ad hoc para ciertos sistemas de seguridad al costado de la carretera y secciones de la ruta. Ejemplos de tipos de análisis comparativos ad hoc a los cuales esta base de datos puede orientarse incluyen:

- Comparación de frecuencia/relación y severidad de los choques reportados y no reportados antes y después de la instalación de barreras de medianas.
- Análisis de tendencias de frecuencia/relación y severidad de los choques reportados y no reportados que involucren diferentes sistemas de seguridad al costado de la carretera para secciones específicas de la ruta.

El subsistema de recopilación de datos suplementarios está destinado a complementar la base de datos informatizada para los análisis en los que el nivel de detalle de la base de datos informatizada puede no ser suficiente. El conjunto de campos suplementarios puede incluir datos específicos de ciertas rutas, costos del camino y dispositivos de seguridad, y revisión manual de copias impresas de los informes de accidentes policiales para obtener información que de otro modo no se puede obtener de la base de datos informatizada. Los estudios bajo el subsistema suplementario de recolección de datos se llevarán a cabo en una base ad hoc para determinados dispositivos de seguridad, como por ejemplo la comparación de desempeño ante el impacto entre diferentes tipos de barreras en función del tipo de ruta, límite de velocidad, desplazamiento lateral, altura de montaje, etc.

El subsistema de investigación profunda involucra exanimación rigurosa de ciertos choques, incluyendo la reconstrucción de choques para estimar las condiciones de impacto y para evaluar el desempeño de sistemas de seguridad en el costado de la carretera. Este subsistema será utilizado en ciertos estudios donde el nivel de detalle más alto es considerado necesario. Este sistema requiere recursos que están típicamente más allá de lo que las agencias viales poseen por el momento o tendrán en el futuro. Por lo tanto, este subsistema probablemente esté limitado a los estudios ad hoc realizados por contratistas ajenos.

## **7.4 DISCUSIÓN**

Mientras no haya un requerimiento formal para la evaluación del desempeño en servicio, es altamente recomendado que se implemente algún programa de evaluación, quizá como parte del sistema de gestión de la seguridad. El Reporte NCHRP 490 (118) presenta procedimientos detallados para un enfoque de evaluación del desempeño en servicio llevada a cabo. La estructura conceptual presentada arriba cubre aspectos adicionales y enfoques para un programa de evaluación del desempeño en servicio. Sin embargo, debe destacarse que el mismo está diseñado como una estructura conceptual y que las agencias viales deben seleccionar el aspecto específico o enfoque que coincida con las necesidades y recursos de la agencia. Idealmente, el programa de evaluación del desempeño en servicio debe incluir tanto la evaluación de nuevos dispositivos como el monitoreo continuo. La evaluación de un nuevo dispositivo de seguridad o de un sistema ampliamente modificado debe evaluar el desempeño ante el impacto y sus características operacionales para asegurarse que el sistema está funcionando como fue diseñado. El sistema de monitoreo continuo debe controlar el desempeño operacional de los diferentes dispositivos de seguridad en caso que haya cambios en la flota de vehículos o condiciones operativas que afecten de manera adversa el desempeño de los mismos.

Además, en teniendo en cuenta la limitada mano de obra e incrementada carga de trabajo de hoy en día, sería una buena idea compartir recursos entre varios estados interesados en los mismos dispositivos de seguridad para obtener muestras de mayor tamaño y reducir la carga individual de cada estado. Se recomienda aún más que se establezca un Centro Nacional para evaluaciones del desempeño en servicio como una oficina para difundir la información y coordinar dichos esfuerzos.