

INFORME TÉCNICO - PERICIAL DE RECONSTRUCCIÓN FORENSE DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO R. A. T[®] 2



VEHÍCULO No. 1: AUTOMÓVIL, CHEVROLET AVEO EMOTION, modelo 2007, color azul,
placa CGC 179.

VEHÍCULO No. 2: TRACTOCAMIÓN, KENWORTH T800, modelo 2008, color negro,
placa SRO 578 – Semirremolque 51629.

INFORME No. 230433353

Bogotá D.C., abril 30 de 2023

R.A.T[®] es una marca registrada por IRSVIAL S.A.S, Resolución 39860 del 29/11/2007, SIC

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	EVIDENCIA FÍSICA DOCUMENTADA.....	4
2.1	FECHA, HORA Y LUGAR DE OCURRENCIA:.....	4
2.2	LA VÍA:.....	7
2.3	VEHÍCULOS:.....	12
2.4	RASTROS Y EVIDENCIAS EN EL LUGAR DE LOS HECHOS:	22
3.	ANÁLISIS FORENSE DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO	29
4.	SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO	36
5.	ANÁLISIS DE EVITABILIDAD.....	40
6.	HALLAZGOS	43
7.	CONCLUSIONES:.....	46
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUCCIÓN

Los procedimientos de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito utilizan como metodología el método científico y técnicas de reconstrucción de accidentes de tránsito desarrolladas y probadas científicamente, aceptadas por la comunidad científica mediante la publicación de artículos científicos y discusión en congresos y seminarios, con el fin de determinar la dinámica del accidente que permitan identificar las circunstancias que generaron el siniestro.

El análisis de las evidencias es la piedra angular de la reconstrucción, su recolección y descripción conforman el punto de partida del análisis retrospectivo del accidente.

➤ Instrumentos, equipos y software empleados:

1. Procedimiento de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito – Manual de calidad IRS VIAL SAS norma ISO 9001-2015.
2. Laptop Acer Procesador Intel(R) Core(TM) i5-7200U 2.5GHz / Apple MacBook pro M1-2021
3. Software Virtual Crash 5 – Microsoft Excel.

CLASE DE ACCIDENTE: CHOQUE.

➤ Documentación recibida:

Todo el proceso de la investigación y reconstrucción analítica del siniestro se basa en la información considerada por el grupo técnico de IRSVIAL, que fue recolectada empleando los procedimientos técnicos de fijación fotográfica, planimetría, y técnicas analíticas de reconstrucción de accidentes basadas en las leyes de la física, biomecánica, ingeniería automotriz, medicina forense, como se indica a continuación:

- a) fotografías a color del lugar de los hechos (3 adjuntas en el informe).
- b) Informe policial de accidente de tránsito (IPAT).
- c) Informes FPJ-2, 9, 10, 11, 13, 14.

- d) Peritaje Tractocamión SRO578 (Hoover Castillo V.) y avalúo CGC 179 (Gonzalo Jaramillo)
- e) Informe investigador de campo fotógrafo (B/N) LACRI-NORTE Raúl Quintero.
- f) Informe de Necropsia Irma Candela Martínez.
- g) Informe ERAT A3D-00171-2022 e informe SAT ITC-00171-2013 y 001712022 (Física).

2. EVIDENCIA FÍSICA DOCUMENTADA

La documentación recibida y recolectada durante el proceso de investigación y reconstrucción del accidente se describe y se analiza a continuación con el fin de determinar de manera retrospectiva la secuencia del accidente y sus causas.

2.1 FECHA, HORA Y LUGAR DE OCURRENCIA:

De acuerdo al reporte del accidente de tránsito el siniestro ocurrió el 28 de enero de 2013, a las 01:15 horas, en la vía Andalucía – Cerritos Km 64+950 (4°38'24.34"N 75°55'20.37"O), Cartago (Valle del Cauca).

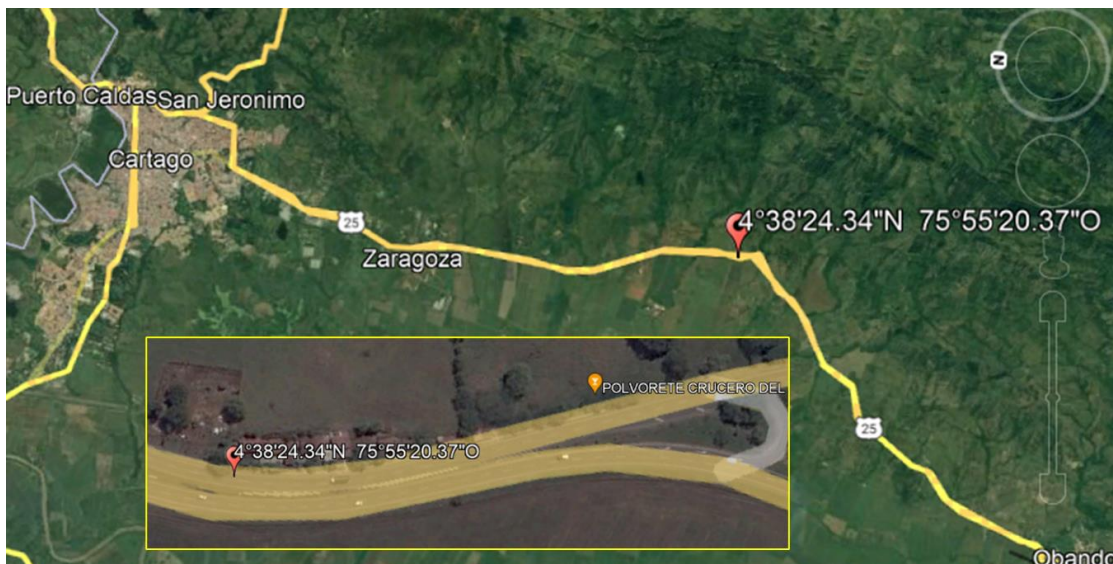


Imagen No 1: En esta imagen se aprecia la ubicación geográfica del lugar de los hechos (fuente Google Earth-pro).

[illegible]

Imagen No. 2: primera hoja del informe de la autoridad IPAT.

10. VICTIMAS: PASAJEROS Y PEATONES

VICTIMA	1er. APELLIDO 2do. APELLIDO Y NOMBRE	NACIMIENTO	DOC	IDENTIFICACION No.
No. 1	Candela Martinez Irma	27/04/43	CC	2.9.3.79.788

Correa 4ta Nro 6-39 B/ Guadalupe
HOSPITAL, CLINICA O SITIO DE ATENCION

Cartago 3179160932 1

11. TESTIGOS

1er. APELLIDO 2do. APELLIDO Y NOMBRE	DOC	IDENTIFICACION No.	DIRECCION	TELEFONO	CIUDAD

12. HIPOTESIS

VEHICULO No. 1 COD. CAUSA 147 Conducir Vehiculo sin Adaptaciones

VEHICULO No. 2 COD. CAUSA

13. OBSERVACIONES El sentido vial de los vehiculos es hacia Carrizos

14. ANEXOS

NOMBRES Y APELLIDOS Jorge Leonardo Rincon

PLACA 01.69.01

ENTIDAD Setra-Detval Fiscalia seccional cartago

PERSONA RETENIDA SE NOTIFICA DE LOS DERECHOS (ARTICULO 303 C.P.)

Imagen No. 3: segunda hoja del informe de la autoridad IPAT.

2.2 LA VÍA:

Las condiciones y características de la vía donde se produce el accidente de tránsito se aprecian en las fotografías No. 1 a la 2 así como en la tabla No. 1.



Fotografía No.1 Panorámica: Registro en sentido Andalucía - Cerritos en aproximación al Km 65, se observa la morfología general del tramo, demarcación y señalización actual (abril 2023); en este sentido se desplazaba el vehículo No.1 y No.2.



Fotografía No.2 Panorámica: registro en sentido Cerritos – Andalucía a la altura del Km 65, se observa la morfología general, demarcación y señalización actual.



Fotografía No.3 Panorámica elevada: registro realizado en abril de 2023 en sentido Andalucía - Cerritos donde se observa en perspectiva el lugar de los hechos.



Fotografía No.4 Panorámica: compuesta por registros streetview julio 2013 donde se referencia la morfología y señalización compatible en el lugar de los hechos en fecha más próxima a la del siniestro.

Nota 1: en la inspección al lugar de los hechos no se identifican cambios en la morfología y estructura general de la vía, solamente la presencia de luminarias en postes.

En la siguiente tabla se describen las características de la vía.

CARACTERÍSTICAS	Km 64+950 Andalucía – Cerritos.
ÁREA, SECTOR	<i>Intersección urbana-comercial</i>
GEOMETRICAS	<i>Curva (R: 265m), peralte (2°), separador central, berma.</i>
UTILIZACIÓN	<i>Doble sentido</i>
CALZADAS	<i>Dos</i>
CARRILES	<i>Dos por calzada</i>
MATERIAL	<i>Asfalto</i>
ESTADO	<i>Buena</i>
CONDICIONES Y TIEMPO	<i>Seca, normal</i>
ILUMINACIÓN	<i>Sin iluminación artificial.</i>
CONTROLES Y SEÑALES	<i>Demarcación de línea de borde blanca, carril segmentada, central amarilla. Delineadores de curva, SR-30 (50km/h), SP-04 (curva a la derecha), guardarriel.</i>

TABLA No. 1

2.3 VEHÍCULOS:

Las características técnico-mecánicas de los vehículos, son consideradas en el presente análisis, siendo uno de los aspectos de relevancia la ubicación de los daños sobre su estructura; variables que permitirán identificar la severidad del impacto y la posición relativa al momento del contacto primario y posibles contactos posteriores.

La severidad del impacto está determinada por la magnitud del daño (dimensiones transversales, longitudinales y de profundidad), su ubicación (en compatibilidad con la rigidez de la estructura deformada) y el elemento que sirve de esfuerzo para producir el daño.

VEHÍCULO No. 1: AUTOMÓVIL, CHEVROLET AVEO EMOTION, modelo 2007, color azul,
placa **CGC 179**.



Imagen No. 4: vehículo referencia de similares características al involucrado en el siniestro motivo de investigación.

CONDUCTOR	LUIS A. APONTE CASTRO
IDENTIFICACIÓN	CC 16.204.417
EDAD	60 años
LICENCIA	04

TABLA No. 2

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	Particular
OCUPANTES	2
DIMENSIONES	Largo: 4,3 m Ancho: 1,75 m Alto: 1,5 m Dist.entre ejes: 2,5m Base paragolpes 0,2m – base unidad de luz 0,65m https://es.scribd.com/document/439283420/Medidas-o-Dimensiones#
PESO TOTAL	1200 – 1250 kg

TABLA No. 3



Imagen No. 5: se aprecia el segmento del informe de la autoridad, donde hacen referencia a la zona de daños / lugar de impacto.

