



Guía de todos los peligros para las infraestructuras de transporte



Con el apoyo financiero del del Programa para la Prevención, Preparación y Gestión de las Consecuencias en materia de Terrorismo y otros riesgos relacionados con la Seguridad (CIPS)
Comisión Europea - Dirección General de Asuntos Internos.

© Copyright 2013 - 2015. Consorcio AllTrain

Este documento, así como la información en él contenida, no puede ser copiado, usado o revelado, en parte o en su totalidad, sin la autorización previa por escrito de los socios del Consorcio AllTrain. El copyright y la presente restricción sobre la copia, uso y revelación incluyen todos los soportes en que esta información puede ser presentada, incluyendo el soporte magnético, la impresión informática, presentación en imagen, etc. La información incluida en este documento es veraz en lo que concierne al conocimiento de los autores; estos no asumen ninguna responsabilidad por cualquier error u omisión.

Todos los derechos reservados.

PREÁMBULO

Una de las tareas más importantes de un Gobierno consiste en garantizar la seguridad de su población. Las autoridades relevantes tienen que adaptarse constantemente al ámbito global y a los paradigmas que influyen en la seguridad (security) y que están en constante cambio. Más específicamente, la creciente interconexión entre diferentes sectores de la sociedad, redes densas de infraestructuras y la urbanización de la población han impulsado la dependencia de una infraestructura de transportes segura y fiable. Cualquier impedimento, perturbación o fallo en esa interconexión tendrá un impacto sustancial en el Estado (nación), en la economía y en importantes segmentos de la población.

La *Guía de todos los peligros* identifica y evalúa todos los posibles peligros para la infraestructura del transporte, contribuyendo de esa forma al desarrollo de una red de transportes segura, eficaz y funcional a través de Europa. Al tener en cuenta las principales infraestructuras viarias y ferroviarias, la guía abarca la interconectividad del transporte a través de Europa, permitiendo que los propietarios y operadores de las redes de transporte obtengan una indicación sobre cuáles son los sistemas de infraestructura que podrán ser potencialmente más susceptibles a un peligro específico y qué peligro específico puede potencialmente provocar el mayor impacto en diferentes infraestructuras.

La *Guía de todos los peligros* ha sido desarrollada como resultado de un proyecto de investigación, *AllTrain - All-Hazard Guide for Transport Infrastructure*, con el apoyo financiero del Programa para la Prevención, Preparación y Gestión de las Consecuencias en materia de Terrorismo y otros riesgos relacionados con la Seguridad (CIPS) de la Comisión Europea - Dirección General de Asuntos Internos.

Dr. Jurgen Krieger (BAST) Bernhard Kohl (ILF) José Mateus de Brito (CENOR) Jan Spousta (CDV)

Índice

Definiciones	5
1. Introducción	7
1.1 Marco	7
1.2 Conceptos fundamentales	7
1.3 El enfoque de AllTrain	8
1.4 Estructura de la guía	11
2. Peligros para la infraestructura viaria y ferroviaria	12
2.1 Eventos iniciales	12
2.2 Fenómenos locales	12
3. Categorización de la infraestructura y susceptibilidad a peligros específicos	15
3.1 Tipos de infraestructura	15
3.2 Condiciones básicas y factores principales	16
3.3 Categorización	17
4. Metodología de evaluación. Principios fundamentales	21
4.1 Concepto de la metodología de evaluación	21
4.2 Concepto de los árboles de peligro	21
5. Metodología de evaluación. Aplicación	23
5.1 AllTrain Tool	23
5.2 Fichas técnicas sobre los peligros	24
6. Identificación de medidas posibles	26
6.1 Posibilidades para el desarrollo de medidas	26
6.2 Tipos de medidas	26
7. Conclusiones	27

Definiciones

Término	Definiciones	Fuente
Activo	Un elemento o sección relevante de la infraestructura	AllTrain
Peligro	Un evento potencial que puede comprometer la seguridad (<i>security</i>) y/o la disponibilidad de los activos de la infraestructura de tráfico.	AllTrain
Evento inicial	Eventos peligrosos de nivel superior, definidos como: acciones humanas, fallos en elementos de producción humana, eventos meteorológicos o eventos geofísicos.	AllTrain
Fenómeno local	Eventos peligrosos de nivel inferior que se desarrollan en el lugar donde está el activo.	AllTrain
Impacto	La forma en que un determinado peligro actúa en un activo específico (p. ej. nivel de las aguas, fuerzas aplicadas).	AllTrain
Valor expuesto	Define el valor de la infraestructura en materia de costes y tiempo de sustitución, que está sujeto a los impactos de los fenómenos locales. Depende únicamente de las características de los activos.	AllTrain
Vulnerabilidad	Las características y circunstancias de [...] un activo que lo exponen a los efectos negativos de un peligro.	UNISDR
Consecuencia local	El estado indeseable de un activo provocado por un impacto, expresado como daño físico o interrupción (tiempo fuera de servicio). Cuantificado en términos de coste de reparación y tiempo de interrupción: $\text{Consecuencia local} = \text{Valor expuesto} \times \text{Vulnerabilidad}$	AllTrain
Consecuencia global	Consecuencias desde el punto de perspectiva del propietario, del operador y de la sociedad. Cuantificada en términos de coste de reparación, pérdida de ingresos y coste de desvío. Depende, por ejemplo, del número de usuarios afectados y de la configuración de la red.	AllTrain
Criticidad	La relevancia de un elemento o sección de una infraestructura para la disponibilidad de una red de infraestructura de tráfico.	AllTrain
Seguridad (<i>Safety</i>)	La protección de la infraestructura de transportes contra eventos no intencionales como accidentes, cubiertos por las normas relevantes.	SecMan
Seguridad (<i>Security</i>)	La preparación, prevención y preservación de una infraestructura de transporte contra peligros naturales y de origen humano excepcionales.	AllTrain

Incertidumbre	Indeterminación de algunos de los elementos que caracterizan la situación de los resultados de un proceso, debido a una falta de conocimiento (incertidumbre reducible epistémica), o debido a la variabilidad natural o intrínseca de un proceso (incertidumbre irreducible y aleatoria).	AllTrain
Probabilidad de ocurrencia	Descripción cualitativa de la incertidumbre de que suceda un evento. Puede cuantificarse como frecuencia o probabilidad.	AllTrain
Frecuencia	El número de veces que un evento específico ocurre durante un intervalo especificado (p. ej. accidentes	PIARC
Período de retorno	1/Frecuencia, es decir, el número esperado de unidades de tiempo entre dos ocurrencias de un evento.	AllTrain
Probabilidad	La probabilidad de ocurrencia de un evento, expresada como un número entre 0 y 1.	PIARC
Riesgo	La combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias negativas.	Basado en la UNISDR
Obstrucción	La presencia física inesperada de volúmenes de objetos extraños que ocupan total o parcialmente el espacio útil destinado al tráfico en la infraestructura. Ejemplos: caída de nieve o fragmentos de rocas y deslizamientos de tierra. Estos objetos extraños pueden colisionar con los	AllTrain
Impacto operativo:	la reducción, más o menos significativa, del equipo de la infraestructura funcionalmente esencial para el flujo del tráfico. Ejemplo: daños causados por relámpagos a un sistema de control de tráfico.	AllTrain
Impacto estructural	Carga adicional (estática o dinámica) en la infraestructura y/o una reducción en la resistencia estructural. Ejemplo: el peso excesivo de vehículos puede causar un fallo de un elemento de la infraestructura.	AllTrain

1. Introducción

1.1 Marco

La red de transportes de Europa es probablemente uno de los sistemas más importantes de la economía y de la sociedad europeas. Las vías de transporte transnacionales desempeñan un papel esencial en el transporte de bienes y en el abastecimiento y movilidad de las personas. Aunque la mayor parte del transporte de pasajeros y mercancías en la UE es realizado por transporte terrestre, no se ha desarrollado todavía un enfoque coherente para la seguridad (*security*) de estos modos de transporte. Cualquier trastorno en estas estructuras puede tener consecuencias negativas para la población de la región afectada y para la economía como un todo.

Actualmente existen muchos enfoques diferentes para identificar peligros específicos para la infraestructura de transportes. La mayor parte de estos enfoques se centra en modos individuales o peligros específicos y no existe en Europa una compilación exhaustiva e integrada de todos los peligros para la infraestructura de transporte multimodal. Los propietarios y operadores de estas infraestructuras se enfrentan a un gran número de peligros y deben establecer prioridades para asignar fondos a medidas que aumenten la disponibilidad y/o seguridad (*security*) de estas estructuras. Algunos proyectos en curso y otros ya finalizados han identificado la necesidad de un enfoque europeo común para evaluar estos peligros de una forma estructurada y comparable. Más específicamente, algunos proyectos de investigación han demostrado la necesidad de un catálogo exhaustivo de todos los peligros para las infraestructuras de transporte críticas, en función de un enfoque integrado. Así, el principal objetivo consiste en desarrollar una *Guía de todos los peligros* para la infraestructura de transporte terrestre asequible y de fácil de uso, facilitando de esa forma un enfoque estructurado, transnacional e integral para la gestión del riesgo y de la seguridad (*security*).

Con esta finalidad, la *Guía de todos los peligros* presenta una lista de todos los peligros relevantes para la infraestructura de transporte en Europa. Asimismo, se han establecido criterios para la clasificación de la infraestructura de transporte según la vulnerabilidad al peligro. Tomando como base la combinación de la información recopilada sobre los peligros y las características de la infraestructura, ha sido posible desarrollar un enfoque metodológico sobre la evaluación de las estructuras e impactos de los peligros. Esto se ha conseguido gracias al establecimiento de un procedimiento de evaluación cualitativa para medir la vulnerabilidad de varias infraestructuras de transporte diferentes a un conjunto de peligros distintos.

La realización de la *Guía de todos los peligros* ha sido financiada por la Comisión Europea - Dirección General de Asuntos Internos bajo el *Programa para la Prevención, Preparación y Gestión de las Consecuencias en materia de Terrorismo y otros Riesgos en materia de Seguridad (CIPS)*.

1.2 Conceptos fundamentales

1.2.1 Seguridad: *Security* frente a *safety*

La *Guía de todos los peligros* trata sobre la seguridad (*security*) de la infraestructura viaria y ferroviaria. En el presente contexto, la seguridad (*security*) se entiende como la preparación, prevención y preservación de una infraestructura de transporte contra peligros excepcionales de origen humano o natural.

Esta definición de seguridad (*security*) es complementaria con otra (*safety*,) definida como la protección de la infraestructura de transporte contra eventos no intencionales como accidentes y está cubierta por las normas pertinentes. Así, la distinción esencial entre estas dos definiciones de seguridad (*security* y *safety*) es la siguiente:

- *safety* se ocupa de los eventos cubiertos por las normas pertinentes, mientras que *security* se centra en peligros excepcionales;
- *safety* se ocupa de los peligros no intencionales (de origen humano y natural), mientras que *security* incluye también eventos intencionales (de origen humano).

Safety no forma parte del ámbito de la *Guía de todos los peligros*.

1.2.2 Activos

Cualquier infraestructura de transporte consiste en varios elementos alineados uno tras otro. Un análisis del peligro debe abordar estos elementos por separado, según su tipo (p. ej. talud, puente, etc.).

En esta guía, los elementos o secciones de la infraestructura se denominan generalmente *activos*.

1.2.3 Peligros

Los peligros se definen como eventos potenciales que pueden comprometer la seguridad (*security*) y/o la disponibilidad de los activos de la infraestructura de transporte. Como ya se ha señalado (1.2.1 Seguridad: *Security* frente a *safety*), la *Guía de todos los peligros* abarca los siguientes tipos de eventos:

- peligros intencionales de origen humano
- peligros no intencionales (excepcionales) de origen humano
- peligros (excepcionales) de origen natural

1.3 El enfoque de AllTrain

1.3.1 El enfoque de entrada doble

La idea subyacente al AllTrain consiste en combinar todos los tipos de peligros con todos los tipos de infraestructuras viarias y ferroviarias (activos). Para aplicar esta idea se ha desarrollado el enfoque de entrada doble, que se ejemplifica en la Figura 1. El principio de enfoque de entrada doble consiste en permitir al usuario:

- introducir un activo específico y obtener información sobre los peligros relevantes (primera entrada);
- introducir un peligro específico y obtener información sobre tipos de activos particularmente susceptibles (segunda etapa).

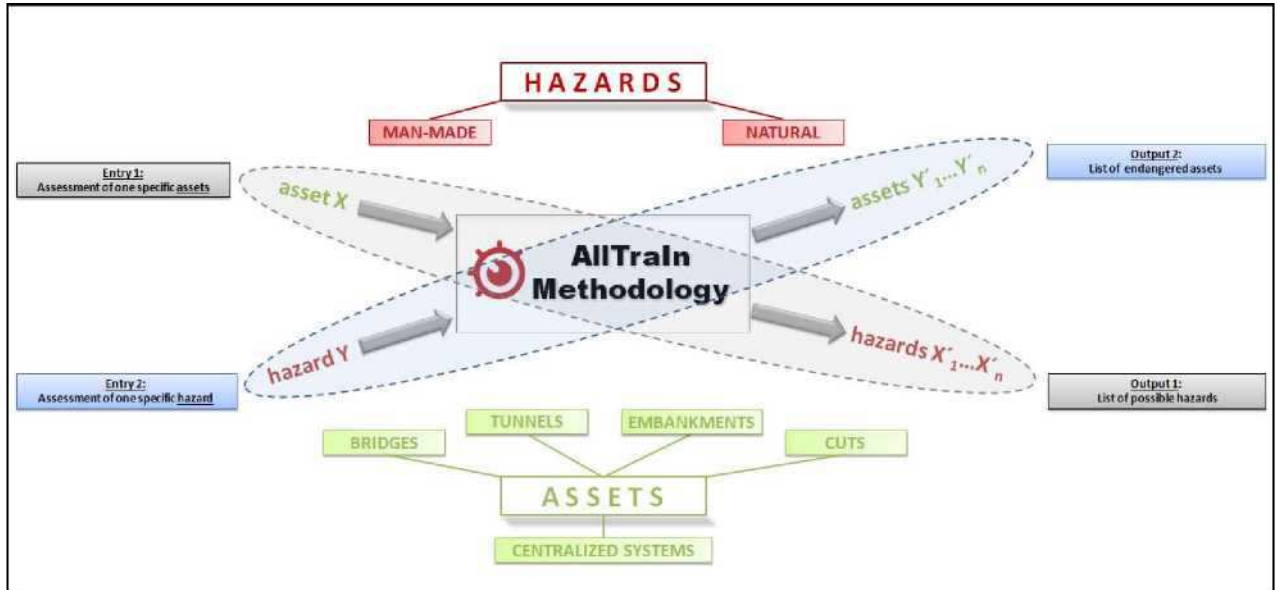


Figura 1. El enfoque de entrada doble

1.3.2 La cadena secuencial

Además del enfoque de entrada doble, un segundo concepto rector de AllTrain es la cadena secuencial, que tiene como principal objetivo establecer un esquema general para asociar peligros a elementos de la infraestructura (activos). Para dicho fin se introduce un conjunto de conceptos globales, entre los que se establecen conexiones.

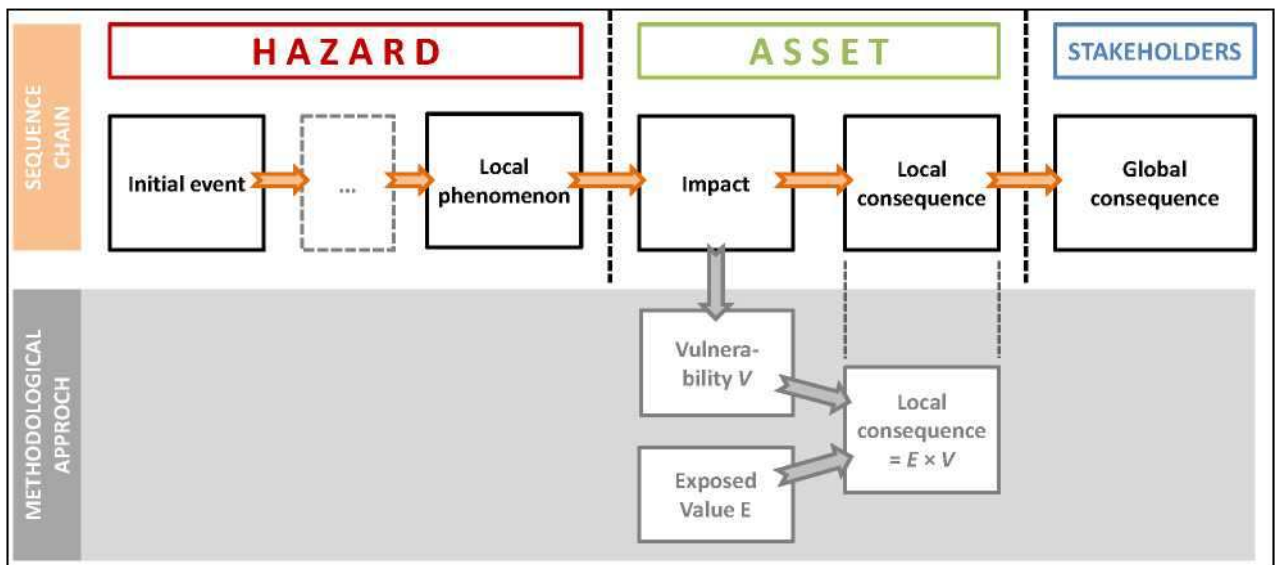


Figura 2. La cadena secuencial y el enfoque metodológico subyacente

La Figura 2 muestra la cadena secuencial que forma la base lógica de la *Guía de todos los peligros*:

- un evento peligroso inicial (lluvia) provoca un fenómeno peligroso local (flujos detríticos). La relación causal puede ser *directa* (la lluvia provoca los flujos detríticos) o *indirecta*. La segunda posibilidad es simbolizada en la figura mediante la caja gris con borde discontinuo. En principio, pueden existir múltiples pasos intermedios. Con todo, el enfoque se centra en la causa inicial y en su resultado final a nivel local, que se desarrolla cerca del activo en cuestión. En algunos casos, el evento inicial y el fenómeno local pueden ser el mismo.
- En el paso siguiente, el fenómeno (el modo en que el peligro se materializa cerca del activo) se asocia al impacto (modo en que el peligro actúa en el activo). Si el fenómeno local son flujos detríticos –por usar el mismo ejemplo–, el impacto será la obstrucción, el impacto estructural o el impacto operativo (tal como se expone en el Capítulo 3).
- El impacto se refiere a los fenómenos que actúan en la estructura, y no indica nada sobre las consecuencias. La ocurrencia o no de consecuencias y su nivel de gravedad dependen de la vulnerabilidad y del valor expuesto del activo. El modelo se centra en las consecuencias locales, es decir, en los daños infligidos directa y localmente en el activo. Estos incluyen los costes de reparación y reconstrucción, así como el tiempo fuera de servicio del activo específico en cuestión.
- Las consecuencias locales pueden conducir a consecuencias globales, es decir, un deterioro de la capacidad de la red de transportes puede causar pérdidas debidas a retrasos y reducción de ingresos por peajes. En la cadena secuencial se incluyen las consecuencias globales a fin de ofrecer una imagen completa, *pero estas no forman parte del ámbito del proyecto*.

El enfoque metodológico que asocia el impacto a la consecuencia local se muestra en la parte inferior de la Figura 2. La atención recae, no obstante, en la parte superior, es decir, en la cadena secuencial que relaciona los principales conceptos entre sí. El enfoque metodológico y otras consideraciones más detalladas forman parte de la metodología de evaluación descrita en el Capítulo 4.

La Figura 3 muestra las definiciones resumidas de los respectivos elementos de la cadena secuencial y el ejemplo de los flujos detríticos expuesto anteriormente.

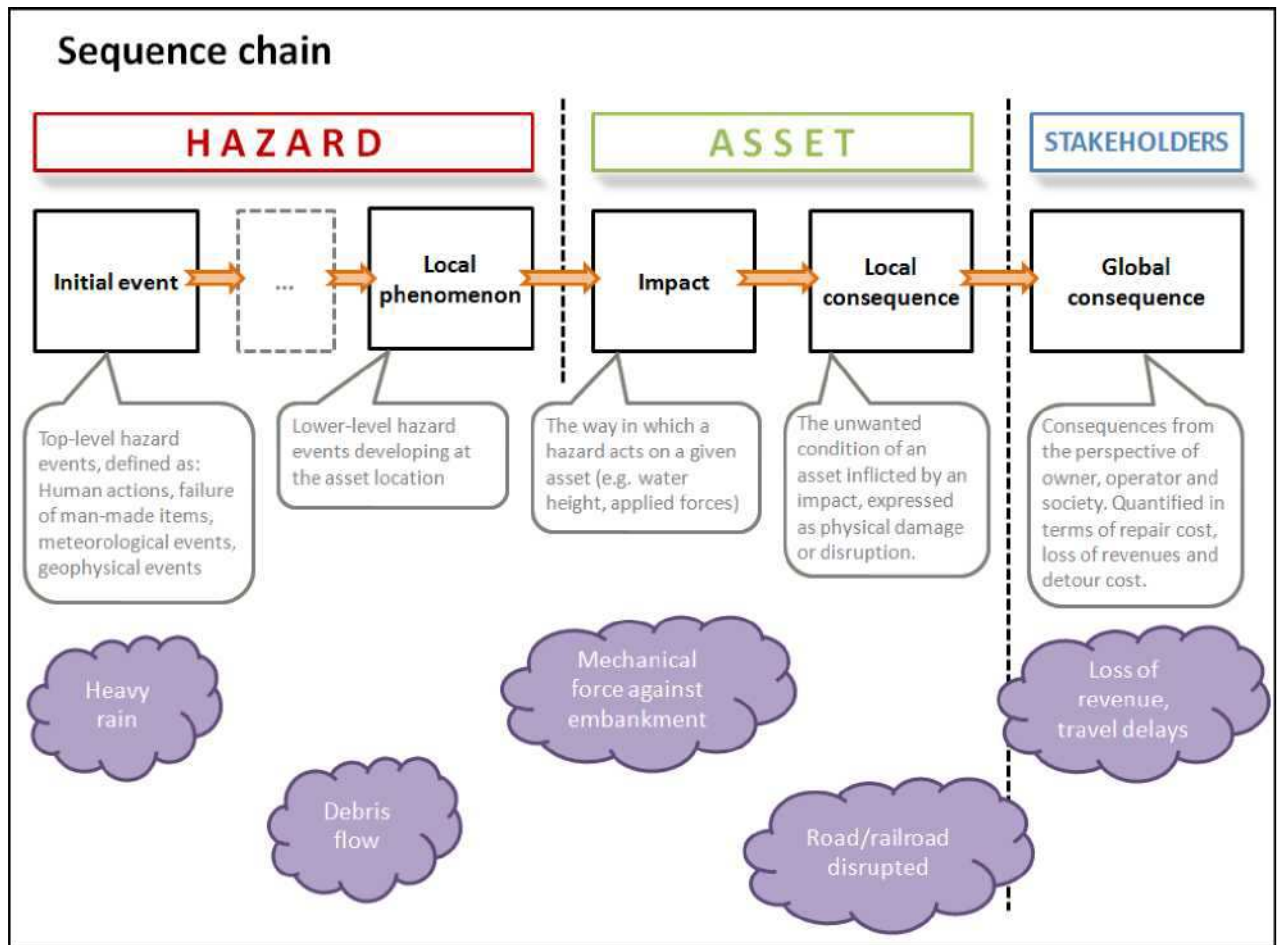


Figura 3. Cadena secuencial: Definiciones y ejemplo

1.4 Estructura de la guía

Tomando como base el enfoque de entrada doble expuesto en la Figura 1, la *Guía de todos los peligros* presenta la siguiente estructura:

- identificación de los peligros relevantes (Capítulo 2);
- categorización de la infraestructura en relación a su susceptibilidad (Capítulo 3);
- asociación de peligros a tipos de infraestructuras susceptibles: establecimiento de la metodología de evaluación, correspondiente a la «metodología Alltrain» mostrada en la Figura 1 (Capítulo 4);
- introducción de estrategias para desarrollar las medidas (Capítulo 5).

Además de esta guía, se ha desarrollado una aplicación (AllTrain Tool). AllTrain Tool es una opción asequible y de fácil uso que permite utilizar la *Guía de todos los peligros* online. AllTrain Tool se encuentra disponible online, junto con un breve manual (www.alltrain-project.eu).

2. Peligros para la infraestructura viaria y ferroviaria

2.1 Evento inicial

Tal como se ha indicado en la introducción, los eventos iniciales son eventos de nivel superior que incluyen:

- eventos intencionales o no intencionales de origen humano (sabotaje, robo...);
- eventos meteorológicos (viento, lluvia, nieve, formación de hielo en niveles extremos...);
- eventos geofísicos (temblor de tierra, maremoto, corriente de lava...);
- eventos gravitacionales (avalancha, flujos detríticos, caída de rocas...);
- eventos hidrológicos (inundaciones fluviales, desbordamiento de lagos, inundaciones urbanas...);
- otros eventos (tempestades magnéticas, fuegos forestales, árboles caídos...).

Cada uno de estos eventos puede ser dividido en elementos más específicos; por ejemplo, los eventos meteorológicos pueden dividirse en frentes calientes y fríos, tormentas ciclónicas, sistemas de vientos locales, lluvia, nieve, granizo, formación de hielo, etc. No obstante, como podemos ver en esta lista ejemplificativa, puede ser difícil separar completamente estos fenómenos entre sí (la lluvia puede seguir a un frente frío). En el contexto de la Guía de todos los peligros no es necesario desentrañar todas estas interdependencias, ya que la pieza metodológica central del modelo es el *fenómeno (peligroso) local* y sus impactos y no sus causas, que a veces son remotas. Los fenómenos locales se discutirán con más detalle en la sección siguiente.

2.2 Fenómenos locales

Al organizar el conjunto de fenómenos peligrosos locales en una lista, es posible identificar una importante diferencia entre peligros de origen humano y peligros naturales.

Todos los peligros enumerados a continuación se describen en detalle en las fichas técnicas sobre los peligros, que pueden ser consultadas online (www.alltrain-project.eu).

2.2.1 Peligros de origen humano

La Tabla 1 muestra la lista de peligros de origen humano, divididos según se deben a una acción intencional o no intencional. Muchos peligros son consecuencia de acciones intencionales o bien de acciones no intencionales (incendios). El marco de la *Guía de todos los peligros* se limita a cuestiones de seguridad (*security*), tal como fue definido en la introducción (peligros excepcionales naturales y de origen humano). Así, no se consideran los accidentes con vehículos normales. Con todo, el choque intencional y la amenaza representada por el peso o un tamaño excesivo de los vehículos son peligros excepcionales que no están cubiertos por las normas de diseño.

Tabla 1. Lista de fenómenos locales: Peligros de origen humano

Tipo de acción	Fenómeno local
Solo intencional	Choque intencional
	Sabotaje
	Robo
	Ataque cibernético
Solo no intencional	Tamaño excesivo del vehículo
	Peso excesivo del vehículo
Intencional/no intencional	Bloqueo
	Incendio
	Explosión
	Liberación de sustancias peligrosas

2.2.2 Peligros naturales

En la Tabla 2 se puede apreciar una lista de peligros naturales. La categoría de peligro de la columna de la izquierda se basa en las convenciones usadas en la investigación de peligros naturales. Las categorías de peligro no son congruentes con el concepto de eventos iniciales ofrecido anteriormente. Las avalanchas, por ejemplo, se encuadran dentro de los peligros gravitatorios. La gravitación, por ejemplo, no es el evento desencadenante o inicial o el elemento desencadenante en el sentido de la cadena secuencial.

Como se indica en la Sección 2.1 (eventos iniciales), muchos fenómenos locales no son desencadenados por un evento inicial único, sino por un conjunto de condiciones. Así, un fenómeno local puede incluir simultáneamente componentes naturales y de origen humano, como es el caso de una fractura en una presa. En este caso específico, se ha decidido tratar la fractura en una presa del mismo modo que los otros tipos de inundaciones, por motivos de simplicidad metodológica (peligro natural).

Tabla 2. Lista de fenómenos locales: Peligros naturales

Categoría del peligro	Fenómeno local	
Peligros meteorológicos	Viento extremo	Relámpagos
	Lluvia extrema	Tempestad de arena
	Caída extrema de nieve	Niebla
	Acumulación de nieve causada por el viento	Granizo
	Acumulación de arena	Temperaturas altas extremas
	<i>Storm surge</i> (sobreelevación del nivel del mar de origen)	Temperaturas bajas extremas
	Formación de hielo	
Peligros geofísicos	Temblor de tierra	Maremoto
	Deformación/desplazamiento del terreno	Corriente de lava
	Subsidencia del terreno	Lahar
	Licuefacción de suelo	Nube de cenizas
	<i>Sinkhole (cráter)</i>	
Peligros gravitatorios	Avalancha	Caída de rocas
	Flujos detríticos	Derrumbe de rocas
	Deslizamientos de tierra superficiales	Caída de barrancos
	Deslizamientos de tierra profundos	
Peligros hidrológicos	Inundación fluvial y desbordamiento de lagos	Inundación por aguas subterráneas
	Inundación súbita	Inundación repentina resultante de una rotura
	Inundación urbana	
Otros peligros	Árboles caídos	Apagón (corte de energía)
	Fuego forestal	Roedores
	Tempestad magnética	Paso no autorizado de animales

3. Categorización de la infraestructura y susceptibilidad a peligros específicos

3.1 Tipos de infraestructura

De acuerdo con el esquema conceptual básico adoptado en la cadena secuencial, a la caracterización de los eventos (peligros) potenciales que pueden comprometer la seguridad y la capacidad operativa de la infraestructura sigue la evaluación de las consecuencias locales inducidas por los impactos en cada tipo de infraestructura.

El objetivo general consiste en identificar el tipo de susceptibilidades potenciales asociadas a las vulnerabilidades de cada elemento de la infraestructura, teniendo en cuenta el tipo de impacto. Los impactos pueden también ocasionar consecuencias a los actores implicados y a la comunidad en general (consecuencias globales), que no son tenidas en cuenta.

Dentro del ámbito de la metodología, se ha seleccionado un conjunto de tipos de activos:

1. puentes
2. túneles
3. terraplenes
4. desmontes
5. sistemas centralizados

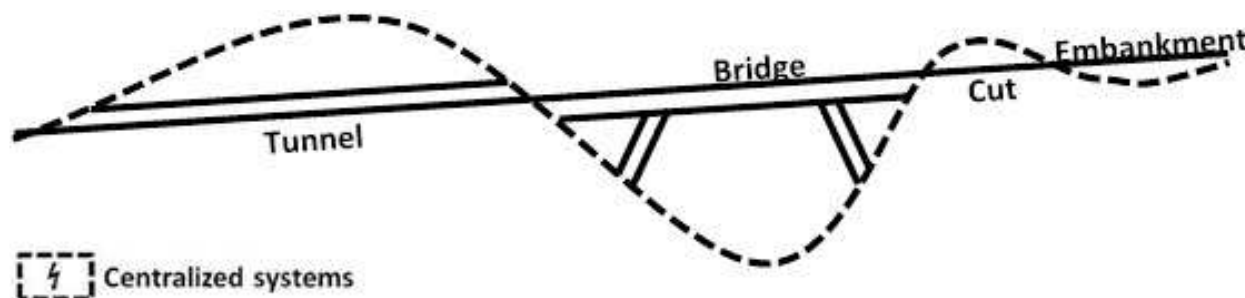


Figura 4. Principales tipos de activos considerados

Los primeros cuatro tipos de activos considerados (puentes, túneles, terraplenes y desmontes) pueden describirse, de modo general, como estructurales, si consideramos que forman la parte material estructural de la infraestructura de transporte (Figura 4). Los túneles y los puentes se utilizan para atravesar diferentes tipos de barreras. Los túneles son pasos subterráneos o sumergidos, excavados bajo la superficie (normalmente en montañas o zonas urbanas/sensibles), mientras que los puentes son estructuras construidas para atravesar obstáculos físicos, entre los que se incluyen masas de agua, valles o carreteras. Terraplenes y desmontes son usados para adaptar el terreno natural a los requisitos del perfil de la carretera/ferrocarril. En general, las secciones abiertas de carreteras o ferrocarriles pueden categorizarse como desmontes o como terraplenes o también como una sucesión de ambos. Los

desmontes implican excavar el terreno natural para reducir el nivel de la superficie, mientras que los terraplenes aumentan el nivel de la superficie. Todos estos tipos de activos pueden estar incorporados en los sistemas de transporte viarios, ferroviarios o mixtos.

Un **sistema centralizado** es un sistema compartido por más de un activo que posee gran importancia, ya que desempeña una función esencial a nivel de la operatividad del activo; en particular, comunicaciones, monitorización o control del tráfico, seguridad (*security*) o incluso el suministro de energía en el caso de sistemas de ferrocarriles. Aunque no se trate efectivamente de tipos de infraestructura, pueden verse afectados por todos los peligros considerados en esta guía. La incidencia de un peligro en un sistema centralizado tiene impactos semejantes en uno o más de los elementos de la infraestructura definidos, y sus consecuencias negativas potenciales son más graves en el caso de los ferrocarriles.

3.2 Condiciones básicas y factores principales

La categorización de la infraestructura se basa en el análisis de las infraestructuras de transporte operativas existentes. Para evaluar la vulnerabilidad a los peligros se tienen en cuenta las características de las infraestructuras, y se usa para ello una metodología común. Las medidas de reducción y/o prevención ya desarrolladas en el momento del análisis se consideran características de la infraestructura. Asimismo, cuando las medidas son inexistentes o insuficientes, al final del análisis se ofrecen consejos sobre qué medidas podrían llevarse a cabo para reducir o prevenir los impactos de un peligro específico. Estas medidas se discuten en las fichas técnicas sobre los peligros (ver Sección 5.2).

La **vulnerabilidad** se entiende como el grado de daño que podrán sufrir las infraestructuras como consecuencia de un impacto específico.

El proceso de categorización de la infraestructura prepara la información necesaria para la próxima etapa: la evaluación de las consecuencias locales. De acuerdo con la nueva metodología, esta categorización es el resultado de la combinación de dos importantes grupos de factores:

- **Tipo de impacto en la infraestructura. Se consideran tres tipos de impacto: obstrucción (del tráfico), impacto operativo e impacto estructural.**
 - **Obstrucción:** la presencia física inesperada de volúmenes de objetos extraños que ocupan total o parcialmente el espacio útil destinado al tráfico en la infraestructura. Ejemplos: caída de nieve o fragmentos de rocas y deslizamientos de tierra. Estos objetos extraños pueden colisionar con los vehículos.
 - **Impacto operativo:** la reducción, más o menos significativa, del equipo de la infraestructura funcionalmente esencial para el flujo del tráfico. Ejemplo: daños causados por relámpagos a un sistema de control de tráfico.
 - **Impacto estructural: Carga adicional (estática o dinámica) en la infraestructura y/o una reducción en la resistencia estructural. Ejemplo: el peso excesivo de vehículos puede causar un fallo de un elemento de la infraestructura.**
- **Tipo de consecuencia local en la infraestructura. Se consideran dos tipos fundamentales: daños, que necesitan reparación e implican costes de sustitución, e interrupción del servicio (o tiempo fuera de servicio).**

- **Costes de reparación y de sustitución:** daños físicos en la infraestructura que necesitan reparación y/o sustitución de componentes o incluso la sustitución parcial o total del elemento de la infraestructura. Se considera que estos costes se cuantificarán probablemente en una unidad monetaria (ej. euros) o utilizando factores adimensionales como una función de un valor expuesto de referencia del activo.
- **Tiempo fuera de servicio:** interrupción parcial o total del tráfico o del servicio normal de la infraestructura, que forma parte de una red de infraestructura de transporte. Este efecto causará diferentes daños a los usuarios y a la comunidad, así como a la entidad que gestiona la infraestructura, y es, por tanto, un componente de la consecuencia global, cuya evaluación se encuadra fuera del ámbito de la metodología.

Por cuestiones prácticas, el análisis considera únicamente el tiempo fuera de servicio, al tratarse de un parámetro más fácil de calcular que los costes de reconstrucción, ya que depende menos de la escala y del país y, también, porque en la mayoría de los casos existe una correlación entre los dos tipos de consecuencias locales. Así, se asume que el tiempo fuera de servicio es adecuado para representar la consecuencia local en su totalidad.

La relación entre estos dos grupos de factores depende de las diversas **vulnerabilidades** asociadas a cada tipo de activo y a cada tipo de peligro. Estas vulnerabilidades han sido agrupadas en un pequeño conjunto de factores:

- **Factores estructurales**, entre los que se incluyen las características de vulnerabilidad consideradas significativas asociadas a la estructura física, al sistema mecánico que constituye el elemento de la infraestructura. Estas características afectarán a sus susceptibilidad frente a los impactos considerados. Ejemplo: el tipo de material estructural.
- **Factores naturales**, entre los que se encuentran las características del medio natural en que se sitúa el elemento de la infraestructura, consideradas significativas en su comportamiento inducido por el impacto. Ejemplo: las características geológicas del lugar.
- **Factores de tráfico**, entre los que se incluyen las principales características del tráfico en el elemento de la infraestructura que pueden influenciar significativamente los efectos no estructurales (interrupción). Ejemplo: el modo de tráfico, carretera o ferrocarril.
- **Factores operativos locales**, que indican la existencia o no de un sistema de comunicaciones que monitoriza el elemento de infraestructura o el control de tráfico, un sistema de seguridad (*security*) o suministro de energía, en el caso de las redes de ferrocarril, conectado a un sistema centralizado.

3.3 Categorización

Basándonos en la experiencia y comprensión fundamental del comportamiento de los elementos de la infraestructura, se consideran puntos relevantes para las cuatro principales categorías de factores de vulnerabilidad: los factores estructurales, naturales, de tráfico y operativos locales. Los aspectos proporcionados describen los activos para un análisis exhaustivo de las consecuencias locales en materia de costes y tiempo, aunque el análisis en este caso considere solo un aspecto: el tiempo.

En las páginas siguientes se describen varios factores que han sido usados para categorizar cada uno de

los cinco tipos de activos. Puede consultarse online una lista más detallada y exhaustiva (www.alltrain-project.eu).

Terraplenes

Los factores que determinan la vulnerabilidad física de los terraplenes incluidos en las redes viarias o ferroviarias incluyen, como factores estructurales, el tipo de construcción, las principales características geométricas y los sistemas de drenaje. También se considera el tipo de vía o suelo y la existencia de estructuras auxiliares del sistema ferroviario. Los otros factores son los mismos que los usados en el caso de los túneles, es decir, las características geológicas/geotécnicas e hidrológicas en el lugar, en la superficie y debajo de esta, en lo que concierne a los factores naturales, y la categoría, tipo y volumen de tráfico y conexión a un *hub*, en lo que concierne a los factores de tráfico. Los factores operativos locales identifican la posible existencia de sistemas adyacentes a la infraestructura que están conectados a otras secciones de la carretera/ferrocarril.

Desmontes

Dentro de los factores que determinan la vulnerabilidad física de los desmontes en las redes viarias o ferroviarias se incluyen el tipo de construcción, las principales características geométricas (inclinación lateral y profundidad), el sistema de drenaje y el sistema de soporte. También se considera el estado estructural, el tipo de vía o suelo y la existencia de estructuras auxiliares. Otros factores son los mismos que los usados en el caso de los túneles y terraplenes, es decir la categoría, tipo y volumen de tráfico y conexión a un *hub*, en lo que respecta a los factores de tráfico; y las características geológicas/geotécnicas e hidrológicas en el lugar, en la superficie y bajo la superficie, en lo que respecta a los factores naturales. Se incluye un factor natural adicional para caracterizar la inclinación natural. Los factores operativos locales identifican la posible existencia de sistemas adyacentes a la infraestructura que están conectados a otras secciones de la carretera/ferrocarril.

Puentes

Los factores que deben considerarse para la evaluación de la vulnerabilidad física de los puentes que forman parte de redes viarias o ferroviarias incluyen el tipo de construcción del puente –descrito por el sistema de construcción–, la sección transversal, las principales características geométricas (vano, altura y largo), la condición estructural, la ubicación de los pilares, el sistema de cimentación, el tipo de vía o suelo, y la existencia de estructuras auxiliares (para el modo ferroviario). Los factores naturales residen en las características de las cimentaciones y de la superficie que el puente atraviesa, mientras que los factores de tráfico son los que describen las características específicas del tráfico local (en el puente y también debajo del puente), tipo y volumen, así como la conexión o no a un *hub*. Los factores operativos locales identifican la posible existencia de sistemas adyacentes a la infraestructura que están conectados a otras secciones de la carretera/ferrocarril.

Túneles

Los factores que determinan la evaluación de la vulnerabilidad física de los túneles que forman parte de las redes viarias y ferroviarias incluyen, en lo que respecta a los factores estructurales, el tipo de construcción del túnel (sistema de construcción y sección transversal), las principales características geométricas (largo, área de la sección transversal y espesor del recubrimiento) y las características

específicas que pueden afectar a su rendimiento frente a algunos de los peligros considerados: sistemas de drenaje y ventilación, sistemas de detección de emergencias y protección contra incendios y condición estructural. Se considera asimismo el tipo de revestimiento, el tipo de vía o suelo y la existencia de estructuras auxiliares. Los factores naturales son las características geológicas/geotécnicas e hidrológicas del lugar; en el segundo caso, tanto en superficie como bajo ella. Los factores de tráfico son los que describen las características del tráfico local (categoría, tipo y volumen) que pueden influir seriamente en los efectos de la ocurrencia de un impacto específico y la existencia de una conexión a un *hub* o no. Los factores operativos locales identifican la posible existencia de sistemas adyacentes a la infraestructura que están conectados a otras secciones de la carretera/ferrocarril.

Sistemas centralizados

Los factores que determinan la vulnerabilidad física de los sistemas centralizados comprendidos en las redes viarias o ferroviarias –ubicados lejos de cualquier puente, túnel, terraplén o desmonte– incluyen factores estructurales, naturales y de tráfico. Los factores estructurales que describen los sistemas centralizados incluyen el tipo de construcción y la condición de la construcción, el sistema de cimentaciones y la posible existencia de acceso remoto. Los factores naturales identifican las condiciones geológicas/geotécnicas y el perfil de superficie del terreno en el lugar. Los factores de tráfico caracterizan el volumen medio del tráfico controlado por el sistema centralizado o que depende de este.

Vulnerabilidades peligros. Ejemplo

A título de ejemplo de utilización de tablas y factores de vulnerabilidad, se considera la vulnerabilidad de un terraplén al peligro de subsidencia del terreno. Los factores seleccionados se muestran en la Tabla 3 y han sido identificados por su relevancia en el tiempo fuera de servicio.

La magnitud del impacto en el tiempo fuera de servicio causado por las consecuencias locales de la subsidencia del terreno en un terraplén depende significativamente de algunos de los factores estructurales que describen las principales características físicas del activo construido y que son relevantes para este peligro específico. Se incluyen el tipo de construcción y, especialmente, la altura del terraplén, aunque también las características de la vía, que constituyen un factor crítico para la deformación del terreno. De hecho, aunque una vía sin balasto pueda soportar mejor pequeñas deformaciones, si estas exceden un determinado nivel y afectan a la integridad estructural de la vía, el tiempo fuera de servicio puede aumentar significativamente.

Por otra parte, la subsidencia del terreno está determinada principalmente por las condiciones geotécnicas, geológicas e hidrológicas locales, con suelos blandos, niveles freáticos rasos y suelos sensibles al agua que crean las condiciones para que el peligro cause consecuencias locales significativas.

Aunque, en algunos casos, otros factores puedan tener alguna relevancia positiva o negativa, su significancia es menor y puede ser considerada diferentemente.

Tabla 3. Factores que describen los terraplenes en relación a la subsidencia del terreno (solo tiempo fuera de servicio)

Factores estructurales	
<i>Tipo de construcción</i>	Influye en la magnitud del impacto
<i>Altura</i>	Influye significativamente en la magnitud del impacto
<i>Tipo de vía/suelo</i>	Influye significativamente en la magnitud del impacto
Factores naturales	
<i>Condiciones de las cimentaciones geológicas y</i>	Influye directamente en la posibilidad de que ocurra el peligro.
<i>Condiciones hidrológicas</i>	Influye directamente en la posibilidad de que ocurra el peligro.
<i>Suelo sensible al agua</i>	Influye directamente en la posibilidad de que ocurra el peligro.
Factores de tráfico	
<i>No aplicable (de importancia secundaria)</i>	
Factores operativos locales	
<i>No aplicable (de importancia secundaria)</i>	

4 Metodología de evaluación. Principios fundamentales

4.2 Concepto de la metodología de evaluación

La metodología de evaluación es la pieza central de AllTrain –corresponde a la caja representada en el centro del enfoque de entrada doble en la Figura 1–. En función del enfoque de entrada doble, el modelo de evaluación permite al usuario final:

- introducir un elemento de la infraestructura y obtener información sobre los peligros relevantes (primera entrada);
- introducir un peligro específico y obtener información sobre tipos de elementos de infraestructura particularmente susceptibles (segunda etapa).

Así, la tarea de la metodología de evaluación es asociar los peligros (Capítulo 2) a los activos (Capítulo 3) de un modo significativo, es decir, de forma que la realidad sea representada de un modo razonable y que añada valor para los operadores de la infraestructura. Para lograr este objetivo son necesarios los siguientes pasos:

- El primer paso consiste en entender cómo los peligros, impactos y daños se relacionan causalmente entre sí. El número de combinaciones posibles entre peligros, subtipos de infraestructuras y diversas condiciones es muy amplio. Uno de los principales desafíos de AllTrain es establecer un modelo que pueda acomodar la complejidad de estas interacciones, pero limitando en lo posible el número de combinaciones irrelevantes y redundantes. La Sección 4.2 describe el enfoque elegido, mientras que la Sección 4.3 ilustra cómo se ha aplicado el modelo – es decir, cómo ha sido completado con información factual– con ayuda de dos ejemplos.
- Tras el desarrollo del modelo y la introducción de información en el mismo, el siguiente desafío fue hacer accesible el conocimiento contenido en el modelo a los usuarios finales, es decir, a los operadores de la infraestructura viaria y ferroviaria de Europa. Con ese propósito, se ha desarrollado una herramienta de software que permite que los usuarios finales obtengan información sobre peligros relevantes para un determinado elemento de la infraestructura (primera entrada del enfoque de entrada doble, descrito en la Sección 5.1.).
- La segunda entrada del enfoque de entrada doble consiste en seleccionar un peligro específico a fin de obtener información sobre tipos de infraestructura particularmente susceptibles. Para hacer accesible esta entrada al usuario final se han creado fichas técnicas sobre los peligros para cada peligro, igualmente sobre la base del modelo de evaluación (Sección 5.2.).

4.3 Concepto de los árboles de peligro

En la perspectiva de un usuario final (*front-end*), el modelo AllTrain es una herramienta que puede identificar peligros para un determinado elemento de la infraestructura y viceversa –puede identificar tipos de infraestructura susceptibles a un determinado peligro (véase la Figura 1)–.

En la perspectiva del *back-end*, esto requiere asociar los peligros (fenómenos locales) enumerados en el Capítulo 2 a los tipos de infraestructura descritos en el Capítulo 3. Dada la multitud de características de las infraestructuras, el número de combinaciones potenciales puede ser muy elevado. Para generar el modelo de evaluación es necesario identificar las combinaciones relevantes de forma eficiente. La

eficiencia es esencial para el paso siguiente, en el que a cada combinación peligro-infraestructura se añade conocimiento especializado sobre posibles impactos y consecuencias.

El enfoque elegido utiliza, como punto de partida, los peligros (fenómenos locales) mostrados en las Tablas 1 y 2. Su principal ventaja reside en que los activos (elementos de la infraestructura) son solo subdivididos en función de factores estructurales y otros factores relevantes para los fenómenos locales específicos en cuestión. Por ejemplo, la división de un terraplén de una vía férrea en las secciones electrificadas/no electrificadas es extremadamente relevante si el fenómeno local es la formación de hielo, pero es menos relevante si se refiere a la acumulación de nieve. Este enfoque puede albergar un nivel discrecional de detalle, permitiendo al mismo tiempo que se evite información redundante y nula.

La Figura 5 ofrece un modelo para generar e introducir información en el modelo de evaluación para un fenómeno local: a la izquierda tenemos los precursores del fenómeno local (criterio de disposición, factores desencadenadores, medidas de protección); a la derecha, eventos posteriores y factores estructurales. Los precursores pueden dividirse en precursores adicionales, y los eventos posteriores pueden ser divididos en eventos posteriores adicionales. En principio, este enfoque corresponde a un análisis de árbol de fallos y de árbol de eventos (FTA/ETA): Con todo, el lado derecho del enfoque AllTrain representado en la Figura 5 no corresponde a un árbol de eventos, en sentido estricto, ya que las bifurcaciones no tienen como base únicamente eventos, sino una mezcla de factores estructurales y eventos. En el contexto de AllTrain, el término «árbol de peligros» hace referencia al enfoque descrito.

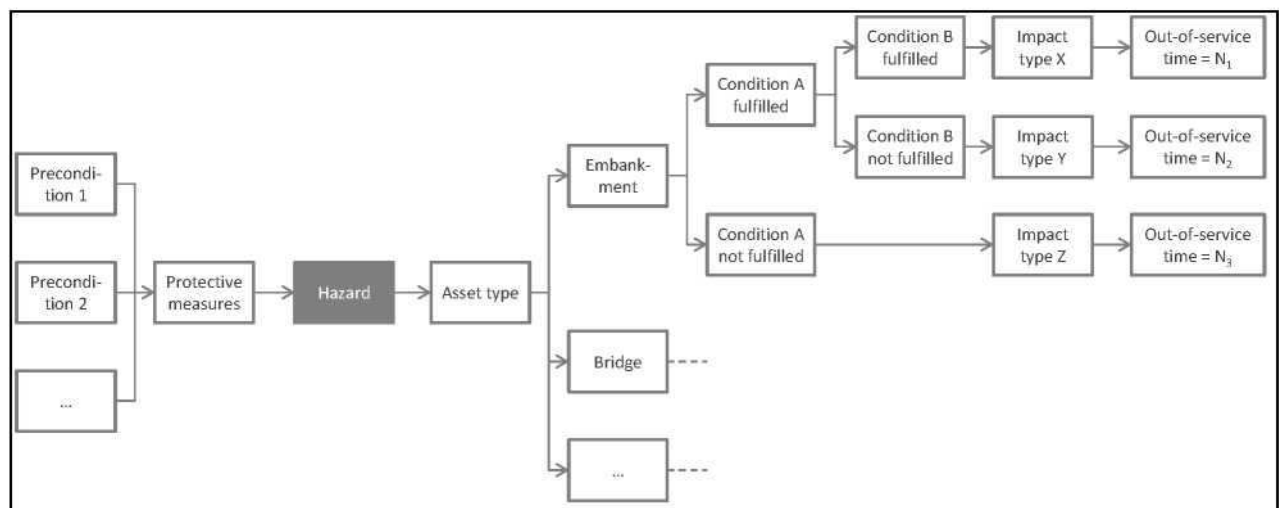


Figura 5. Esquema general de un árbol de peligros

5 Metodología de evaluación. Aplicación

Tal como se desprende de la Figura 1, existen dos formas posibles de utilizar la metodología de evaluación (enfoque de entrada doble):

- introducir un activo específico para obtener información sobre los peligros relevantes (primera entrada);
- introducir un peligro específico para obtener información sobre tipos de activos particularmente susceptibles (segunda etapa).

La AllTrain Tool es una aplicación de fácil uso que implementa la primera entrada (Sección 5.1.)

Las *Fichas técnicas sobre peligros* son un conjunto enciclopédico de descripciones de peligros; corresponden a la segunda entrada (Sección 5.2).

5.1 AllTrain Tool

Los árboles de peligros descritos en el capítulo anterior contienen la información necesaria para identificar los peligros y consecuencias relevantes para un determinado elemento de la infraestructura (primera entrada del concepto de entrada doble AllTrain). AllTrain Tool permite que el usuario final acceda a este conocimiento online en www.alltrain-project.eu junto con un breve manual.

En general, puede decirse que los árboles de peligros han sido desarrollados a partir del centro (peligro) en dirección a las ramas (precursores y eventos posteriores/factores estructurales). La aplicación permite que el usuario haga lo contrario:

- seleccione un conjunto de factores estructurales y eventos posteriores; y
- seleccione un conjunto de precursores de peligros (criterios de disposición, desencadenadores, medidas protectoras),

y obtenga información sobre peligros posibles y las consecuencias esperadas. Al procesarse un gran número de árboles de peligro cada vez que el usuario selecciona una nueva combinación de factores estructurales y precursores de peligros, el proceso no es simple.

AllTrain Tool es un mecanismo de recomendación similar a un asistente que asocia activos a los peligros relevantes. Los mecanismos de recomendación son herramientas y técnicas informáticas que sugieren elementos potencialmente útiles a un usuario. Su uso en la ingeniería civil ha aumentado en los últimos tiempos. Ello se debe a que los usuarios se benefician tanto en tiempo como en coste, ya que toman decisiones más precisas en relación al conocimiento del dominio disponible.

La aplicación está formada por dos partes: la primera parte es un algoritmo de aprendizaje de árboles de decisión basado en ontología que ha sido entrenado por las ontologías y datos resultantes incluidos en los árboles de peligros; una segunda parte especifica los parámetros intrínsecos. El usuario define la infraestructura del tráfico, los impactos aceptables, las formaciones y condiciones ambientales que pueden desencadenar peligros y el tiempo de recuperación aceptable.

El software está escrito en HTML5, para que se pueda acceder al contenido desde cualquier ordenador personal, lo que hace innecesario su instalación. HTML5 también proporciona una mejor experiencia al usuario, con un diseño más interesante.

El *front-end* ayuda al usuario a desarrollar un vector de características mediante un sistema similar a un asistente en el que el usuario introduce las características del activo en cuestión. Para el *back-end* se han entrenado dos algoritmos de aprendizaje automático de árboles de decisión usando un producto AllTrain convertido en diccionarios electrónicos. Los algoritmos de aprendizaje automático eliminan los peligros que no pueden ser clasificados de acuerdo con el vector de características producido por el usuario. El primer algoritmo ha sido entrenado usando las características de los activos (elementos de las infraestructuras). Los datos sobre el tipo de infraestructura y sobre los diversos factores, incluyendo los factores estructurales, se usan para eliminar los peligros que no afectan al tipo respectivo de infraestructura. Los factores estructurales visualizados también se ven afectados por la infraestructura definida por el usuario (vector de características), en la medida en que son o no capaces de afectar a la eliminación de un peligro.

El segundo peligro del árbol de decisión fue entrenado a partir de combinaciones críticas entre diferentes factores ambientales y si son capaces o no de eliminar un peligro. Por ejemplo, una pendiente pronunciada y la ausencia de un bosque protector son determinantes para una avalancha.

Los peligros finales visualizados se generan a través de la fusión de las dos listas de peligros resultantes.

5.2. Fichas técnicas sobre los peligros

La segunda tarea del enfoque de entrada doble consiste en identificar todas las características que hacen que un activo sea susceptible a un determinado tipo de fenómeno peligroso local (segunda entrada del concepto de entrada doble).

Al contrario que en la primera entrada (todos los peligros para un determinado activo), el acceso del usuario a la segunda entrada no es facilitado mediante una aplicación, sino por medio de fichas técnicas.

Estas fichas técnicas ofrecen una visión general sobre:

- la fenomenología general (descripción)
- los criterios de disposición del peligro
- los umbrales internos (desencadenadores) o los desencadenadores externos
- la relevancia sobre diferentes tipos de infraestructura
- posibles medidas de protección

La Figura 6 muestra la ficha técnica para los flujos detríticos (peligro natural).

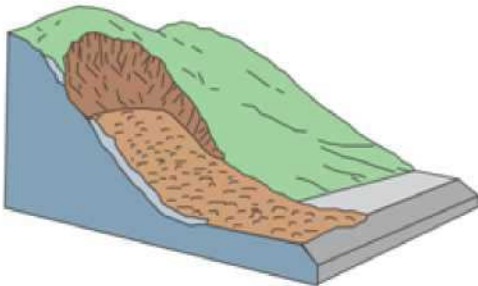

Local Phenomenon No. 24:		Debris flow	
Hazard category:		Gravitational hazards	
Description: Debris flow is the downslope mass movement, by either inertial or viscous processes at velocities greater than those of creep or solifluction, of a non-Newtonian slurry of a plastic mixture of water and generally coarse, poorly sorted sediment; debris-flow slurries, depending on the particle-size distribution of the sediment, typically range from 50 to 80 % sediment by volume. Debris flows follow unusually heavy rainfall or the sudden thaw of frozen ground and are capable of carrying large boulders. They commonly cut V-shaped channels, at the sides of which coarser material may accumulate as the more fluid central area moves down-channel. Debris may travel over many kilometers.			
Disposition criteria:		Triggering Event:	
<ul style="list-style-type: none"> - Geology - Potential for debris - Soil saturation - Relief - Type of debris 		<ul style="list-style-type: none"> - Intense rainfall - Long-lasting rainfall - Hail - Snowmelt 	
Relevance for:		Main effects on infrastructure:	
<ul style="list-style-type: none"> - Bridges - Embankments - Tunnels - Bridges - Centralized Systems 		Debris flows can provoke severe structural damage and even the collapse of bridges due to the impact of the mixture of solids (rock blocks) and water. Roads and railways can also be put out of service due to the deposition of large volumes of solid material.	
Measures:			
<ul style="list-style-type: none"> - Check dams - Deviating channels - Water deflecting structure (dyke) 		<ul style="list-style-type: none"> - Debris flow deflecting structures (barrier, shelter and bridge) - Log erosion barrier 	
Picture/scratch:			
			

Figura 6. Flujos detríticos: Ficha técnica

6 Identificación de medidas posibles

6.1. Posibilidades para el desarrollo de medidas

La metodología propuesta considera que las medidas potenciales de disminución y prevención introducidas, en el momento de la construcción y/o existentes en el momento del análisis, son características de la infraestructura. De ese modo, los árboles de peligro incluyen una búsqueda sobre medidas tras el establecimiento del peligro y antes de la caracterización del activo (elemento de la infraestructura.)

6.2 Tipos de medidas

Este capítulo tiene como objetivo identificar y definir posibles medidas para reducir o prevenir el impacto de los peligros definidos en esta guía, para cada tipo de activo de transporte estudiado.

Las medidas ofrecidas pueden ser estructurales, operativas, u organizativas, y se destinan únicamente a prevenir o reducir los peligros y sus impactos desde el punto de vista de las consecuencias locales abarcadas por este proyecto: daños en la infraestructura e interrupción del servicio. Es decir, este enfoque no considera las consecuencias globales ni las posibles pérdidas humanas.

6.2.1 Medidas generales

Existe un grupo de medidas de prevención y reducción que pueden ser aplicadas a todos los tipos de infraestructura, independientemente del peligro considerado. Estas medidas pueden ser vistas como buenas prácticas generales de uso extensivo en el área de la gestión de activos de la infraestructura de transporte.

- Redundancia del tráfico
- Instalación de sistemas (automáticos) de monitorización - CCTV
- Planificación del uso del suelo
- Sistemas de alerta precoz para desastres naturales

6.2.2 Medidas específicas de prevención y reducción

Se ha desarrollado una lista de medidas específicas para cada uno de los peligros naturales y de origen humano estudiados para prevenir o reducir los impactos de cada peligro. Estas medidas pueden consultarse online en www.alltrain-project.eu incluidas en los siguientes documentos:

- las fichas técnicas sobre los peligros (véase Figura 6)
- el *Catálogo de medidas*, donde se describen detalles adicionales

7 Conclusiones

La *Guía de todos los peligros* es una guía práctica y de fácil uso que puede ser usada por los propietarios y operadores públicos y privados de las infraestructuras viarias y ferroviarias de Europa, así como por las autoridades responsables del desarrollo del marco regulador para la disponibilidad y/o seguridad de las infraestructuras de transporte.

La guía identifica, por una parte, los peligros específicos que potencialmente pueden tener impacto significativo en una determinada infraestructura; y, por otra, los elementos de la infraestructura en la red susceptibles de un peligro específico.

Con ayuda de la *Guía de todos los peligros* es posible evaluar cualitativamente las estructuras viarias y ferroviarias en relación a todos los peligros posibles, incluyendo peligros de origen humano intencionales y no intencionales y peligros naturales.

A medio y largo plazo, la guía contribuirá a una estrategia mejor coordinada de prevención, preparación y gestión de las consecuencias en materia de terrorismo y otros riesgos relacionados con la seguridad para las infraestructuras críticas de transporte en Europa.

Información sobre el proyecto

AllTrain: *Guía de todos los peligros para las infraestructuras de transporte*

Duración del proyecto

01/07/2013 - 31/06/2015



Con el apoyo financiero del Programa para la Prevención, Preparación y Gestión de las Consecuencias en materia de Terrorismo y otros riesgos relacionados con la Seguridad (CIPS)

Comisión Europea - Dirección General de Asuntos Internos

Socios del proyecto



Federal Highway Research Institute

BruderstraRe 53
D-51427 Bergisch Gladbach
Alemania
www.bast.de



ILF Consulting Engineers

HarrachstraRe 26
A-4020 Linz Austria
www.ilf.com



CENOR Consulting Engineers, S.A.

Rua das Vigias, N.º 2, Piso 1, Parque das Nações
P-1990-506 Lisboa
Portugal



Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

Lisenska 33a
CZ-636 00 Brno
República Checa
www.cdv.cz

Coordinador del proyecto:

Federal Highway Research Institute
BruderstraRe 53
D-51427 Bergisch Gladbach
Alemania
alltrain@bast.de