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



VEHÍCULO No. 1: AUTOMÓVIL, CHEVROLET BEAT, modelo 2020, color blanco, placa GYQ 162.

VEHÍCULO No. 2: BICICLETA, color negro y naranja, marco 1130.

INFORME No. 220231944

Bogotá D.C., mayo 4 de 2022

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:	8
2.3	VEHÍCULOS:	16
2.4	MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:	24
2.5	VICTIMA:	29
3.	POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DE LA PÉRDIDA DE CONTROL, AL MOMENTO DEL IMPACTO Y DE LA INTERACCIÓN.	32
4.	DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.	34
5.	SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO	41
6.	ANÁLISIS DE EVITABILIDAD	45
7.	HALLAZGOS	47
8.	CONCLUSIONES:	48
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

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 causas del 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 programas de software empleados:

1. Procedimiento de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito – Manual de calidad IRS VIAL SAS norma ISO 9001-2015.
2. Equipos de Cómputo Lenovo Procesador Intel(R) Core(TM) i5-4460T CPU @ 1.90GHz.
3. Software Trimble Forensic Reveal – Licenses Manager - IRS VIAL SAS.
4. Herramienta *IRS® Calculator*, hoja de cálculo en Excel.

CLASE DE ACCIDENTE: PÉRDIDA DE CONTROL / 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) Siete (7) fotografías a color del lugar de los hechos.

- b) Cuatro (4) fotografías del estado final del vehículo No. 1 AUTOMÓVIL.
- c) Dos (2) fotografías del día de los hechos.
- d) Informe policial de accidente de tránsito (IPAT)

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 viernes 20 de agosto de 2021, a las 07:50 horas, en la vía que conduce de Candelaria a Cali a la altura del km 11, sector Rendi Tienda (3.401200764254929, -76.38999671854525), en área urbana del municipio de Villa Gorgona (Valle del Cauca).



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

INFORME POLICIAL DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO No. A 00097 8420

1. ORGANISMO DE TRANSITO **76130000**
SECRETARÍA DE TRANSITO Y TRANSPORTE DE CANDELARIA

3. LUGAR COORDENADAS GEOGRÁFICAS *Sector Pinda traza*
CÓDIGO DE RUTA *Via Candelaria-Cali Km 11,0 aproximado*
VIA Y KILOMETRO O SITIO, DIRECCION Y CIUDAD

4. FECHA Y HORA
FECHA Y HORA DE LA OCURRENCIA **20 08 2021 07 50**
FECHA Y HORA DELLEVANTAMIENTO **20 08 2021 08 30**

5. CLASE DE ACCIDENTE
EMPUJE CADA OCUPANTE
ATROPELLO INCENDIO
VOLCAMIENTO OTRA

6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR
6.1 AREA: RURAL URBANA
6.2 SECTOR: RESIDENCIAL INDUSTRIAL COMERCIAL OTRA

7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIAS
7.1 GEOMETRÍA: A. RUTA B. PAVIMENTO C. SENSIBILIDAD D. UTILIZACIÓN E. ANCHURA F. SENSIBILIDAD

8. CONDUCTORES, VEHICULOS Y PROPIETARIOS
8.1 CONDUCTOR: *Martinez Corobali Sandra Patricia* C.C. *66928004* *Kolombiana* *05 01 73*
CALLE *170 # 10-112 B/ aldea Villa Gorgona 30052814*
TELÉFONO *66928004* SE PRACTICÓ EXAMEN

8.2 VEHICULO: *Chvrolet Beat* *Blanco* *2020* *5* *10020398296*
MATRICULADO EN *Cali* PARQUEADO EN *Oficina agentes de tránsito*
REVISIÓN TÉCNICA *N/A* CANTIDAD DE PASAJEROS EN EL MOMENTO DEL ACCIDENTE *0*
PUNTO DE RESPONSABILIDAD CIVIL CONTRACTUAL *8060656500* *Epurad Seguros* *28 02 22*

8.3 PASAJEROS: *Ambulio Martinez Ashley Carolina* C.C. *114367851*
ES CLASE DE VEHICULO AUTOMOVIL PASAJERO PASAJERO
ES CLASE DE SERVICIO PRIVADO PÚBLICO ESPECIAL ESPECIAL ESCOLAR ESPECIAL SALARADO ESPECIAL OTRAS NACIONAL MUNICIPAL

8.4 LUGAR DE IMPACTO: FRENTE LATERAL POSTERIOR

Imagen No. 2: En esta imagen se aprecia la primera hoja del informe de la autoridad.

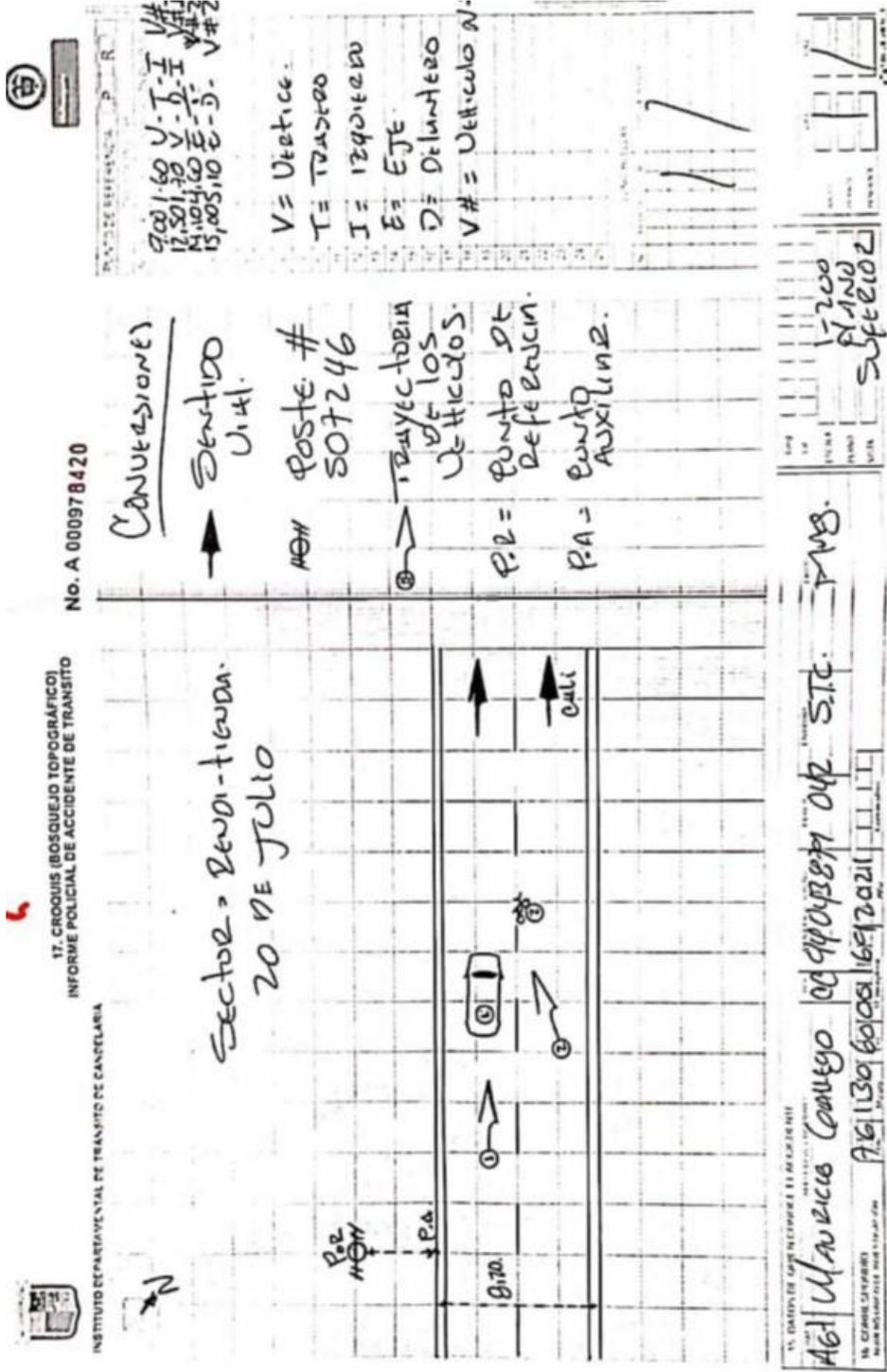
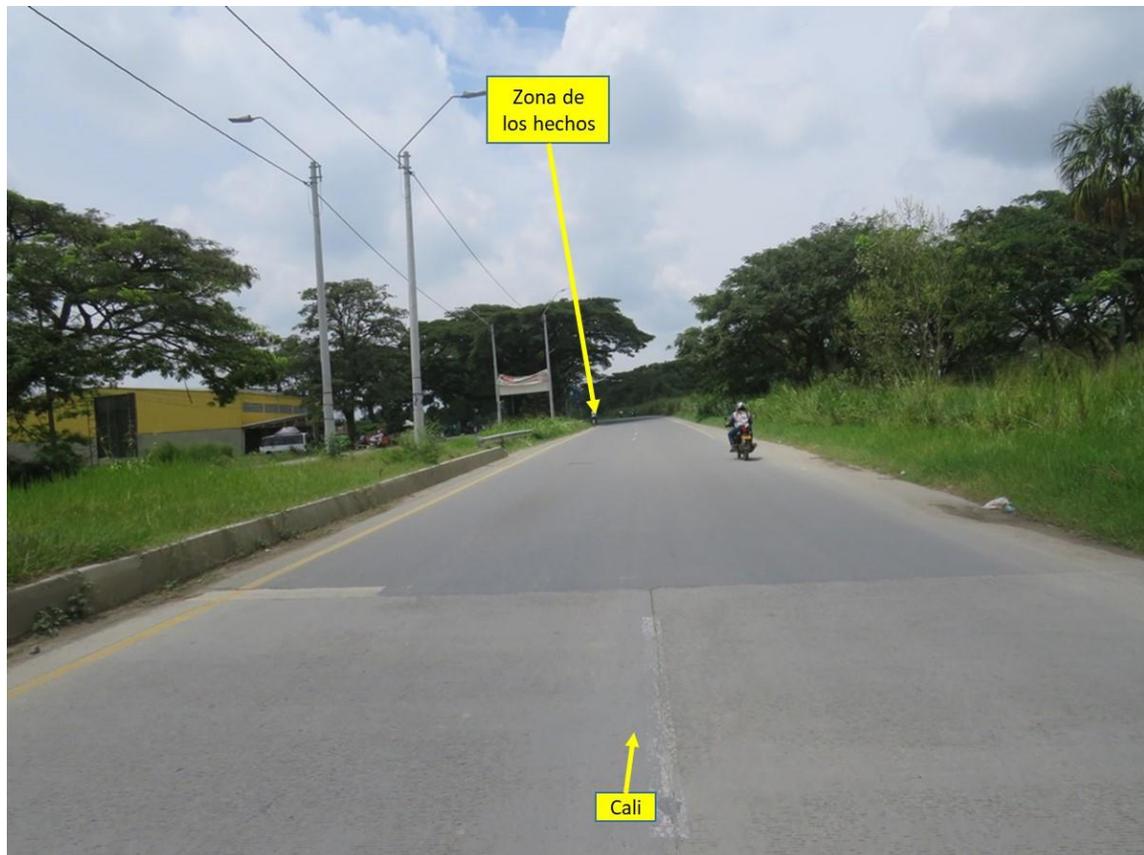