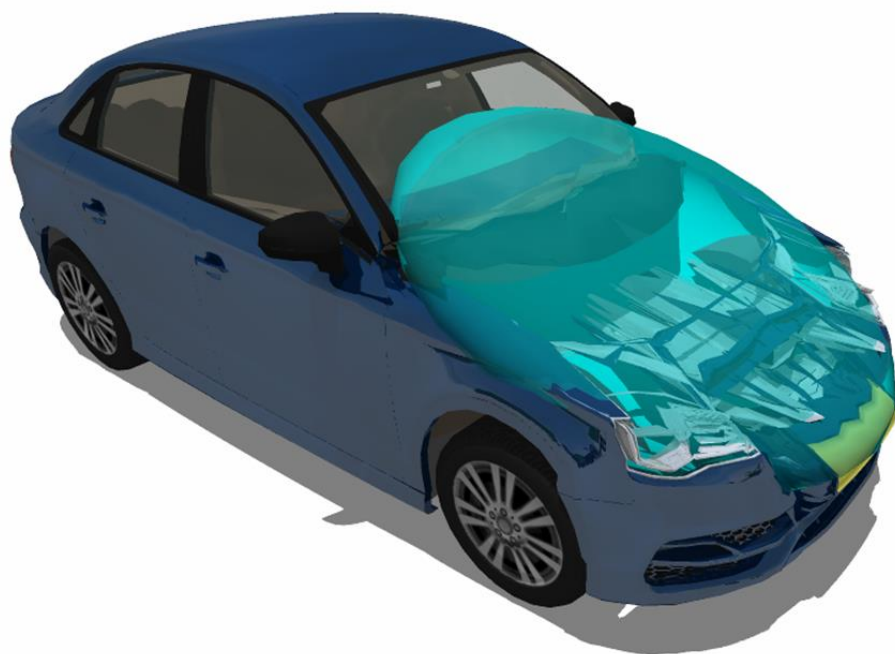


Imagen No.6: basada en los reportes se resalta la zona de daños y evidencias en el vehículo.



Imagen No.7: registros del día de los hechos, extraídos de los informes suministrados, donde se observan los daños en la zona superior frontal del vehículo, recogimiento del capó, desplazamiento de partes superiores del motor de adelante hacia atrás, fracturas en panorámico, abolladura en placa.

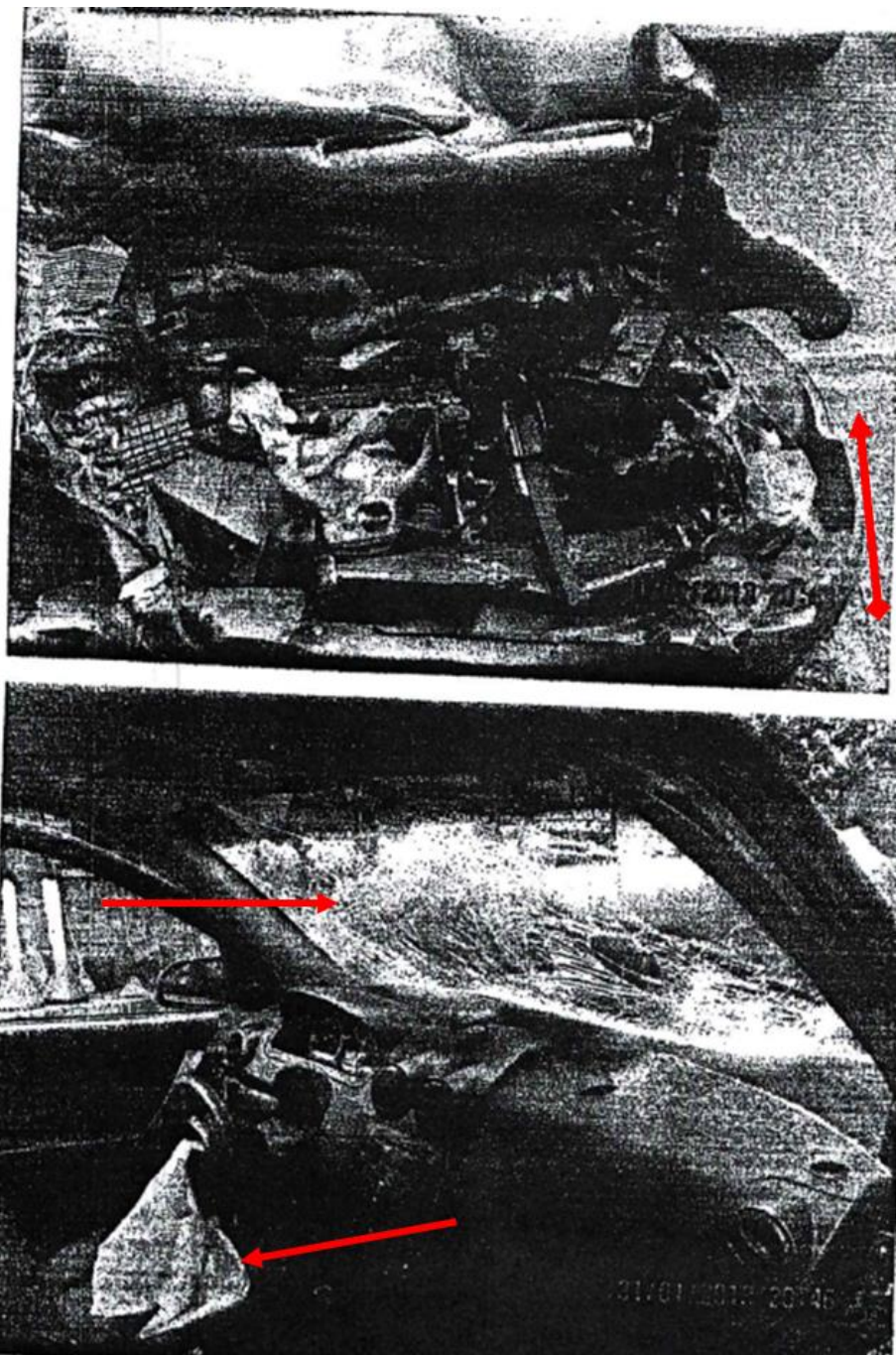


Imagen No.8: registros de inspección a vehículo, extraídos de los informes suministrados, donde se observan los daños en la zona superior de la parte frontal, con desplazamiento de partes, la activación del airbag del conductor, fracturas en panorámico.

**VEHÍCULO No. 2: TRACTOCAMIÓN, KENWORTH T800, modelo 2008, color negro,
placa SRO 578 – Semirremolque 51629.**



Imagen No. 9: vehículo referencia de similares características al involucrado en el siniestro motivo de investigación.

CONDUCTOR	CESAR A. FRANCO LOAIZA
IDENTIFICACIÓN	CC 16.077.093
EDAD	30 años
LICENCIA	A2

TABLA No. 4

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 2
SERVICIO	Público
OCUPANTES	0
DIMENSIONES	Largo: 17,5 m Ancho: 2,5 m Alto: 2,8 m Toma propia de medidas.
PESO TOTAL	49000 - 51000 kg

TABLA No. 5

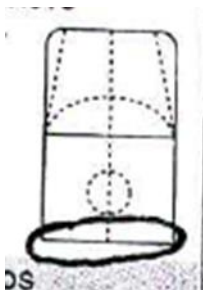
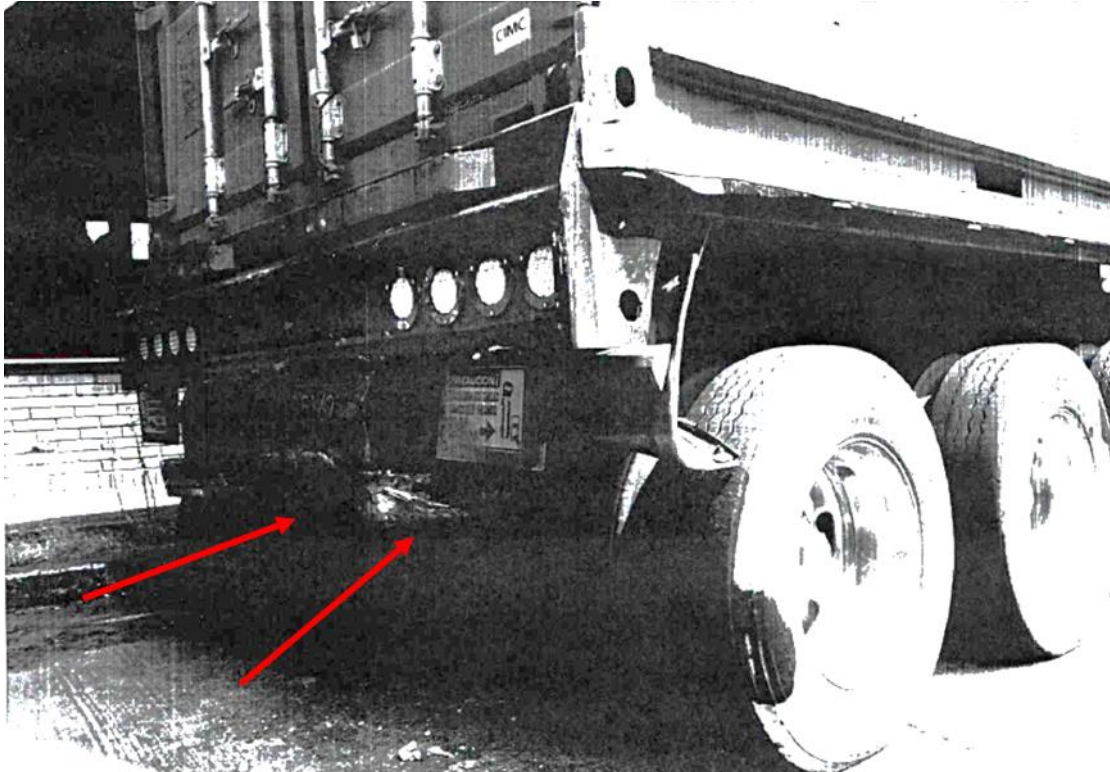


Imagen No. 10: se aprecia el segmento del informe de la autoridad, donde hacen referencia general a la zona de daños / lugar de impacto.



Imagen No.11: basada en los reportes se resalta la zona de daños y evidencias en el vehículo.



CONDICIONES MECÁNICAS

ENCENDIDO: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
FRENO: DELANTEROS Y TRASEROS DE AIRE, SEGURIDAD, MOTOR CABEZOTE Y TRAILER EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
DIRECCIÓN: HIDRÁULICA EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIONES: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
CLUTH: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
LLANTAS: CABEZOTE: DIEZ (10), TRAILER DOCE (12) Y REPUESTO EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO
DIRECCIONALES: CABEZOTE Y TRAILER DELANTEROS Y TRASEROS DERECHOS E IZQUIERDOS EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
LUCES: CABEZOTE CUATRO (4) ALTA Y BAJA, DOS (2) EXPLORADORAS EN EL BOMPER Y DOS (2) EN LA CABINA PARTE ALTA, DOS (2) LUCES DESTELLANTES, CINCO (5) LAMPARAS DE TECHO, EL TRAILER: OCHO (8) LATERALES EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
STOPS Y LUCES DE ESTACIONAMIENTO: CABEZOTE DOS (2) Y TRAILER CUATRO (4) EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
ESPEJOS RETROVISORES: CINCO (5) DERECHOS E IZQUIERDOS EN PERFECTO ESTADO,
PITO Y CORNETAS: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
TABLERO Y TACÓMETROS: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
PARABARISAS Y PLUMILLAS LIMPIABRISAS EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO..
SISTEMA DE SEGURIDAD: EN PERFECTO ESTADO DE FUNCIONAMIENTO.
CINTURONES DE SEGURIDAD: DOS (2) EN PERFECTO ESTADO.
EQUIPO DE CARRETERA: COMPLETO EN BUEN ESTADO.

Imagen No.12: registro extraído de inspección a vehículo donde se referencia el lugar de afectación estructural en el semirremolque y el extracto de revisión de sistemas.



Imagen No.13: registro del día de los hechos, extraído de los informes suministrados, donde se observa la deformación residual de la defensa trasera del semirremolque, desplazamiento semicurvo hacia el interior con mayor compromiso directo del tercio medio y derecho.

2.4 RASTROS Y EVIDENCIAS EN EL LUGAR DE LOS HECHOS:

En el formato de levantamiento de accidentes (croquis – bosquejo topográfico) realizado por la autoridad se registra:

- Características generales de la vía, demarcación.
- Punto de referencia (poste kilometraje) y cotas de fijación ortogonales.
- Posición final de los vehículos.
- Un asterisco, que por convenciones con el manual de diligenciamiento del IPAT, se puede asociar a la referencia de punto de impacto.

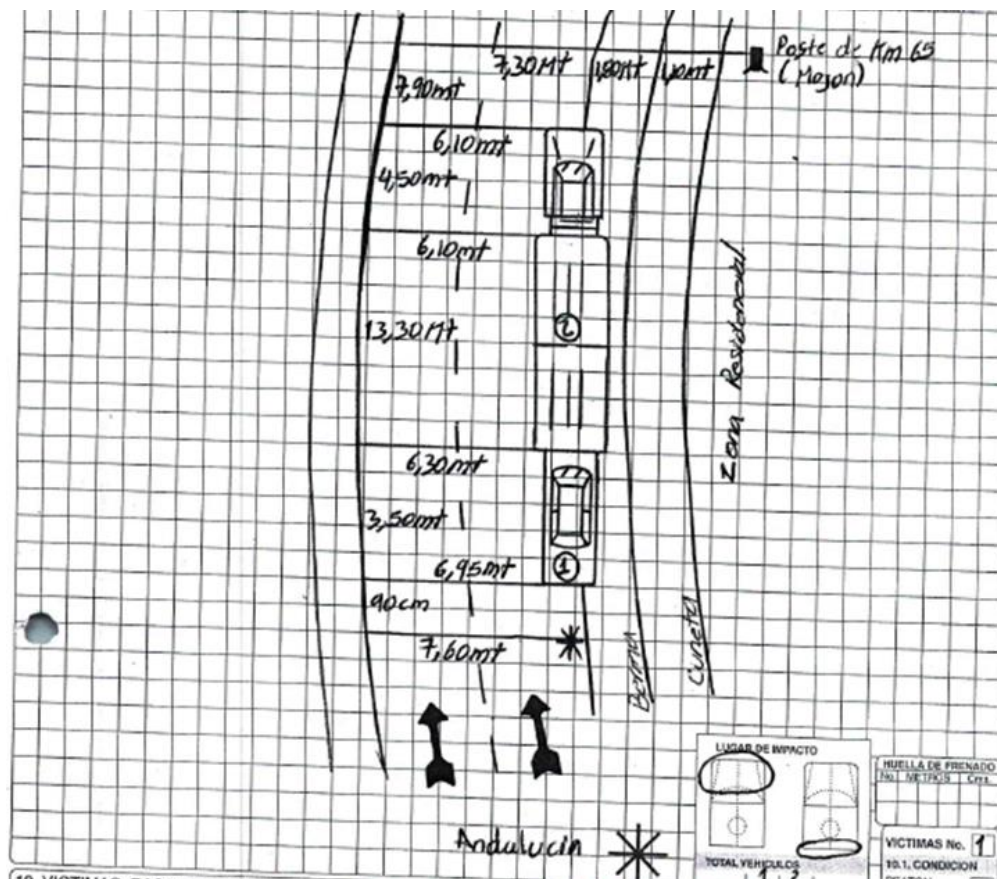


Imagen No. 14: croquis del accidente realizado por la autoridad de tránsito.

En los registros fotográficos del día de los hechos se identifica:



Imagen No.15: compuesta por registros del día de los hechos, extraídos de los informes suministrados, donde se observa la posición final de los vehículos, los daños estructurales, fragmentos sobre parte posterior del automóvil, se reconoce el estado de las luces traseras del semirremolque, el cuerpo sin vida dentro del habitáculo y fluidos sobre la superficie.



Imagen No.16: compuesta por registros del día de los hechos, extraídos de los informes suministrados, donde se observa la posición final de los vehículos entre el carril derecho y la berma, dispersión de fragmentos atrás del automóvil (vestigios compatibles con el registro del croquis), luces traseras funcionales de ambos vehículos.



Imagen No.17: compuesta por registros del día de los hechos, extraídos de los informes suministrados, donde se observa la posición final del tractocamión, luces traseras-delanteras, reflectivos y parcialmente el habitáculo del automóvil con activación del airbag.

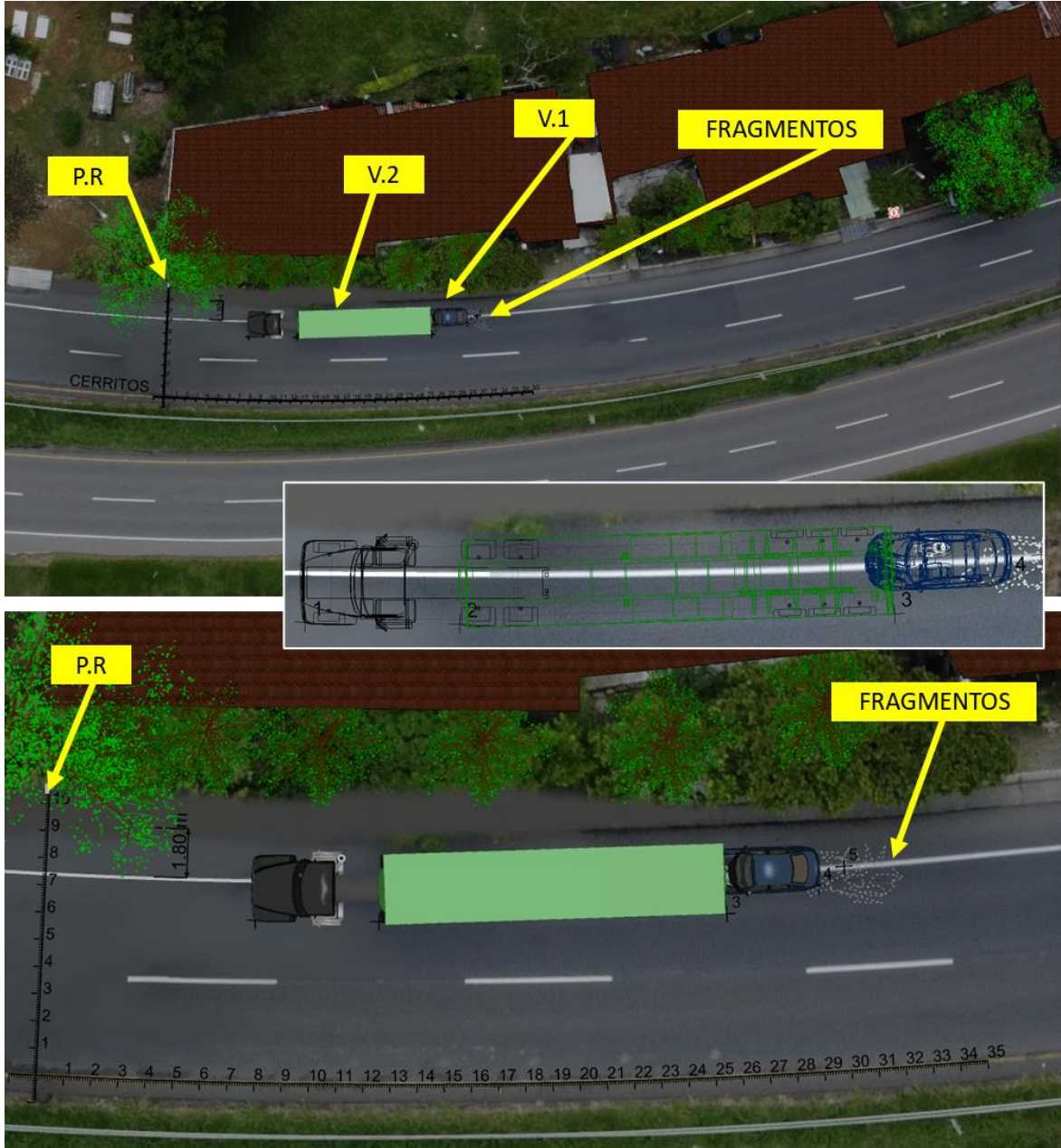


Imagen No.18: vista en planta de la elaboración a escala en el software VirtualCrash5, del bosquejo elaborado para el evento por autoridad de tránsito.

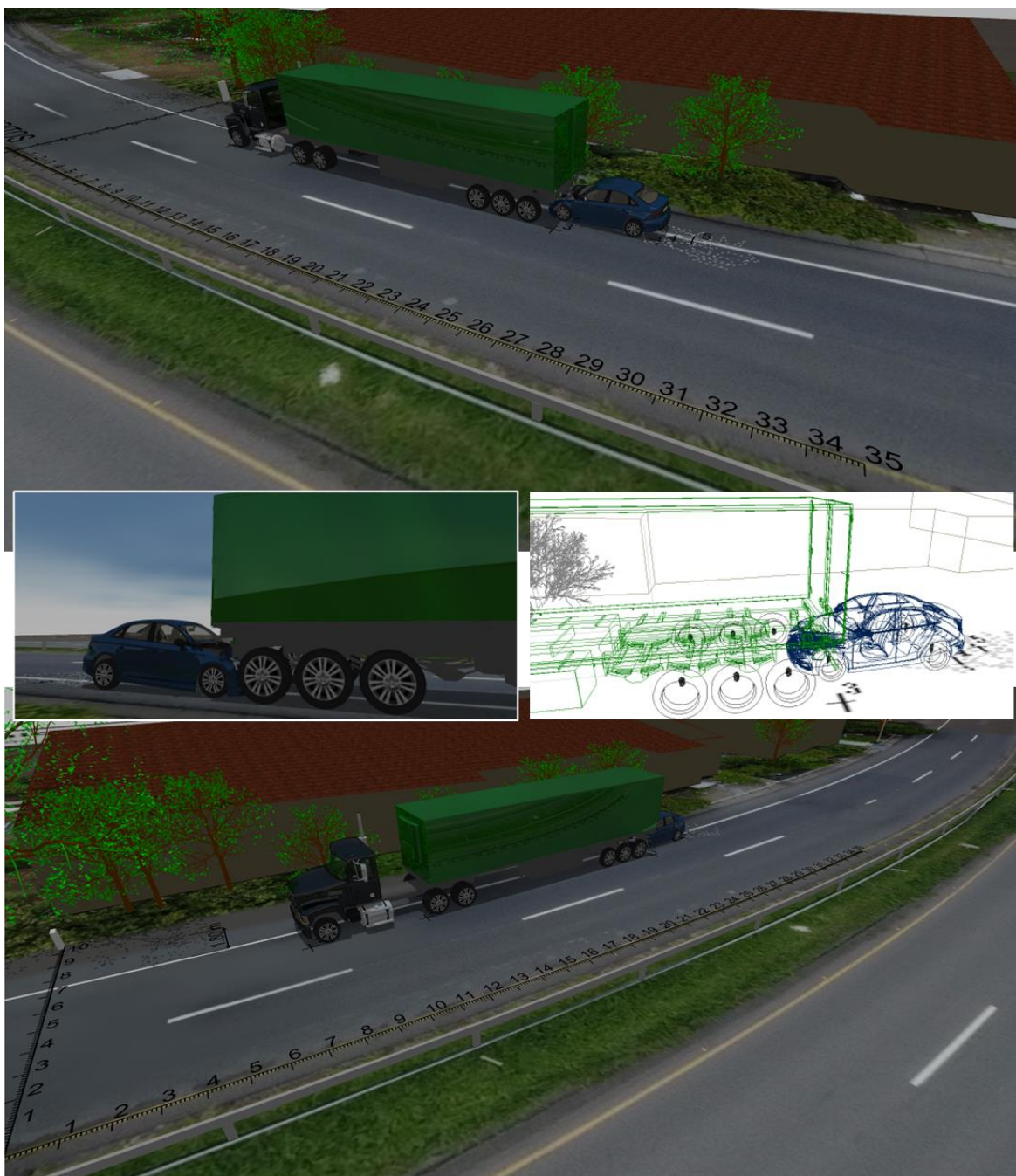


Imagen No.19: vista en 3D de la escena elaborada en el software VirtualCrash5.

2.5 VICTIMAS:

Producto del siniestro se reporta una persona fallecida y una lesionada:

No.	NOMBRES	DATOS
1	IRMA CANDELA MARTINEZ	Ocupante del vehículo No.1, CC 29379788 – 59 años Fallecida; presentó lesiones en tórax, abdomen y extremidades, fractura clavícula y arcos costales, fractura esternón y T10, afectación vena subclavia.
2	LUIS ALVARO APONTE CASTRO	Conductor del vehículo No.1, lesionado, trauma de tórax, trasladado a centro asistencial.

TABLA No. 6

➤ DILIGENCIAS ADELANTADAS

- Inspección al lugar de los hechos para elaboración de registro fotográfico y topográfico.
- Labores de vecindario.

3. ANÁLISIS FORENSE DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

El enfoque forense de la reconstrucción de accidentes de tránsito consiste en la utilización de técnicas avanzadas de análisis y modelamiento objetivo, partiendo de las evidencias físicas recolectadas del accidente y teniendo en cuenta el vehículo, la vía y el hombre, desde una óptica holística es posible determinar la posición relativa de los involucrados antes, al momento y después del impacto, la secuencia del accidente, las causas que lo generaron y realizar un análisis de evitabilidad.

3.1 POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.

Teniendo en cuenta los rastros y/o daños en las estructuras de los vehículos junto con las posiciones finales, se obtiene la posición relativa de los involucrados al momento del impacto:



Imagen No.20: vista en planta elaborada en VirtualCrash5 que muestra la posición relativa de los involucrados al momento del impacto y el área donde se presentó. El área amarilla de 1,0 x 0,5 m, indica que la interacción se presenta en cualquier punto de esta área la cual se encuentra sobre el extremo derecho del carril derecho de la calzada.

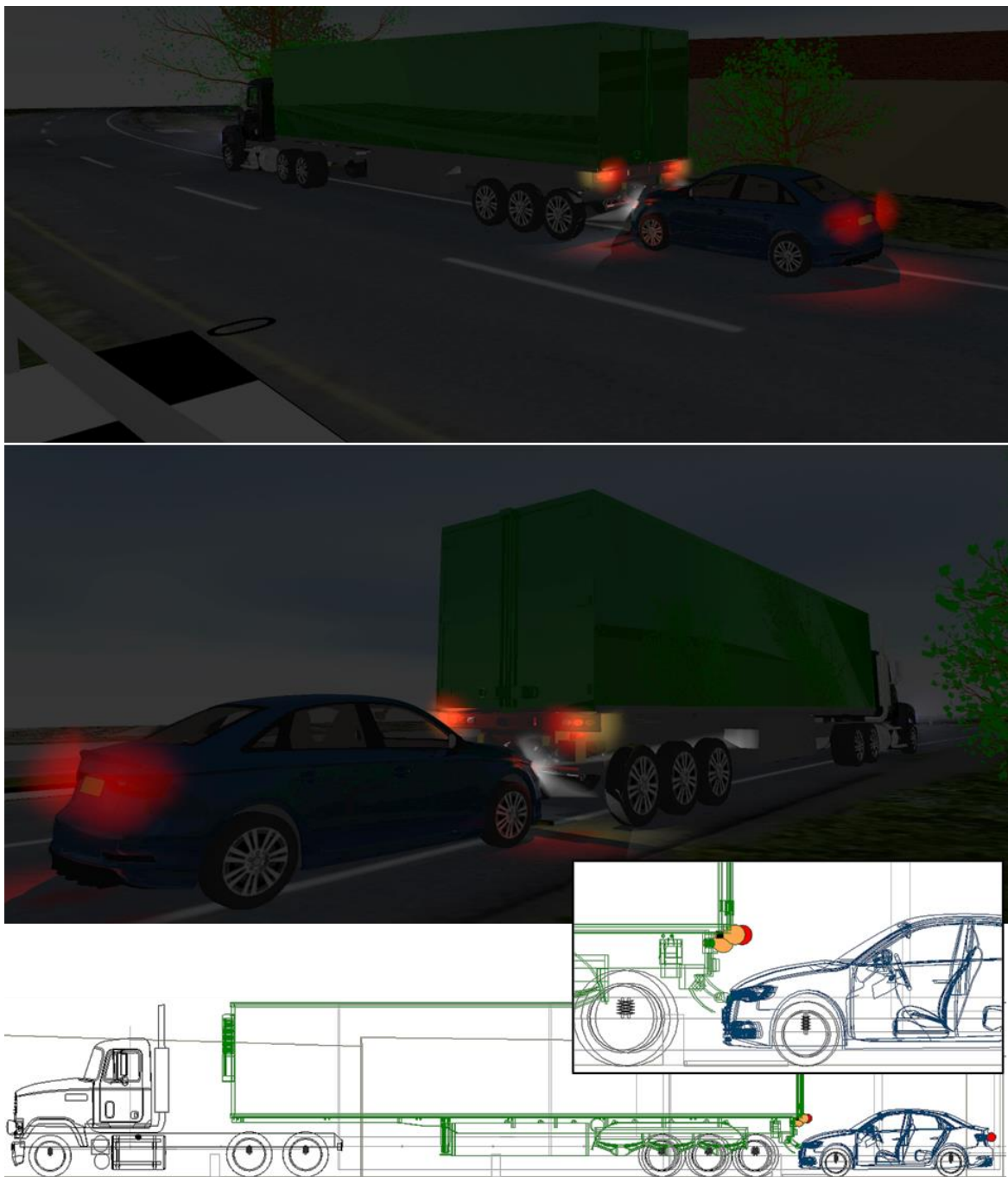


Imagen No.21: compuesta por vista 3D ilustrando la posición relativa al momento del impacto. se estima que la base de la defensa trasera del semirremolque está entre los 55 y 65cm y la zona frontal estructural/de rigidez del automóvil está entre los 40 a 50 cm.

3.2 DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.

Uno de los aspectos principales de la investigación y la reconstrucción está vinculado con la determinación objetiva de la velocidad de circulación de los vehículos al momento del contacto y en momentos previos al accidente, el lugar de la vía donde ocurre el impacto y la posición relativa de los vehículos en ese instante, así como la secuencia de movimiento después del impacto. La valoración de estos interrogantes permitirá conocer la o las causas que desencadenaron el hecho.

Conceptos básicos: teóricos-físicos.

La deducción analítica de la velocidad de circulación de los vehículos y la secuencia del accidente se basa en la utilización de un **MODELO FÍSICO** basado de las leyes de la física tales como conservación de energía, dinámica, cinemática, que tenga en cuenta las principales variables que intervienen en el siniestro, e involucre los parámetros que determinan la ocurrencia de este, además se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- El área de impacto y la posición relativa se localizaron teniendo en cuenta las trayectorias que seguían los vehículos antes, los daños que presentaron, las posiciones finales y las evidencias en la vía, después de analizar y realizar cálculos, lugares diferentes no son físicamente probables y por tal motivo se descartan.
- Después del impacto el tractocamión se detiene por desaceleración controlada y el automóvil por transformación de energía cinética en deformaciones y por fricciones.
- Los coeficientes de desaceleración efectiva¹ después del impacto que se usaron para realizar los cálculos se tomaron de tal forma que involucraran el proceso de detención descrito anteriormente, siendo entre 0,2 y 0,3 para el vehículo No.2.
- Las técnicas² para determinar los valores de EES para cada vehículo son:

¹ se tienen en cuenta todos los factores que influyen en la desaceleración de los vehículos, impactos posteriores, estado de la vía, pendiente y rotación de las llantas (bloqueadas, libres o aceleradas).

- a. Comparación a partir de pruebas controladas de laboratorio (Crash Test).
 - b. Realizar mediciones de los daños y utilizar algoritmo de cálculo.
 - c. A partir del daño medido y la utilización de la curva velocidad – deformación y/o fuerza – desplazamiento.
 - d. Utilización de Redes de energía.
 - e. Por comparación con catálogos EES, el cual contiene fotos de vehículos siniestrados, categorizados por modelos y gravedad de colisión, esto permite ver rápidamente si el EES del impacto estimado es razonable, en base a una comparación visual del daño.
- Un proceso de frenada de emergencia se calcula teniendo en cuenta un tiempo de reacción del conductor entre uno coma cinco (1,5 s) y dos (2,0 s) segundos, la desaceleración del vehículo durante la frenada es uniforme con un *coeficiente de rozamiento* mínimo de $\mu=0,45$ y máximo de $\mu=0,65$ para el vehículo No.1 y mínimo de $\mu=0,7$ y máximo de $\mu=0,8$ para el vehículo No.2.

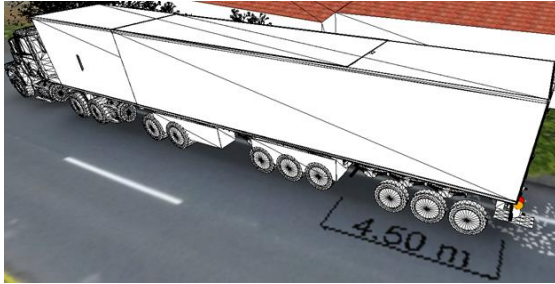
Nota 2: Los resultados del análisis y los cálculos aquí hechos dependen en su totalidad de la información recibida; sin embargo, los rangos usados para los diferentes parámetros se han escogido de manera que incluyan lo que en realidad sucedió.

3.2.1 VELOCIDAD ASOCIADA AL TRACTICAMIÓN POS IMPACTO

$$V_v = \left[-t + \left(t^2 + \frac{2d_A}{\mu g} \right)^{1/2} \right] \mu g$$

- V_v : Velocidad del vehículo pos impacto entre 14 y 18 km/h.
- μ : Coeficiente desaceleración efectivo entre 0,2 y 0,3
- g : Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²
- d_A : Distancia total recorrida por el vehículo entre 4 y 5 m.
- t : Tiempo de respuesta frenado entre 0 y 0,25 s.

² Accident Reconstruction Guidelines, Pan-European Co-ordinated Accident and Injury Databases, PENDANT, 2004, pag 96.



3.2.2 CÁLCULO DEL ΔV DE LOS VEHÍCULOS Y VELOCIDAD RELATIVA A PARTIR DE LA TÉCNICA EES.

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{2 * E_D * G_1}{M_1 \left(\frac{M_{r1} + M_{r2}}{M_{r2}} \right)}} \quad \Delta V_2 = \sqrt{\frac{2 * E_D * G_2}{M_2 \left(\frac{M_{r1} + M_{r2}}{M_{r1}} \right)}}$$

ΔV : Cambio de velocidad del vehículo durante el impacto.

E : Energía total absorbida por los dos vehículos debido a la deformación.

$$E_D = E_{d1} + E_{d2}$$

E_D = Energía total absorbida por los dos vehículos debido a la deformación,

E_{di} = Energía absorbida por el vehículo No. i .

EES_1 para el vehículo No. 1 entre **25 y 35 km/h**.

EES_2 para el vehículo No. 2 entre **4 y 6 km/h**.

$$E_1 = \frac{EES_1^2 * m_1}{2} \quad E_2 = \frac{EES_2^2 * m_2}{2}$$

EES = Velocidad equivalente de Energía: *Es la velocidad del vehículo al colisionar contra una barrera indeformable y presentar los mismos daños que resultaron en el accidente*

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 1 entre **1 $\pm$ 0,1 km/h**.

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 2 entre **43 $\pm$ 6 km/h**.

$$V_{rel.aprox} = \sqrt{V_{rel.sep}^2 + \frac{2 * E_D}{M_r}}$$

V_{R1} = Velocidad relativa de acercamiento. Se obtuvo entre 38 y 50 km/h.

V_{R2} = Velocidad relativa de separación 25 - 30 km/h.

M_r = masa reducida m_i =masa vehículo i

$$M_r = \frac{m_{r1} * m_{r2}}{m_{r1} + m_{r2}} \quad m_{r1} = m_1 \quad G_1 \quad G_j = \frac{i_{zj}^2}{i_{zj}^2 + h_1^2}$$

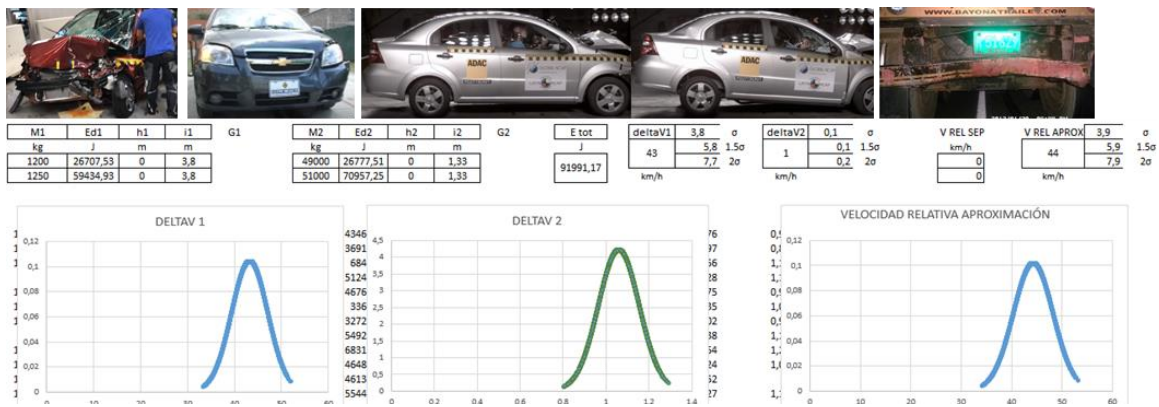


Imagen donde se observan los marcos de parametrización y resultados de los cálculos de Delta-V basados en los EES (Autor)

3.2.3 VELOCIDAD RELATIVA INICIAL DE ACUERDO A LA VELOCIDAD INICIAL DEL VEHÍCULO No.1 y 2 Y AL ÁNGULO QUE FORMAN AL MOMENTO DEL IMPACTO.

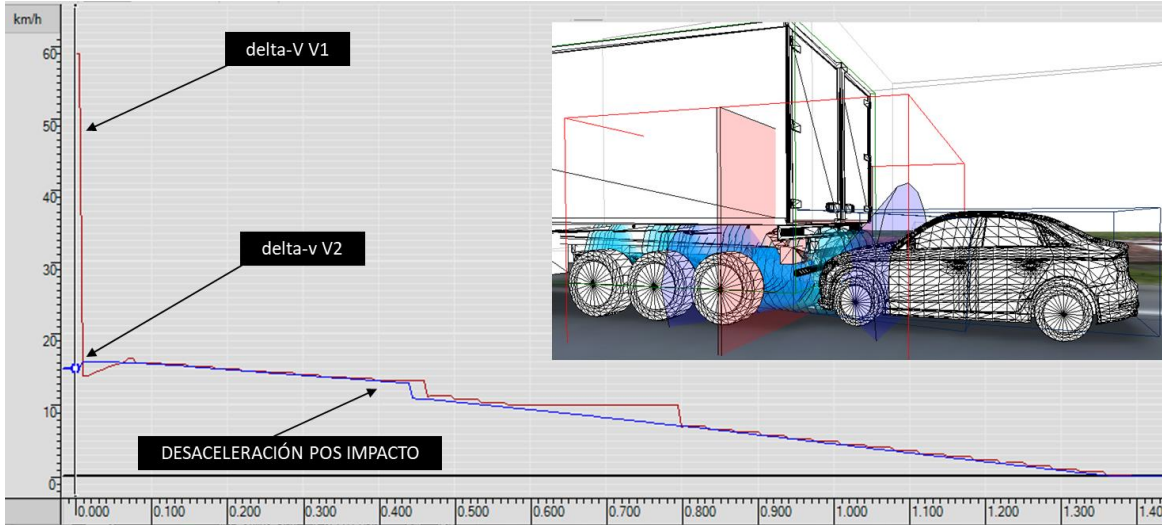
$$V_{ri}^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2\cos\theta$$

V_{ri} : Velocidad relativa inicial entre 38 y 50 km/h parametrizada por fallecimiento-estructura semirremolque-daños.

V_1 : Velocidad inicial Vehículo No.1 entre 51 y 67 km/h..

V_2 : Velocidad inicial Vehículo No.2 entre 13 y 17 km/h adición vectorial del D-V_x

θ : Angulo que forman las velocidades al impacto, entre 0 y 2°



Resultado del proceso de simulación mediante VC5 con los valores de velocidad calculados; se referencia mediante medición y comparación que la base de la defensa trasera del semirremolque está entre los 55 y 65cm y la zona frontal estructural/de rigidez del automóvil esta entre los 40 a 50 cm.

3.2.4 DISTANCIA LINEAL REQUERIDA POR VEHÍCULO LIVIANO PARA EVADIR UN RIESGO.

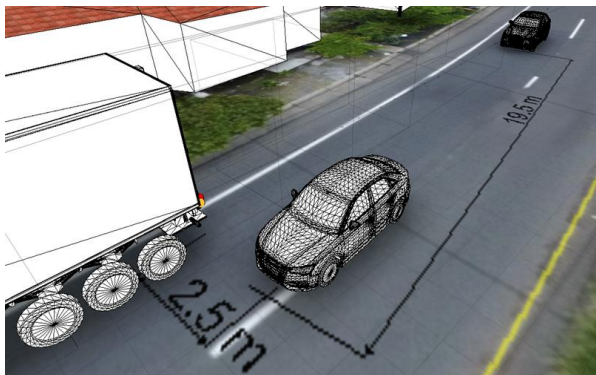
$$D = 0.458V \sqrt{\frac{D_t}{f}}$$

D(ft): Distancia longitudinal requerida entre 14 y 20 m

V(mph): Velocidad del vehículo entre 51 y 67 km/h

f(ft/s²): Coeficiente de rozamiento lateral entre 0,47 y 0,54 (0,67μ)

D_t(ft): Distancia transversal 2,5 m.



distancia para cambio de trayectoria	Vkm/h	59		
V mph	34,9112426			
V fps	l ft	a	D	
impact	51,1798817	8,20209974	0,675	0,458
	desplaza m	2,5	0,75	
			tiempo	1,60

3.2.5 DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHÍCULO PARA DETENERSE.

$$D_T = \frac{V_v^2}{2\mu g} + t_r V_v$$

D_T : Distancia total recorrida.

V_v : Velocidad del vehículo.

t_r : Tiempo de reacción.

μ : Coeficiente de rozamiento.

4. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis forense realizado para el evento se plantea la secuencia probable para el siniestro, en donde un instante antes del impacto el vehículo No.1 **Automóvil** se desplazaba sobre el carril derecho de la calzada en sentido Andalucía-Cerritos y al aproximarse al Km 65 desvía su trayectoria hacia la derecha y colisiona a una velocidad comprendida entre cincuenta y uno (**51 km/h**) y sesenta y siete (**67 km/h**) kilómetros por hora con el vehículo No.2 **Tractocamión**, el cual se desplazaba en el mismo sentido entre la berma y el carril derecho, a una velocidad comprendida entre trece (**13 km/h**) y diecisiete (**17 km/h**) kilómetros por hora.

A raíz del impacto se generan los daños estructurales en los vehículos, se liberan fragmentos en la vía, el automóvil paulatinamente se va desplazando parcialmente bajo la defensa trasera del semirremolque, se presenta la desaceleración súbita, movimiento de los cuerpos al interior y activación de los sistemas de seguridad; seguidamente los vehículos desaceleran hasta detenerse totalmente en la posición final registrada sobre la margen derecha del carril de circulación.

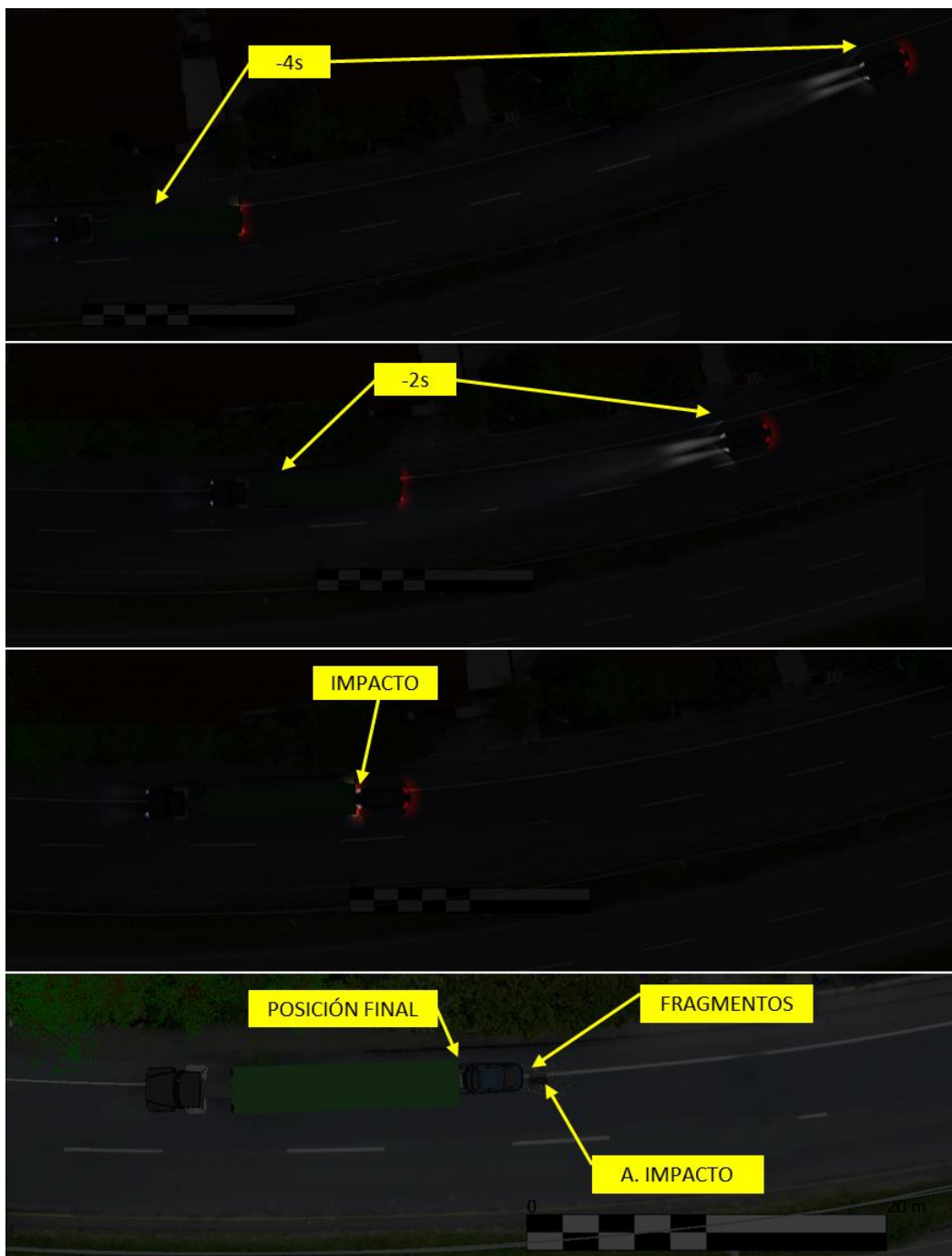


Imagen No.22: vista en planta de la secuencia establecida para el evento basados en el análisis forense de la evidencia registrada e identificada, se relacionan las trayectorias de aproximación probables, impacto y posiciones finales.

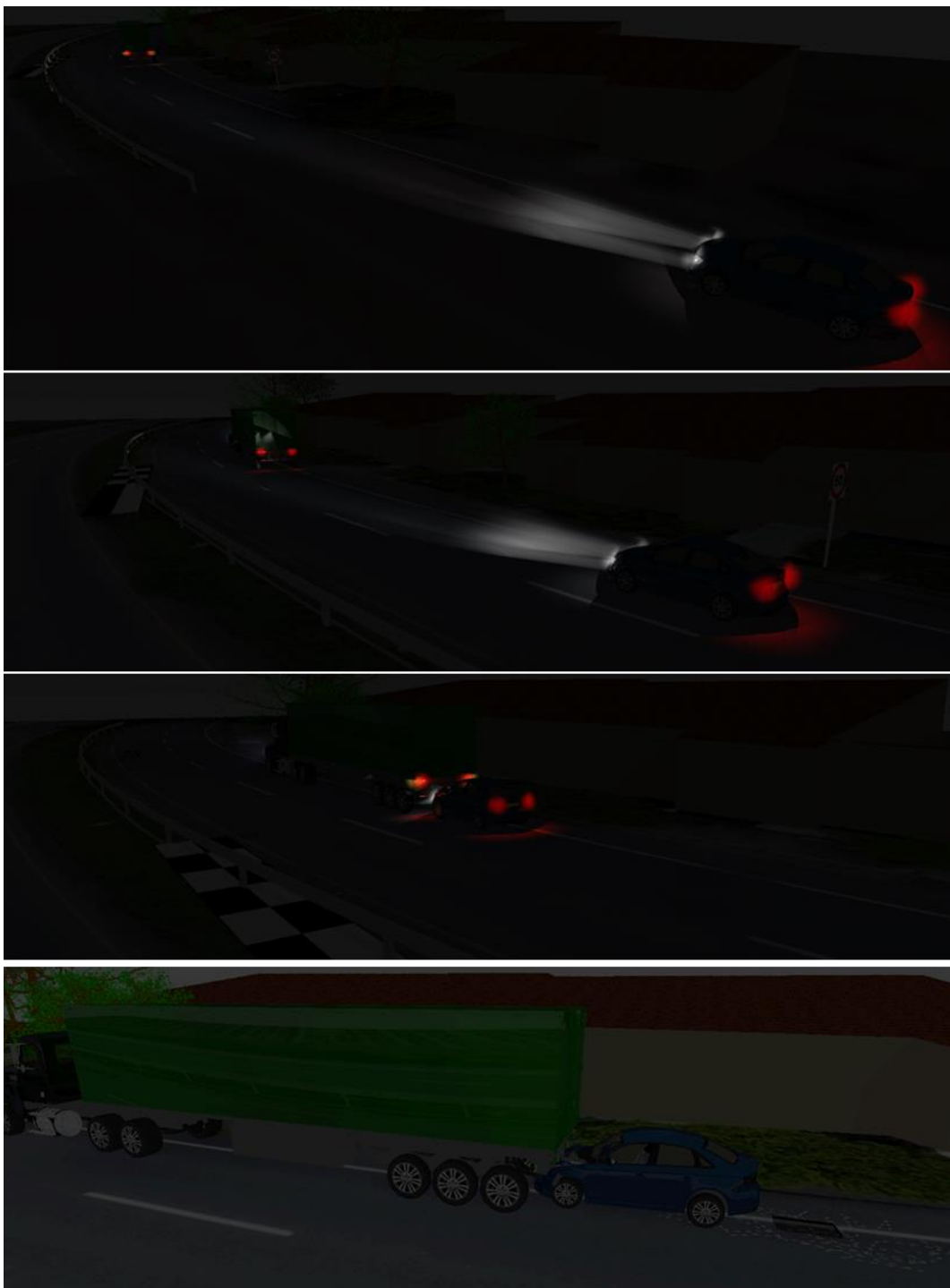


Imagen No.23: vista en 3D donde se representa la secuencia establecida para el evento, con el análisis forense de la información suministrada y evidencia identificada.

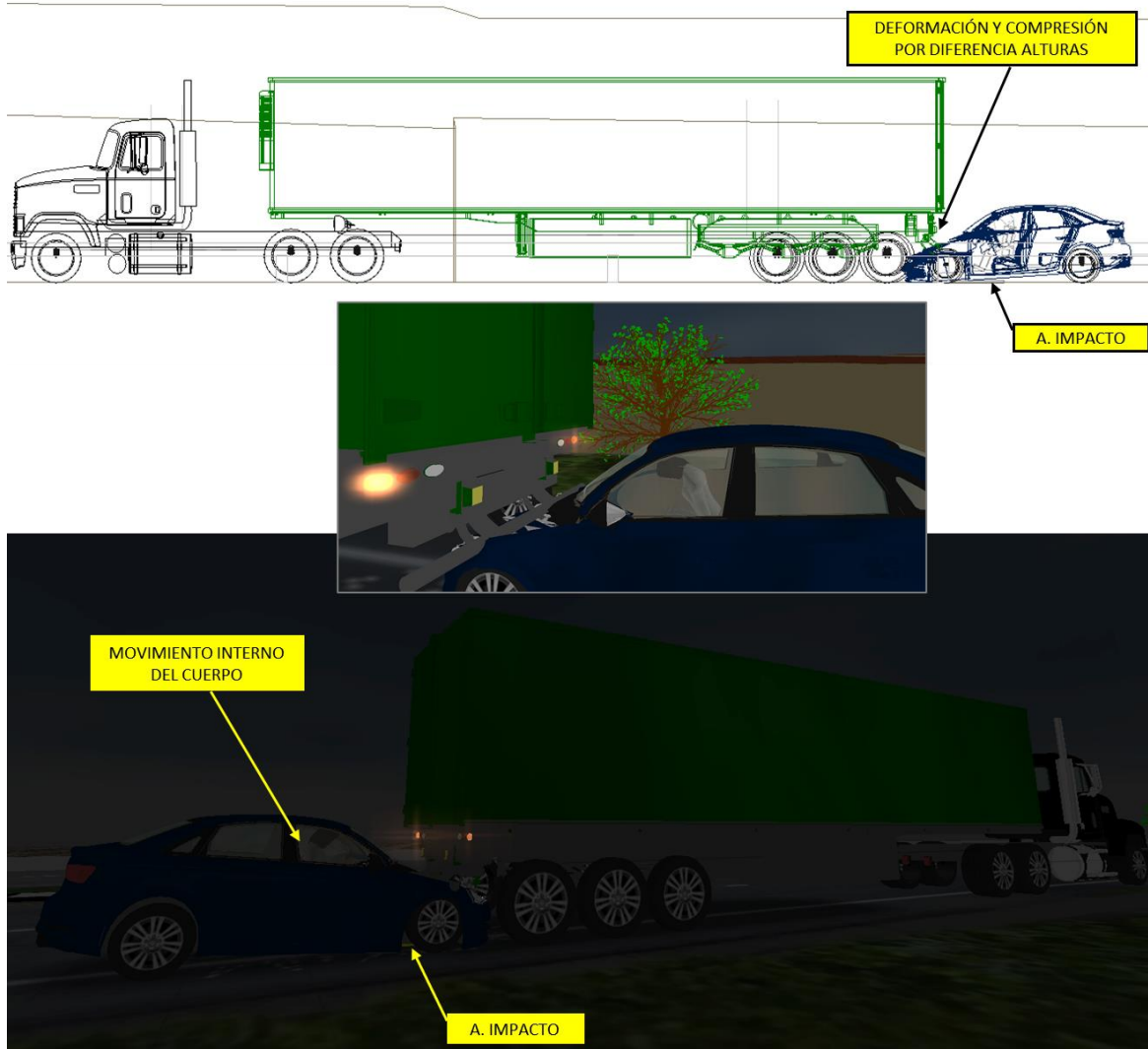


Imagen No.24: se representa un momento pos impacto, en donde se va generando la deformación de la zona frontal-superior del automóvil, la compresión y desplazamiento por debajo (underride) debido a la diferencia de alturas, desaceleración y Delta-V consecuente, junto con el movimiento probable del cuerpo de la hoy occisa al interior del habitáculo.

5. ANÁLISIS DE EVITABILIDAD.

En la generación de todo accidente, se vinculan causas relacionadas con la APTITUD y ACTITUD de los conductores, con el estado de la vía y del vehículo.

Por evitabilidad se entiende el análisis realizado a la secuencia del accidente, en las condiciones específicas del mismo, que permita determinar si los conductores de los vehículos durante su proceso de conducción una vez percibido el riesgo, podían o no realizar maniobras FÍSICAMENTE posibles que le permitieran evitarlo, teniendo en cuenta las normas establecidas, la visibilidad, tiempos de reacción, estado de los vehículos, etc. Cuando un conductor percibe un riesgo, inician una serie de eventos, procesos, que se desarrollan con el único fin de evitar el peligro o hacerlo menos grave, estos procesos dependen de aspectos dinámicos, anímicos, conductuales, siendo los más usados las maniobras evasivas hacia izquierda o derecha, así como el proceso de frenada de emergencia.

Para analizar la EVITABILIDAD del accidente se describe a continuación un proceso normal de maniobra de emergencia, el cual es aproximadamente como sigue: El conductor observa el peligro, a partir de este instante transcurren aproximadamente entre uno coma cinco (1,5 s) y dos (2,0 s) segundos, en aplicar los frenos o realizar alguna maniobra, por ejemplo girar; si se elige por la frenada, al actuar los frenos, las llantas disminuyen su velocidad de giro, y si se pisa fuertemente el pedal se pueden bloquear las llantas, por lo que el vehículo finalmente se desplaza un trayecto frenando con llantas a punto de bloquearse o deslizando antes de detenerse totalmente, en este último caso es posible que quede marcada una huella de frenada, si se elige la maniobra de giro el vehículo se desviará en la trayectoria que el conductor le dé a la dirección, y dependiendo del ángulo el vehículo solamente cambiará de dirección sin derrapar lateralmente.

En los anteriores procesos se involucran dos distancias recorridas por el vehículo, primero la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo de reacción del conductor, llamada distancia de reacción **dR**, y segundo la distancia que recorre el vehículo durante la frenada **dF**, la distancia total de parada **dT**, es la suma de las dos, es decir, **dT = dR + dF**; Es importante anotar que cuando se bloquean las llantas se pierde maniobrabilidad en la conducción.

VELOCIDAD	Distancia de Reacción dR	Distancia de Frenado dF	Distancia Total de parada dT
AUTOMÓVIL Entre 51 y 67 km/h	Entre 21,5 y 37 m	Entre 13 y 25 m	Entre 34,5 y 62 m
VELOCIDAD	Distancia de Reacción	Distancia de maniobra	Distancia Total evasión lateral
AUTOMÓVIL Entre 51 y 67 km/h	Entre 21,5 y 37 m	Entre 14 y 20 m	Entre 35,5 y 57 m

TABLA No. 7

El hecho que analiza la evitabilidad del accidente radica en determinar en qué lugar se encontraba cada vehículo cuando podía percibir al otro como riesgo, y así realizar las maniobras tendientes a evitar el contacto entre ellos, maniobras como frenar o girar.

En el presente evento no se registran ni identifican huellas asociadas a maniobras de frenado de emergencia pre o pos impacto, lo que puede asociarse a no realizar dicha maniobra (ausencia de reconocimiento con antelación), al sistema de frenos y/o no ejercer la presión máxima en el sistema para generar bloqueo, lo que no permite establecer puntos de inicio de posibles maniobras evasivas.

Analizando la evidencia fotográfica y datos sobre los vehículos, se identifica que el semirremolque con mayor probabilidad tenía las luces traseras en activación, lo que le permite ser reconocido como usuario de la vía con antelación, el automóvil por su año modelo podía contar con adecuado sistema de luces activado y disponibilidad de uso de luces altas atendiendo a la estructura vial.

Haciendo uso de la escena a escala y referencias técnicas se puede reconstruir que mediante el uso de luces bajas se alcanza a iluminar objetos entre los 45 y 60m, distancia compatible con la requerida para reaccionar y frenar o cambiar de trayectoria para evitar el impacto en la zona establecida mediante el análisis de la evidencia registrada. Con luces altas puede iluminarse hacia adelante hasta 110m promedio, y el radio de curvatura lo permitiría también, paralelamente un objeto con iluminación propia coadyuva a ser identificado.

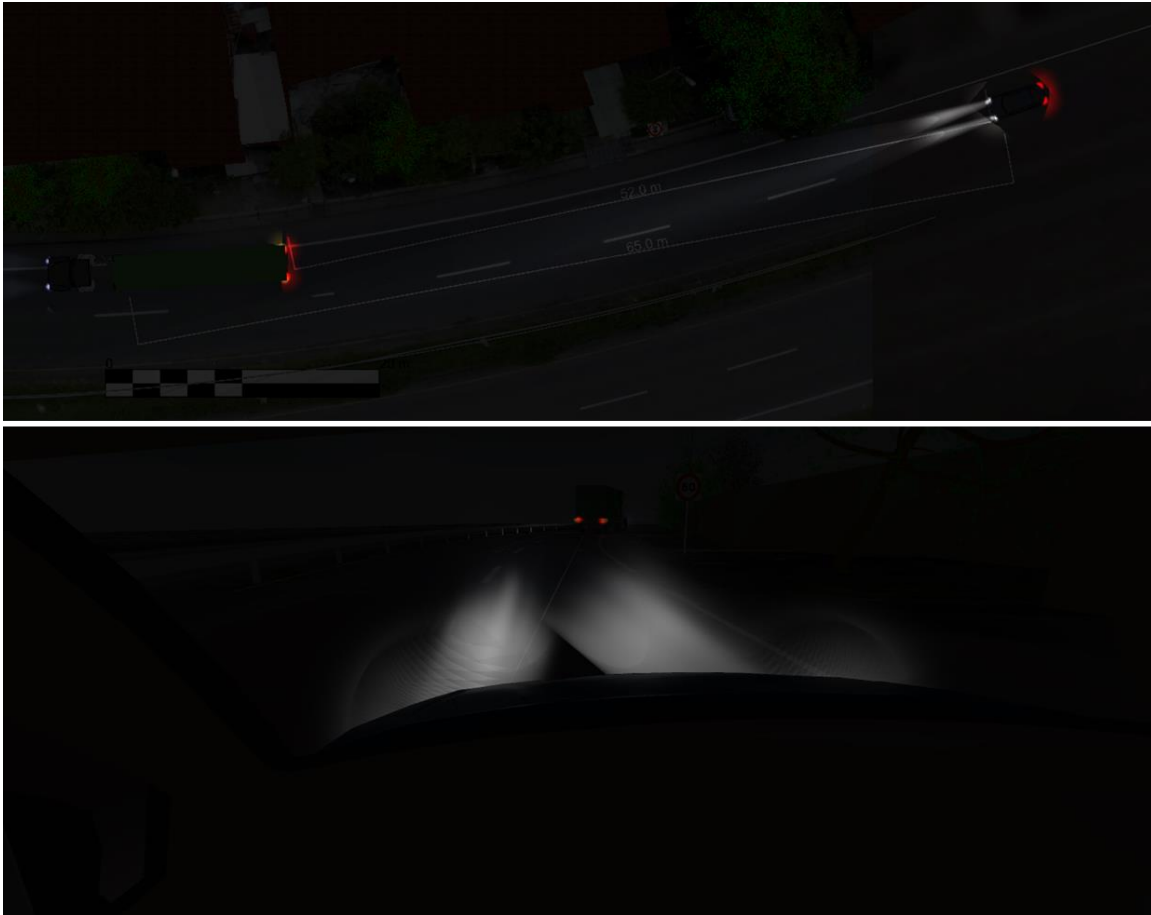


Imagen No.25: representación de la ubicación espacial del automóvil y el tractocamión, a 3,5 segundos antes de la colisión, los separa una distancia de 52m promedio y 65 del área de impacto, tiempo y distancia que permitirían evitar la colisión por alcance o reducir la velocidad lo suficiente para evitar una desaceleración significativa que conlleve a lesiones de los ocupantes.

6. HALLAZGOS

- a. Los resultados del análisis del evento se soportan en el análisis forense de la evidencia registrada y en el modelo físico utilizado, en particular con la posición final de los involucrados, las evidencias en la vía, el estado final (daños-rastros) de los vehículos y lesiones.
- b. La construcción del bosquejo en planta y en 3D se basa en el reporte de la autoridad de tránsito y en el registro de rastros y evidencias diagramados y referenciados en el bosquejo del IPAT, complementado con las fotografías del día de los hechos e inspección a la vía.
- c. En el IPAT se plantea como hipótesis de ocurrencia de los hechos para el vehículo No.1 Automóvil la 147 (*“Conducir vehículo sin adaptaciones”*). [se identifica en la documentación allegada que el conductor del vehículo automóvil no cuenta con parte de la extremidad superior izquierda y el vehículo No.1 es mecánico].
- d. Se establece con la evidencia asociada y análisis físico forense la ubicación del área de impacto sobre el extremo derecho del carril derecho, proximidad de la línea blanca.
- e. El área de impacto posee un rango debido análisis objetivo de la evidencia, el error sistemático que se presenta en el proceso investigativo y de fijación de la evidencia en el lugar de los hechos, tiene compatibilidad con los registros de la escena, forma de impacto y posiciones finales. Este margen de incertidumbre se traslada a los resultados de los cálculos, sin embargo, esta incertidumbre no indica desconocimiento o error, sino el resultado que mejor se ajusta desde la perspectiva forense.
- f. No se identifican ni reportan elementos fijos o móviles que fungieran como obstáculos visuales para los conductores.
- g. Las lesiones descritas en la necropsia de la tripulante del automóvil y el análisis realizado en a los registros del vehículo y forma de la colisión, permiten reconocer que esta persona hacía uso del cinturón de seguridad al momento de la colisión; no se identifica activación del airbag de pasajero, lo que puede obedecer a ausencia de ese elemento, el cual mitigaría los efectos de la desaceleración súbita en el pasajero y la tensión por cinturón de seguridad.

h. Atendiendo a la diferencia entre las alturas estructurales de los vehículos y ausencia de datos técnicos de mediciones de deformación residual en el automóvil, no es procedente realizar el análisis de energía de deformación mediante modelos energéticos clásicos, aparte de que la deformación del automóvil difiere de las utilizadas en los modelos de cálculo de elementos finitos.

i. No es posible hacer uso técnico en el presente informe de las fotografías del álbum de la inspección a escena del día de los hechos por parte de policía judicial, al ser suministradas en blanco y negro y no contener una amplia y técnica fijación de la escena.

j. En la documentación suministrada se recibe un informe SAT 001712022 (Pericial de Física), del cual se extraen datos como fotografías del día de los hechos y algunas referencias de daños; sin embargo, se logra identificar paralelamente:

- *No se realiza una diagramación a escala del lugar de los hechos con el respectivo replanteo de puntos de fijación para validar la fijación planimétrica, y realizar así el análisis y compatibilidad espacial de la dinámica del evento. La imagen de la página 38 del informe carece de la correlación espacial adecuada para establecer posiciones dentro del proceso de reconstrucción del siniestro.*

- *Establece sin realizar un análisis de la escena en todo su contexto (fijación planimétrica del IPAT y registros fotográficos del día de los hechos) que el tractocamión estaba detenido y sin luces, lo cual difiere de la evidencia y rastros visibles en los registros del día de los hechos. Descarta, sin realizar un análisis, la referencia del croquis de un rastro en la parte posterior del automóvil y la evidencia en las fotografías de presencia de fragmentos en la parte posterior del automóvil.*

- *El cálculo asociado a la energía de deformación utiliza unas medias desconocidas y no presentadas en el informe, con valores puntuales sin referencia (no se adjunta lo que manifiesta de un autocad, ni datos de alturas de medición ni hay fotografías técnicas de los daños del vehículo), paralelamente utiliza un modelo de cálculo (Campbell) el cual está basado en deformaciones de toda la parte estructural del vehículo y no de daños en la zona superior o por compresión, lo que llega a presentar valores no adecuados.*

- *No involucra en el cálculo de velocidades toda la energía del sistema (tractocamión-Automóvil) lo cual es el deber ser en este tipo de análisis, solamente usa la relación de Energía y velocidad como si el automóvil hubiese chocado con una barrera indeformable y sin movimientos*

pos colisión; si el cálculo se realiza de manera adecuada incluyendo la energía del sistema, la velocidad de impacto del automóvil debe aumentar y seguramente llega a superar los 50km/h..

- Se manifiesta que las mediciones de deformación pueden aportar una incertidumbre o error amplio, sin embargo no lo cuantifica desde el principio ni valora la propagación del error sistemático, solamente apunta a incluir un 15% al final, lo cual difiere del procedimiento más técnico para establecer el margen de error asociado realmente a los procesos.

- Parte de los EMP y EF que referencia son un par de entrevistas, las cuales carecen de soporte científico y objetivo para formar parte de una reconstrucción y obtener resultados sobre el evento.

k. En la documentación suministrada se recibe un informe ERAT A3D-00171-2022, el cual se reconoce como la animación del hecho según lo descrito en informes de reconstrucción allegados a quien lo elaboró, sin embargo, se identifica que esta es solamente una representación visual de lo que se cree pudo ocurrir, al identificar las falencias en el informe de reconstrucción base aportado y en que no hay en dicho informe una construcción de momentos pre y pos impacto, que den soporte a lo representado en imágenes y en la animación.

l. Las versiones sobre el evento hacen parte del proceso investigativo y de contextualización del mismo, pero no se constituyen como elementos objetivos de juicio, ni herramientas para la realización de cálculos numéricos o planteamiento de la dinámica del accidente.

m. La ausencia de reconocimiento de la presencia del tractocamión por parte del conductor del automóvil, así como el desplazamiento hacia la derecha del carril (área de impacto) puede obedecer a situaciones tales como desatención, fatiga, enfoque visual en otro segmento o elemento en la vía, valoración inadecuada de la razón de aproximación, velocidad superior, pérdida de control/maniobrabilidad, maniobra evasiva hacia la derecha, tránsito entre la berma y carril derecho.

n. En la medida que sea suministrada para análisis información técnica y objetiva sobre el evento tal como fotografías a color de inspección judicial y peritajes es posible ratificar, ampliar los resultados del presente informe y reducir los rangos de variables utilizadas.

7. CONCLUSIONES:

1. Basados en el registro de evidencias y el análisis forense realizado para el evento se plantea la secuencia probable³ para el siniestro, en donde un instante antes del impacto el vehículo No.1 Automóvil se desplazaba sobre el carril derecho de la calzada en sentido Andalucía-Cerritos y al aproximarse al Km 65 desvía su trayectoria hacia la derecha y colisiona a una velocidad comprendida entre cincuenta y uno (51 km/h) y sesenta y siete (67 km/h) kilómetros por hora con el vehículo No.2 Tractocamión, el cual se desplazaba en el mismo sentido entre la berma y el carril derecho, a una velocidad comprendida entre trece (13 km/h) y diecisiete (17 km/h) kilómetros por hora.

A raíz del impacto se generan los daños estructurales en los vehículos, se liberan fragmentos en la vía, el automóvil paulatinamente se va desplazando parcialmente bajo la defensa trasera del semirremolque, se presenta la desaceleración súbita, movimiento de los cuerpos al interior y activación de los sistemas de seguridad; seguidamente los vehículos desaceleran hasta detenerse totalmente en la posición final registrada sobre la margen derecha del carril de circulación.

2. La velocidad de circulación calculada para el vehículo No.1 Automóvil 59 ± 8 km/h (59 km/h $\pm 14\%$ margen de error), se identifica como superior al límite para el tramo de vía según señalización.

3. La velocidad de circulación calculada al contacto para el vehículo No.2 Tractocamión 15 ± 2 km/h (15 km/h ± 13 margen de error), se identifica como inferior al límite para el tramo de vía según señalización y llega a ser compatible con un proceso de desaceleración o circulación a velocidad regulada.

³ Probable hace alusión a un resultado enmarcado dentro de un margen lógico, basado en un análisis objetivo de evidencias y con sustento técnico-científico que soporta el resultado obtenido.

4. Respecto del factor vehículo no se identifican ni reportan elementos que se establezcan como asociados a la circunstancia generadora del accidente.
5. Respecto del factor vía no se identifican ni reportan elementos que se asocien a las circunstancias generadoras del accidente., sin embargo, se reconoce que, para la fecha de los hechos la ausencia de iluminación reduce las condiciones de visibilidad en el sector.
6. Basados en el análisis de la información objetiva suministrada se establece que la circunstancia⁴ generadora del accidente de tránsito está asociada al factor humano, al presentarse por parte del conductor del vehículo No.1 Automóvil ausencia de reconocimiento con antelación suficiente de la presencia del vehículo No.2 Tractocamión, o inadecuada valoración de la razón de aproximación a este vehículo. (Hallazgo m).

***Nota 3:** Para la introducción de este informe pericial en un proceso penal y/o civil como elemento material probatorio y su sustentación en audiencia por parte de los peritos firmantes, es necesaria la comunicación a la dirección forense de IRS VIAL S.A.S para su autorización.*

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

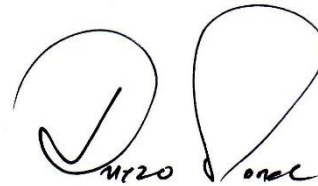
1. "Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis, Rudolf Limpert, Fifth Edition, 1999, Lexis Publishing
2. "Vehicular response to emergency braking", Walter S. Reed. University of Texas at Austin. A. Taner Keskin. ALFA Engineering, Inc. SAE 879501.
3. "Drivers response in emergency situations a quick reference". Jeffrey W. M, 2019.CSS llc.

⁴ CAUSA desde la óptica de la SEGURIDAD VIAL, es decir, se determinan los factores que de alguna forma originan riesgos viales, relacionados con el factor humano, la vía y los vehículos, no corresponden a juicios de valor o responsabilidad.

4. Alejandro Rico. “Cálculo del Delta-V Basado en energía como parámetro del control en el cálculo de velocidades pre impacto por velocidad relativa y CML”. Revista Expresión Forense Año7 Edición 58, Septiembre de 2020. CDMX – MÉXICO.
5. “Collision Reconstruction using delta V from energy measurements as a parameter of control for momentum analysis”, Alejandro Rico y Diego López IRSVIAL, Poster in World Reconstruction Exposition 2016, Orlando FL, May 2016.
6. Delta V: Basic Concepts, Computacional Methods and Misunderstandigs. Ric. D Robinette, Richard J. Fay y Rex E. Paulsen. Fay Engineering Corp. SAE 940915.
7. Cuantificación de la probabilidad o chance de evitabilidad en un accidente de tránsito cuando se supera la velocidad límite en un tramo vial, Alejandro Rico León, Diego López Morales, Revista Escuela Colombiana de Ingeniería, No.102, 2016, 37-41.



Alejandro Rico León
Físico Forense



Diego M López Morales
Físico Forense – Director IRS VIAL SAS

Nota 4: Cada uno de los peritos forenses que firman el presente informe, autoriza expresamente al otro individualmente a comparecer ante los estrados judiciales para sustentar en audiencia de juicio oral el contenido de este.

Ms Diego Manuel López Morales

- Físico y Magíster en ciencias Físico Matemáticas Peoples' Friendship University of Russia, Moscú - Rusia.
- Físico Forense Investigador y Reconstructor de accidentes de tránsito.
- Físico Forense Instituto de Medicina Legal, 1994 - 2005.
- Centro Internacional Forense FCI, director Forense FCI. 2005 – 2007.
- Director Forense IRS VIAL SAS. 2007 – 2022.
- Reconstructor de más de 3800 accidentes de tránsito.
- Perito experto en las cortes de Colombia.
- Docente Universitario de accidentología y seguridad vial.
- Presentador y asistente en World Reconstruction Exposition 2016.
- Certificado como **PERITO FORENSE AVANZADO** en hechos de Tránsito, Organización Internacional de Accidentología Vial **OIAV**, Certificado **DEKRA** ISO/IEC 17024 -2012. PFT 0010
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialist)
- Miembro **APIAT** (Asociación de Peritos en Investigación de Accidentes de Tránsito) perito Nivel 3.

Alejandro Rico León

- Reconstructor de accidentes acreditado por **ACTAR-USA** con el número **3352**.
- Físico Universidad de los Andes.
- Especialista en Investigación Criminal DINA-E-PONAL
- Especialista en Reconstrucción de Accidentes de Tráfico Universitat de Valencia.
- Master en Ciencias Forenses Universitat de Valencia.
- Perito, investigador-Reconstructor Gabinete de Física Forense del Grupo de Criminalística de la Policía de Tránsito de Bogotá 2009 - 2014.
- **PERITO FORENSE AVANZADO** certificado en hechos de tránsito OIAV-DEKRA.
- Investigador y reconstructor de aproximadamente 1200 accidentes de tránsito.
- Autor de artículos científicos y divulgativos sobre reconstrucción de accidentes.
- Docente Universitario en temas de investigación y reconstrucción de A/T.
- Presentador y asistente en seminarios específicos y en World Reconstruction Exposition 2016 y 2023.
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialist).