

JST | SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE



INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL DE SUCESO AUTOMOTOR

Expediente: EX-2022-15889529- -APN-DNISAU#JST

Suceso: accidente

Título: 83. ISO. Cargas. Colisión múltiple e incendio. Panamericana II. Buenos Aires

Resultados: tres personas lesionadas y cuatro personas fallecidas

Lugar: Ruta Nacional 9, kilómetro 37

Fecha y hora: 7 de febrero de 2022 22:06 (UTC-3)

Vehículos: Tres vehículos de cargas, dos vehículos particulares

Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Automotores

**primero
la gente**



Ministerio de Transporte
Argentina

Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

www.argentina.gob.ar/jst

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: 83. Cargas. Colisión múltiple e incendio. Panamericana II. Buenos Aires. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2023.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst



ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	5
RESUMEN.....	6
1. NOTA INTRODUCTORIA	7
1.1. PRESENTACIÓN DE LA JST	7
1.2. PREMISAS DEL MODELO SISTÉMICO.....	7
1.3. ACCIONES DESARROLLADAS	9
2. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	9
2.1. RESEÑA DEL SUCESO	9
2.2. RESULTADOS DEL ACCIDENTE	12
2.2.1 Lesiones a las personas	12
2.2.2. Daños en los vehículos	13
2.2.3. Daños a la infraestructura y al ambiente	18
2.3. ASPECTOS RELATIVOS A LA ASISTENCIA POSACCIDENTE	21
2.4. ASPECTOS DE LA INFRAESTRUCTURA Y DEL ENTORNO, VEHÍCULOS Y OPERADORES DE PRIMERA LÍNEA.....	22
2.4.1. Características de la vía y del entorno.....	22
2.4.2. Aspectos de los vehículos involucrados	33
2.4.3. Condiciones y acciones de los operadores de primera línea	37
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS OPERADORAS DE LOS SERVICIOS	39
2.6. FACTORES EXTERNOS A LA ORGANIZACIÓN (GUBERNAMENTALES, REGULATORIOS Y SOCIALES).....	40
2.6.1. Actores vinculados al diseño y gestión de la vía	40
2.6.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE LA VÍA POR PARTE DEL CONCESIONARIO.....	43
2.6.3. FACTORES REGULATORIOS PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN EN MEDIANA	48



2.6.4. Factores regulatorios para el diseño e instalación de la señalización horizontal y Vertical.....	51
2.7. DIAGRAMA DE FACTORES ORGANIZACIONALES Y FACTORES HUMANOS ASOCIADOS VINCULADOS AL SUCESO	52
3. ANÁLISIS DE DATOS	52
3.1. FACTORES DESENCADENANTES	53
3.2. CONDICIONES LATENTES	53
3.2.1. Factores relativos al diseño de la vía	53
4. HALLAZGOS	64
4.1. HALLAZGOS VINCULADOS A FACTORES RELACIONADOS CON EL ACCIDENTE	64
5. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	65
6. FUENTES DE INFORMACIÓN	66
6.1. ENTREVISTAS	66
6.2. INFORMES RECIBIDOS.....	66
6.3. NORMATIVA	67
6.4. PÁGINAS WEB.....	67
6.5. VISITAS AL LUGAR DEL ACCIDENTE	67
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
8. ANEXOS.....	70
8.1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL, CÁLCULO DE LA VELOCIDAD Y PARÁMETROS DE LA CURVA	70
8.2. RELEVAMIENTO POSTERIOR AL ACCIDENTE.....	79
8.3. ACCIDENTOLOGÍA	80

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AUSOL: Autopistas del Sol SA

CENT: Consultora Ejecutiva Nacional de Transporte

CNRT: Comisión Nacional de Regulación del Transporte

DNV: Dirección Nacional de Vialidad

LiNTI: Licencia Nacional de Transporte Interjurisdiccional

RTO: Revisión Técnica Obligatoria

RUTA: Registro Único de Transporte Automotor

TDMA: Tránsito diario medio anual

A/D: A determinar

RESUMEN

En este informe se detallan los hechos y circunstancias en torno al suceso automotor ocurrido el 7 de febrero de 2022, aproximadamente a las 22:06, en el kilómetro 37 de la autopista Ruta Nacional 9. Se trata de un camión Iveco con semirremolque (dominios AE250FP–AC234YA) que, al circular con sentido hacia la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, invadió la mano opuesta y generó una colisión múltiple que involucró un camión Scania con semirremolque (dominios AE504RC y NVL927), un camión Volkswagen con semirremolque (dominios EZW162 y AA331JR), un Renault 19 (dominio AOJ139) y un Ford Ka (dominio AD005FB). Producto del primer impacto, se produjo un incendio que se propagó y afectó a todos los vehículos involucrados. Como resultado del suceso, cuatro personas fallecieron y dos fueron lesionadas.

En el informe se identifica como hallazgo principal una debilidad en el sistema de transporte asociada a las características particulares de la infraestructura vial. Específicamente se emiten dos Recomendaciones de Seguridad Operacional dirigidas a la empresa concesionaria Autopistas del Sol SA a la señalización vertical y horizontal y a las barreras de contención en la mediana. También se emite una Recomendación de Seguridad Operacional dirigida a la Dirección Nacional de Vialidad para la unificación de las normas aplicables para el diseño, implantación y mantenimiento de barreras de contención lateral y en mediana.

1. NOTA INTRODUCTORIA

1.1. Presentación de la JST

En el año 2019, al declararse la política de seguridad en el transporte como objeto de interés público nacional, se creó la Junta de Seguridad en el Transporte (JST), organismo independiente y descentralizado que funciona en la órbita del Ministerio de Transporte de la Nación (Ley N.º 27514).

El objetivo de la Junta es contribuir al desarrollo de políticas que aporten a consolidar un sistema de transporte seguro, eficiente y sustentable. Su línea de acción consiste en investigar con un carácter estrictamente técnico los factores relacionados con accidentes e incidentes. Dichas investigaciones no condicionan ni prejuzgan cualquier otra de índole administrativa o judicial, encontrándose prohibida la determinación de responsabilidades civiles o criminales. La Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Automotores (DNISAU) asume la responsabilidad de esta tarea para el caso del transporte automotor de pasajeros y de cargas de Jurisdicción Nacional e Internacional que al momento del accidente o incidente estuviesen en ocasión de servicio y que como resultado presentaran daños severos a las personas, a la infraestructura o al ambiente.

Los hallazgos realizados por la JST constituyen insumos para producir Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO), dirigidas a fortalecer el sistema para evitar la ocurrencia de sucesos en el transporte o mitigar sus potenciales consecuencias.

1.2. Premisas del modelo sistémico

La investigación desarrollada por la JST se enmarca en el modelo de análisis sistémico que delimita los métodos y técnicas utilizadas para abordar sucesos ocurridos en sistemas sociotécnicos complejos como lo es el transporte automotor (JIAAC, 2020; Reason, 2008; Salmon y Lene, 2015).

Desde esta perspectiva se asume que un accidente o incidente es el resultado de la combinación de factores desencadenantes, condiciones latentes y debilidades en las

defensas del sistema. Cada uno de estos es necesario para su ocurrencia, pero ninguno por sí solo es suficiente para que se produzcan (Rasmussen, 1997).

Los factores desencadenantes aluden a la presencia de fallos mecánicos, ambientales y humanos que tienen una contribución inmediata en la generación de un accidente o incidente y están espacialmente ubicados en la escena del hecho (Covello, 2021). Las condiciones latentes refieren a un conjunto de Factores Humanos (FF. HH.) y Factores Organizacionales (FF. OO.) que están temporalmente alejados del suceso, pero inciden sobre los niveles de seguridad del sistema y coadyuvan a la producción de fallas inmediatas (Turjanski y Covello, 2014). Las defensas son las herramientas elaboradas dentro del sistema para impedir o mitigar la influencia de las fallas inmediatas y garantizar la seguridad de las personas y los bienes (por ejemplo, tecnologías, entrenamiento, y procedimientos) (Reason, 2008).

La contribución del enfoque sistémico en la investigación de sucesos automotores es tanto teórica como metodológica y práctica. Este promueve el desarrollo de recomendaciones de amplio alcance, las cuales no se restringen a condiciones inmediatas, individuales o específicas de un suceso (el comportamiento individual de los conductores), sino que contribuyen a una mejora del sistema y, en este sentido, se orientan a prevenir futuros accidentes o atemperar sus resultados.

El contenido que aquí se presenta incluye una descripción y análisis de la información recolectada por el equipo de investigación del organismo. Complementariamente, se incorporan datos que provienen de otras fuentes y resultan pertinentes para organizar los resultados (por ejemplo, normativas nacionales, reportes de organismos gubernamentales, empresas del sector, medios de prensa). Sobre esta base, el informe identifica las condiciones latentes para profundizar su análisis a nivel del sistema de transporte automotor. Este Informe Final de Seguridad Operacional culmina con la presentación de los hallazgos y las recomendaciones emitidas por la JST.

1.3. Acciones desarrolladas

En este apartado se describen las acciones desarrolladas durante el proceso de investigación según el tipo de acción y el período que permitieron obtener datos sobre cada nivel (resultado, FFHH y FFOO) para arribar a una descripción detallada del suceso.

Tabla 1. Acciones desarrolladas durante el proceso de investigación

Tipo	Detalle	Período
Relevamientos de campo	Asistencia al lugar del suceso	
	Relevamiento fotográfico	
	Relevamiento planimétrico	8 de febrero de 2022
	Visita a la comisaría 3° de Garín	
	Visita a la Policía Científica de Escobar.	
	Relevamiento de la barrera de contención.	10 de mayo 2022
	Relevamiento de modificaciones en la señalización	31 de mayo 2023
Pedidos de información a organismos y empresas	ANSV	4/2022 y 5/2022
	AUSOL	2/2022, 9/2022, 12/2022 y 1/2023
	UFI 5 Escobar	2/2022 y 3/2022
	Dirección Nacional de Vialidad	3/2022 y 4/2022
	Empresa de transporte	03/2022
Entrevistas	Áreas de la empresa concesionaria de la vía	8/09/2022
		1/02/2023

2. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

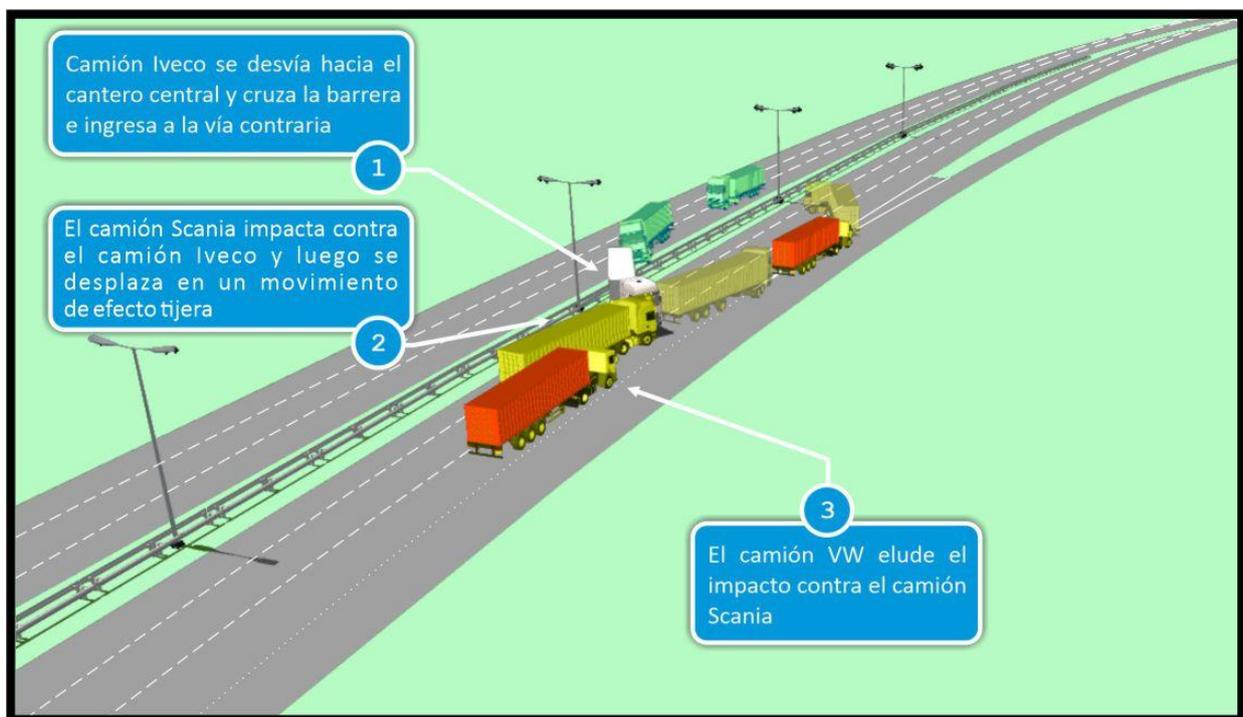
2.1. Reseña del Suceso

El 7 de febrero de 2022 aproximadamente a las 22:06, conforme Hora Oficial Argentina (HOA), en el kilómetro 37 de la autopista Ruta Nacional 9, un camión Iveco con semirremolque (Vehículo 1) circulaba hacia la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) cuando se direccionó sin control hacia el centro de la vía, aplastó la barrera metálica doble faz de contención en la mediana, cruzó e invadió la mano contraria y desencadenó una colisión múltiple producto del impacto con un camión Scania con semirremolque (Vehículo 2) que provocó una serie de colisiones en las que

participaron un camión Volkswagen 17220 con semirremolque Grassani (Vehículo 3), un Renault 19 (Vehículo 4) y un Ford Ka (Vehículo 5). Luego del primer impacto se inició el incendio que se extendió a todos los vehículos involucrados. Como resultado del accidente, cuatro personas fallecieron y dos fueron lesionadas.

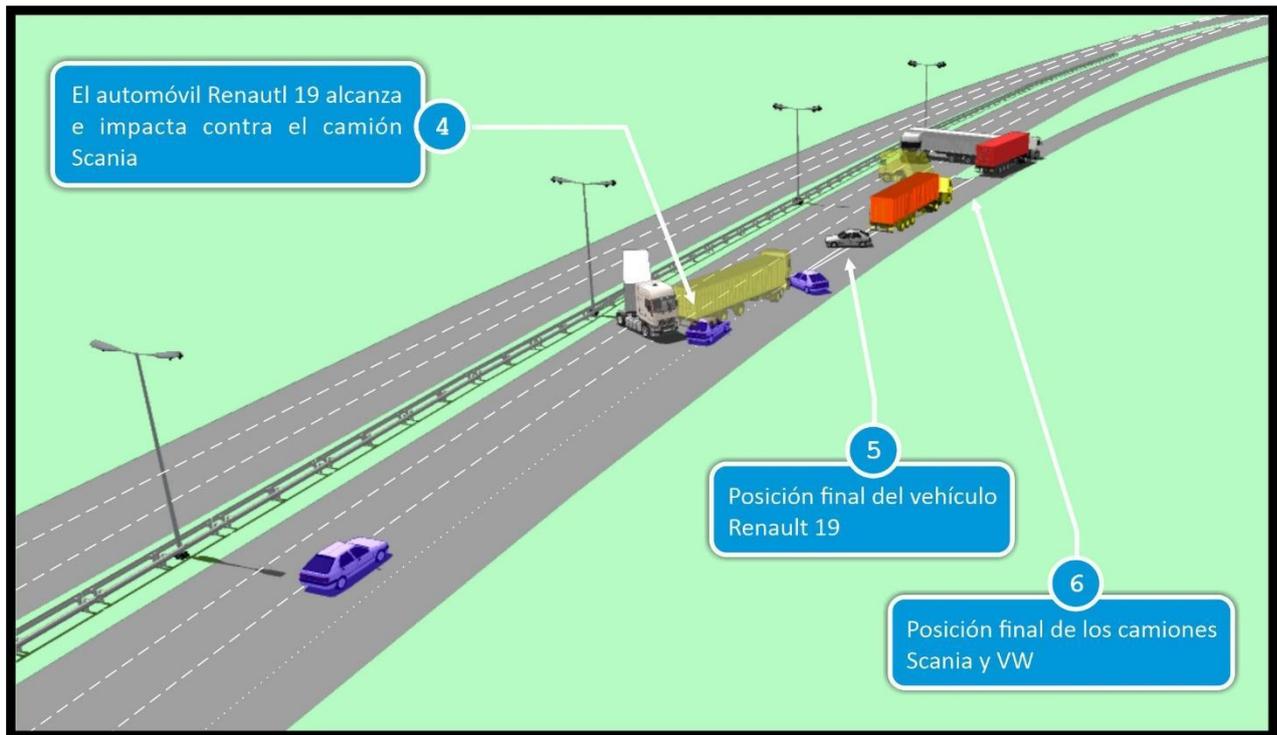
A continuación, se muestra la representación gráfica en tres momentos de la secuencia referida.

Figura 1. Representación gráfica de la secuencia del suceso



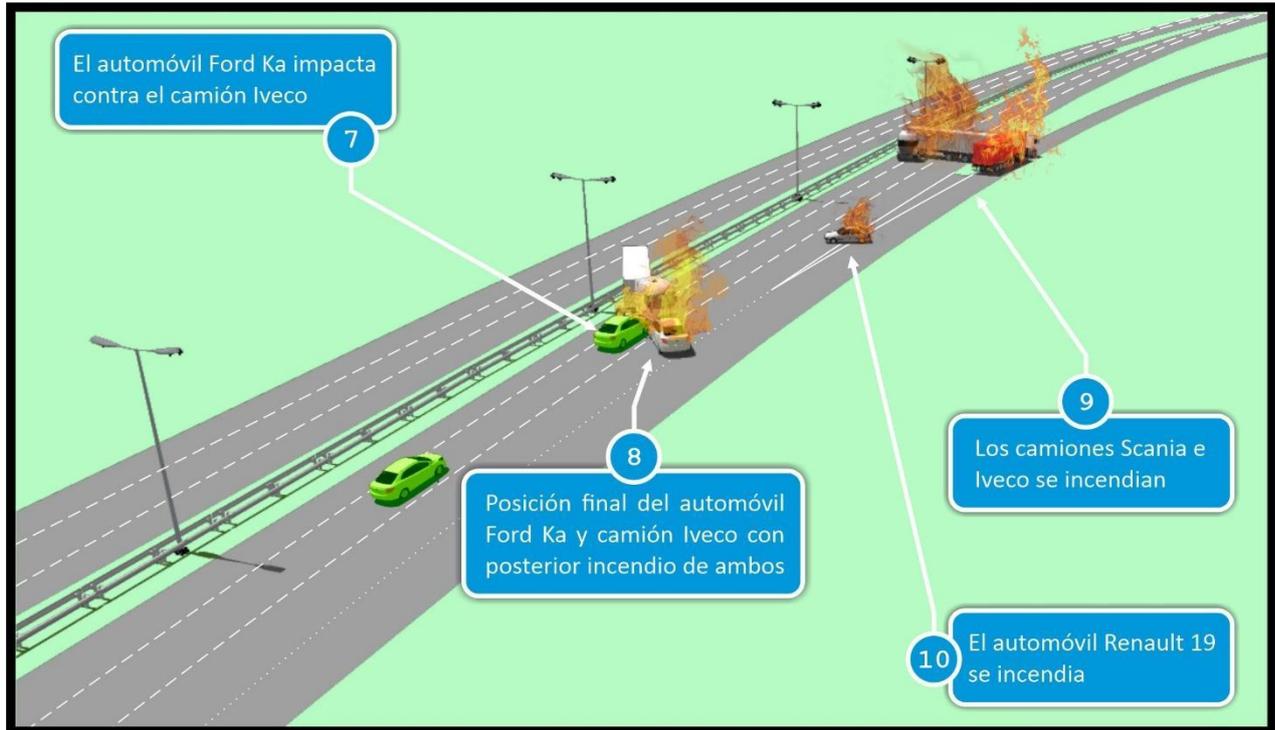
Nota: en la figura se muestra la primera fase de la dinámica del suceso en la que el Camión Iveco (vehículo 1) se desvía hacia el cantero central, cruza la barrera e ingresa a la vía contraria; el camión Scania (vehículo 2) impacta contra el camión Iveco y luego se desplaza en un movimiento de efecto tijera. También se observa al camión VW (vehículo 3) que elude el impacto contra el camión Scania. La representación gráfica que ilustra la dinámica del suceso se encuentra fuera de escala. Fuente: JST, 2022

Figura 2. Representación gráfica de la secuencia del suceso



Nota: en la figura 2 se observa la segunda fase la secuencia donde el Renault 19 (vehículo 4) alcanza e impacta contra el camión Scania. También se muestran las posiciones finales de algunos de los vehículos involucrados en la dinámica. La representación gráfica que ilustra la dinámica del suceso se encuentra fuera de escala. Fuente: JST, 2022

Figura 3. Representación gráfica de la secuencia del suceso



Nota: en la Figura 3 se muestra la última fase que corresponde al impacto del Ford Ka (Vehículo 5) contra el camión Iveco y el incendio de todos los vehículos en sus posiciones finales. La representación gráfica que ilustra la dinámica del suceso se encuentra fuera de escala. Fuente: JST, 2022

2.2. Resultados del accidente

2.2.1 Lesiones a las personas

En este apartado se presentan las consecuencias del suceso sobre las personas involucradas, diferenciadas según vehículo, rol y gravedad de las lesiones. Al momento del suceso estuvieron involucradas 7 personas de las cuales cuatro fallecieron, una resultó con heridas graves, una con heridas leves y otra ilesa.

Tabla 2. Personas involucradas en el suceso según gravedad de las lesiones tipo de usuario y vehículo

Gravedad de las lesiones					
	Mortales	Graves	Leves	Ninguna	Total
Vehículo 1 (Camión Iveco)					
Conductor/a	1	0	0	0	1
Acompañante	1	0	0	0	1
Vehículo 2 (Camión Scania)					
Conductor/a	0	1	0	0	1
Acompañante	0	0	0	0	0
Vehículo 3 (Camión Volkswagen)					
Conductor/a	0	0	0	1	1
Acompañante	0	0	0	0	0
Vehículo 4 (Renault 19)					
Conductor/a	1	0	0	0	1
Acompañante	1	0	0	0	1
Vehículo 5 (Ford Ka)					
Conductor/a	0	0	1	0	1
Pasajero/a	0	0	0	0	0
Total	4	1	1	1	7

Fuente: JST, 2022

2.2.2. Daños en los vehículos

En esta sección se describen los daños en cada uno de los 5 vehículos involucrados en el suceso.

Las figuras 4 y 5 muestran al Camión Iveco (vehículo 1), que presentó daños en toda su estructura por la colisión con el Camión Scania (vehículo 2) y el posterior incendio. Se observó que el chasis se dividió en dos partes, anterior y posterior. En el sector anterior del chasis se desprendió la cabina y su planta propulsora, caja de cambios, tanque de combustible y diversos componentes mecánicos.

En el sector posterior del chasis se relevó la falta del plato de enganche y desprendimiento de sus cubiertas causado por el impacto con el Vehículo 2 o el posterior incendio.

Las imágenes a continuación están organizadas de manera que puedan observarse las afectaciones producidas en la mitad anterior y posterior del chasis.

Figura 4. Daños del camión tractor Iveco (vehículo 1)



Nota: daños generados en la mitad anterior del chasis del vehículo 1. Fuente: JST, 2022

Figura 5. Daños del camión tractor Iveco (vehículo 1)



Nota: daños generados en la mitad posterior del chasis Vehículo 1. Fuente JST, 2022

Las imágenes de la Figura 6 muestran las deformaciones del semirremolque del Vehículo 1 en su sector frontal y techo producto del impacto con el Vehículo 2.

El semirremolque presentó deformaciones en el tercio izquierdo del sector frontal y una transferencia de energía de deformación sobre el lateral izquierdo. El techo, la estructura encargada de sostenerlo y las lonas plegables laterales se vieron afectados por el incendio de la unidad. También la decoloración externa del vehículo es observable de las afectaciones producidas por el incendio.

Figura 6. Daños del semirremolque (vehículo 1)



Notas: daños generados en el sector frontal y techo en la colisión con el Vehículo 2. Sector trasero con daños a causa del incendio. Fuente JST, 2022

Las imágenes de la Figura 7 presentan las deformaciones en la cabina del camión Scania (Vehículo 2) producidas por el impacto de su tercio izquierdo del sector frontal de la cabina contra el Vehículo 1. La deformación se extiende hacia el lateral izquierdo. Principalmente se observan daños en la puerta del conductor y en el techo.

Figura 7. Deformaciones de la cabina del camión Scania (Vehículo 2)



Nota: daños generados en la cabina a causa de la colisión con el Vehículo 1. Fuente JST, 2022

La Figura 8 permite observar los daños producidos en la estructura del camión con semirremolque Scania en su lateral izquierdo y vestigios de incendio. Se identificó que la fuerza actuante tiene un sentido desde el sector anterior hacia el sector posterior.

El semirremolque presentó deformaciones en el tercio izquierdo del sector frontal, con una transferencia de energía de deformación sobre el lateral izquierdo. El techo y la estructura encargada de sostenerlo se vieron afectados por el incendio de la unidad.

Figura 8. Deformaciones semirremolque Scania (Vehículo 2)



Nota: daños en el frente, lateral izquierdo y techo del semirremolque del vehículo 2. Fuente JST, 2022

La Figura 9 permite observar la estructura del camión Volkswagen (Vehículo 3). La cabina no presentó daños mientras que en el semirremolque se observaron

afectaciones producidas por el impacto con el Vehículo 2 y el fuego. Cabe destacar que el contenedor transportado presenta daños en el lateral derecho a causa del contacto con el Vehículo 2 y el posterior incendio.

Figura 9. Daños del camión con semirremolque Volkswagen (Vehículo 3)



Nota: cabina sin daños, semirremolque y contenedor con daños por impacto y fuego. Fuente JST, 2022

La Figura 10 muestra los daños en el sector frontal y lateral del Renault 19 (Vehículo 4) generados por la colisión con el Vehículo 2 y producto del incendio que afectó por completo a la unidad. Se observaron daños por impacto en el tercio anterior del lateral izquierdo, por los cuales resultó afectado guardabarros, parante, techo y puerta delantera.

Figura 10. Daños de vehículo particular Renault 19



Nota: daños del Vehículo 4 con una fuerza desde el sector delantero hacia el sector trasero visto desde su sector lateral. Fuente: *Pilar a Diario*, 2022

La figura 11 muestra los daños del Ford Ka (vehículo 5). El recuadro rojo señala el pliegue en el techo del vehículo desplazado hacia el sector posterior indicador de las deformaciones frontales. También pueden observarse los daños en el resto de la estructura producidas por la colisión contra el Vehículo 1 y el fuego.

Figura 11. Daños del vehículo particular Ford Ka



Nota: daños sobre el Vehículo 5 producidos en la colisión con el Vehículo 1 vistos desde su sector posterior izquierdo. Fuente: Pilar a Diario, 2022

2.2.3. Daños a la infraestructura y al ambiente

Los principales daños se produjeron en la infraestructura vial. El más relevante es aquel que afectó las barreras metálicas de contención en la mediana (simple) doble faz que separan ambas calzadas. Estas fueron impactadas, traspasadas y aplastadas por el Vehículo 1, el cual perdió el control y cruzó la vía hacia la mano contraria en la que circulaba (ascendente) (Figura 12).

Luego del cruce de la vía del Vehículo 1 y, tras su impacto con el Vehículo 2, se produjo un incendio, cuya propagación a los demás vehículos generó daños en el área donde ocurrió el suceso. Específicamente, la extensión y magnitud que adquirieron las llamas afectaron la superficie de la calzada y produjo la fundición del pavimento con cambios observables en su fricción. En relevamientos posteriores a la fecha del suceso, pudo registrarse en pequeños sectores la fundición en el pavimento del vidrio de las botellas que transportaba el Vehículo 1 (figuras 13 y 14).

Tanto la señalización horizontal y vertical como el poste kilométrico 37 se vieron afectados por el fuego, lo que produjo el cambio de su coloración a negro, producto de la carbonización. También se observaron vestigios similares en la barrera de contención en la mediana (Figura 15).

Figura 12. Daños en la barrera metálica de contención en mediana



Nota: daños en la barrera metálica de contención en mediana luego del impacto, traspaso y aplastamiento en la calzada ascendente. En la descendente se observa la barrera ya refaccionada,
Fuente: JST, 2022

Figura 13. Daños en el pavimento



Nota: daños en el pavimento y desgaste de la señalización horizontal por incendio. Fuente: JST, 2022

Figura 14. Rastros de fundición en el pavimento



Nota: daños en el pavimento y rastros de fundición de las botellas transportadas por el Vehículo 1.

Fuente: JST, 2022

Figura 15. Daños a la señalización



Nota: vestigios del incendio en la señalización vertical, horizontal y en la barrera de contención lateral.

Fuente: JST, 2022

2.3. Aspectos relativos a la asistencia posaccidente

En esta sección se reconstruye la respuesta de los servicios de emergencia y asistencia posaccidente brindada durante los días 7 y 8 de febrero, a partir de la documentación remitida para esta investigación.

Ocurrido el suceso, el concesionario vial recibió aviso y envió sus móviles de seguridad al lugar. Minutos más tarde intervino personal de la Comisaría Escobar tercera de Garín, provincia de Buenos Aires, tras el reporte recibido por radio estación 911. También se hicieron presentes el personal de salud provincial para prestar servicios de primeros auxilios con varias ambulancias, bomberos voluntarios de las localidades de Garín y Benavidez, Gendarmería Nacional y personal de seguridad vial de AUSOL, el cual reorganizó el caudal del tránsito.

Cerca de la medianoche, personal de la concesionaria habilitó una rama de desvío del tránsito que contribuyó a descomprimir los atascos generados y a facilitar la llegada de los organismos responsivos. El equipo de bomberos logró hacer cesar el fuego y constató la existencia de tres personas fallecidas. A la brevedad, arribó al lugar el fiscal de la UFI y Juicio Nro. 5 de Escobar, junto a personal de la Ayudantía Fiscal de Garín, quienes impartieron directivas.

Pasada la medianoche, arribó el personal de la Policía Científica, Delegación Departamental Policía Científica Zárate-Campana y, una hora después, personal de la morgue de Campana. Posteriormente se habilitó el inicio de las tareas para retirar los tres cuerpos y se constató la existencia de otra persona fallecida. Con la llegada de las grúas, se autorizaron los trabajos de remoción de las unidades.

Alrededor de las tres de la mañana, arribó más personal de mantenimiento del concesionario y durante el transcurso de la madrugada fueron liberándose los móviles de las fuerzas de seguridad que brindaron asistencia y el personal de los organismos responsivos de salud y bomberos voluntarios.

Pasadas las 3:20, luego de que Policía Científica y personal de la Morgue finalizaran sus diligencias, el personal de la autopista, junto con la policía vial, comenzó a liberar la vía que, aproximadamente a las 9:30, ya se encontraba en funcionamiento habitual.

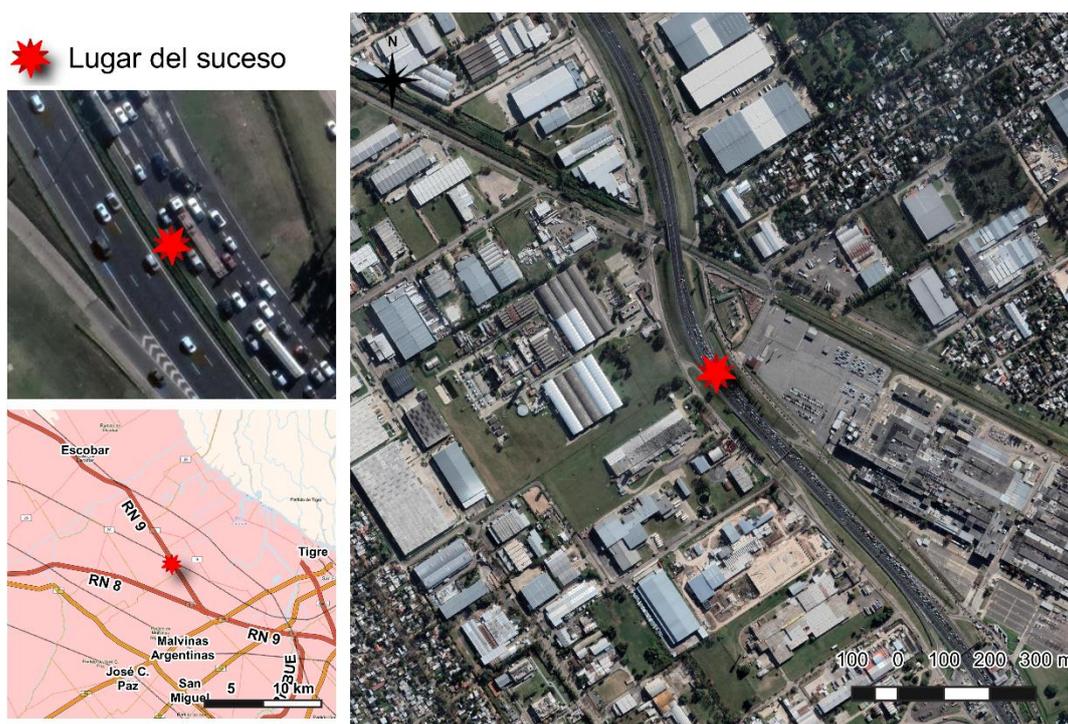
2.4. Aspectos de la infraestructura y del entorno, vehículos y operadores de primera línea

En esta sección se detalla la información relativa a las características de la vía y del entorno, de los vehículos involucrados, del personal y de las empresas operadoras de los servicios.

2.4.1. Características de la vía y del entorno

El suceso ocurrió en el kilómetro 37 en sentido descendente de la autopista Panamericana, Ruta Nacional 9, localidad de Garín, sector de Escobar, provincia de Buenos Aires, coordenadas geográficas aproximadas -34.43305556, -58.7125.

Figura 16. Mapa de localización del suceso



Nota: la figura muestra la ubicación del suceso en la vía. Fuente: JST, 2022

En esta área, el tramo de la RN 9 presenta una configuración típica de autopista con tres carriles por sentido de circulación, banquetas externas e internas, mediana de pasto con barreras metálicas semirrígidas doble faz e iluminación y colectoras a ambos costados de las calzadas. El lugar del accidente posee, además, un cuarto

carril convergente de rama de entrada. Como característica adicional, el punto de impacto tiene la particularidad de estar en la finalización de una curva horizontal¹ y, a su vez, de una curva vertical convexa².

Tabla 3. Características del tramo relevado del kilómetro 35 al kilómetro 39 de la RN 9

Datos de la Ruta	
Nombre de la ruta	Ruta Nacional 9
Kilómetro	37
Provincia	Buenos Aires
Localidad	Garín
Tipo de ruta	Autopista
Categoría de la ruta	Nacional
Características de la autopista en tramo relevado	
Geometría del Tramo	Curva horizontal y vertical
Tipo de Pavimento	Asfáltico
Cantidad de calzadas	Dos calzadas, una por sentido de circulación
Cantidad de carriles	6 carriles, 3 por sentido de circulación, más un carril de divergencia en sentido CABA y otro de divergencia en Campana
Tipo de Mediana	Barreras de mediana doble faz (metálicas) con iluminación en el medio
Ancho de la zona de camino	120 m aproximadamente (incluyendo colectoras)
TMDA	91478 (año 2019)*
Velocidad señalizada en el tramo	130 km/h (máxima para vehículos livianos)
Velocidad media del tramo	En el rango de los 80-100 km/h
Percentil 85% de la velocidad	En el rango de los 110-130 km/h
Porcentaje de vehículos livianos	79,4 % (año 2019)*
Porcentaje de vehículos pesados (S/A, C/A, Semi y Bus)	20,6 % (año 2019)*
Características de la calzada ascendente a Campana	
Ancho de calzada	14, 50 m
Cantidad de carriles	4 carriles (3 normales de circulación uno de aceleración)
Ancho de carriles	2 de 3,75 m y 2 de 3,50 m

¹ En el diseño de carreteras son arcos de circunferencia de un solo radio que constituyen la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales empleadas para unir dos tangentes o elementos rectos del alineamiento horizontal.

² Es un elemento geométrico con forma parabólica que une dos rectas de la rasante con diferentes pendientes para suavizar el quiebre (DNV 2010).

Longitud de banquetas pavimentadas	Externa 1,50 m
Distribución del tránsito	43 % (año 2019)*
Características de la calzada descendente a CABA	
Ancho de calzada	14,50 m
Cantidad de carriles	4 carriles (3 normales de circulación uno de aceleración)
Ancho de carriles	2 de 3,75 m y 2 de 3,50 m
Longitud de banquetas pavimentadas	Externa 1,50 m
Distribución del tránsito	57 % (año 2019)*
Características de la mediana	
Longitud de la mediana	5 m
Material de la mediana	Pastos
Características	Barreras metálicas doble faz con iluminación en el medio
Altura del sistema de contención	71,65 cm (promedio)
Espaciamiento entre postes	3,83 m (promedio)
Altura de viga	32,80 cm (promedio)
Distancia de la barrera a borde de calzada	2,20 m en calzada ascendente; 1,30 m en calzada descendente

Fuente: elaboración propia con base en DNV, AUSOL y relevamiento JST, 2022

Figura 17. Configuración de la calzada



Nota: captura de imagen satelital de la ubicación del suceso. Fuente: Google Earth, 2022

Calzada

La calzada ascendente con dirección hacia Campana es de pavimento de asfalto de 14,50 metros de ancho con 3 carriles de circulación, dos con 3,75 metros de ancho y

uno con 3,50 metros de ancho, además de un carril de aceleración donde converge una rama de entrada. La banquina externa está pavimentada con 1,50 m de ancho y tiene alertadores tipo rodilladas de asfalto. En términos generales, el pavimento se encuentra en perfecto estado.

La calzada descendente con dirección hacia la Ciudad Autónoma de Buenos Aires tiene la misma configuración que la ascendente, con la diferencia de que el cuarto carril corresponde a uno de desaceleración para una rama divergente. También en términos generales, el pavimento se encuentra en buen estado.

En ambas calzadas la banquina interna tiene un cambio de material de pasto a pavimento de asfalto al llegar a los niveles superiores de la curva vertical. En este tramo, el sistema de contención ubicado en la mediana se transforma de semirrígido (barreras metálicas) a rígido (barrera de hormigón).

Figura 18. Imágenes representativas de ambas calzadas de la vía

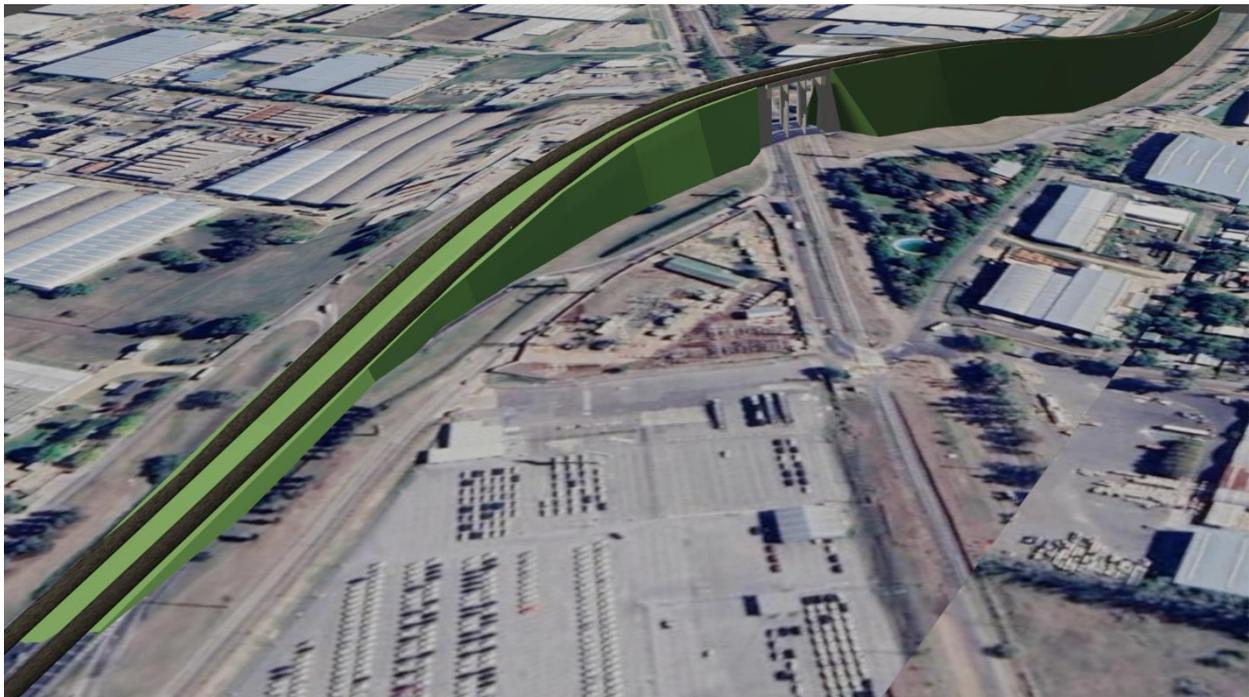


Nota: (a) imagen calzada ascendente, sentido hacia Campana, en buen estado, (b) imagen calzada descendente, sentido hacia CABA, en buen estado, (c) imagen calzada ascendente con pavimento quemado en el lugar del accidente, (d) imagen de ambas calzadas desde la mediana. Fuente: JST, 2022

Alineamiento vertical y horizontal

El lugar del suceso tiene la particularidad geométrica de ser el inicio de una curva vertical convexa que a su vez contiene dos curvas horizontales, curva y contracurva (curva a continuación de la primera, pero en sentido contrario).

Figura 19. Representación gráfica del alineamiento horizontal y vertical del kilómetro 37, Panamericana



Nota: representación gráfica donde se observa el alineamiento horizontal y vertical del tramo. La imagen no está a escala, fue confeccionada solo a los fines de ilustrar las características de la vía.

Fuente: JST, 2023

La curva vertical se desarrolla aproximadamente desde la progresiva 36,720 hasta la progresiva 37,720, con un desnivel máximo aproximado de 10,5 metros. Esta tiene una pendiente longitudinal máxima de entrada positiva igual a 3,44 % y una pendiente máxima de salida negativa de 3,28 % (AUSOL, 1999).

La primera curva horizontal en sentido ascendente comienza aproximadamente en la progresiva 36,940,21 y termina en la progresiva 37,164,12, tiene un radio 487 metros y un peralte del 6 %. La contracurva siguiente comienza aproximadamente en la

progresiva 37,376,93 y termina en la progresiva 37,749,35, tiene un radio 1002 metros y un peralte³ del 2 % (Anexo 9.1).

Ambas curvas están señalizadas en su sentido de avance con paneles de prevención del tipo curva chevrón simple, que advierte la presencia de curvas que se consideran de alto riesgo. Sin embargo, no se observan otras señalizaciones complementarias para que la persona usuaria esté debidamente advertida sobre la dificultad que implica el tránsito en este tramo. Este punto se profundizará más adelante en la sección de análisis.

Figura 20. Vista de las curvas vertical convexa, horizontal y contracurva



Nota: (a) vista del inicio de la curva vertical y horizontal en el kilómetro 37 desde la perspectiva descendente, (b) vista de la calzada descendente donde se nota la elevación del peralte debido a la curva horizontal, (c) vista del inicio de la curva vertical y horizontal en el kilómetro 37 desde la perspectiva ascendente, (d) señalización vertical con chevrones para indicar precaución en la curva horizontal. Fuente: JST, 2022

³ Cantidad de pendiente transversal provista en una curva para ayudar a contrabalancear, junto con la fricción lateral, la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo al atravesar la curva DNV 2010

Señalización

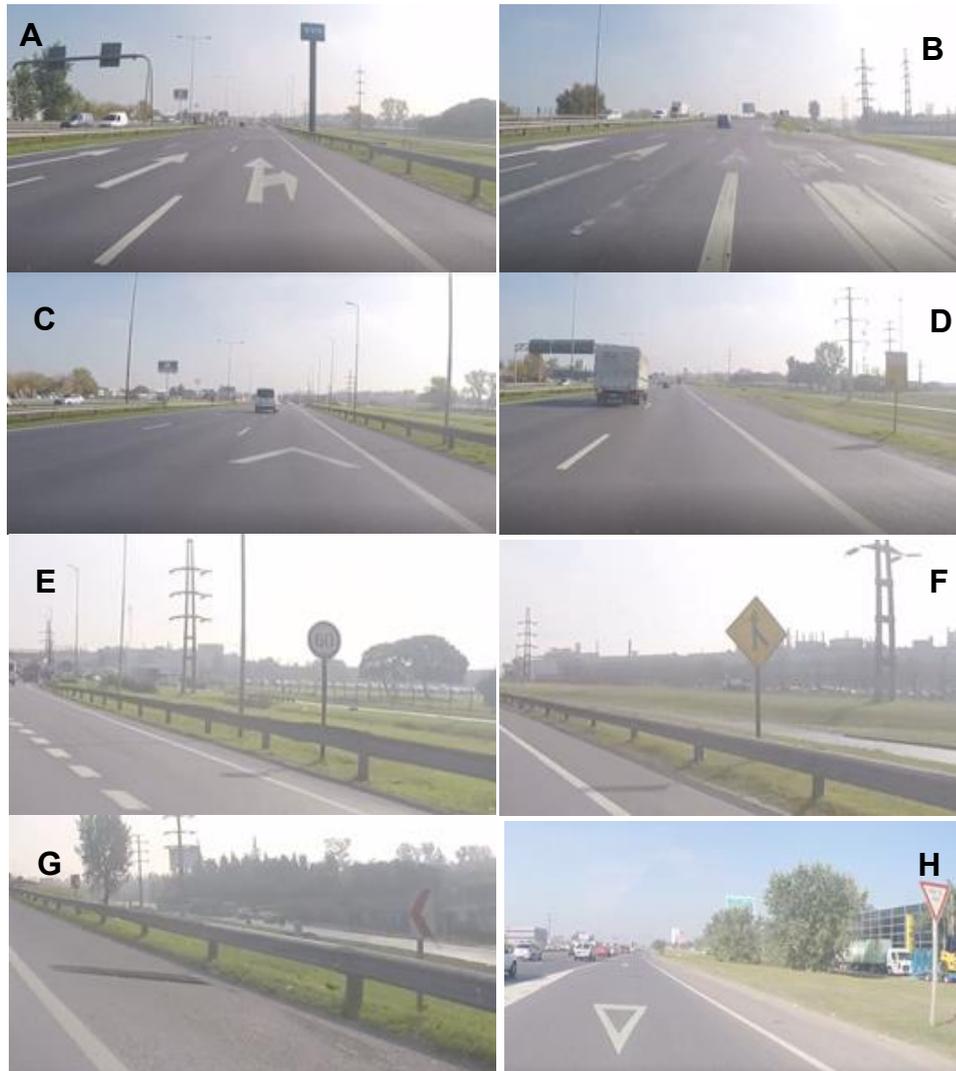
El señalamiento horizontal en el tramo relevado, tanto para el sentido ascendente como descendente, se encuentra con buen estado de visibilidad. Está conformado por líneas continuas simples de borde de color blanco; líneas discontinuas blancas divisoras de carril y el patrón de línea discontinua, subtipo línea punteada para las respectivas ramas de enlaces en los carriles de aceleración y desaceleración, según sea el caso.

También se observó simbología en la calzada en el tramo relevado entre las cuales se encuentran: flechas indicadoras de la dirección y sentido del flujo vehicular; señalización para niebla; triángulo de *ceda el paso* en las ramas de entrada que convergen en la ruta y marcas canalizadoras del tránsito para las ramas de entrada y salida. Todas estas demarcaciones se encontraban visibles y en buen estado, exceptuando la zona del suceso, donde quedaron en gran parte despintadas tras la secuencia de los hechos.

En cuanto a la señalización vertical, a lo largo del tramo se observaron paneles de prevención para niebla y velocidad máxima de 130 km/h en el carril izquierdo. Por su parte, en las ramas de entrada, se encuentra señal de *ceda el paso* para el tránsito que ingresa, así como una preventiva de incorporación de tránsito lateral para las personas usuarias de la calzada principal.

En las ramas de salida se observaron la señal correspondiente de disminución de la velocidad máxima a 60 km/h y la señal de maniobras permitidas en ambas direcciones. Todas estaban en buen estado de conservación y tenían la distancia visual correspondiente.

Figura 21. Imágenes representativas de la señalización.



Nota: Imágenes representativas de la señalización. (a) imagen de calzada ascendente con señales horizontales en buen estado. (b) imagen de calzada ascendente con señales horizontales en mal estado debido al suceso en el km 37. (c) imagen de calzada ascendente con señalización horizontal para niebla. (d) imagen de calzada ascendente con señalización vertical al costado para niebla (e) imagen de calzada ascendente, señal vertical para disminución de velocidad a 60 km/h en rama de salida (f) imagen de calzada ascendente, señal vertical que indica incorporación una corriente de tránsito en el mismo sentido a la calzada. (g) imagen de calzada ascendente, señal vertical chevrones en la curva horizontal para indicar que la misma es considerada riesgosa. (h) imagen de calzada descendente en rama de entrada a la autopista con señal vertical y horizontal preventiva de ceda el paso. Fuente: JST, 2022

Mediana

La mediana tiene un ancho de 5 metros, está conformada por banquetas internas con un ancho mínimo de 1 metro y el resto del espacio contiene barreras semirrígidas

metálicas doble faz (para impacto en ambas caras). En el medio de ellas se encuentran ubicados los postes de iluminación; toda la mediana es de pasto.

Figura 22. Vista de la mediana



Nota: Imágenes de la mediana vista desde la calzada ascendente. Fuente, JST

Barreras de contención

En el suceso resultaron afectadas las barreras de contención ubicadas en la mediana. Estas fueron traspasadas y aplastadas por el vehículo de carga pesada que perdió el control (Vehículo 1) y cruzó hacia la calzada contraria (ascendente). Las barreras son metálicas del tipo *flex beam* simple, formadas por perfil metálico doble onda, postes de acero y sin bloques separadores.

Posterior al accidente, se realizó un relevamiento al área de la mediana en el lado ascendente de la vía en el kilómetro 37, exactamente en el lugar donde ocurrió el suceso, para tomar las medidas de los diferentes elementos que conforman el sistema de contención. Al momento del relevamiento, las barreras afectadas habían sido sustituidas y reparadas.

En el relevamiento se registró que la altura de los postes desde el terreno hasta su tope no es constante y que con frecuencia varía en sus parámetros. Lo mismo ocurre con las otras dimensiones relevadas (Anexo 9.2). Al momento del segundo relevamiento (mayo 2022), también se registró que los postes y vigas instalados eran de material reutilizado. Esta condición pudo establecerse al observar que las barreras de contención en la mediana tenían diversas deformaciones que podrían tener su origen en el impacto de vehículos.

Para complementar el relevamiento realizado, se le solicitó información a la empresa concesionaria AUSOL SA sobre aspectos relacionados con el diseño e instalación de las barreras de contención en el área del suceso, de los cuales se destaca lo siguiente:

- Distancia máxima entre ejes de postes: 3810 mm
- Configuración de la barrera: sin separadores
- Altura total del poste de acero: 1500 mm
- Altura del poste empotrada bajo tierra: 0,80 m
- Altura del poste por encima de la rasante: 0,70 m
- Nivel de contención de la configuración de barrera implantada en ese sector:
las barreras colocadas no son certificadas

En el Anexo 9.2 se presentan las tablas con las medidas para cada uno de los postes y los planos enviados por AUSOL SA, donde se observa la configuración de las defensas tipo *flex beam* simple sin separador según plano DNV H-10237, y los planos de implantación.

Figura 23. Imágenes representativas de los elementos de las barreras de contención



Nota: (a) imagen de viga doblada en la parte inferior. (b) imagen del empalme entre vigas, donde se observaron bulones y tuercas desajustado y vigas con impactos. (c) imagen de poste doblado. (d) imagen de vigas reusadas con golpes y dobleces. Fuente: JST, 2022

Condiciones meteorológicas en el momento del suceso

Al momento del suceso, no se registraron precipitaciones y la calzada estaba seca. Tampoco se registró reducción de la visibilidad por niebla o neblina y los sistemas de iluminación se encontraban funcionando.

Siniestralidad del tramo

El kilómetro 37 de la RN 9 es el de mayor concentración de accidentes con relación al tramo comprendido entre los kilómetros 32 al 44 comparables por su igual TMDA. En el análisis realizado en el Anexo 9.3 se muestra que la siniestralidad y la mortalidad en esta unidad kilométrica es mayor al compararla con segmentos de igual longitud y características del tránsito. El kilómetro 37 presenta un índice de siniestralidad de 95,85, seguido por el 32, de 83,34. Lo mismo ocurre con el índice de mortalidad. El

kilómetro 37 es el que presenta mayores niveles de mortalidad por kilómetro (IM 3,17) seguido en este caso por el kilómetro 39 (IM 2,39) (Anexo 9.3).

2.4.2. Aspectos de los vehículos involucrados

En esta sección se detallan aspectos de los vehículos involucrados en el accidente. En particular para el transporte de cargas se brinda información sobre el tipo de servicio que prestan y sobre la Revisión Técnica Obligatoria (RTO). En todos los casos se hace referencia al sentido de circulación que tenían las unidades previo al desencadenamiento del suceso.

Tabla 4. Datos del Vehículo 1

Vehículo 1 (cargas)	Dominio: AE520FP	Tipo: Camión
Categoría	N3: vehículo para transporte de carga con un peso máximo superior a los doce mil kilogramos (12000 kg)	
Marca	Iveco	
Modelo	170 E30 TLA21	
Año	2019	
Tipo de caja	Plato de enganche	
Configuración de ejes	1S-2D	
Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Apto
	Realizada	22/7/2021
	Vencimiento	22/7/2022
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	10/8/2021
	Clase de carga habilitada	Transporte de carga fraccionada, Transporte de carga peligrosa, Transporte de carga masiva o a granel
	Dominio: AC234YA	Tipo: Semirremolque
Categoría	O4: Remolque cuyo peso máximo es mayor a diez mil kilogramos (10.000 kg)	
Marca	HERMANN	
Modelo	S.PA.3E.71	
Año	2018	
Tipo de caja	A determinar	
Configuración de ejes	1D-2D	

Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Apto
	Realizada	28/1/2022
	Vencimiento	28/1/2023
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	9/2/2022
	Clase de carga habilitada	Transporte de carga fraccionada, Transporte de carga peligrosa, Transporte de carga masiva o a granel
Servicio	Ocasión de servicio	Sí
	Carga transportada	Envases de cerveza
	Origen	Rosario
	Destino	Burzaco
Sentido de circulación	Vía	Autopista Ruta Nacional 9
	Desde	Zárate
	Hacia	Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Tabla 5. Datos del vehículo 2

Vehículo 2 (cargas)	Dominio: AE504RC	Tipo: Camión
Categoría	N3: vehículo para transporte de carga con un peso máximo superior a los doce mil kilogramos (12 000 kg)	
Marca	Scania	
Modelo	G360 A4X2	
Año	2020	
Tipo de caja	Plato de enganche	
Configuración de ejes	1S-1D	
Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Apto
	Realizada	4/12/2021
	Vencimiento	4/12/2022
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	No
	Clase de carga habilitada	Transporte de Carga Fraccionada, Transporte de Carga Masiva o Granel, Transporte de Carga Propia
	Dominio: NVL927	Tipo: Semirremolque
Categoría	O4: Remolque cuyo peso máximo es mayor a diez mil kilogramos (10 000 kg)	

Marca	Saturni	
Modelo	SSEE	
Año	2014	
Tipo de caja	Carga general	
Configuración de ejes	1D-2D	
Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Apto
	Realizada	8/1/2022
	Vencimiento	8/1/2023
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	14/1/2022
	Clase de carga habilitada	Transporte de Carga Masiva o Granel, Transporte de Carga Propia, Transporte de Carga Peligrosa
Servicio	Ocasión de servicio	Sí
	Carga transportada	Calefones
	Origen	A determinar
	Destino	A determinar
Sentido de circulación	Vía	Autopista Ruta Nacional 9
	Desde	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
	Hacia	Zárate

Tabla 6. Datos del Vehículo 3

Vehículo 3 (cargas)	Dominio: EZW162	Tipo: Camión
Categoría	N3: vehículo para transporte de carga con un peso máximo superior a los doce mil kilogramos (12 000 kg)	
Marca	Volkswagen	
Modelo	17220	
Año	2005	
Tipo de caja	Caja abierta con plato de enganche	
Configuración de ejes	1S-1D	
Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Condicional
	Realizada	31/1/2022
	Vencimiento	28/2/2022
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	29/9/2021
	Clase de carga habilitada	Carga fraccionada, carga propia, carga masiva o a granel
Dominio: AA331JR		Tipo: Semirremolque

Categoría	O4: Remolque cuyo peso máximo es mayor a diez mil kilogramos (10 000 kg)	
Marca	Grassani	
Modelo	SG3-30TT	
Año	2016	
Tipo de caja	Portacontenedor	
Configuración de ejes	1D-2D	
Revisión Técnica Obligatoria	Resultado	Apto
	Realizada	4/10/2021
	Vencimiento	4/10/2022
	Estado	Vigente
RUTA	Validación	27/05/2021
	Clase de carga habilitada	Transporte de Carga Peligrosa, Transporte de Tránsito Especiales, Transporte de Carga Masiva o Granel, Carga Fraccionada, Carga Propia
Servicio	Ocasión de servicio	No
	Carga transportada	No
	Origen	Talar
	Destino	Córdoba
Sentido de circulación	Vía	Autopista Ruta Nacional 9
	Desde	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
	Hacia	Zárate

Tabla 7. Datos del Vehículo 4

Vehículo 4 (particular)	Tipo: Automóvil	
Categoría	M1: vehículo para transporte de pasajeros, que no contengan más de ocho asientos, además del asiento del conductor, y que cargado no exceda de un peso máximo de tres mil quinientos kilogramos (3500 kg)	
Marca	Renault	
Modelo	19	
Uso	Particular	
Sentido de circulación	Vía	Autopista Ruta Nacional 9
	Desde	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
	Hacia	Zárate

Tabla 8. Datos del Vehículo 5

Vehículo 5 (particular)	Tipo: Automóvil	
Categoría	M1: vehículo para transporte de pasajeros, que no	

	contengan más de ocho asientos, además del asiento del conductor, y que cargado no exceda de un peso máximo de tres mil quinientos kilogramos (3500 kg)	
Marca	Ford	
Modelo	Ka	
Uso	Particular	
Sentido de circulación	Vía	Autopista Ruta Nacional 9
	Desde	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
	Hacia	Zárate

2.4.3. Condiciones y acciones de los operadores de primera línea

En este apartado se presentan los datos básicos del licenciamiento del personal de conducción de los transportes de cargas involucrados y de las capacitaciones de las que disponían al momento del suceso.

Licenciamiento y capacitaciones

En el caso del Vehículo 1, en la cabina de la unidad viajaban dos personas: el conductor empleado de la empresa prestataria del servicio y un acompañante⁴.

Tabla 9. Habilitación conductores del Vehículo 1

Porte	Centro emisor	Almirante Brown
	Sistema	Nacional
	Clase	A, B, C, D, E y G
	Subclase	A 1.4, D.1, D.3, D.4, E.1, E.2, G.1 y G.2
	Vencimiento	9/8/2023
LiNTI	Categoría	Carga Generales, Mercancías Peligrosas
	Vencimiento	6/8/2022

El conductor de la empresa realizó la actualización del curso de Cargas Generales impartido por la Fundación Profesional para el Transporte en la Ciudad de Buenos Aires. La fecha de vigencia abarca desde el 23/8/2021 al 20/8/2022. También tomó el curso básico obligatorio para el traslado de mercancías peligrosas en la Fundación Profesional para el Transporte, brindado junto con el área de formación de la Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y Residuos Peligrosos en la

⁴ El acompañante era familiar del conductor y no estaba vinculado laboralmente a la empresa.

Matanza, provincia de Buenos Aires. El período de vigencia de este último abarcaba desde el 9/8/2021 hasta el 6/8/2022. Al momento del suceso la aptitud psicofísica del conductor se encontraba vigente (Fecha de dictamen: 11/8/2021 Vigencia: 11/08/2023).

Tabla 10. Habilitación del conductor del Vehículo 2

Porte	Centro emisor	Rosario DGT
	Sistema	Nacional
	Clase	E
	Subclase	E.1
	Vencimiento	18/11/2023
LiNTI	Categoría	Cargas Generales
	Vencimiento	17/5/2023

El conductor del Vehículo 2 realizó el curso de actualización en el transporte de cargas generales, brindado por la Fundación Profesional para el Transporte en la Ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, capacitación vigente al momento del suceso al abarcar el período comprendido entre el 31/8/2021 y el 31/8/2023. También el estado psicofísico del conductor era apto para realizar tareas de transporte profesional (Fecha de dictamen del 17/5/2021 al 17/5/2023).

Tabla 11. Habilitación del conductor del Vehículo 3

Porte	Centro emisor	Malvinas Argentinas
	Sistema	Nacional
	Clase	A, B, C, D y E
	Subclase	A1.4, D.1, D.3, D.4 y E.1
	Vencimiento	17/02/2022
LiNTI	Categoría	A determinar
	Vencimiento	17/2/2022

El conductor del Vehículo 3 al momento del suceso contaba con el curso de actualización en el transporte de cargas generales brindado por la Confederación Argentina del Transporte Automotor en la localidad de Tigre, provincia de Buenos Aires. Dicha capacitación estaba vencida al momento del suceso (fecha de emisión

27/11/2018 y vigencia 20/2/2021). Respecto de su estado psicofísico, se encontraba apto para el ejercicio de tareas profesionales desde el 11/04/22⁵ hasta el 11/04/2023.

2.5. Características de las empresas operadoras de los servicios

En este suceso estuvieron involucrados 5 vehículos: 3 de carga y 2 particulares. En la siguiente tabla se detalla información relativa a los 3 vehículos de cargas que son aquellos que presentan interés conforme al alcance de las investigaciones realizadas por la DNISAU-JST.

Tabla 12. Descripción de tipo de empresa

Vehículo	Empresa	Certificado RUTA	Fecha de inscripción	Tipo de transportista	Categoría del transportista
1	Camión IVECO Transporte envases de cerveza. “Expreso de la sierra”. “Cervecería y Maltería Quilmes S.” como contratista del servicio.	A749271	14/03/2019	Transporte de carga propio	Transporte de carga propio
2	Camión SCANIA. Transporte de calefones. “Expreso Brío SRL”	A774527	16/10/2020	Empresa de transporte	Transporte de carga fraccionada, Transporte de carga propia, Transporte de carga masiva o granel
3	Camión Volkswagen. Empresa “Don Felipe SRL”	-	Anterior al 09/2012*	Empresa de transporte	Transporte de Carga Propia, Transporte de Carga Fraccionada

⁵ El apto físico informado es posterior a la fecha del suceso dado que corresponde al vigente al momento de recepción de la información.

Fuente: elaboración propia con base en consulta RUTA e información recibida. * Alta anterior a septiembre de 2012 de acuerdo lo establecido en Acta 02/2017 del Directorio de Coordinación RUTA

2.6. Factores externos a la organización (gubernamentales, regulatorios y sociales)

En esta investigación adquieren especial relevancia las cuestiones vinculadas con el diseño de la vía: barreras de contención en la mediana, señalización vertical y horizontal, alineamientos horizontales, verticales y coordinación planialtimétrica. Es por esta razón que, al situarse en el nivel de los factores externos a la organización, los actores vinculados a dichos elementos son el Ministerio de Obras Públicas (concedente), Autopistas del Sol SA (concesionaria) y la Dirección Nacional de Vialidad (autoridad de aplicación y órgano de control).

En la siguiente sección se describen aquellas funciones y relaciones entre estos actores en la medida en que resulten pertinentes al alcance de esta investigación; luego se detallan las especificaciones técnicas para el diseño y mantenimiento de la vía por parte del concesionario y finalmente se aborda la normativa referente al diseño de barreras y señalización por parte de la DNV.

2.6.1. Actores vinculados al diseño y gestión de la vía

Concedente de la vía: Ministerio de Obras y Servicios Públicos

El Poder Ejecutivo podrá otorgar concesiones de obra pública a sociedades privadas o mixtas o a entes públicos para la construcción, conservación o explotación mediante el cobro de tarifas o peaje conforme a los procedimientos que fija esta ley y por un período de tiempo. Cada concesión se hace por decreto de dicho Poder (Ley N.º 17.520).

También podrán otorgarse concesiones de obra para la explotación, administración, reparación, ampliación, conservación o mantenimiento de obras ya existentes. Este tipo de asignación se realiza con la finalidad de obtener fondos para la construcción o conservación de otras obras que tengan vinculación física, técnica o de otra naturaleza con las primeras, sin perjuicio de las inversiones previas que deba realizar el concesionario.

Concesionario de la vía: Autopistas del Sol SA (AUSOL SA)

En el caso investigado, AUSOL es la empresa concesionaria del Acceso Norte de Panamericana desde septiembre de 1993. En dicha fecha el Estado Nacional, representado por el Sr. ministro de Economía, Obras y Servicios Públicos de la Nación, como concedente, suscribió el contrato por el cual se otorgó la concesión de Obra Pública Gratuita por peaje del Acceso Norte definido en el Anexo A de la Resolución de Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación 1485 del 30 de diciembre de 1992 y delimitado en el Anexo Técnico Particular. Dicha concesión se otorgó con sujeción al régimen de la Ley N.º 17.520 con las modificaciones de la Ley N.º 23.696, por un plazo de 22 años y 8 meses, y se aprobó por Decreto 1167/1994 del Poder Ejecutivo Nacional.

La concesión comprende:

- Realización de obras de construcción, remodelación, mejoras, reparación y ampliación descriptas en el Anteproyecto Técnico Definitivo.
- Mantenimiento, reparación y conservación del Acceso durante el plazo de la Concesión de acuerdo a lo previsto en el Anteproyecto Técnico Definitivo; el Anexo de Especificaciones Técnicas Generales; el Anexo Técnico particular y el Anexo Técnico Particular de Parquización y las cláusulas correspondientes al contrato.
- La administración y explotación del acceso durante el plazo de la concesión.

Durante la gestión de la concesionaria se produjeron múltiples adecuaciones de contrato y renegociaciones. La última revisión del contrato de concesión fue en junio de 2018 celebrada entre el Estado Nacional (representado por el Ministro de Transporte) y el concesionario, cuyos términos se definieron en el Acuerdo Integral de Renegociación Contractual (AIRC) que extendió el plazo de la concesión hasta el 31 de diciembre de 2030 y estableció un Plan Económico Financiero que reemplaza el plan económico previsto tanto en el Texto Contractual Originario como en el Acuerdo de Renegociación Contractual.

Organismo de Control y Autoridad de Aplicación: Dirección Nacional de Vialidad

En junio de 2018 (por Ley N.º 27.445, arts. 26 al 30) se disolvió el Órgano de Control de Concesiones Viales (OCCOVI), se transfirieron las competencias de ese órgano a la DNV y se dispuso que esta ejercerá las funciones transferidas a través de la Coordinación General de Planeamiento y Concesiones (actualmente Gerencia Ejecutiva de Planeamiento y Concesiones).

En ese marco normativo, la DNV es actualmente la autoridad de aplicación y órgano de control del contrato de concesión. Esta Dirección Nacional tiene a su cargo el estudio, construcción, conservación, mejoramiento y modificaciones del sistema troncal de caminos nacionales y de sus obras complementarias (Estatuto Orgánico de Vialidad Nacional aprobado por Decreto 505/1958). Como norma general, la DNV celebrará sus contratos y realizará las obras y trabajos mediante licitación pública. En casos excepcionales, ya sea por urgencia o evidente conveniencia económica, puede recurrir a otros mecanismos. También podrá llamar a concurso para contratar la realización de estudios, proyectos, planos o asesoramientos especiales (art. 7, Estatuto Orgánico de la DNV).

En cuanto al ejercicio de las funciones de control por parte de la DNV, en ningún caso estará sujeto a autorizaciones, permisos o cualquier manifestación de voluntad de la concesionaria, la cual deberá prestar su colaboración para facilitar el cumplimiento de esas funciones (contrato de concesión, Cláusula XII). En el armado normativo que resulta de la concesión de una infraestructura pública a un operador privado y los mecanismos de regulación y control que se establecen, quedan institucionalizadas las atribuciones que cada organismo tiene para el mantenimiento y explotación de la vía.

En función de las líneas de investigación de este suceso, el interés radica en la interacción entre el organismo de control (DNV) y la concesionaria (AUSOL SA) en cuestiones referentes al diseño de las vías, en particular de las barreras de contención en mediana, y la geometría del tramo y su señalización. A continuación, se describen cuestiones estrictamente vinculadas a estos puntos de interés.

2.6.2. Especificaciones técnicas para el diseño y mantenimiento de la vía por parte del concesionario.

Las cuestiones que respectan a la vía, el diseño y su mantenimiento se encuentran comprendidas en la relación entre AUSOL y la DNV.

Las directrices referentes al *diseño y mantenimiento* de la vía para AUSOL están contenidas en el contrato de Concesión Originario, integrado por el Anexo de especificaciones técnicas generales (Anexo A), el Anexo Técnico Particular (Anexo B) y el Anteproyecto Técnico Definitivo. A continuación, se detallan los principales contenidos de cada documento:

- a. El Anexo de especificaciones técnicas generales (Anexo A) consta de 5 capítulos en los que se establecen condiciones relativas a ejecución de las obras y calidad de las mismas, condiciones técnicas para calzadas y banquetas, alumbrado, condiciones en conservación de rutina, etc. En el Capítulo I.1 (Obligaciones del Concesionario) se define al Anteproyecto Técnico Definitivo como el documento que determina las obras que deberá ejecutar el concesionario durante la concesión. El Anteproyecto Técnico Definitivo puede modificarse, según nuevas necesidades o cuestiones técnicas no consideradas al momento de su elaboración, siempre sometidas a consideración del concedente para su aprobación. Y en el Capítulo V (Proyectos de las obras a ejecutar) se establece que el Concesionario deberá presentar para aprobación del Órgano de Control el Plan de Trabajos (Primera Etapa), así como también el proyecto ejecutivo de las obras a realizar, que deberá ajustarse a normas, especificaciones y reglamentos de la DNV o a otras normas emanadas de organismos nacionales e internacionales que sean aceptados por el Órgano de Control.
- b. El Anexo Técnico Particular (Anexo B) corresponde al grupo de obras de la concesión Acceso Norte, describe las rutas y tramos que componen el Acceso y contiene las especificaciones técnicas particulares del mismo. En el artículo 6 del Anexo Técnico Particular se indica que el Anteproyecto técnico definitivo (Anexo D del contrato de concesión) describe los lineamientos particulares y las características geométricas generales de las obras a ejecutar por el

concesionario. Dispone que estará a cargo de este “la confección de los proyectos ejecutivos de las obras, los que deberán ser sometidos a aprobación del órgano de control” (según cláusulas 2 y 3 del capítulo V del Anexo de Especificaciones Técnicas generales).

c.El Anteproyecto Técnico Definitivo constituye el documento en el que se describen las obras que debe ejecutar la Concesionaria y sus características, así como también los lineamientos particulares y las características geométricas de las mismas. A este documento refieren tanto el Anexo de Especificaciones Técnicas Generales (Anexo A) como el Anexo Técnico Particular (Anexo B), descritos en los párrafos precedentes.

Según lo detallado anteriormente, se señala que las obras que puede ejecutar el concesionario pueden ser objeto de modificaciones de acuerdo con las necesidades o especificaciones técnicas, pero siempre deben estar sujetas a directrices y aprobación de la DNV.

Respecto de las inversiones por parte de AUSOL, en el AIRC (Acuerdo Integral de Renegociación Contractual) suscripto entre el concedente y el concesionario en 2018 se estableció un nuevo Plan Económico Financiero para la concesión, que reemplaza tanto el plan económico financiero previsto en el texto contractual originario, como el previsto en el Acuerdo de Renegociación Contractual (Artículo 5, ap. 5.1 del AIRC). Y en cuanto a las obras y los llamados Capex Operativos (inversiones obligatorias de capital que el concesionario debe realizar), se estableció que los previstos en artículo 6 del AIRC reemplazan y dejan sin efecto los Planes de Inversión previstos en el Texto contractual originario, Adecuaciones contractuales y Acuerdo de Renegociación Contractual (artículo 6, apartado 6.11, AIRC).

Las inversiones según el AIRC pueden dividirse en 3 grandes grupos detallados a continuación:

- Inversiones en infraestructura vial: “Las inversiones en infraestructura vial junto con las inversiones en obras corresponden a obras prioritarias de seguridad vial y de ampliación de capacidad como eje fundamental de estas inversiones. Dentro de las primeras se incluye la ejecución de mejoras y en muchos casos el reemplazo de los sistemas de contención de la vía (sistemas de defensas),

la renovación del sistema de iluminación, la construcción de cercos a lo largo de la zona concesionada, etc.”.

- Inversiones en obras: “Las inversiones en obras se refieren a obras de expansión y de vinculación mejorando las condiciones de acceso, de confort de tiempos de demora. Tal es el caso de construcción de carriles adicionales, mejoras en distribuidores, la pavimentación de calles colectoras, la ejecución de obras de expansión, etc.”.
- Inversiones en actualización de sistemas y operación: “Las inversiones en actualización de sistemas y operación corresponden a la ejecución de obras y adquisición de tecnología para la detección y atención de incidentes en el Acceso, la mejora en los sistemas de información con el usuario”.

Mecanismo de control del concesionario vial

Como se señaló anteriormente, el órgano de control de la concesión es la DNV. El mecanismo de control se describe en el Cap. II del Anexo de Especificaciones Técnicas Generales (Anexo A). Concretamente se establece que el órgano de control tendrá a cargo la supervisión, inspección y auditoría, además de la facultad para instrumentar procedimientos que considere adecuados para lograr su finalidad.

Obras establecidas en el Acuerdo Integral de Renegociación Contractual (AIRC)

En el AIRC suscripto en el 2018, se estableció que las obras y los Capex Operativos (definidos como inversiones obligatorias de capital) previstos en el artículo 6to. reemplazan y dejan sin efecto los planes de inversión y las obras previstas en el Texto Contractual Originario, las Adecuaciones Contractuales y el Acuerdo de Renegociación Contractual (artículo 6.11, a). Allí se describen diversas obras a realizarse, las cuales pueden tratarse, según se detalla en anexos, de Obras previstas, Obras previstas prioritarias, Obras previstas de expansión, Obras RAE⁶, Obras de terceros y Obras adicionales.

⁶ RAE es Recurso de Afectación Específica (por Decreto 2322/2008 se impusieron adicionales tarifarios destinados a un RAE, es decir, destinados a financiar ciertas obras). Luego el AIR dejó sin efecto ese RAE y dispuso que esos fondos se aplicaran a "las Obras RAE".

La actualización de la infraestructura vial incluye repavimentación de calzadas, recambio de señalización vertical, actualización de sistemas de contención, sistema de iluminación y actualización de obras de arte (AIRC, Anexo VI-A Obras Previstas Prioritarias).

Conforme el AIRC, todas las obras que se construyan en el futuro como Capex Operativos, Obras RAE, Obras previstas, Obras adicionales y tramos nuevos serán licitadas y supervisadas por el Concesionario, con excepción de aquellas que no tengan conexión física directa con el acceso las que serán licitadas y supervisadas por la autoridad de aplicación (artículo 6.10).

Además de las obras pautadas la autoridad de aplicación (DNV) y el concesionario (AUSOL SA) podrán acordar la realización de obras adicionales, que se definen como aquellas no incluidas en el Anexo VI ni en el Anexo VI Bis.

Consideraciones específicas respecto de las barandas de defensa /nuevos materiales y tecnología establecida en el contrato de concesión

En el Anexo de Especificaciones Técnicas Generales (ap. 10.9.4) se define que las barandas de defensa consisten en dispositivos destinados a encarrilar y contener a los vehículos. Se establece que el concesionario, al recibir el acceso, deberá reparar y reponer los elementos de que se encuentren deteriorados o faltantes. Se agrega que cada vez que se produzcan modificaciones, se ejecuten obras o surjan circunstancias imprevistas que requieran el uso de barandas, estas deberán instalarse. Las barandas a emplazarse responderán a las normas del concedente. No obstante, también se considera la posibilidad de que este último pueda presentar iniciativas de utilización de nuevos elementos de seguridad que cumplan idénticas funciones, pero deberán ser previamente aprobados por el órgano de control. Esto también se considera para el caso en que surjan nuevos materiales o tecnologías.

Consideraciones específicas respecto de la señalización de la calzada establecidas en el contrato de concesión

En cuanto a la señalización de la calzada, el Anexo de Especificaciones Técnicas Generales describe las condiciones que debe cumplir el concesionario respecto del señalamiento vertical lateral, señalamiento aéreo y señalamiento horizontal.

- a. El *señalamiento vertical lateral* consiste en todos los carteles ubicados a los costados de la calzada. Todas las señales que se emplacen durante la concesión deberán responder a las normas insertas en el Manual de Señalamiento de la DNV, en lo referente al diseño, formas, medidas, colores y materiales constitutivos. (apartado 10.9). Es obligación del concesionario, al recibir la concesión, reparar y completar el señalamiento existente, así como también conservarlo en buenas condiciones de visibilidad diurna y reflectancia nocturna, por lo que deben ser mantenidas siempre limpias y repuestas de inmediato cuando fueran robadas, deterioradas o inutilizadas.
- b. En cuanto al *señalamiento aéreo* se dispone que al recibir el tramo el concesionario deberá reparar y completar el mismo con ajuste al Manual de la DNV, y toda iniciativa de modificaciones, tanto en lo referente a emplazamiento y/o materiales constitutivos, debe ser sometida a aprobación del Órgano de Control, DNV en el actual caso (apartado 10.9.2, Anexo A).
- c. Por último, en cuanto a *señalamiento horizontal*, definido como las líneas y símbolos que se demarcan sobre la calzada (apartado 10.9.3, Anexo A) toda vez que se produzcan modificaciones que den lugar a cambios en el señalamiento, o se ejecuten tareas que lo afecten deberá ser reparado de inmediato de forma tal que la demarcación permanezca siempre completa en buenas condiciones. Tanto los materiales a emplear como la metodología de aplicación a utilizar deberán responder a las normas del Concedente.

A partir de lo descripto anteriormente, se concluye que el señalamiento de la vía debe respetar los lineamientos y parámetros de la DNV y normas del concedente. A continuación, se desarrollan los factores regulatorios establecidos por la DNV para el diseño e instalación de los elementos de la vía.

2.6.3. Factores regulatorios para el diseño e instalación de las barreras de contención en mediana

Las barreras de defensa son dispositivos utilizados para contener a los vehículos que pueden salir fuera de la calzada y dirigirse hacia un objeto o situación peligrosa, pero también representan un obstáculo en sí. Es por esta razón que su proyección y posterior instalación debe tener en consideración no implicar un riesgo mayor al momento en que un vehículo impacta contra ellas. La DNV es el organismo que emite la normativa que regula el proceso de diseño e implantación de las barreras de contención y sus especificaciones técnicas para reforzar la seguridad vial.

En esta sección se describen y comparan las normas vigentes de Diseño Geométrico de Carreteras (DNV 1980), el proyecto de actualización de la norma (DNV 2010) y las Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos en la Sección Barreras Laterales (DNV, 2010)⁷ que desarrollan de manera exhaustiva lo referente al diseño e instalación de las barreras. Estos aspectos fueron analizados en la investigación realizada bajo expediente EX-2021-36141147-APN-JST#MTR donde se realizaron hallazgos vinculados a contradicciones en la normativa que afecta el diseño e implantación de barreras de contención (puede consultarse la investigación en <https://repositorio.jst.gob.ar/jspui/handle/123456789/275>).

Para esta investigación, los aspectos comparados son aquellos que resultan relevantes al diseño y la seguridad en la configuración de las barreras de defensa según las características y la dinámica del suceso. Los aspectos analizados son el nivel de contención (Tabla 13) y la distancia lateral (Tabla 14) de las barreras de contención. La comparación se expone en formato de tablas a fin de facilitar la lectura de cada uno de los aspectos relevados.

⁷ Esta normativa surge a partir de considerar los siguientes aspectos: llenar el vacío regulatorio que ha producido el avance tecnológico; instituir el accionar conjunto de la gerencia de planeamiento, investigación y control, y de la gerencia de obras y servicios viales; estandarizar la definición de los requisitos de seguridad con los que deben contar los sistemas de contención con base en ensayos a escala real; contemplar la aplicación de la norma norteamericana NCHRP 350 y la Norma Europea EN 1317.

Tabla 13. Comparación de Normativa y Recomendaciones para la configuración de barreras de contención de la DNV según su nivel de contención

<p>Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, DNV 1980 (normativa vigente)</p>	<p>No se menciona el concepto “Nivel de Contención”, sin embargo, los diseños indicados tienen el detalle de ensayos a barreras y la deflexión obtenida.</p>
<p>Proyecto de Actualización de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, DNV 2010</p>	<p>La selección del nivel de prueba para un proyecto está asociada con la velocidad de diseño, composición del tránsito y las condiciones del entorno. La barrera longitudinal cumplirá como mínimo los niveles de prueba (TL) del NCHRP Report 350 (Tabla 7.8. norma DNV 2010), la cual señala que para velocidades de diseño mayores o iguales a 80 km/h el nivel de prueba corresponde a un TL-3. Asimismo, realiza una comparación entre los niveles de prueba de los Estados Unidos con la normativa europea (EN 1317).</p>
<p>Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos Sección Barreras Laterales, DNV 2010</p>	<p>Para el caso de carreteras de alta velocidad la NCHRP 350 define como aceptable el nivel de ensayo 3 (TL-3). Para el caso de zonas de obra define como aceptable el nivel de ensayo 2 (TL-2). Al igual que el proyecto de actualización realiza una comparación con los niveles de prueba de la normativa europea.</p>

Fuente: elaboración propia con base en normativa de diseño y recomendaciones correspondientes a la DNV, JST 2022

Tabla 14. Comparativa de Normativa y Recomendaciones para la configuración de barreras de contención de la DNV según distancia lateral entre borde de calzada e instalación

<p>Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, DNV 1980 (normativa vigente)</p>	<p>La cara interna de la baranda se debe ubicar como mínimo a 0,60 a 1 m de distancia del borde de banquina y 3,7 a 4 m de distancia del pavimento.</p>
<p>Proyecto de Actualización de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, DNV 2010</p>	<p>Donde se necesite una barrera lateral para proteger de un peligro aislado, es más importante que la barrera sea ubicada tan lejos de la calzada como las condiciones lo permitan, considerando el ancho de trabajo del sistema a instalar. Para barreras cortas y aisladas, establece que las mismas deben estar ubicadas con respecto a la calzada más allá de la distancia de sobresalto, la cual para una velocidad de 110 km/h es de 2,80 m.</p>
<p>Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos Sección Barreras Laterales, DNV 2010</p>	<p>Específicamente sobre las distancias laterales entre calzada y barrera no indica nada este documento, sin embargo, sobre la instalación expresa lo siguiente:</p> <p>“Finalmente es del caso destacar que en la implantación y el diseño de la barrera se deberá tener en cuenta no caer, en caso de que corresponda, en las distintas practicas inadecuadas agrupadas con el código <i>h-Defensas</i> y descrito en el Manual de Prácticas Inadecuadas de la DNV” (apartado 5to).</p>

Fuente: elaboración propia con base a normativa de diseño y recomendaciones correspondientes a la DNV, JST 2022

2.6.4. Factores regulatorios para el diseño e instalación de la señalización horizontal y vertical

Los parámetros y directrices para el diseño, forma, medidas, colores y materiales de la señalización se encuentran establecidas en el Manual de Señalamiento Vertical (2017) y Manual de Señalamiento Horizontal (2012) de la DNV. En estos se establece que tanto el señalamiento vertical como el horizontal deben transmitir a las personas usuarias de las vías órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones mediante códigos comunes la forma correcta y segura de circular con el objeto de evitar riesgos y demoras. Estos manuales son complementarios entre sí (punto 1.2.2. MSV).

En el manual de señalamiento vertical de la DNV (2017) se presenta un catálogo de señalamiento para casos rutinarios o típicos presentes en la Red de Caminos. No obstante, se considera para casos especiales, la posibilidad de incorporar señalización con base en un análisis preliminar. Según se indica en el manual este análisis se debe realizarse a partir de “las herramientas que brinda la Ingeniería de Tránsito, los criterios establecidos en el presente MSV, y la experiencia justifiquen técnicamente las características de cada señal, su tamaño y ámbito de emplazamiento” (sección 1.2.5).

También se considera la colocación de señales preventivas, definidas en la sección 3.2.1 (DNV, 2017), como aquellas que “advirten la proximidad de una circunstancia anormal en la vía que puede resultar sorpresivo o peligroso a la circulación” y cuya finalidad es que se adopte una actitud adecuada por parte del conductor frente a las condiciones que no necesariamente le resulten evidentes.

Con respecto a la señalización vertical específica de restricciones de velocidad, el manual señala como regla general, considerando la condición de la calzada, que la señalización de restricción de la velocidad en tramos rectos será la establecida por la Ley Nacional de Tránsito para cada tipo de vía. Además, se considera la señalización de restricción de velocidad por criterios técnicos, teniendo en cuenta situaciones tales como intersecciones, limitaciones de distancia de visibilidad, limitación de la geometría, y se agrega que “los casos arriba identificados son básicos, la historia

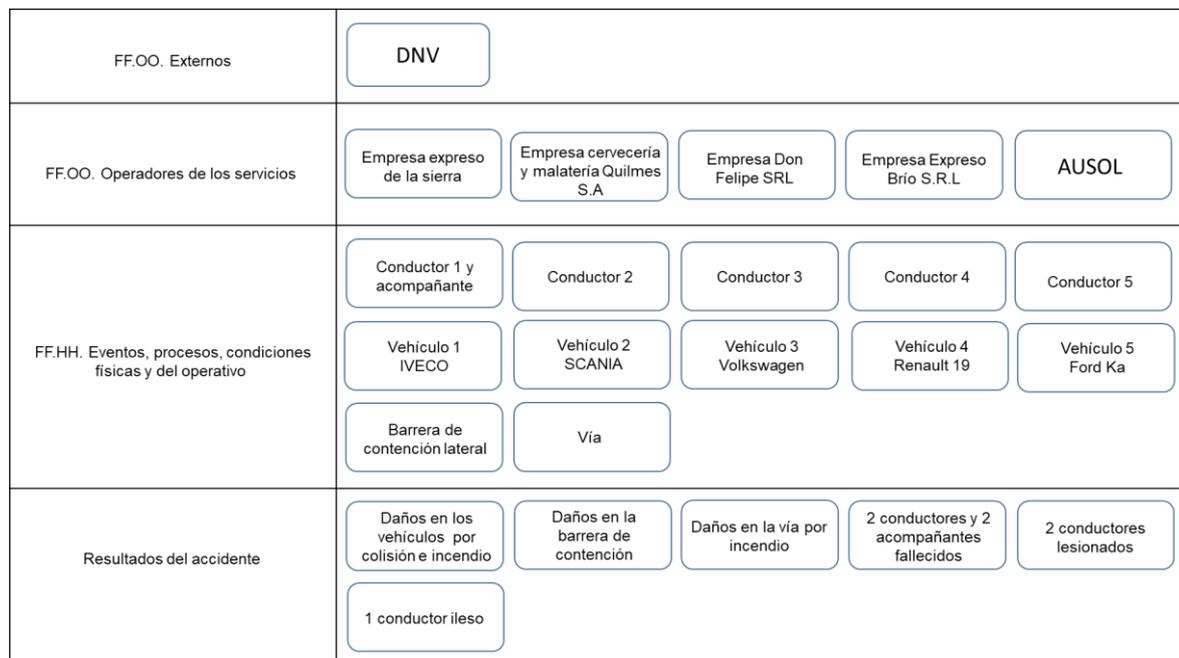
accidentológica del lugar podrá imponer restricciones ulteriores.” (2.3.4.1.3, DNV, 2017).

Por último, se agrega la posibilidad de establecer restricciones o zonas de control de velocidad, por razones operacionales o de diseño. Tal es el caso de Travesías Urbanas (Restricción hasta 60 km/h), o por restricción de radios de curvatura o de visibilidad o por la existencia de curvas verticales o superposición de curvas que limiten la visibilidad.” (2.3.4.2, DNV, 2017).

2.7. Diagrama de factores organizacionales y factores humanos asociados vinculados al suceso

A continuación, se identifican los Factores Organizacionales, que incluyen tanto a los organismos reguladores como a la organización; los Factores Humanos, que conciernen a la situación de trabajo local, es decir, operadores de primera línea y su entorno de trabajo; y los resultados del accidente.

Figura 24. Síntesis de factores organizacionales, humanos y resultados del accidente



3. ANÁLISIS DE DATOS

Desde la perspectiva del modelo sistémico, investigar un accidente implica indagar acerca de los factores desencadenantes, las condiciones latentes y en las defensas

del sistema. En esta sección se integra parte de los datos que describen el suceso para exponer los hallazgos vinculados a los factores relacionados con el accidente.

3.1. Factores desencadenantes

La falla técnica de un vehículo y/o las desviaciones del desempeño del personal de primera línea pueden considerarse como factores desencadenantes de un suceso de transporte al ocurrir súbitamente y producir efectos inmediatos.

Esta investigación no tuvo como eje central identificar los factores que desencadenaron la pérdida de control del vehículo, el cruce y aplastamiento de la barrera metálica de contención en la mediana y la invasión de la mano contraria, lo que resultó en una colisión múltiple e incendio. En la sección siguiente se presenta el análisis de las condiciones latentes identificadas en este suceso.

3.2. Condiciones latentes

3.2.1. Factores relativos al diseño de la vía

Barreras de contención en mediana

En esta investigación se identificó como condición latente el nivel de contención de la barrera de defensa dispuesta en la mediana, debido a que no fue suficiente para retener y rencauzar al Vehículo 1 y permitió su cruce hacia el otro lado de la vía.

Según información brindada por la concesionaria AUSOL (2022), las barreras de contención en mediana en el tramo donde ocurrió el accidente son del tipo *flex beam* y su diseño coincide con el plano tipo defensa metálica H-10237. Además, indicaron que no están certificadas, por lo cual su nivel de contención no está determinado por ensayo.

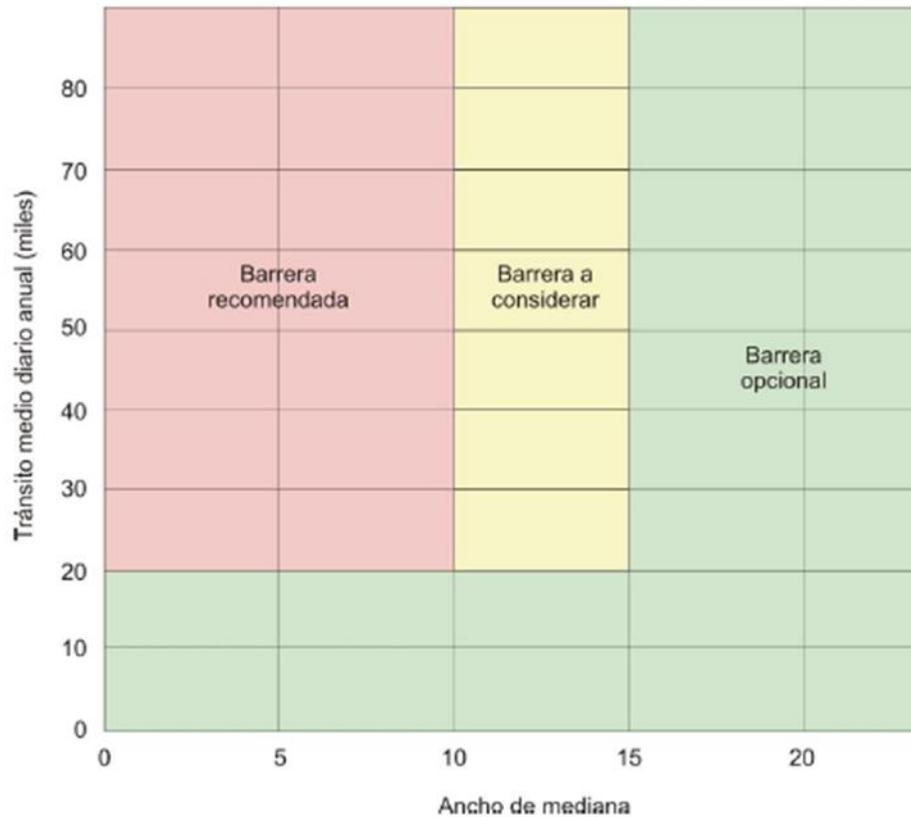
En esta sección se detallan los parámetros que justifican la instalación de barreras en la mediana, los criterios de selección del tipo de barrera adecuada y los niveles de contención que deben tener según el TMDA del tramo, las características del tránsito y la topografía.

El uso adecuado de barreras de contención dispuestas en medianas entre dos calzadas se justifica por su capacidad para reducir significativamente el cruce de vehículos de una calzada a otra, especialmente, en aquellas de anchos menores a 15 metros (Guía II DCRV, AAC, 2016). De esta forma evitan el choque frontal y mitigan la gravedad de los accidentes. Su implantación es necesaria si la mediana no es traspasable, tiene desniveles, objetos rígidos y/o cunetas, o según el TMDA del tramo versus el ancho de mediana.

El nivel de contención se determina a través de ensayos. Los parámetros que se toman en cuenta son: masa del vehículo (tipo de vehículo), velocidad, ángulo de impacto y la capacidad de contener la energía del choque sin causar muertes o lesiones graves a quienes ocupan los vehículos. Siguiendo estos criterios, al diseñar la vía y seleccionar el nivel de contención de las barreras, se deben tener en cuenta las condiciones y composición del tránsito y las características del entorno.

La figura siguiente es un gráfico de la *Road Design Guide* (citado por DNV 2010) para la justificación de barreras en mediana en caminos con control total de accesos (autopistas), en función del TMDA del tramo y el ancho de mediana.

Figura 25. Tránsito Medio Diario Anual por ancho de mediana para la justificación de barreras



Fuente: *Road Design Guide* (citado por DNV, 2010)

Para el caso en estudio, según información proporcionada por AUSOL, el TMDA del tramo para los últimos 6 años (2015-2021) es en promedio anual de 92 200 vehículos y el ancho de mediana es entre 5 y 6 metros. Como se refleja en la Figura 24, estos valores justifican el uso de barrera de contención en la mediana. Por su parte, para seleccionar el tipo de barrera y el nivel de contención adecuado a las características del tramo o de determinado sector de este, se debe buscar una solución que cumpla con las siguientes condiciones (DNV, 2010):

- Deflexión
- Ubicación
- Compatibilidad de sistemas
- Costos

- Estética y ambiente
- Transiciones entre sistemas
- Experiencia de campo

Estos factores son relevantes para determinar en cada caso cuáles son los tipos de barreras que deben implantarse y el nivel de contención que deben ofrecer al vehículo para retenerlo y redirigirlo de manera segura a la calzada.

Como el caso en estudio, para autopistas y caminos de velocidad de 80 km/h o más se utilizan dispositivos que cumplan como mínimo un nivel de contención TL-3 o su equivalente en la norma europea (EN 1317) H1, para contener y redirigir a vehículos livianos (DNV, 2010).

Las barreras TL-3 no están diseñadas para contener y redirigir vehículos de carga pesada u ómnibus, es por ello que deben analizarse otros criterios para el uso de niveles de contención más elevados, como los TL-4/5/6 en las vías o tramos que lo requieran, según las características del tránsito y las condiciones del entorno.

El porcentaje de camiones de más de dos ejes respecto al TMDA del tramo es un criterio para la selección de niveles de contención más elevados según el proyecto de actualización de la norma de diseño geométrico (DNV, 2010). A continuación, se presenta la tabla 7.13 del anexo 7 de dicha normativa, donde se establece la relación entre el TMDA y el porcentaje de vehículos de más de dos ejes, con el fin de considerar la instalación de barreras con niveles de contención TL-4/5/6.

Tabla 15. TMDA del tramo por Porcentaje de camiones de más de dos ejes

TMDA	Sin carga peligrosa		Con carga peligrosa	
	calzada dos sentidos	calzada un sentido	calzada dos sentidos	calzada un sentido
≤ 1000	30	30	20	25
1000-3000	20	25	15	20
3000-7000	15	20	10	15
≥ 7000	10	15	5	10

Fuente: DNV, 2010

En el año 2019⁸ el TMDA registrado por DNV para el tramo comprendido entre los kilómetros 32,52 y 39,32 de la RN 9 fue de 91478 veh/día, donde el 20,6 % corresponde a vehículos del tipo ómnibus de corta y larga distancia; camiones con semirremolque; camiones con y sin acoplado.

En este sentido, si se compara la información del tramo analizado con la composición del tránsito en los TMDA mayores a 7000 vehículos en los que se estima un 10 % de camiones con carga peligrosa para calzadas de un sentido (Tabla X), queda justificado el uso de un nivel de contención más elevado. Para esta afirmación se asume una distribución igual en cada calzada del 20,6 % informado por DNV de camiones que circulan en el tramo relevado.

Diseño del alineamiento horizontal y velocidad

Otra condición latente identificada es el diseño del alineamiento horizontal, cuyas características no resultan adecuadas para garantizar condiciones seguras de circulación. En esta sección se analiza el diseño del alineamiento horizontal y se calculan sus parámetros con base en la información provista por AUSOL.

El lugar del accidente está ubicado en la finalización de una curva horizontal que antecede a otra curva con el vértice en sentido opuesto (curva y contracurva). La primera tiene un radio de 487 metros con un peralte del 6 %. La segunda, un radio 1002 metros con peralte del 2 %. Al tratarse de una autopista cuya velocidad de tránsito es de 130 km/h, los radios están por debajo de los mínimos absolutos y deseables incluso con peraltes máximos del 10 %, según lo establecido por Vialidad Nacional en las normas de diseño geométrico (1980) y el proyecto de actualización de la norma (2010).

Para autopistas en zonas llanas con velocidades máximas de 130 km/h, el radio mínimo absoluto es de 700 metros (DNV, 1980). Por otro lado, el proyecto de actualización indica que para autopistas con velocidades máximas de 130 km/h el

⁸ Se toma como referencia el año 2019 debido a que el último dato publicado corresponde al 2021, donde todavía el flujo de movilidad estaba afectado por la pandemia y las restricciones a la circulación.

radio mínimo absoluto es de 750 metros para peraltes máximo de 10 %, el valor mínimo de radio absoluto aumenta a medida que disminuye la inclinación del peralte máximo (DNV, 2010). Con base en el análisis detallado en el Anexo 9.1, se sostiene que ninguna de las curvas analizadas puede ser transitada a velocidades de 130 km/h.

Comparando lo relevado en el tramo con la normativa, debe regularse la condición latente del alineamiento horizontal, para que el tránsito fluya de manera segura. Es decir, deben tomarse medidas con respecto a los parámetros de ambas curvas horizontales. Aumentar los radios en ambas curvas para que coincidan normativamente con la velocidad de circulación implica un rediseño y obras de construcción, lo que conlleva un lapso prolongado. Aumentar el peralte para balancear las fuerzas actuantes en el tránsito de una curva horizontal, junto con el radio y el coeficiente de fricción lateral, es una medida limitada debido a que, en zonas llanas y tipos de ruta como Panamericana, el peralte máximo recomendado es 6 % (DNV, 2010), es decir, que en la primera curva no se puede aplicar esta medida. Por último, se pueden tomar medidas en la velocidad para transitar ambas curvas, reduciéndola y adaptándola a la que corresponde a los radios y peraltes existentes (Anexo 9.1).

Coordinación planialtimétrica

En relación con el diseño del alineamiento horizontal y la velocidad del tramo, la coordinación planialtimétrica también se identificó como una condición latente. Los elementos verticales y horizontales del tramo, y específicamente en el kilómetro 37, no están correctamente coordinados, dado que allí se desarrolla una curva vertical convexa que a su vez contiene dos curvas horizontales con vértices opuestos.

La coordinación planialtimétrica apunta a resolver adecuadamente la compaginación de los elementos que componen el alineamiento horizontal y vertical del eje de manera que el ensamble espacial satisfaga las expectativas de las personas usuarias de la vía. Lo central de este concepto está en realzar los aspectos de seguridad, funcionalidad, comodidad de quien conduce y la apariencia estética de un camino que permita reducir imprevistos (DNV, 2010).

A menudo la apariencia de la vía define el comportamiento del conductor (Masaeid *et al.*, 1995). Por lo cual se formulan una serie de combinaciones de los elementos

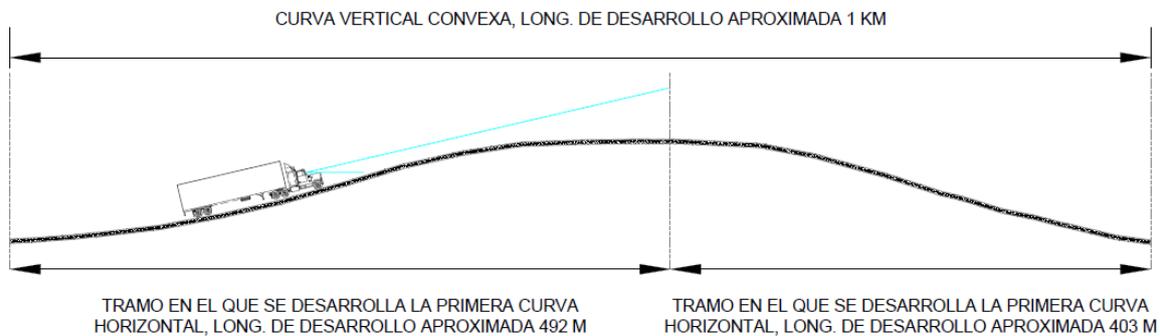
planialtimétricos que se recomiendan o no, para que este tenga siempre una clara percepción de las trayectorias a seguir, y se sienta relajado mentalmente al ver la calzada y su entorno.

En estos casos, si bien se recomienda la coincidencia de los vértices de las curvas verticales con los de las curvas horizontales, de existir ambos elementos en un tramo, deben compaginarse sin perjudicar las distancias de visibilidad o la comodidad del conductor. Para lograr este propósito, la DNV (2010) sugiere evitar que el comienzo de una curva horizontal quede escondido por una curva vertical convexa, considerándola una situación de riesgo. En palabras textuales, la DNV indica:

Esta situación es particularmente grave cuando no hay elementos laterales de guiado visual y las curvas son de radio y parámetro reducidos, respectivamente. Esa configuración produce el efecto de “zambullida”, o pérdida de trazado de la calzada, con el agravante que el conductor no puede advertir anticipadamente el cambio de dirección en horizontal. En general, debiera evitarse la combinación de curva convexa con horizontal de radio mínimo. Cuando una curva convexa de parámetro reducido está superpuesta a una curva horizontal, la distorsión visual de la perspectiva hace que la curva horizontal se aprecie más cerrada de lo que es. (2010)

El suceso investigado ocurrió en sentido descendente en la contracurva (segunda curva con sentido opuesto), la cual no es visible con antelación por la configuración de la curva vertical convexa, al quedar la segunda curva horizontal oculta en el descenso de la curva vertical, tal como se observa en la Figura 26.

Figura 26. Imagen representativa de la visibilidad en la curva vertical, donde se desarrollan dos curvas horizontales con vértices opuestos. Vista en sentido descendente hacia Buenos Aires



Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

Por otro lado, los radios de ambas curvas horizontales son inferiores para velocidades de 130 km/h, sobre todo el de la curva de 487 metros de radio, situación que no se recomienda según lo antes descrito con base a la normativa de DNV.

Este tipo de alineamientos hacen que el conductor tenga que realizar maniobras complejas o disminuir bruscamente su velocidad de operación, acciones que no son propias de un camino diseñado coherentemente.

Coherencia del diseño

La coherencia en el diseño también fue identificada como un factor relacionado con la ocurrencia del suceso investigado, ya que puede producir condiciones críticas que orienten a las personas usuarias de la vía a realizar maniobras repentinas.

Por *coherencia de diseño* se entiende la diferencia entre la velocidad directriz (con la cual se configura la geometría del proyecto y que se pretende constante) y la velocidad real de operación que es empleada por los vehículos. Al Masaeid *et. al* (1995) define este concepto como la condición bajo la cual la geometría de un camino se encuentra en armonía con las expectativas de los conductores con el propósito de evitar maniobras críticas. Por su parte, la DNV (2010) indica que un camino coherente es aquel que posee un diseño geométrico que permite a los conductores circular a una

velocidad cercana a la directriz sin la necesidad de verse forzados por la geometría del camino a realizar cambios bruscos de velocidad o de trayectoria.

Cuando el camino presentar alineamientos inesperados para el conductor, estos se ven obligados a hacer maniobras forzadas o rápidas, produciéndose cambios en la velocidad de operación de los vehículos, dichos cambios pueden generar reacciones en cadena en los conductores, de frenado o maniobras evasivas, generándose accidentes de tránsito.

En el caso investigado, la coherencia del diseño está vinculada con la coordinación planialtimétrica, donde se combina en un mismo lugar una curva vertical con dos curvas horizontales de vértices opuestos, quedando una de ellas oculta en el desarrollo de la curva vertical, lo que compromete la visibilidad y genera condiciones imprevistas para la circulación.

También la coherencia del diseño se manifiesta en su vinculación con el alimento horizontal. Al tratarse de una autopista por la que se puede circular hasta 130 km/h pero que en el caso del km 37, incluye curvas horizontales con radios que debieran transitarse a una velocidad menor (Anexo 9.1), generan una incoherencia geométrica que puede forzar a los conductores a tener que disminuir la velocidad de manera brusca al salirse de las expectativas que pueden tener al transitar por esta vía (AASHTO, 1994).

Señalización horizontal y vertical

En el relevamiento realizado con posterioridad al suceso (mayo 2022) pudo identificarse que el tramo donde ocurrió cuenta únicamente con señalización vertical para las personas usuarias particulares de la vía, a quienes se les indica una velocidad máxima de 130 km por hora para transitar. Este factor, sumado al alineamiento horizontal del tramo, actúa como una condición latente, dado que la velocidad máxima señalizada resulta excesiva para transitar un tramo cuyo diseño presenta una curva y una contracurva. Considerando esta condición particular, en ningún momento se verifica la existencia de advertencias a las personas usuarias para disminuir la velocidad al transitar el tramo relevado.

Al analizar las condiciones del alineamiento horizontal, la coordinación planialtimétrica y la coherencia del diseño en su relación con la velocidad señalizada a partir de lo establecido por la DNV en los manuales de señalización vertical y horizontal (ver punto 2.6), se considera que falta señalización que brinde información a quien transita la vía. En la tabla siguiente se muestran imágenes representativas de las señales que se consideran necesarias de acuerdo con las características de la vía ya referidas.

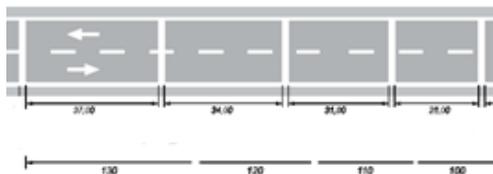
Tabla 16. Imágenes representativas de las señales que no se observaron en el relevamiento y deberían estar por la configuración de la ruta específicamente en el kilómetro 37 de la RN 9

Señal	Descripción	Dónde se debe ubicar
 <p>Límite de velocidad máxima</p>	<p>Señalización vertical que indica el máximo de velocidad a la cual se puede circular en el tramo señalizado. Al inicio de la zona restringida</p>	<p>Previos a las curvas horizontales ubicadas en el km 37, en sentido de ascenso y descenso.</p>
 <p>Curva moderada</p>	<p>Señalización vertical que advierte la proximidad de una curva moderada en la dirección de la flecha. Se implanta cuando la velocidad máxima segura para transitarla sea menor a la velocidad máxima permitida en la ruta.</p>	



Curva y contracurva

Señalización vertical que advierte la presencia en un tramo de dos curvas en sentido contrario separadas por una tangente normal. Puede ser a la derecha o a la izquierda el inicio la primera curva en sentido de marcha.



Líneas auxiliares para reducción de velocidad

Señalización horizontal utilizada para complementar la señalización vertical cuando se debe reducir la velocidad en sitios o tramos peligrosos.

Posterior al segundo relevamiento realizado por la JST (mayo de 2022), AUSOL informó haber incorporado señalización para reforzar las medidas de precaución para circular por el tramo y desalentadores de velocidad. Desde el inicio de esta investigación, la necesidad de incrementar la información brindada a las personas usuarias de la vía para transitar de manera segura fue un tema que convocó la preocupación de la empresa concesionaria y el equipo de trabajo de la DNISAU-JST y fue parte de los hallazgos de esta investigación.

Como se indicó anteriormente, en el transcurso de su desarrollo y luego de distintas instancias de intercambio con AUSOL SA, la empresa informó haber realizado modificaciones en la señalización vertical y horizontal en el tramo analizado. A raíz de

esta situación, y previo al cierre de esta investigación, se realizó un tercer relevamiento (mayo de 2023) a partir del cual se verificó la incorporación de la señalización detallada a continuación y se evaluó la posibilidad de recomendar la incorporación de señalización complementaria.

En el relevamiento se observó, previo al inicio de ambas curvas, tanto en sentido ascendente como descendente, una disminución de la velocidad señalizada de manera escalada, primero a 100 km/h y luego a 80 km/h. A su vez, este señalamiento vertical fue acompañado con demarcación horizontal, específicamente líneas auxiliares para reducción de la velocidad que causan un efecto sonoro vibratorio. Las líneas comienzan desde la señalización de velocidad máxima 100 km/h. Pasadas ambas curvas horizontales, se da fin a la restricción de velocidad y se vuelve a indicar una máxima de 130 km/h.

Las líneas de borde fueron cambiadas de simples, continuas y planas a conformadas, por lo cual presentan un sobresalto y un efecto sonoro vibratorio al ser pisadas. Este cambio fue realizado en sentido ascendente y descendente en el recorrido de ambas curvas horizontales. Constatadas las modificaciones realizadas por AUSOL SA, las Recomendaciones de Seguridad Operacional que se emiten a partir de esta investigación están orientadas, entre otras, a continuar fortaleciendo las acciones iniciales realizadas por la empresa concesionaria.

4. HALLAZGOS

4.1. Hallazgos vinculados a factores relacionados con el accidente

- El kilómetro 37 es el de mayor concentración de accidentes con relación con el tramo comprendido entre los kilómetros 32 al 44, comparables por su igual TMDA.
- Aun cuando cumple con la normativa vigente, el nivel de contención de la barrera instalada en el tramo analizado resulta insuficiente de acuerdo con las características de la vía y el tránsito. Esto es posible dada la ambigüedad entre la Normativa y las Recomendaciones emitidas por la DNV.

- La curva y contracurva del kilómetro 37 no tenía una señalización adecuada a las características del tramo al momento del suceso.
- La coordinación planialtimétrica en el kilómetro 37 no resulta adecuada para garantizar la visibilidad y la seguridad en el tránsito de ambas curvas.
- La velocidad máxima señalizada de 130 km/h en el kilómetro 37, la cual se ubica por encima del límite de velocidad según los parámetros de diseño de las curvas horizontales al momento del suceso.
- El Proyecto de Actualización de la Norma y las Recomendaciones sobre Sistemas de Vehículos, Sección Barreras Laterales (2010) introduce el concepto de *nivel de contención* según ensayos realizados por el Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras de EE. UU. (NCHRP, por sus siglas en inglés) recomendados en el reporte 350: “Procedimientos recomendados para la evaluación del desempeño de seguridad de las características de la carretera”. Sin embargo, este no es de cumplimiento obligatorio.
- Para el TMDA y porcentaje de vehículos pesados que transita por la Ruta Nacional 9 Panamericana en el tramo del kilómetro 37 el nivel de contención de las barreras de mediana no es suficiente según las Recomendaciones del Proyecto de Actualización de la Norma de Diseño (DNV, 2010).

5. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Automotores de la Junta de Seguridad en el Transporte, a partir del análisis realizado en esta investigación, emite las siguientes Recomendaciones de Seguridad Operacional.

RSO-AU-0048-23

Destinatario: Autopistas del Sol SA

Adicionar señalización para ofrecer más información a las personas usuarias de la vía respecto de la curva y contracurva ubicadas en el tramo.

RSO-AU-49-23

Destinatario: Autopistas del Sol SA

Instalar barreras en la mediana con un nivel de contención mínimo TL4 en el kilómetro 37.

RSO-AU-50-23

Destinatario: Dirección Nacional de Vialidad

Desarrollar una única norma aplicable para el diseño, implantación y mantenimiento de barreras de contención lateral y en mediana.

6. FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. Entrevistas

DNISAU (28 de marzo de 2022). Entrevista al Área Técnica AUSOL.

DINSAU (8 de septiembre de 2022). Entrevista al Área Legales AUSOL.

DNISAU (1 de febrero de 2022). Entrevista al Área Técnica AUSOL.

6.2. Informes recibidos

Agencia Nacional de Seguridad Vial. Datos sobre Licencia Nacional de Conducir, Capacitaciones y Antecedentes de tránsito.

Autopistas del Sol SA. Contrato de concesión; Técnico Particular; Contrato de concesión. Complemento; Especificaciones técnicas generales; Acuerdo Integral y Anexos; Plano tipo *Flex Beam*; Perfil tipo pavimento; Calzadas acotadas; Planimetrías; Siniestralidad desde kilómetro 12 a 75; Anexo de especificaciones técnicas generales (Anexo A); Anexo Técnico Particular (Anexo B); Anteproyecto Técnico Definitivo.

Dirección Nacional de Vialidad. Información Tramo INT.R.N.8 (I) - SAL.A CALLE BELGRANO 32.52 al 39.32.

UFI y J N° 5, Fiscalía descentralizada de Escobar, Buenos Aires, copia digitalizada de actuaciones judiciales.

6.3 Normativa

Decreto 505/1958

Decreto 1167/1994

Decreto Necesidad Urgencia 13/2015

Ley N.º 17.520

Ley N.º 25.561

Ley N.º 23.696

Ley N.º 27.514

Resolución 1485. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación
Dirección Nacional de Vialidad (1980). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.

Dirección Nacional de Vialidad (2010). Proyecto de Actualización de la Norma de
Diseño Geométrico de Carreteras.

6.4. Páginas Web

Dirección Nacional de Vialidad. Tránsito en la Red Nacional de Caminos. Consulta
TMDA y distribución de vehículos.

http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/tmda.html

6.5. Visitas al lugar del accidente

Relevamiento accidentalógico en campo (8 de febrero de 2022). Ruta Nacional 9.
Panamericana.

Relevamiento barreras de contención en la mediana (10 de mayo de 2022). Ruta
Nacional 9. Panamericana.

Relevamiento señalización kilómetro 37 (31 de mayo de 2023). Ruta Nacional 9.
Panamericana.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASTHO - EUA (2004). *Green Book C3 Elements of Design*.

Al-Masaeid, H.R., Hamed, M. Aboul-Ela, M. Ghannam, A (1995). Consistency of horizontal alignment for different vehicle classes. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. 178-183.

Asociación Argentina de Carreteras (2016). Conocimientos básicos sobre dispositivos de contención y redirección de vehículos (DCRV) GUIA 2, Justificación y selección de DCRV.

Dirección Nacional de Vialidad (2017) Manual de señalamiento vertical. Dirección Nacional de Vialidad.

------(2012) Manual de señalamiento horizontal. Dirección Nacional de Vialidad.

------(2010). Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos Sección Barreras Laterales.

------(2007). Manual de diseño vial seguro. 2da edición. Dirección Nacional de Vialidad.

------(1980) Atlas normas de diseño geométrico de carreteras. Dirección Nacional de Vialidad.

Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil (2020). Manual de Procedimientos para la investigación de accidentes e incidentes de aviación civil (MAPRIACC). Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil.

Reason, J. (2008). *The human contribution: Unsafe acts. Accidents and Heroic Recoveries*. Routledge.

Salmon, P. M., y Lenné, M. G. (2015). Miles away or just around the corner? Systems thinking in road safety research and practice. *Accident analysis and prevention*, 74, 243-249.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27(2), 183-213.

Covello, A. (2021). Investigación sistémica de accidentes: Modelo para el transporte y la gestión de riesgos en sistemas complejos. CICCUS.

Turjanski, D. y Covello, A. (2014). Modelo de análisis de accidentes e incidentes y redacción de informes finales. Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil.

Simposio Diseño Geométrico EUA (1995). Safety Effects of Road Design Standards in Europe.

8. ANEXOS

8.1. Alineamiento horizontal, cálculo de la velocidad y parámetros de la curva

En el lugar del suceso (kilómetro 37) el alineamiento horizontal está conformado por rectas, curvas circulares y curvas de transición⁹ que se ordenan de la siguiente manera: recta, curva de transición, curva circular¹⁰, curva de transición, recta, curva de transición, curva circular, curva de transición y recta.

Las curvas circulares forman parte del alineamiento horizontal. Tanto este parámetro como el alineamiento vertical y los elementos de la sección transversal están definidos por la velocidad directriz¹¹. También los mencionados parámetros pueden restringirla y, a su vez, ella los define, llegando, a veces, a ser un proceso iterativo. Para zonas llanas, el rango de velocidad directriz varía entre los 90 km/h y los 130 km/h. De la información solicitada a AUSOL y DNV, esa es la velocidad de proyecto para el tramo relevado, sin embargo, no se pudo obtener. Por otro lado, la velocidad máxima legal¹² para transitar en autopistas como la Panamericana es de 130 km/h para motocicletas y automóviles (art.51, Ley N. ° 24449). Asimismo, en el relevamiento realizado se observó que las velocidades máximas señalizadas para cada uno de los tipos de vehículos que circulan por esta vía son:

- Vehículos livianos: 130 km/h
- Ómnibus o colectivos: 90 km/h
- Vehículos pesados: 80 km/h

Es de destacar que no se observaron restricciones de velocidad para el kilómetro 37, donde se encuentran las dos curvas bajo análisis.

A continuación, se presenta el cálculo de la velocidad máxima segura para circular en las dos curvas horizontales ubicadas en el kilómetro 37 de la RN 9, así como sus parámetros: radios, peralte y coeficiente de fricción transversal humedad. Para el cálculo de los radios y los peraltes se utilizó la información enviada en planos por AUSOL.

Según el modelo matemático de AASHTO (citado en DNV, 2010), el radio de una curva se define a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127 \times (e + ft)}$$

Velocidad despejada:

$$V = \sqrt{R \times (127 \times (e + ft))}$$

Donde:

V: Velocidad directriz, km/h

R: Radio, m

e: Peralte, m/m

ft: Fricción transversal húmeda

(e+ft): coeficiente centrífugo = α

Se deben obtener los valores del radio, peralte y fricción transversal humedad para poder calcular la velocidad máxima segura en ambas curvas.

Radios:

Los radios de las curvas se obtuvieron a través de las mediciones realizadas en los planos de planimetrías en el programa AutoCAD, los parámetros buscados para esto fueron la cuerda y la flecha de cada circunferencia. Para obtener su valor real se utilizó

⁹ Son aquellas donde la curvatura varía linealmente en función de la longitud, esto permite introducir de manera gradual la incomodidad que genera la fuerza centrífuga y de esta manera el conductor puede transitar más cómodo y seguro.

¹⁰ Son curvas de radio constante, donde actúa la fuerza centrífuga y su magnitud es proporcional a la inversa del radio de la curva. En el empalme recta-curva aparece de manera brusca la aceleración centrífuga, y en velocidades altas este fenómeno es molesto y puede poner en peligro la seguridad de las personas que van en los vehículos (DNV, 2010).

¹¹ Es la máxima velocidad a la que puede transitar con seguridad, sobre una sección de camino, un conductor de habilidad media manejando un vehículo en buenas condiciones mecánicas, bajo condiciones favorables de: flujo libre, clima, visibilidad y calzada húmeda. es la velocidad que define los parámetros mínimos de diseño (DNV, 2010).

¹² Velocidad máxima según ley o reglamentación, indicada en las señales viales.

una escala basada en las mediciones realizadas en el programa, donde 100 metros de la realidad equivalen a 1,9683 metros en el dibujo.

Curva horizontal uno: aproximadamente desde la progresiva 36,940,21 a la progresiva 37,164,12 (dirección Campana) los parámetros son los siguientes:

Tabla 17. Parámetros de la geometría del arco de circunferencia que forma la curva.

Parámetro	En el dibujo (m)	En la realidad (m)
Cuerda	4,3687	221,9530
Flecha	0,2521	12,8080

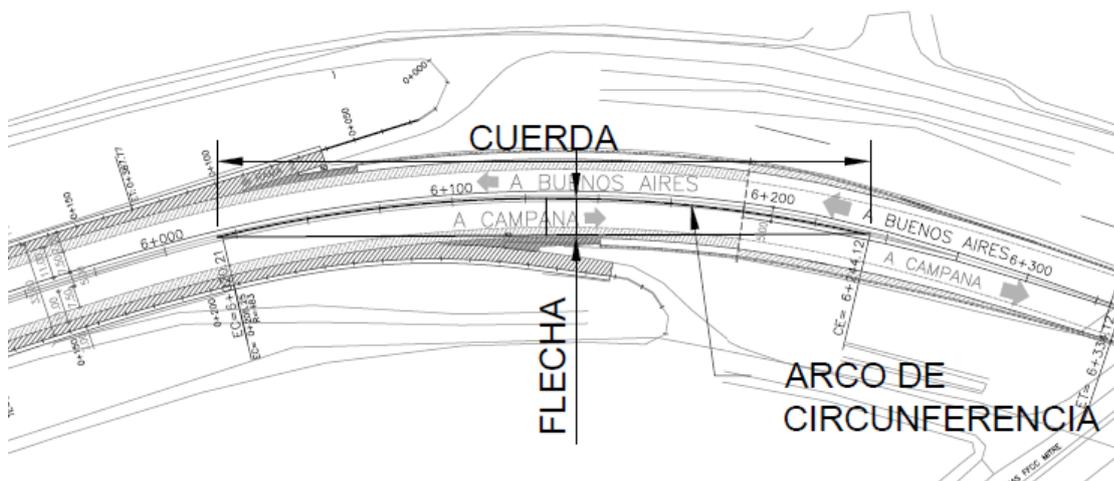
Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

con la siguiente formula, Irureta (2017):

$$R = \frac{C^2}{8 \times f} + \frac{f}{2}$$

$$R = \frac{221,9530^2}{8 \times 12,8080} + \frac{12,8080}{2} = 487 \text{ m}$$

Figura 27. imagen representativa de la curva 1 en sentido ascendente donde se observan los parámetros de la cuerda y la flecha del arco de circunferencia



Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

Curva horizontal dos: aproximadamente desde la progresiva 37+376,93 a la progresiva 37+749,35 (dirección Campana) los parámetros son los siguientes:

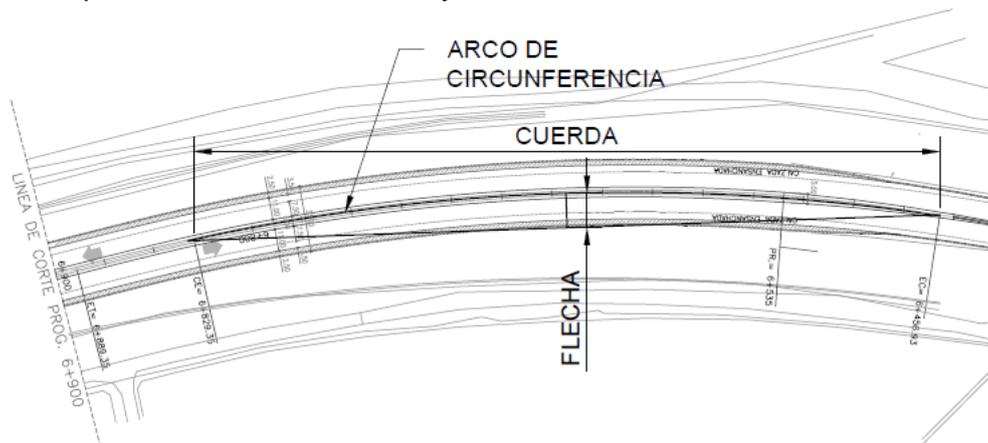
Tabla 18. Parámetros de la geometría del arco de circunferencia que forma la curva.

Parámetro	En el dibujo (m)	En la realidad (m)
Cuerda	7,2885	370,2942
Flecha	0,3396	17,2535

Fuente: elaboración propia con base a los planos enviados por AUSOL, 2023

$$R = \frac{370,2942^2}{8 \times 17,2535} + \frac{17,2535}{2} = 1002 \text{ m}$$

Figura 28. Imagen representativa de la curva 2 en sentido ascendente donde se observan los parámetros de la cuerda y la flecha del arco de circunferencia



Fuente: elaboración propia con base a los planos enviados por AUSOL, 2023

Peraltes:

Los peraltes máximos se obtuvieron utilizando la misma metodología que para las curvas, con respecto a la obtención de sus dimensiones reales. Fueron utilizadas las siguientes escalas: para el plano vertical, 1 metro de la realidad equivale a 0,1967 metros en el dibujo, para el plano horizontal, 5 metros de la realidad equivalen a 0,4917 metros en el dibujo.

En este caso las dimensiones necesarias son la del cateto opuesto y el cateto adyacente que se generan al proyectar la calzada sobre el plano horizontal y el vertical. Al obtener el cociente de la proyección sobre el plano vertical, entre la proyección en el plano horizontal de la calzada y multiplicado por 100, se obtiene el peralte en cada punto de la curva. En este caso se realizó esta operación cada 50 metros, dado que los perfiles transversales suministrados por AUSOL se encuentran de este modo.

$$P = \frac{CO}{CA} \times 100$$

La medida de calzada está tomada desde su eje hasta el borde de calzada externo, lo que equivale a una longitud de 10 metros de ancho.

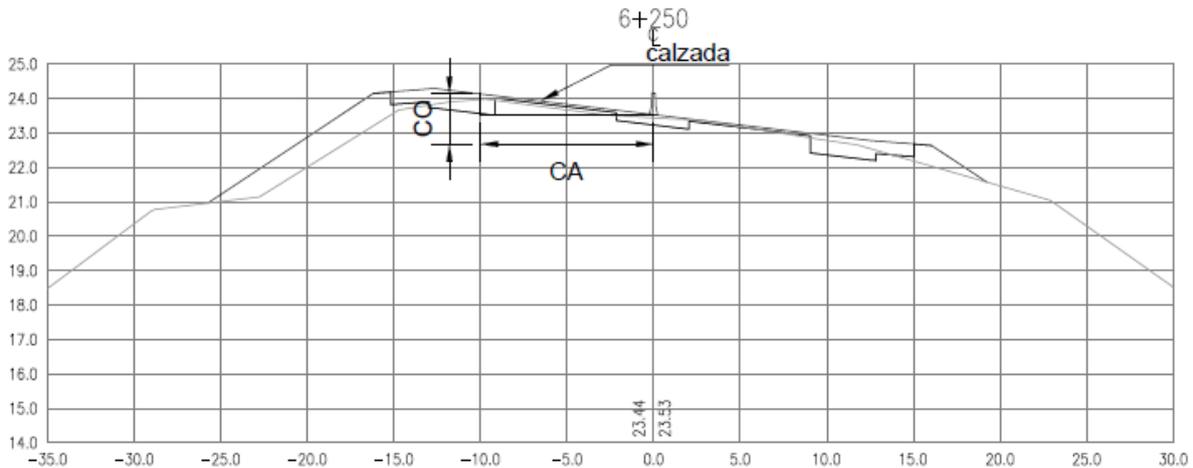
Curva horizontal uno: se presentan a continuación los peraltes calculados cada 50 metros, dando como peralte máximo en la curva 6 %.

Tabla 19. Parámetros para el cálculo del peralte y su resultado cada 50 metros en la curva horizontal 1

PK en plano referencia	PK real	Cateto Opuesto	CO Real	Cateto Adyacente	CA Real	Peralte	Bombeo
5900	36,820	0,01	0,04	0,98	10,01	0,4 %	Normal
5950	36,870	0,01	0,05	0,98	10,01	0,5 %	Normal
6000	36,920	0,13	0,66	0,98	10,01	6,6 %	Removido
6050	36,970	0,10	0,50	0,98	10,01	5 %	Removido
6100	37,020	0,10	0,50	0,98	10,01	5 %	Removido
6150	37,070	0,12	0,60	0,98	10,01	6 %	Removido
6200	37,130	0,12	0,60	0,98	10,01	6 %	Removido
6250	37,180	0,12	0,60	0,98	10,01	6 %	Removido
6300	37,230	0,06	0,30	0,98	10,01	3 %	Removido

Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

Figura 29. Imagen representativa de la sección transversal en la progresiva 37,180 (curva 1), donde se observa la calzada peraltada



Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

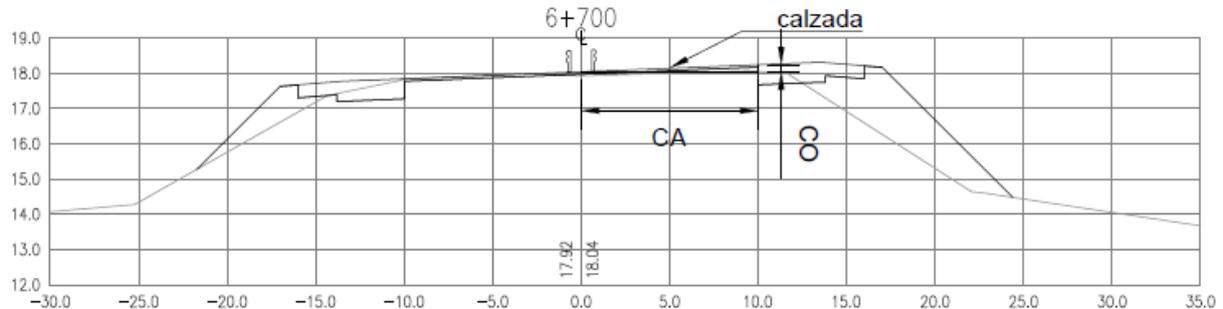
Curva horizontal dos: se presenta a continuación, los peraltes calculados cada 50 metros, dando como peralte máximo en la curva 2 %.

Tabla 20. Parámetros para el cálculo del peralte y su resultado cada 50 metros en la curva horizontal 2

PK en plano referencia	PK real	Cateto Opuesto	CO Real	Cateto Adyacente	CA Real	Peralte	Bombeo
6450	37,380	0,00	0,01	0,98	10,01	0,1 %	Normal
6500	37,430	0,02	0,09	0,98	10,01	0,9 %	Removido
6550	37,480	0,04	0,19	0,98	10,01	1,9 %	Removido
6600	37,530	0,04	0,20	0,98	10,01	2 %	Removido
6650	37,580	0,04	0,20	0,98	10,01	2 %	Removido
6700	37,630	0,04	0,20	0,98	10,01	2 %	Removido
6750	37,680	0,03	0,16	0,98	10,01	1,6 %	Removido
6800	37,730	0,01	0,06	0,98	10,01	0,6 %	Removido

Fuente: elaboración propia con base en los planos enviados por AUSOL, 2023

Figura 30. Imagen representativa de la sección transversal en la progresiva 37+630 (curva 2), donde se observa la calzada peraltada



Fuente: elaboración propia con base a los planos enviados por AUSOL, JST 2023.

Coefficiente de fricción lateral humedad:

Para el coeficiente de fricción lateral se toman los valores teóricos más desfavorables que es el coeficiente de fricción transversal¹³ humedad máxima, dado que con este se obtienen los valores de radios mínimos absolutos y las condiciones límites de tránsito. Su expresión en función de la velocidad es la siguiente:

Para velocidades mayores a 80 km/h (DNV, 2010), $f_{t\text{máx}}$:

$$f_t = 0,24 - \frac{V}{800}$$

$$f_t = 0,24 - \frac{130}{800} = 0,08$$

Velocidades:

Finalmente, las velocidades máximas seguras para transitar ambas curvas son las siguientes:

Velocidad máxima segura en curva 1:

$$V = \sqrt{487 \times (127 \times (0,06 + 0,08))} = 93 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

¹³ El coeficiente de fricción transversal máximo húmeda, $f_{t\text{máx}}$, es el desarrollado en condiciones de inminente deslizamiento lateral del vehículo, con un razonable margen de seguridad (DNV, 2010).

Velocidad máxima segura en curva 2:

$$V = \sqrt{1002 \times (127 \times (0,02 + 0,08))} = 113 \frac{km}{h}$$

El resultado obtenido permite sostener que ninguna de las curvas analizadas puede ser transitada a velocidades de 130 km/h.

Por otro lado, si se compara con la normativa de Vialidad Nacional, el radio mínimo admisible para una velocidad de 130 km/h y un peralte del 6 % (caso de la curva uno), es 806 m. Este valor está por encima del obtenido, por lo cual no cumple normativamente con sus parámetros.

Para una velocidad de 130 km/h y un peralte del 2 % (caso de la curva dos) el radio correspondiente es 1063. Nuevamente está por encima del valor obtenido, por lo cual tampoco cumple normativamente.

Figura 31. Tabla de radio mínimos admisibles en metros para diversas velocidades directrices y peraltes, señalando los correspondientes a velocidades de 130 km/h

TABLA Nº 2

RADIOS MINIMOS ADMISIBLES EN METROS PARA DIVERSAS VELOCIDADES DIRECTRICES Y PERALTES

PERALTES %	VELOCIDAD DIRECTRIZ EN KILOMETROS POR HORA												PERALTES %
	30 R	40 R	50 R	60 R	70 R	80 R	90 R	100 R	110 R	120 R	130 R	140 R	
- 3	49	91	150	228	329	458	619	819	1069	1381	1772	2267	- 3
- 2	46	85	139	211	303	419	564	742	961	1231	1564	1976	- 2
- 1	43	80	130	197	281	387	518	678	873	1110	1399	1751	- 1
0	40	75	122	184	262	360	479	624	800	1011	1266	1573	0
1	38	71	115	173	245	336	446	578	738	928	1156	1427	1
2	36	67	109	163	231	315	416	539	685	858	1063	1308	2
3	35	64	103	154	218	296	391	504	639	798	984	1204	3
4	33	60	98	146	206	280	368	474	599	745	917	1117	4
5	31	58	93	139	196	265	348	447	563	699	858	1042	5
6	30	55	89	132	186	252	330	423	532	658	806	975	6
7	29	53	85	126	177	240	308	401	504	622	759	918	7
8	28	51	82	121	170	229	299	382	478	590	718	866	8
9	27	49	78	116	162	219	286	364	455	561	682	819	9
10	26	47	75	111	156	210	273	348	435	534	648	779	10

Fuente: Atlas Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (DNV, 1980)

Al realizar una comparación con la velocidad de 90 km/h para ambas curvas, en el caso de la curva uno que tiene un peralte de 6%, el radio mínimo admisible es de 330 metros, inferior al radio actual de 487 metros, por lo tanto, está dentro de la normativa. En el caso de la curva dos que tiene un peralte del 2%, para la misma velocidad de 90 km/h, el radio mínimo admisible es de 416 metros, inferior al radio actual de 1002 metros, por lo tanto, está dentro de la normativa.

Figura 32. tabla de radio mínimos admisibles en metros para diversas velocidades directrices y peraltes

TABLA N°2

RADIOS MINIMOS ADMISIBLES EN METROS PARA DIVERSAS VELOCIDADES DIRECTRICES Y PERALTES

PERALTES %	VELOCIDAD DIRECTRIZ EN KILOMETROS POR HORA												PERALTES %
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
-3	49	91	150	228	329	458	619	819	1069	1381	1772	2267	-3
-2	46	85	139	211	303	419	564	742	961	1231	1564	1976	-2
-1	43	80	130	197	281	387	518	678	873	1110	1399	1751	-1
0	40	75	122	184	262	360	479	624	800	1011	1266	1573	0
1	38	71	115	173	245	336	446	578	738	928	1156	1427	1
2	36	67	109	163	231	315	416	539	685	859	1063	1305	2
3	35	64	103	154	218	296	391	504	639	798	984	1204	3
4	33	60	98	146	206	280	368	474	599	745	917	1117	4
5	31	58	93	139	196	265	348	447	563	699	858	1042	5
6	30	55	89	132	186	252	330	423	532	659	806	976	6
7	29	53	85	126	177	240	308	401	504	622	759	918	7
8	28	51	82	121	170	229	299	382	478	590	718	866	8
9	27	49	78	116	162	219	286	364	455	561	682	819	9
10	26	47	75	111	156	210	273	348	435	534	648	779	10

Nota: Se señalan los radios correspondientes a velocidades de 90 km/h. Fuente: Atlas Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (DNV, 1980).

Referencias bibliográficas

Dirección Nacional de Vialidad (2010). Proyecto de Actualización de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras.

Irureta, Víctor A. (2017). Accidentología vial científica. Buenos Aires: Cathedra Jurídica

Ley N. ° 24449

8.2 Relevamiento posterior al accidente

El día 10 de mayo del año 2022, con la colaboración de AUSOL, se realizó un segundo relevamiento. Este abarcó desde el kilómetro 35 hasta el 39 de la RN 9, tramo que contiene el lugar del suceso (kilómetro 37).

En una primera instancia se realizó el registro de todos los elementos de la barrera de contención. Para cada viga se tomó información sobre su longitud útil, que es la de la separación entre los ejes de unión de las vigas; la altura de las vigas; la distancia del terreno a las vigas; la distancia entre postes; el diámetro de los *boulones* y las tuercas y el empalme entre vigas. Para cada poste se registró la altura, el largo, el ancho y el espesor. En las tablas siguientes se detallan las medidas registradas en cada caso.

La altura de los postes desde el terreno hasta su tope varía desde los 69 cm hasta los 74 cm y su promedio es de 71,65 cm. Por su parte, la altura de la viga oscila entre los 31 cm y los 36 cm. La distancia del terreno a la parte inferior de la viga lo hace entre los 33 cm y los 43 cm y la distancia entre los ejes de postes entre 3,80 m y 3,87 m.

Tabla 21. Medidas del sistema de contención, Autopista Panamericana, RN 9, kilómetro 37

Medidas	Altura de la viga (cm)	Distancia de terreno a la viga (cm)	Distancia entre ejes de postes (m)
1	33	40	3,80
2	33	40	3,80
3	33,30	43	3,84
4	33,30	43	3,83
5	31	37	3,81
6	33	33	3,87
7	36	35	3,84
8	31	39,50	3,85
9	31	39,50	3,82
10	32	40	3,84
11	32	40	3,80
12	33	39	3,82
Promedios	32,63	39,08	3,83

Fuente: JST 2022

Tabla 22. Medidas de los postes que conforman las barreras de contención relevadas, Autopista Panamericana, RN 9, kilómetro 37

Poste	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)
1	73	18,3	5	10
2	74	16,5	7	5
3	76,50	17	7	5
4	70,50	17,50	7,50	7
5	69,50	17	7	5
6	72	17,5	7	5
7	69	17	7	5
8	70	17	7	5
9	70	17	7,50	7
10	71,50	17	7	5
11	72	17,50	7	5
12	70,50	17,50	6,50	5
13	73,00	18,50	7	7

Fuente, JST 2022

En una segunda instancia del relevamiento se realizaron recorridos en los dos sentidos de circulación posibles para relevar la señalización vertical, horizontal y todos los detalles relativos a la visibilidad del conductor. Este relevamiento se realizó de modo observacional y a través de un registro fílmico sin cortes que sirvió de insumo complementario para el análisis. Las imágenes extraídas de los videos fueron utilizadas en el cuerpo de este informe.

8.3 Accidentología

La empresa AUSOL brindó a la JST información sobre la cantidad de sucesos de tránsito ocurridos entre el kilómetro 32 y el 75 de la autopista Panamericana, Ruta Nacional 9, para el período 2017-2022. A los fines de esta investigación se utilizaron los datos del tramo que abarca desde el kilómetro 32 al 44. La razón de este recorte

se funda en que este comprende el punto del accidente investigado (kilómetro 37) y que puede trabajarse comparativamente por unidad kilométrica por presentar características homogéneas en la composición del tránsito estimada a partir del TMDA¹⁴.

Este análisis tiene el propósito de identificar los niveles de siniestralidad que tiene el kilómetro 37 en comparación con otros de similares características vehiculares para establecer si se trata de punto conflictivo que se pueda correlacionar con el diseño de la vía y las particularidades identificadas en esta investigación.

Tabla 23. TMDA kilómetros 32,52 a 39,32 y 39,32 a 44,03 por año, autopista Panamericana, Ruta Nacional 9

	Km	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Promedio
TMDA	32,52								
	39,32	94132	92635	91478	61800	88166	110537	538748	107749,6
TMDA	39,32								
	44,03	88000	86600	85500	57800	82500	103905	504305	100861

Fuente: elaboración propia con base en datos de la DNV para el rango 2017-2021 y AUSOL para 2022

Entre los años 2017 y 2022 se produjeron un total de 1379 sucesos entre los kilómetros 32 y 44. El promedio anual fue de 230 eventos. Para efectuar la comparación entre los kilómetros se elaboró un índice de siniestralidad calculado a partir de la siguiente fórmula provista por la DNV (2008):

$$IS = \frac{ST \times 10^8}{TMDA \times Long \times 365}$$

IS= Índice de siniestralidad

TMDA= Tránsito medio diario anual

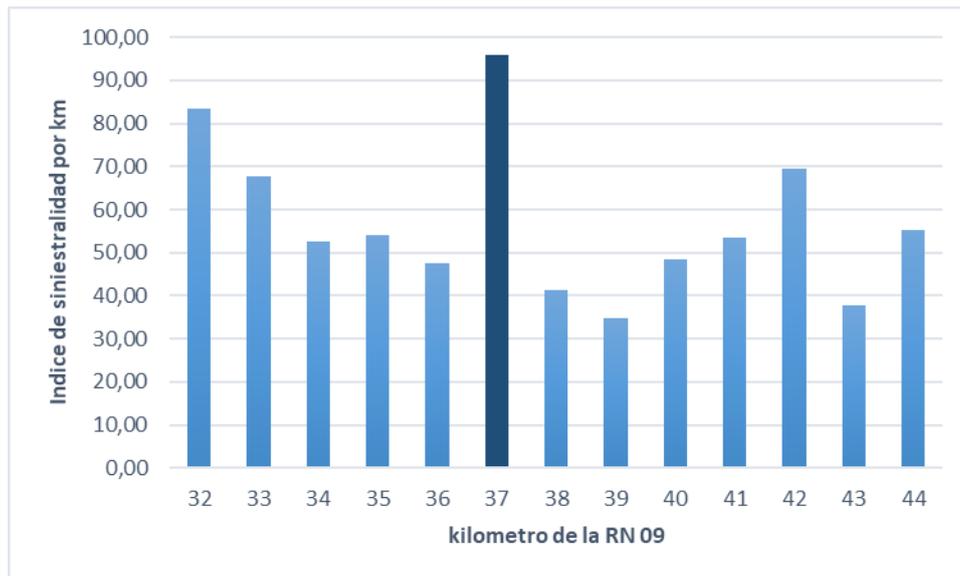
ST=Siniestros totales por año

Long= Longitud del tramo

¹⁴ A los fines del procesamiento de los datos fueron excluidos los sucesos ocurridos en colectoras por presentar un TMDA distinto a los tramos comprendidos en el análisis.

Como se observa en la Figura 33, al comparar el índice de siniestralidad por kilómetro, el 37 es el que presenta los mayores niveles de siniestralidad (IS 95,85) seguido por el 32 (IS 83,34).

Figura 33. Accidentología por kilómetro tramo 32 a 44, autopista Panamericana, Ruta Nacional 9



Fuente: elaboración propia con base en datos provistos por AUSOL, 2017-2022

También se calculó el índice de mortalidad para el tramo entre los kilómetros 32 y 44. La fórmula para este cálculo replica la utilizada para el índice de siniestralidad, pero cambia su unidad de análisis (DNV, 2008).

$$IM = \frac{MT \times 10^8}{TMDA \times Long \times 365}$$

IM= Índice de mortalidad

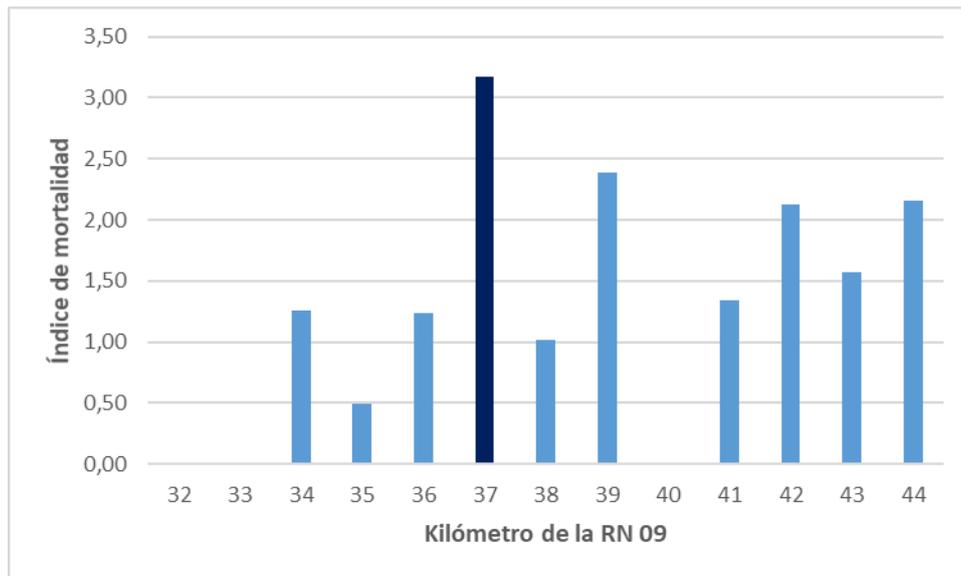
MT=Muertos totales por año

TMDA= Tránsito medio diario anual

Long= Longitud del tramo

Como se observa en la Figura 34, nuevamente el kilómetro 37 es el que presenta mayores niveles de mortalidad por kilómetro (IM 3,17), seguido en este caso por el kilómetro 39 (IM 2,39).

Figura 34. Mortalidad por kilómetro tramo 32 a 44, autopista Panamericana, Ruta Nacional 9



Fuente: elaboración propia con base en datos provistos por AUSOL, 2017-2022

A modo de conclusión se puede sostener que el kilómetro 37 es un tramo con una alta concentración de accidentes y víctimas fatales.

Referencias bibliográficas

Dirección Nacional de Vialidad (2008). Sistema de información de accidentes de tránsito. Dirección Nacional de Vialidad.