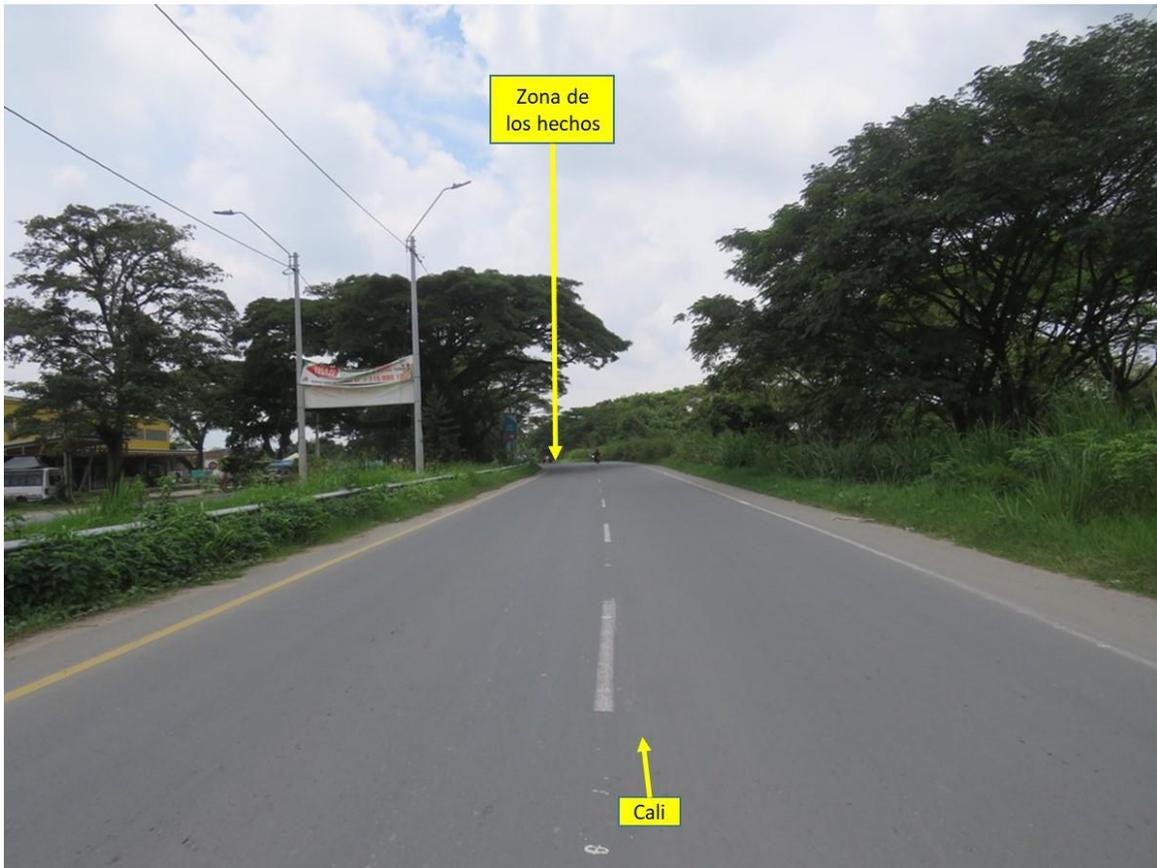
Imagen No. 4: En esta imagen se aprecia la tercera hoja del informe de la autoridad.

2.2 LA VÍA:

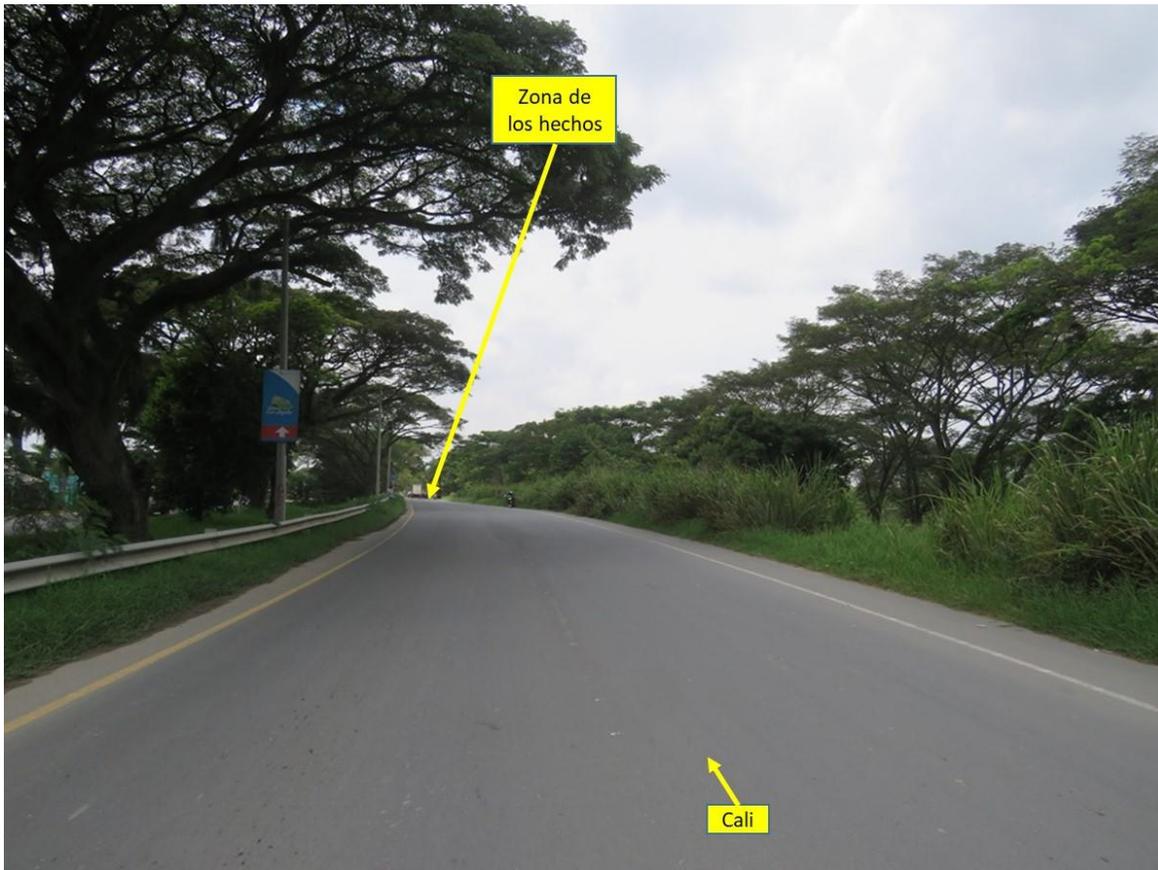
Las condiciones y características de la vía donde se produce el accidente de tránsito se aprecian en las fotografías No. 1 a la 7 así como en la tabla No. 1.



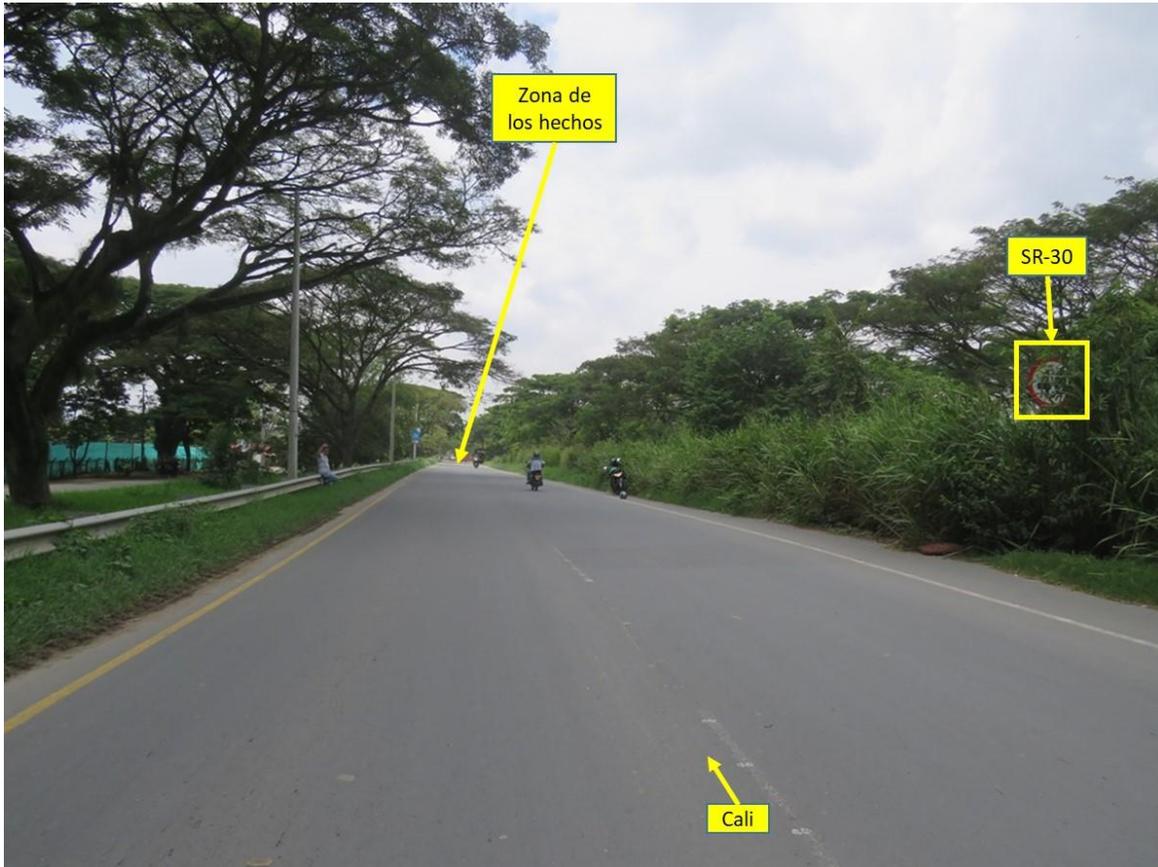
Fotografía No. 1 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual no se encuentra demarcación horizontal o señalización vertical; en este sentido se desplazaban los vehículos.



Fotografía No. 2 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, sin señalización vertical; en este sentido se desplazaban los vehículos.



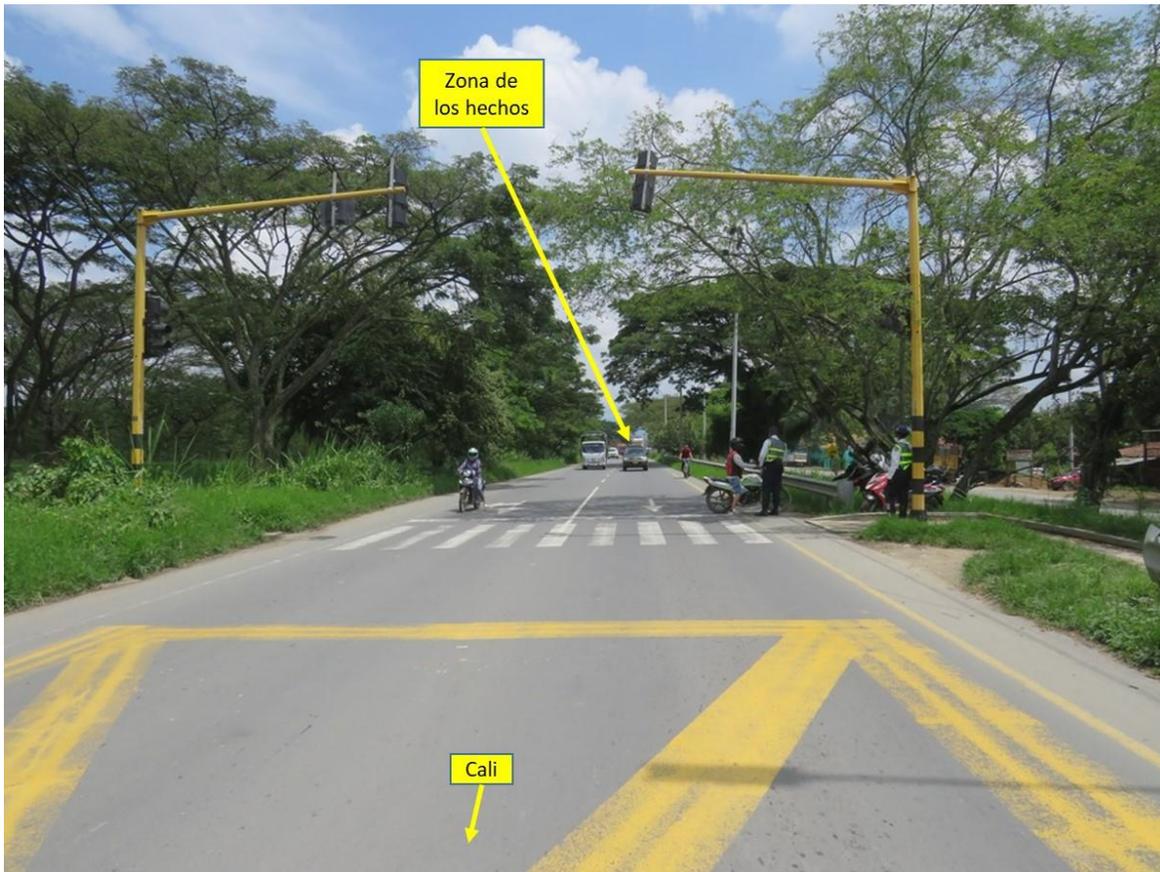
Fotografía No. 3 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de líneas de borde, sin señalización vertical; en este sentido se desplazaban los vehículos.



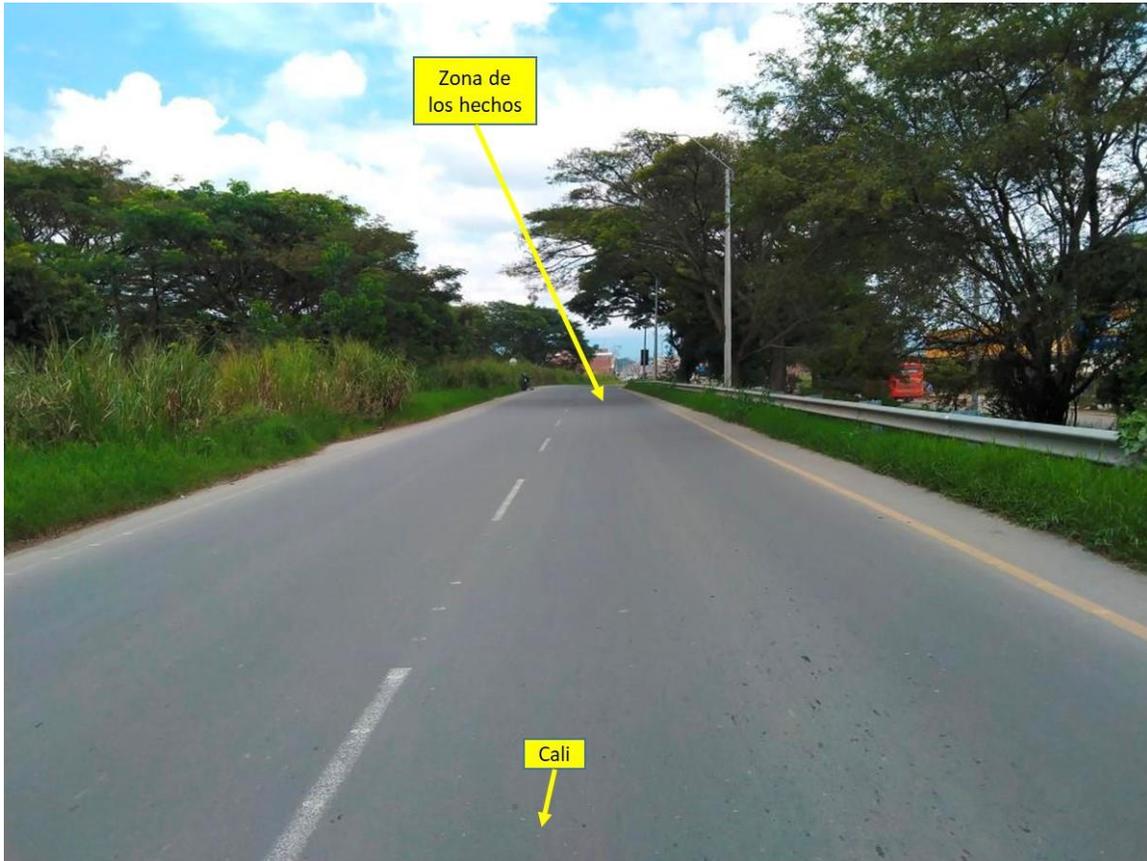
Fotografía No. 4 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada borrosa y líneas de borde, con señalización vertical SR-30 (Velocidad máxima 40 km/h); en este sentido se desplazaban los vehículos.



Fotografía No. 5 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de líneas de borde, sin señalización vertical; en este sentido se desplazaban los vehículos.



Fotografía No. 6 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Cali - Candelaria a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla antibloqueo, paso peatonal (cebra), líneas indicadoras de sentido y línea banca continua, sin señalización vertical y con semáforo operando.



Fotografía No. 7 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Cali - Candelaria a la altura del km 11 frente a Rendi-Tienda se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, sin señalización vertical.

NOTA 1: La inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial fue realizada el 1 de marzo de 2022.

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

Tramo de vía Candelaria – Cali km 11 sector Rendi-Tienda	
ÁREA, SECTOR	<i>Urbano, Comercial</i>
GEOMÉTRICAS	<i>Recta, Plano</i>
UTILIZACIÓN	<i>Único sentido por calzada</i>
CALZADAS	<i>Dos</i>
CARRILES	<i>Dos por calzada</i>
MATERIAL	<i>Asfalto</i>
ESTADO	<i>Bueno</i>
CONDICIONES Y TIEMPO	<i>Seca, Normal</i>
ILUMINACIÓN	<i>Natural</i>
CONTROLES Y SEÑALES	<i>Demarcación horizontal de línea blanca segmentada borrosa y líneas de borde, con señalización vertical SR-30 (Velocidad máxima 40 km/h)</i>

TABLA No. 1

2.3 VEHÍCULOS:

Las características técnico mecánicas de los vehículos, son consideradas en el presente análisis. Sin embargo, el aspecto más importante a observar radica en la ubicación de los daños sobre su estructura; variables que permitirán identificar la severidad del impacto y la posición relativa al momento del impacto.

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

VEHÍCULO No. 1: AUTOMÓVIL, CHEVROLET BEAT, modelo 2020, color blanco, placa GYQ 162.



Imagen No. 5: En esta imagen se observa un vehículo de similares características al involucrado en el hecho.

CONDUCTOR	SANDRA PATRICIA MARTINEZ CARABALI
IDENTIFICACIÓN	CC 66.928.004
EDAD	46 años
LICENCIA	A2, B1, C1 / Sin restricción para conducir

TABLA No. 2

A continuación, se describen las características técnico-mecánico del vehículo No. 1 (Automóvil)

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	PARTICULAR
OCUPANTES	0
DIMENSIONES	Largo 3995 mm Ancho 1597 mm Distancia Ejes: 2375 mm Alto: 1522 mm http://www.forosecuador.ec/forum/aficiones/autos-y-motos/167450-chevrolet-beat-2020-en-ecuador-precio-caracter%C3%ADsticas-ficha-t%C3%A9cnica
PESO TOTAL	1050 - 1150 kg

TABLA No. 3

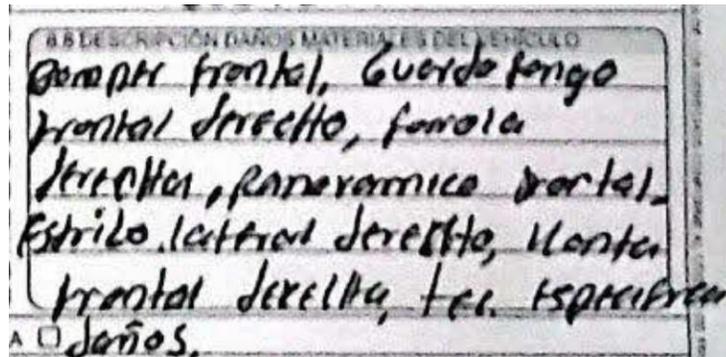


Imagen No. 6: En esta imagen se aprecia el diagrama del informe de la autoridad y la descripción de daños realizada por la autoridad: *“Bumper frontal, guardafango frontal derecho, farola derecha, panorámico frontal, estribo lateral derecho, llanta frontal derecha, tec. Especifica daños”.*

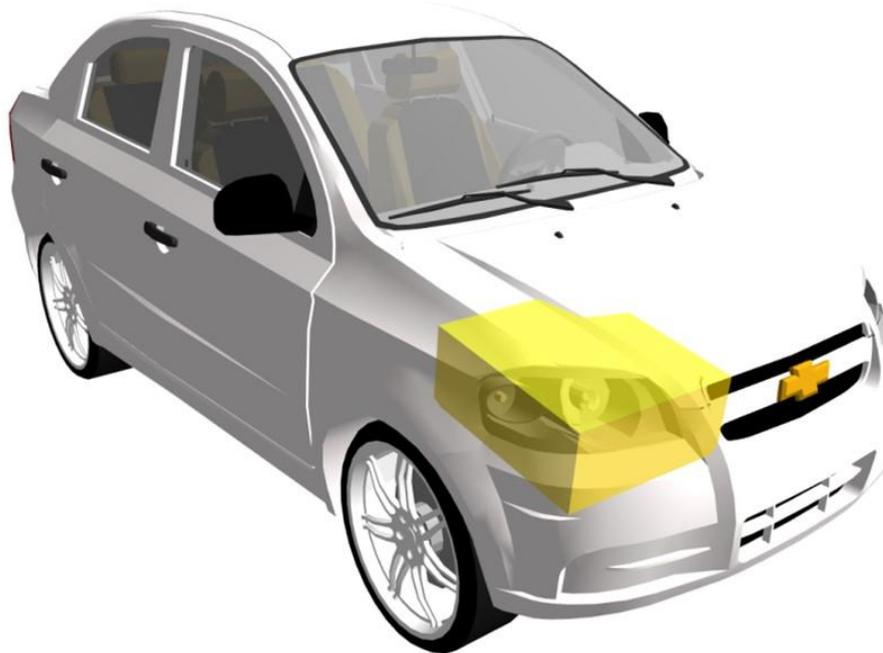


Imagen No. 7: En esta imagen se observa con el recuadro amarillo la ubicación de los daños o evidencia en el automóvil.



Fotografía No. 8 Plano Medio: En estas fotografías se observa el estado final del vehículo, el cual presenta polifragmentación del panorámico anterior, tercio derecho.



Fotografía No. 9 Primer Plano: En estas fotografías se aprecia polifragmentación de la unidad de luz derecha y huella de paso en el vértice anterior derecho del paragolpes.

- **VEHÍCULO No. 2: BICICLETA**, color negro y naranja, marco 1130.



Imagen No. 8: En esta imagen se observa un vehículo de similares características al involucrado en el hecho.

CONDUCTOR	JULIÁN ISAAC BOLÍVAR CHANFUELAN
IDENTIFICACIÓN	CC 16.741.357
EDAD	63 años
LICENCIA	—

TABLA No. 4

A continuación, se describen las características técnico-mecánico del vehículo No. 2 (Bicicleta).

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 2
SERVICIO	PARTICULAR
OCUPANTES	0
DIMENSIONES	Longitud: 1850 mm Ancho: 580 mm Distancia entre ejes: 1150 mm Alto: 950 mm
PESO TOTAL	110 - 120 kg

TABLA No. 5

2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:

En el formato de levantamiento de accidentes realizado por la autoridad se indica:

- Características generales de la vía.
- Vehículos en posición final.
- Punto de referencia.
- Sentido vehicular

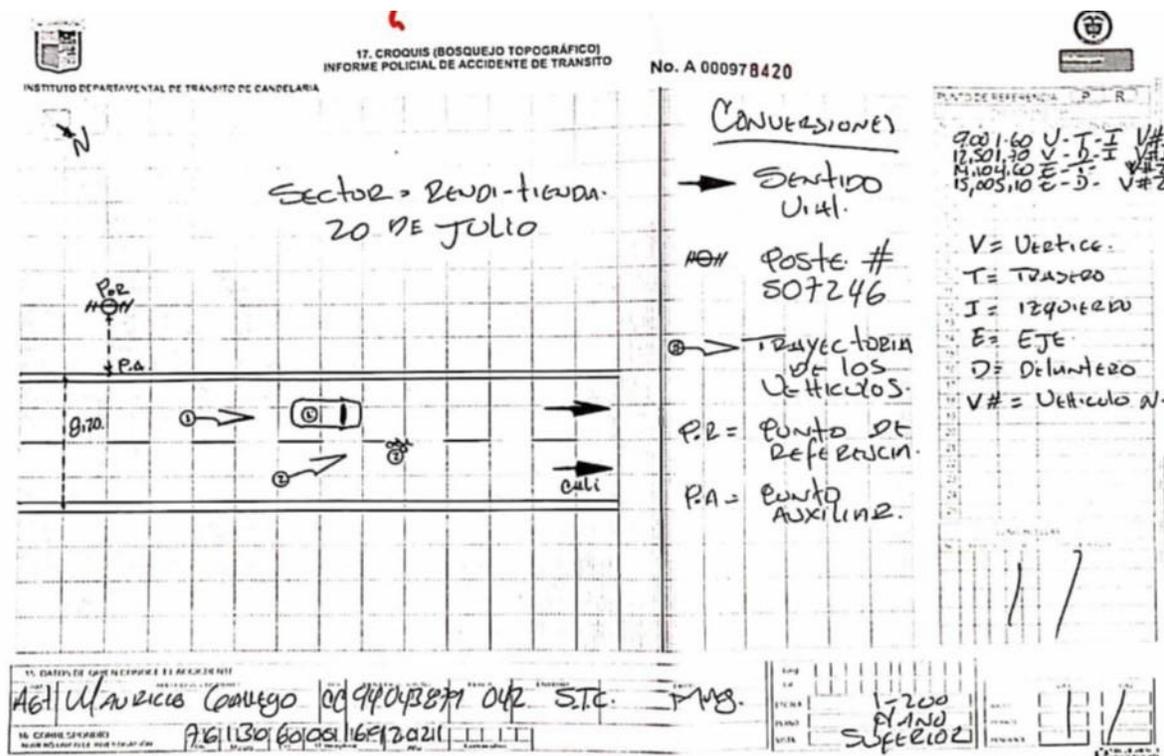


Imagen No. 11: En esta imagen se muestra la página el croquis del informe de la autoridad.



Imagen No. 12: En esta imagen vista en planta se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.

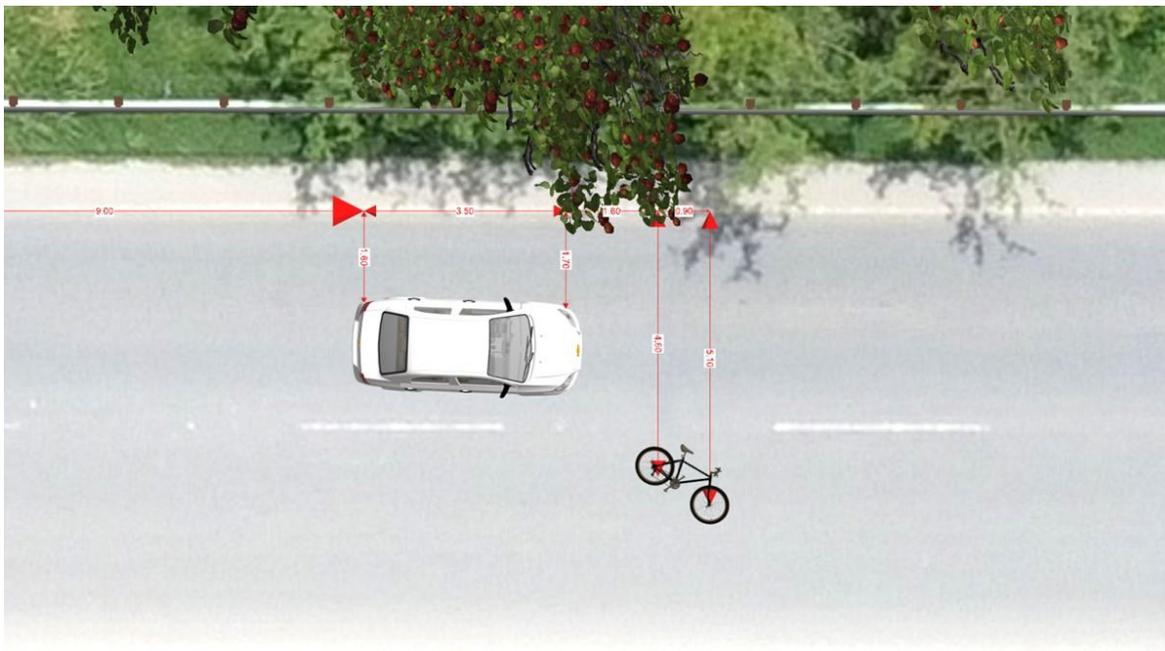
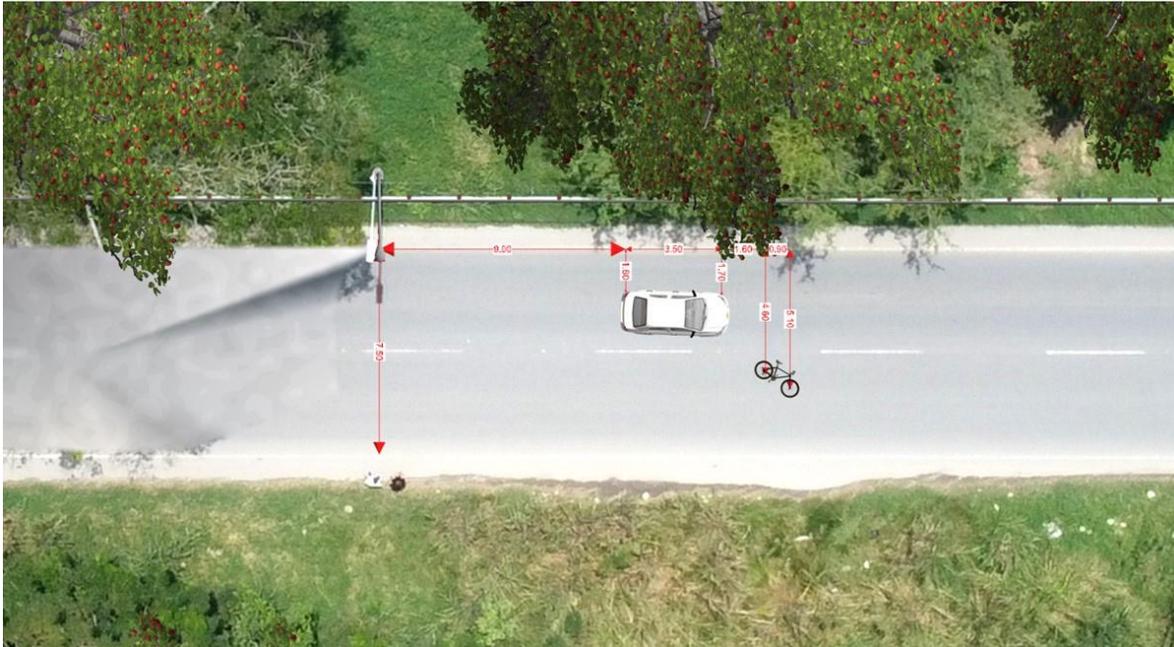


Imagen No. 13: En estas imágenes, vista en planta se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.

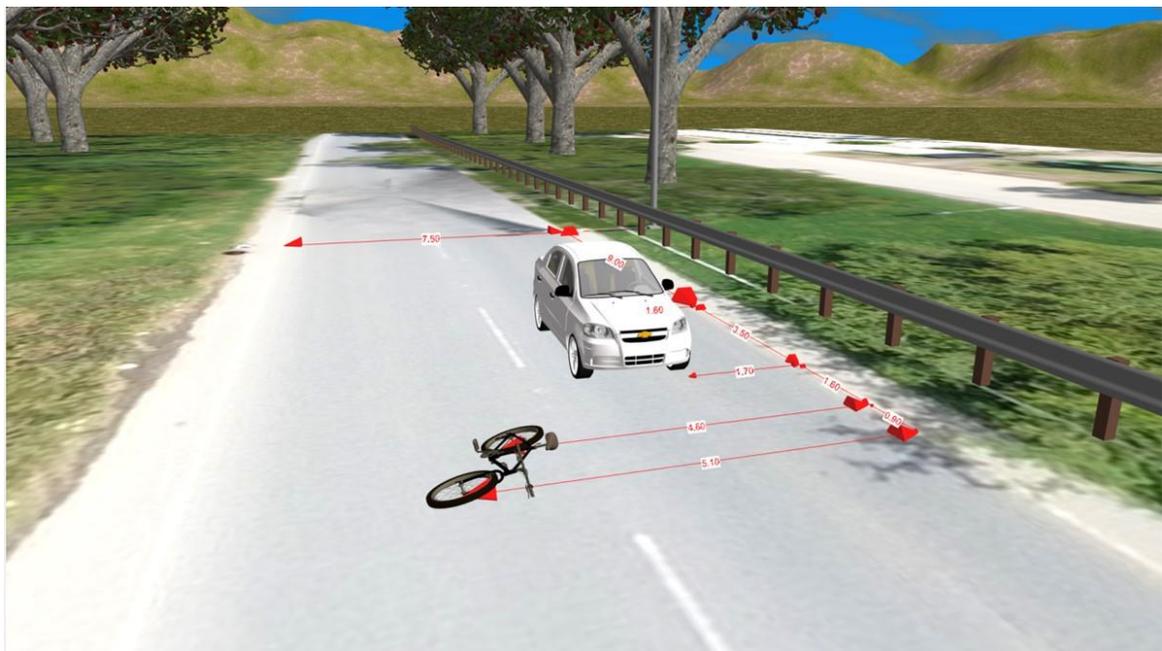
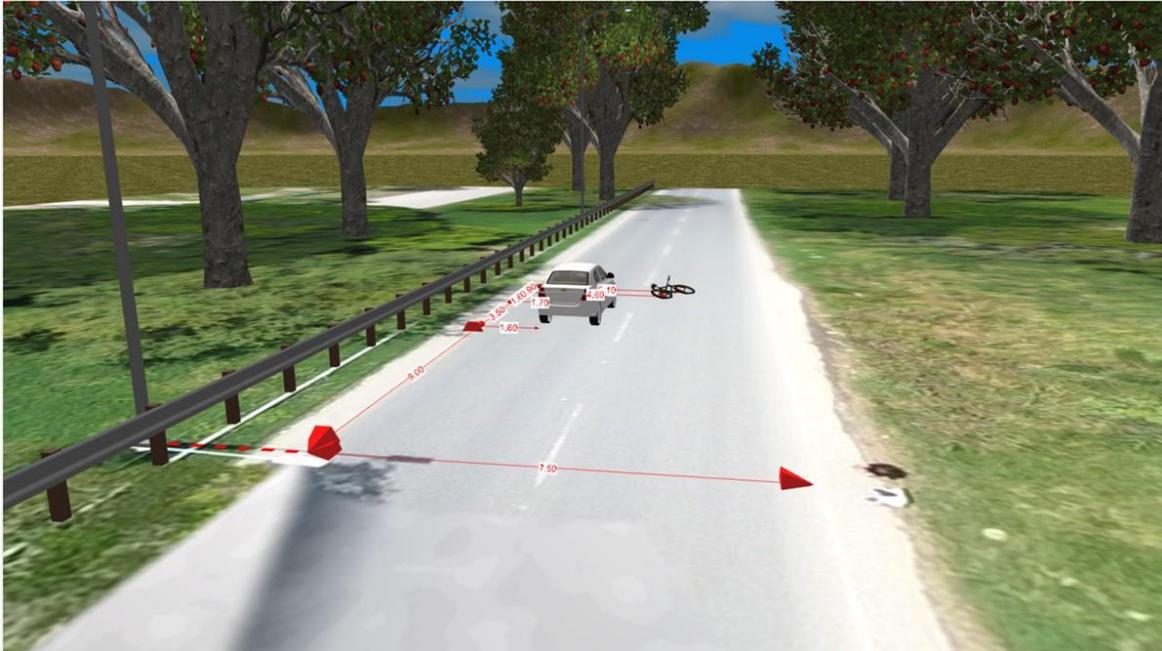


Imagen No. 14: En estas imágenes en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.



Fotografía No. 10 Plano General: En estas fotografías se aprecian las posiciones finales de los involucrados.

2.5 VICTIMA:

Producto del siniestro se reporta una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta), el señor Julián Isaac Bolívar Chanfuelan con CC 16.741.357 de 63 años, quien fue remitido a la clínica Colombia en la ciudad de Cali (Valle del Cauca).

2.6 VERSIONES:

Se cuenta con la versión de los hechos del conductor del vehículo No. 1 (Automóvil), la señora Sandra Patricia Martinez Carabal

“PREGUNTA *¿De dónde y hacia donde se dirigía?* **RESPUESTA:** *Yo iba desde la Aldea Campestre donde tengo una casa iba hacia la Nubia donde está toda la parte industrial a la empresa que se llama PROPULSEN donde yo estaba trabajando esos días.* **PREGUNTA** *¿Me puede brindar una versión de como ocurre el accidente?* **RESPUESTA:** *Pues yo salgo hacia mi lugar de trabajo como todos los días voy por el carril izquierdo y delante iba un vehículo, o sea, en el lado derecho en el momento que yo voy, cuando menos fueron cerca del semáforo donde toca hacer la parada un señor sale de la parte de adelante del carro, no había visto, y se me atraviesa a lo cual yo le pito y el señor no, o sea, no esquiva ni nada si no que sigue como si fuese a alcanzar a pasar y allí ocurre todo, yo trato de frenar, atrás de mi venia otro vehículo, no se ve afectado solo el señor y pues él iba en una bicicleta.* **PREGUNTA** *¿Usted iba sobre que carril?* **RESPUESTA:** *Yo iba en el izquierdo y el señor en el derecho hacia el izquierdo si no que la visibilidad no se veía porque el otro carro lo tapaba en el momento que yo voy a adelantar, o sea, no adelantar porque el vehículo iba en el lado derecho no.* **PREGUNTA** *¿Usted alcanza a percibir al ciclista?* **RESPUESTA:** *No señor.* **PREGUNTA** *¿Usted qué maniobra realiza para evitar el accidente?* **RESPUESTA:** *Me abro un poco a la izquierda freno, pero me topo con el señor.* **PREGUNTA** *¿Usted pudo observar más o menos hacia donde se dirigía el ciclista?* **RESPUESTA:** *Pues lo que tengo entendido es que por allí hay un espacio donde utilizan la gente para poderse atravesar hacia el otro lado y ya después tengo entendido que era el señor el dueño del vivero que queda derechito por ese camino por donde él se pensaba meter.*

PREGUNTA ¿Su visibilidad era buena, mala o regular? **RESPUESTA:** Buena. **PREGUNTA** ¿El tiempo era lluvioso, húmedo o seco? **RESPUESTA:** Seco. **PREGUNTA** ¿Usted llevaba algún tipo de carga en el vehículo? **RESPUESTA:** No señor. **PREGUNTA** ¿Desde qué hora se encontraba conduciendo? **RESPUESTA:** Nada, solo minutos porque acababa de salir de la casa. **PREGUNTA** ¿La noche anterior a qué hora dispone a descansar? **RESPUESTA:** Yo llego a mi casa sobre las cinco de la tarde porque yo trabajo de ocho am o bueno trabajaba perdón de ocho a cuatro de la tarde jornada continua y llego a mi casa tipo cinco de la tarde y no salgo. **PREGUNTA** ¿Su vehículo cuenta con GPS? **RESPUESTA:** No, pues no, el vehículo no. **PREGUNTA** ¿Su vehículo tiene polarizado? **RESPUESTA:** Sí, está polarizado. **PREGUNTA** ¿Por qué parte del vehículo colisiona con el ciclista? **RESPUESTA:** El lado derecho. **PREGUNTA** ¿Cuáles son los daños de su vehículo? **RESPUESTA:** Fue el parabrisas, llanta que la llanta fue perforada, no sé si por la bicicleta al fin y al cabo no sabemos cómo fue, el bomper delantero, la lámpara derecha, el techo, el espejo, la puerta uy no recuerdo más. **PREGUNTA** ¿Usted movió el vehículo de la posición final? **RESPUESTA:** No, el vehículo quedó tal cual de los nervios yo no podía ni moverme y personas que pasaron fue que llamaron, fueron los que me ayudaron a calmarme para bajarme del vehículo me decían que llamara a mis familiares por lo que yo estaba sola, mis familiares estaban en Cali y casi toda la familia del señor arrimó allí, y pues porque todo el mundo decía que él era el dueño del vivero de allí y era muy conocido y porque hubo una persona que llegó al accidente y pensé que era una persona que estaba ayudando trabaja con la Chevrolet y me decía y me preguntó que si el señor se me había atravesado y le dije que sí, que yo estaba allí y le expliqué lo que había pasado y él movió la cabeza y ya después cuando van a trasladar al señor en la ambulancia me pide los papeles del vehículo la tarjeta de propiedad y se identifica como el hijo. **PREGUNTA** ¿Usted sabe en qué fecha falleció el señor? **RESPUESTA:** Yo creo que eso fue a los doce días después. **PREGUNTA** ¿Según lo que usted pudo observar qué lesiones sufrió el señor? **RESPUESTA:** Porque el señor a lo que el rebota del carro porque el parabrisas daña, él cae hacia el pavimento y queda boca arriba y empieza a sangrar por la cabeza que fue lo que yo vi y yo les decía no lo muevan y el señor trataba de levantarse y la gente a tratar de que él no se parara, se movía demasiado **PREGUNTA** ¿A usted le realizan prueba de alcoholemia? **RESPUESTA:** Si señor la prueba salió negativa. **PREGUNTA**

*¿Usted desea agregar algo más a esta entrevista? **RESPUESTA:** Lo único que tengo que decir es que ese día yo no salí a hacerle daño a nadie y me imagino que el señor tampoco **PREGUNTA** ¿El vehículo fue inmovilizado? **RESPUESTA:** Sí, el vehículo fue inmovilizado tres meses y lo entregaron en octubre y lo llevé al taller y lo entregaron en diciembre y estuve todo ese tiempo sin vehículo”.*

NOTA 2: *La versión sobre el evento que fue plasmada en el presente informe, hace parte del proceso investigativo y de contextualización del mismo, pero no se constituye como elemento objetivo de juicio, ni herramienta para la realización de cálculos numéricos o planteamiento de la dinámica del accidente.*

3. POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.

Teniendo en cuenta la descripción de daños de los vehículos, las posiciones finales y las fotografías del día de los hechos, se tiene la posición relativa al momento del impacto, para el vehículo No. 1 **AUTOMÓVIL** en su zona anterior más hacia su tercio derecho y para el vehículo No. 2 **BICICLETA** en su zona posterior.

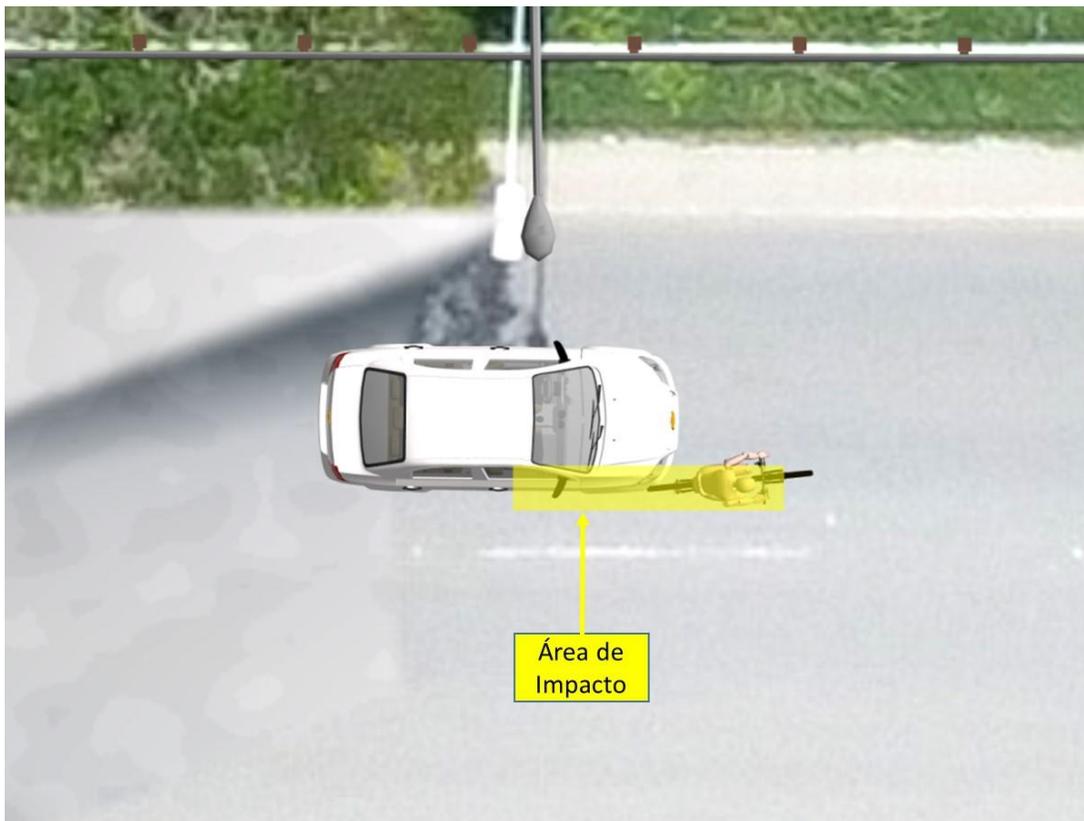


Imagen No. 15: En esta imagen vista en planta se muestra la posición relativa de los vehículos al momento del impacto y el área amarilla donde se presentó.

El área de 3,0 x 0,5 m de color amarillo, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área, la cual se encuentra sobre el carril izquierdo en sentido Candelaria – Cali, es decir, en el carril de desplazamiento del automóvil.

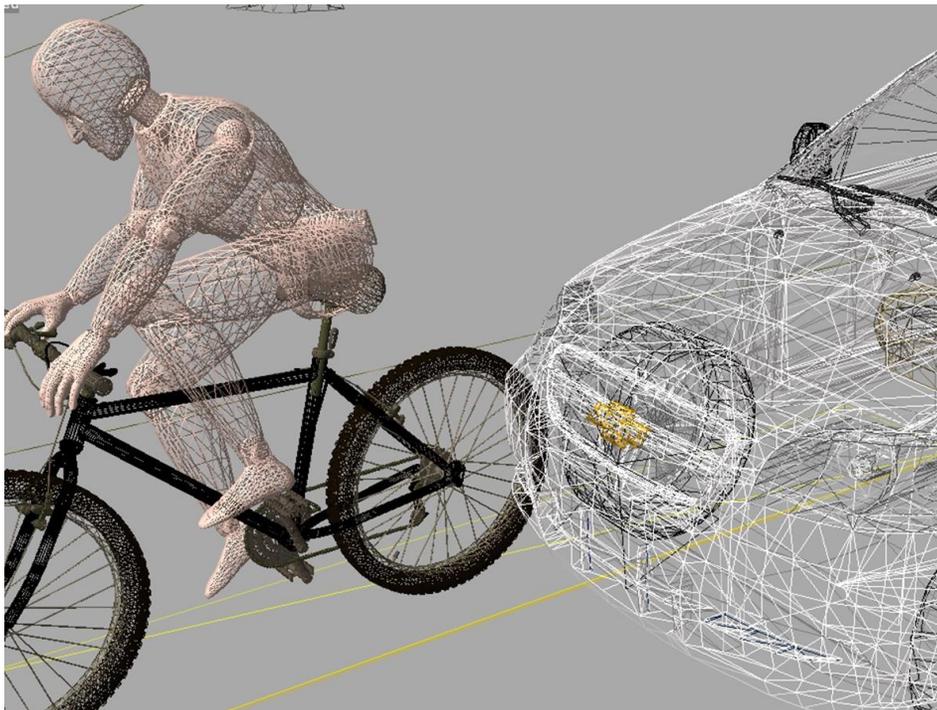


Imagen No. 16: En estas imágenes en 3D se aprecia la posición relativa al momento del impacto.

4. 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, 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, que tenga en cuenta las principales variables que intervienen en el siniestro, e involucre los parámetros que determinan la ocurrencia del mismo, además se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- El área de impacto, así como 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 los cálculos y al aplicar la ley de conservación de la energía, lugares diferentes no dieron resultados físicamente posibles, y por tal motivo se descartan.
- La bicicleta después del impacto se detiene por el rozamiento de la carrocería con el asfalto seco, el arrastre de la víctima sobre la vía, el automóvil por el rozamiento de las llantas con el asfalto seco en un proceso de frenada controlado sin huella de frenada.
- Los coeficientes de rozamiento efectivo¹ después del impacto que se usaron para realizar los cálculos se tomaron de tal forma que involucraran todo el proceso de detención de los vehículos, entre $\mu=0,3$ y $\mu=0,5$ para la bicicleta y entre $\mu=0,5$ y $\mu=0,6$ para el automóvil.

¹ Coeficiente de rozamiento efectivo significa que 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).

- La región donde se produjo el impacto y hasta donde se detuvieron los vehículos es plano, recta, se encontraba seca, con iluminación natural.
- Las técnicas² para determinar los valores de EES para cada vehículo son:
 - 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, con 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 dos (1,2 s) y uno coma cinco (1,5 s) segundos, sí la desaceleración del vehículo durante la frenada es uniforme con un *coeficiente de rozamiento* mínimo de $\mu=0,1$ y máximo de $\mu=0,2$ para la bicicleta, mínimo de $\mu=0,7$ y máximo de $\mu=0,8$ para el automóvil.
- Los cálculos se realizan con la herramienta *IRS® Calculator*, hoja de cálculo en Excel, en la cual se ingresan las fórmulas de los modelos físicos utilizados, herramienta elaborada por la Dirección Forense de IRS VIAL SAS.

NOTA 4: *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.*

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

**4.1 VELOCIDAD DEL AUTOMÓVIL DE ACUERDO A LA DISTANCIA RECORRIDA DESDE EL
ÁREA DE IMPACTO HASTA SU POSICIÓN FINAL.**

$$**$V = \sqrt{2\mu g d}$** (1)$$

Dónde:

μ : Coeficiente de rozamiento efectivo entre las llantas y la vía $\mu=0,6$ y $\mu=0,7$.

g: Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²

d: Distancia recorrida desde el área de impacto hasta su posición final entre 10 y 13 m.

V: Velocidad del automóvil posterior al impacto entre 39 y 48 km/h.

VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO DE ACUERDO A LA DISTANCIA RECORRIDA DESDE EL LUGAR DONDE OBSERVA EL OBSTACULO HASTA QUE SE DETIENE COMPLETAMENTE

DISTANCIA MINIMA	d min (m)	10	  <small>INVESTIGACIÓN FORENSE, RECONSTRUCCIÓN, SEGURIDAD VIAL</small>					
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	13						
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MINIMO	μ min	0,6						
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MAXIMO	μ max	0,7						
TIEMPO DE REACCION MINIMO	tr min (seg)	0						
TIEMPO DE REACION MAXIMO	tr max (seg)	0						
PENDIENTE DE LA VIA	%	0				0,00		
RESULTADOS								
PLANO				Tipo de vehiculo				
				<small>Grandes</small>	<small>Medianos</small>	<small>Pequeños</small>		
				40,99	42,94	44,90		
VELOCIDAD MINIMA	10,84	39,04	km/h					
VELOCIDAD MAXIMA	13,36	48,08	km/h					
			52,89	55,29	57,69			

Imagen No. 17: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

4.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD RELATIVA INICIAL Y EL ΔV DE LOS VEHÍCULOS A PARTIR DE LA TÉCNICA EES.

$$V_{R1} = \sqrt{V_{R2}^2 + \frac{2\Delta E}{m^*}} \quad (2)$$

V_{R1} : Velocidad relativa inicial, entre 23 y 39 km/h.

V_{R2} : Velocidad relativa final, se estimó en 0 km/h.

m^* : masa reducida

$$m^* = \frac{m_1 * m_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_1 * EES_1^2 + \frac{1}{2} m_2 * EES_2^2 \quad (4)$$

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{2Em_2}{m_1 * (m_1 + m_2)}} \quad (5)$$

$$\Delta V_2 = \sqrt{\frac{2Em_1}{m_2 * (m_1 + m_2)}} \quad (6)$$

Donde:

ΔV : Cambio de velocidad del vehículo durante el impacto.

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

m_1 : masa del vehículo No. 1: entre 1050 y 1150 kg.

m_2 : masa del vehículo No. 2: entre 110 y 120 kg.

EES_1 : Velocidad equivalente de Energía del vehículo No. 1: entre 5 y 10 km/h.

EES_2 : Velocidad equivalente de Energía del vehículo No. 2 entre 15 y 20 km/h.

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 1, entre 2,1 y 3,7 km/h.

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 2 entre 20,5 y 35,0 km/h.

IRS® Calculator

Calculo de ΔV a partir de estimación de EES

Masa del vehiculo 1	1100	
EES minimo V1	5	km/h
EES máximo V1	10	km/h
Masa del vehiculo 2	115	Kg
EES minimo V2	15	
EES máximo V2	20	km/h
Velocidad relativa final minima	0	km/h
Velocidad relativa final máxima	0	km/h



INVESTIGACIÓN FORENSE, RECONSTRUCCIÓN, SEGURIDAD VIAL

masa reducida

104,12

Resultados

Energía mínima del vehiculo 1	1061
Energía máxima del vehiculo 1	4244
Energía mínima del vehiculo 2	998
Energía máxima del vehiculo 2	1775
Energía total minima	2059
Energía total máxima	6019

ΔV Vehiculo 1	
minimo	2,1
máximo	3,7
ΔV Vehiculo 2	
minimo	20,5
máximo	35,0

Velocidad relativa inicial minima	22,6
Velocidad relativa inicial máxima	38,7

Imagen No. 18: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

4.3 VELOCIDAD RELATIVA INICIAL DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE CADA VEHÍCULO Y AL ÁNGULO QUE FORMAN AL MOMENTO DEL IMPACTO.

$$V_{ri}^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \text{Cos}\theta \quad (7)$$

Dónde:

V_{ri}: Velocidad relativa inicial, entre 23 y 39 km/h, se tiene un amplio rango a partir de la compatibilidad entre daños, lesiones y el resultado anterior.

θ Angulo que forman las velocidades al momento del impacto: para el automóvil 0° y para la bicicleta entre 5° y 10°.

V₁: Velocidad del automóvil al momento del impacto, entre 41 y 52 km/h (Se tiene en cuenta el ΔV entre 2,1 y 3,7 km/h).

V₂: Velocidad de la bicicleta al momento del impacto entre 13 y 18 km/h.

VELOCIDAD RELATIVA INICIAL							
		α1i	α2i	V1	V2		
<i>IRS® Calculator</i>							
	α1i (°) min	α2i (°) min	V1i (km/h)min	V2i (km/h)min	α1i (°) min	α2i (°) min	
	0	5	41	18	0,00	0,09	
	α1i (°) máx	α2i (°) máx	V1i (km/h)max	V2i (km/h)max	α1i (°) máx	α2i (°) máx	
	0	10	52	13	0,00	0,17	
RESULTADO							
Velocidad Relativa	Vr min	23,48					
	Vr max	39,07		23-39			

Imagen No. 19: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

**4.4 DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHÍCULO PARA DETENERSE Y QUE SE DESPLAZA A
UNA VELOCIDAD V_v .**

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

Donde:

D_T : Distancia total recorrida.

g : Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²

V_v : Velocidad del vehículo.

t_r : tiempo de reacción de una persona atenta entre 1,2 y 1,5 s.

μ : Coeficiente de rozamiento entre las llantas del vehículo y el piso.

5. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable³, un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 **AUTOMÓVIL** se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calzada en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11, sector Rendi-Tienda a una velocidad comprendida entre cuarenta y uno (**41 km/h**) y cincuenta y dos (**52 km/h**) kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 **BICICLETA**, se desplazaba delante del automóvil orientado diagonalmente hacia la izquierda a una velocidad comprendida entre trece (**13 km/h**) y dieciocho (**18 km/h**) kilómetros por hora.

La bicicleta inicia el proceso de cambio de carril hacia la izquierda, el conductor del automóvil percibe un riesgo delante de él y procede a aplicar los frenos, impactan, haciendo que la bicicleta sea desviada hacia la derecha girando longitudinalmente sobre su costado izquierdo, cae al piso y se arrastra hasta su posición final; mientras tanto el conductor de la bicicleta cae sobre el capó e interactúa con el panorámico anterior del automóvil, posteriormente cae al piso y se arrastra hasta terminar en posición final; por otro lado, el automóvil sigue hacia adelante y termina en posición final.

Con la información disponible, no es posible determinar la presencia de más vehículos sobre la calzada.

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.

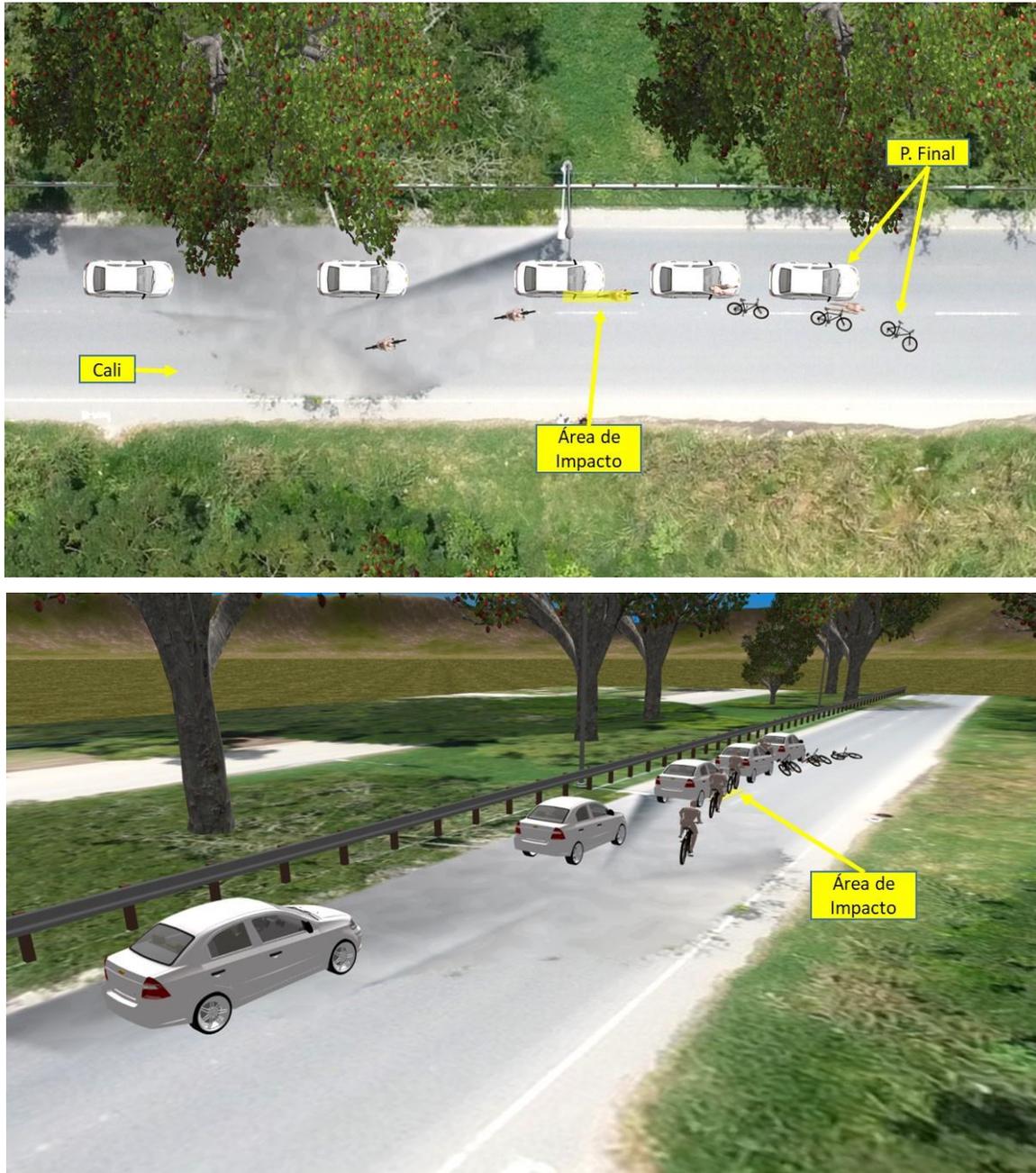


Imagen No. 20: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del siniestro, nótese el sentido de desplazamiento de los vehículos, el área de impacto de color amarillo y el desplazamiento hasta sus posiciones finales.

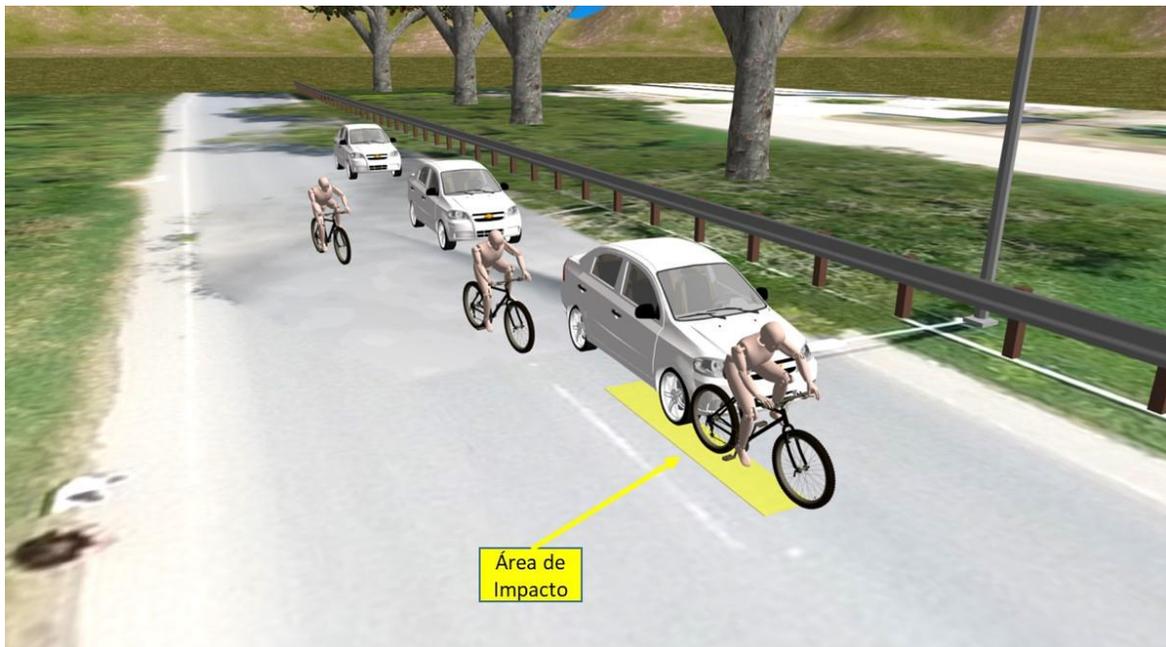
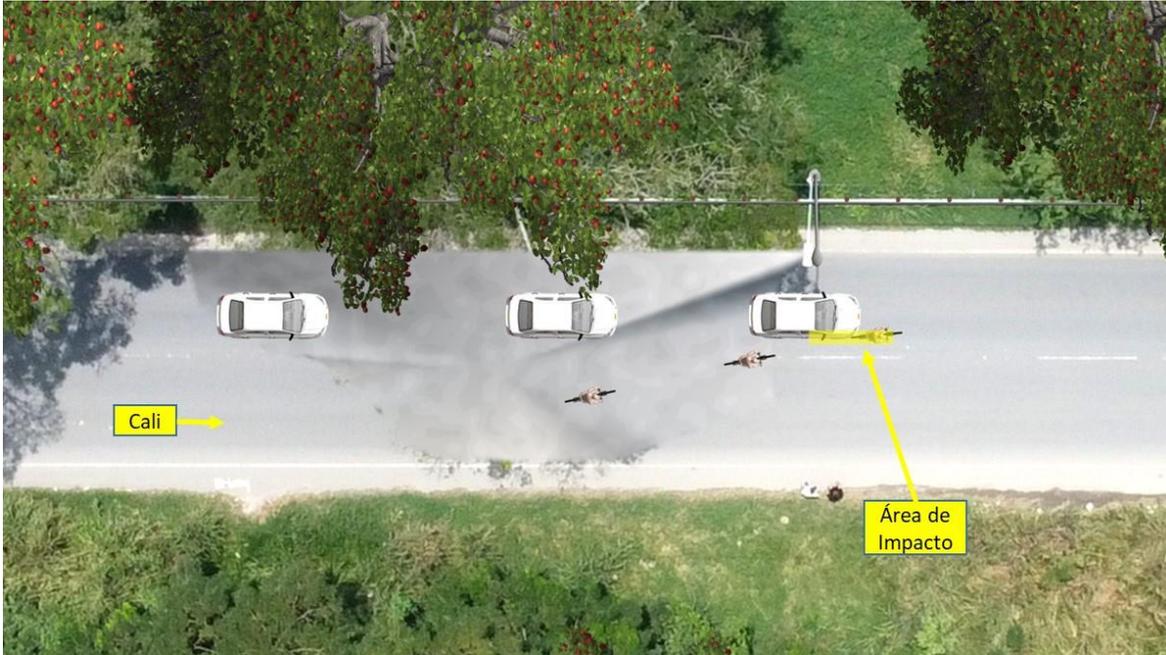


Imagen No. 21: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del siniestro antes y al momento del impacto, nótese la orientación de la bicicleta al momento de la interacción.

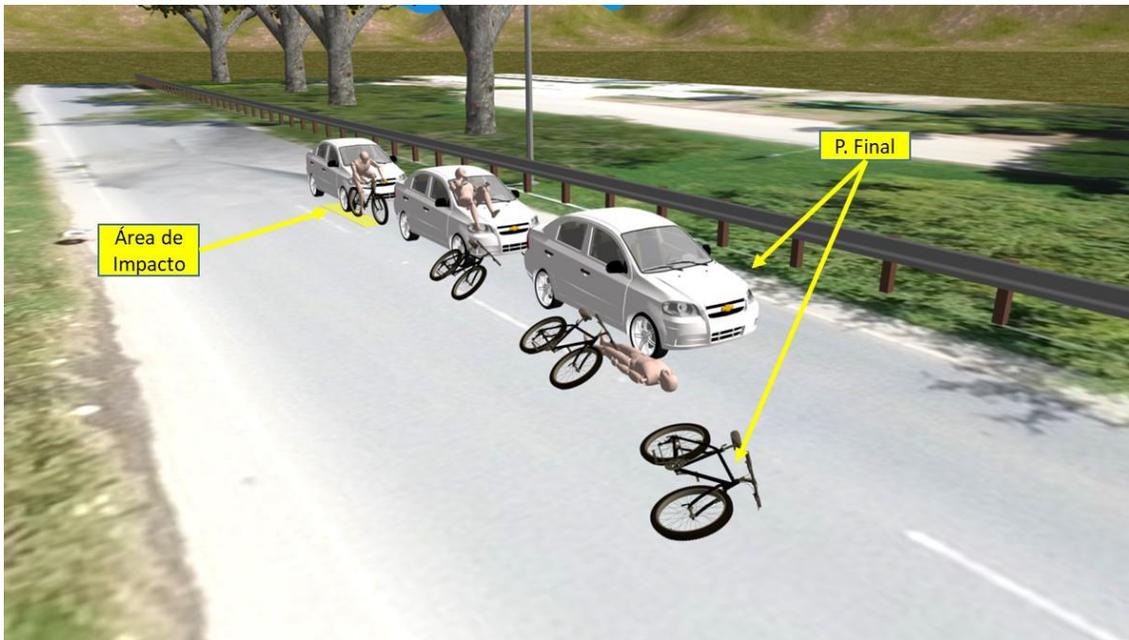
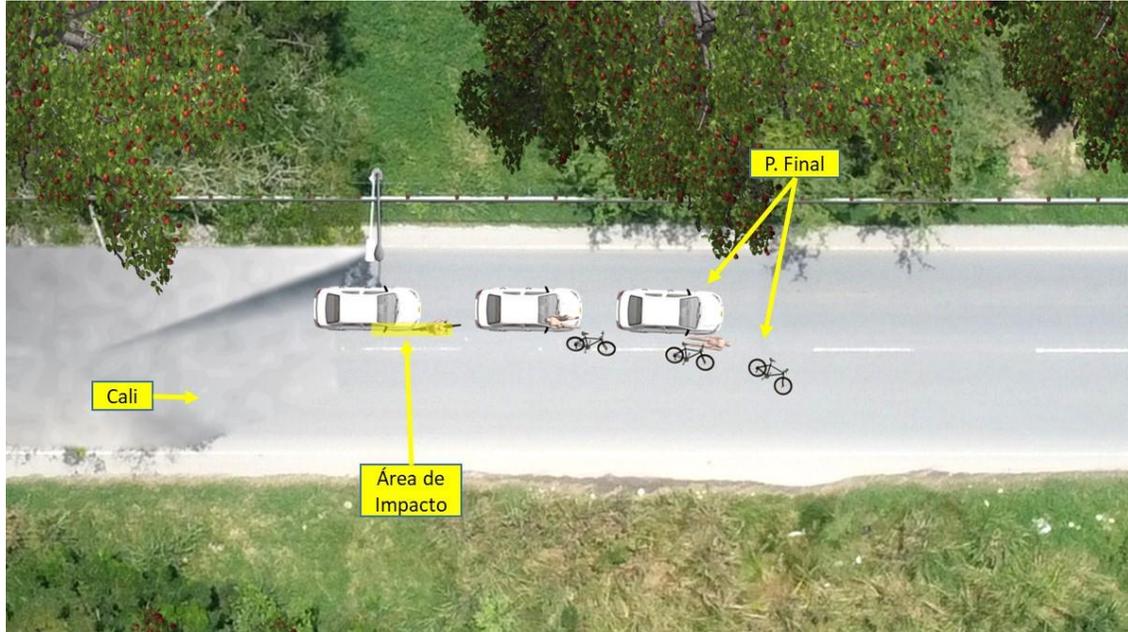


Imagen No. 22: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del siniestro al momento y posterior al impacto, nótese el arrastre de la bicicleta hacia su posición final, así como el movimiento del automóvil.

6. 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 dos (1,2) y uno coma cinco (1,5 s) segundos⁴, 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.

⁴ Tiempo de reacción normal para un conductor atento en condiciones ambientales normales diurnas.

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 frenado dT
AUTOMÓVIL Entre 41 y 52 km/h	Entre 13,7 y 21,7 m	Entre 8,3 y 15,2 m	Entre 22,0 y 36,9 m
AUTOMÓVIL A 40 km/h	Entre 13,3 y 16,7 m	Entre 7,9 y 9,0 m	Entre 21,2 y 25,7 m
BICICLETA Entre 13 y 18 km/h	Entre 4,3 y 7,5 m	Entre 3,3 y 12,8 m	Entre 7,6 y 20,3 m

TABLA No. 6

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.

7. HALLAZGOS

- a) Los resultados del análisis hecho son compatibles con el modelo físico utilizado, en particular con las evidencias en la vía, los daños que se presentaron y las lesiones de la víctima.
- b) En el informe policial de accidentes de tránsito no se hace referencia a huellas de frenada, huellas de arrastre metálico o vestigios producto del siniestro.
- c) En el informe policial de accidentes de tránsito no se indica si el conductor del vehículo No. 2 BICICLETA portaba los elementos de seguridad (casco, chaleco).
- d) En las fotografías del día de los hechos no se aprecian elementos de seguridad (casco) cerca al cuerpo de la víctima.
 - a) Los ciclistas que usan el casco tienen hasta 85% menos lesiones graves⁵.
 - b) La mayoría de las muertes ocurridas a causa de accidentes de motocicleta y/o bicicleta se producen como efecto de las lesiones cerebrales y un gran porcentaje de éstas son una consecuencia de no usar el casco.
 - c) En un accidente, el casco absorbe gran parte de la energía del impacto con su estructura y el cerebro golpea contra las paredes del cráneo con menos fuerza. Además, disminuye la fuerza del impacto hacia una superficie más grande, por lo que la energía del choque no se concentra en una sola parte de la cabeza. Finalmente, actúa como una barrera que evita el contacto entre el cráneo y el objeto del impacto (por ejemplo, el suelo u otro auto).
 - e) Es importante anotar que en el IPAT se indica como hipótesis del siniestro para el vehículo No. 2 BICICLETA la No. 157 “OTRA: Cambio repentino de carril con o sin indicación”.
 - f) Producto del siniestro se reporta una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta), el señor Julián Isaac Bolívar Chanfuelan con CC 16.741.357 de 63 años, quien fue remitido a la clínica Colombia en la ciudad de Cali (Valle del Cauca).
 - g) Se desconoce el estado anímico y fisiológico del conductor del vehículo No. 2 BICICLETA.
 - h) Con información de la epicrisis de la víctima es posible complementar el presente informe.

⁵ https://smarter-usa.org/wp-content/uploads/2017/06/11_2004_Motorcycle_Safety_H.pdf.

- i) En el tramo de vía que conduce de Candelaria – Cali a la altura del km 11, sector Rendi-Tienda se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada borrosa y líneas de borde, con señalización vertical SR-30 (Velocidad máxima 40 km/h).
- j) El área de 3,0 x 0,5 m de color amarillo, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área, la cual se encuentra sobre el carril izquierdo en sentido Candelaria – Cali, es decir, en el carril de desplazamiento del automóvil.
- k) Con base a la información analizada se puede indicar que al momento del impacto el conductor del vehículo No. 1 AUTOMÓVIL se encontraba en un proceso de reacción.
- l) Con la información disponible, no es posible determinar la presencia de más vehículos sobre la calzada.
- m) No es posible determinar si el conductor del vehículo No. 2 BICICLETA indicó con las señales manuales el proceso de cambio de carril.
- n) Si no se presenta el efecto cortina, el conductor del vehículo No. 2 BICICLETA podía percibir al vehículo No. 1 AUTOMÓVIL y evitar el cambio de carril.
- o) Si el vehículo No. 1 AUTOMÓVIL se desplaza a 40 km/h, el siniestro también se presenta sin poder determinar su alcance.

8. CONCLUSIONES:

8.1 Secuencia:

Un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 AUTOMÓVIL se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calzada en sentido Candelaria – Cali a la altura del km 11, sector Rendi-Tienda a una velocidad comprendida entre cuarenta y uno (41 km/h) y cincuenta y dos (52 km/h) kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 BICICLETA, se desplazaba delante del automóvil orientado diagonalmente hacia la izquierda a una velocidad comprendida entre trece (13 km/h) y dieciocho (18 km/h) kilómetros por hora.

8.2 Factor vía:

Las características de la vía, diseño, estado, señalización y demarcación no fueron factores generadores de la causa del accidente.

8.3 Factor vehículo:

En la documentación técnica aportada no se encuentra información que indique fallas mecánicas en los vehículos involucrados.

8.4 Factor humano:

1. La velocidad del vehículo No. 1 AUTOMÓVIL (41 - 52 km/h) es superior a 40 km/h, límite de velocidad de acuerdo a la señal vertical, sin embargo, no es la causa del accidente.
2. La velocidad del vehículo No. 2 BICICLETA (13 - 18 km/h) es menor a 40 km/h, límite de velocidad de acuerdo a la señal vertical.
3. La causa⁶ FUNDAMENTAL del accidente obedece al vehículo No. 2 BICICLETA al realizar el cambio de carril hacia la izquierda sin tomar las medidas de precaución.

NOTA 5: 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.

⁶ 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.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

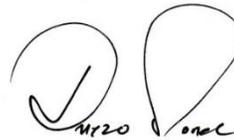
1. Investigation Traffic Accident Manual. University Northwestern Institute Traffic. Stannard Baker & Lynn Fike.
2. “Vehicular response to emergency braking”, Walter S. Reed. University of Texas at Austin. A. Taner Keskin. ALFA Engineering, Inc. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 879501).
- 3.”Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis, Rudolf Limpert, Fifth Edition, 1999, Lexis Publishing.
4. "Friction Applications in Accident Reconstruction" by Warner et al. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 830612).
5. “Vehicular Deceleration and Its Relationship to Friction” Walter S. Reed. University of Texas at Austin. A. Taner Keskin. ALFA Engineering, Inc. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 870936).
6. Energy Basis for Collision Severity. Environmental Activities Staff, Kenneth L. Campbell, General Motors Corp. SAE 740565.
7. A method for Quantifying Vehicle Crush Stiffness Coefficients James A. Neptune, George Y. Blair y James E. Flynn. Blair, Church & Flynn Consulting Engineers, SAE 920607.
8. A Method for Determining Accident Specific Crush Stiffness Coefficients, James A. Neptune y James E. Flynn J₂ Engineering. Inc. SAE 940913.
9. Delta V: Basic Concepts, Computacional Methods and Misunderstandigs. Ric. D Robinette, Richard J. Fay y Rex E. Paulsen. Fay Engineering Corp. SAE 940915.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. "Perception/reaction time values for accident reconstruction", Michael J., OH Philip H. Cheng, John F. Wiechel, S.E.A., Inc., Columbus, OH Dennis A. Guenther Ohio State Univ., Columbus, OH, SAE 890732.
11. "Motorcycle Slide to Stops Tests" by Christopher J. Medwell, Joseph R. McCarthy, Michael T. Shanahan, SAE document number 970963.
12. "Motorcycle Accident Reconstruction". Nathan Rose, William Neale. SAE International R-483, 2019, P: 38, 47 "Summary of braking decelerations".
13. "Seventeen Motorcycle Crash Tests into Vehicles and a Barrier, Kelley S. Adamson Gregory C. Anderson, Peter Alexander Ralph Aronberg, Raymond P. Robinson and Gary M. Johnson J., Rolly Kinney, Kinney, Claude I. Burkhead, III David W. Sallmann, John McManus, SAE document number 2002-01-0551.
14. "Motorcycle Accident Reconstruction". Kenneth S Obenski, Paul F Hill, Eric S Shapiro and Jack C Debes. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc, 2007.



Alejandro Umaña Garibello
Ingeniero Forense



Diego Manuel López Morales
Físico Forense

NOTA 6: Cada uno de los peritos forenses que firman el presente informe técnico pericial de reconstrucción de accidentes de tránsito, autoriza expresamente al otro individualmente a comparecer ante los estrados judiciales para sustentar en audiencia de juicio oral el contenido del mismo.

Ms Diego Manuel López Morales

- Físico y Magíster en ciencias Físico Matemáticas.
- Físico Forense Investigador y Reconstructor de accidentes de tránsito.
- Físico Forense - Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 1994 - 2005.
- Centro Internacional Forense FCI, ex director Forense FCI. 2005 – 2007.
- Reconstructor de más de 3100 accidentes de tránsito.
- Perito experto en las cortes de Colombia.
- Docente Universitario, autor de artículos sobre accidentología y seguridad vial.
- 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 Specialists).

Ing. Alejandro Umaña Garibello

- Ingeniero Mecánico 2017 (Universidad ECCI)
- Tecnólogo en investigación judicial y analista de accidentes de tránsito (Fundación Autónoma de las Américas)
- Tecnólogo en Mecánica Automotriz 2015 (Universidad ECCI).
- Certificado como **PERITO FORENSE** en hechos de Tránsito, Organización Internacional de Accidentología Vial **OIAV**, Certificado **DEKRA** ISO/IEC 17024 -2012 PFT 0012.
- Ex funcionario del Centro de Experimentación de Seguridad Vial CESVI COLOMBIA S.A. 2009
- Investigador de más de 1500 accidentes de tránsito.
- Primer seminario internacional de accidentología 2011.
- Curso de entrenamiento paquete Edge FX.
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialists).