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

INVESTIGACIÓN FORENSE . RECONSTRUCCIÓN . SEGURIDAD VIAL

VEHÍCULO No. 1: MICROBÚS, RENAULT MASTER, modelo 2013, color blanco, amarillo y verde, placa **TJW 476.**

VEHÍCULO No. 2: BICICLETA, TREK, color rosado, marco **312.**

INFORME No. 240534731

Bogotá D.C., mayo 17 de 2024

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: 13
2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO: 19
2.5 VICTIMAS: 25
3. ANÁLISIS FORENSE DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO. 26
4. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO 33
5. ANÁLISIS DE EVITABILIDAD. 36
6. HALLAZGOS 39
7. CONCLUSIONES: 41
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42

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. Drone tipo UAS clase II según RES: RAC 91; marca: DJI; mini 3 Pro.
5. Herramienta *IRS® Calculator*, hoja de cálculo en Excel.

CLASE DE ACCIDENTE: CHOQUE POR ALCANCE.

- **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) Seis (6) fotografías a color del lugar de los hechos.
b) Epicrisis No. 72251 clínica Palma Real.
c) Informe policial de accidentes de tránsito.

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 con el reporte del accidente de tránsito ocurrió el sábado 1 de febrero de 2020, a las 06:50 horas, en la calle 42 entre carreras 37 y 38 (3.5388632,-76.3085761), en área urbana del municipio de Palmira (Valle del Cauca).

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

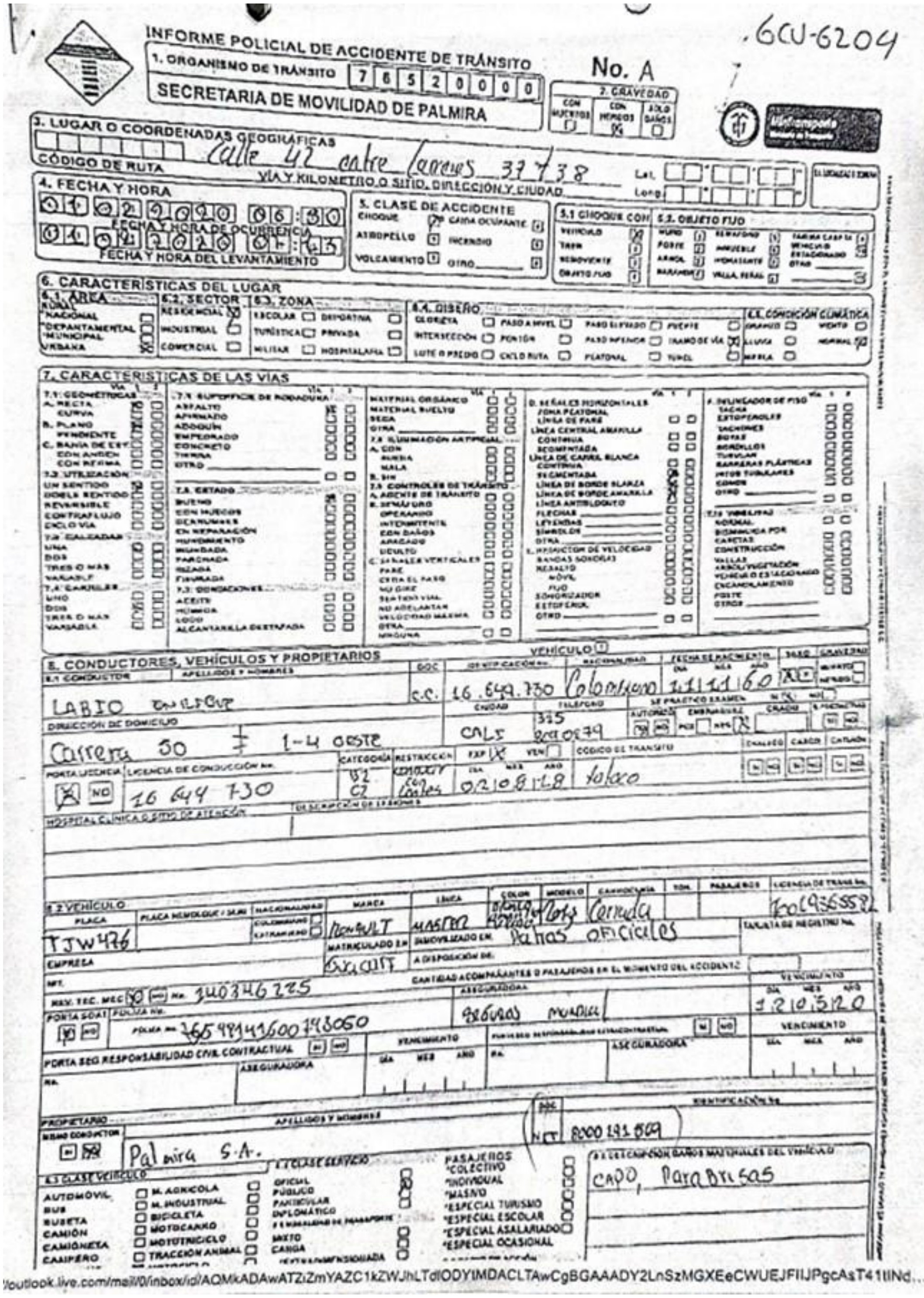
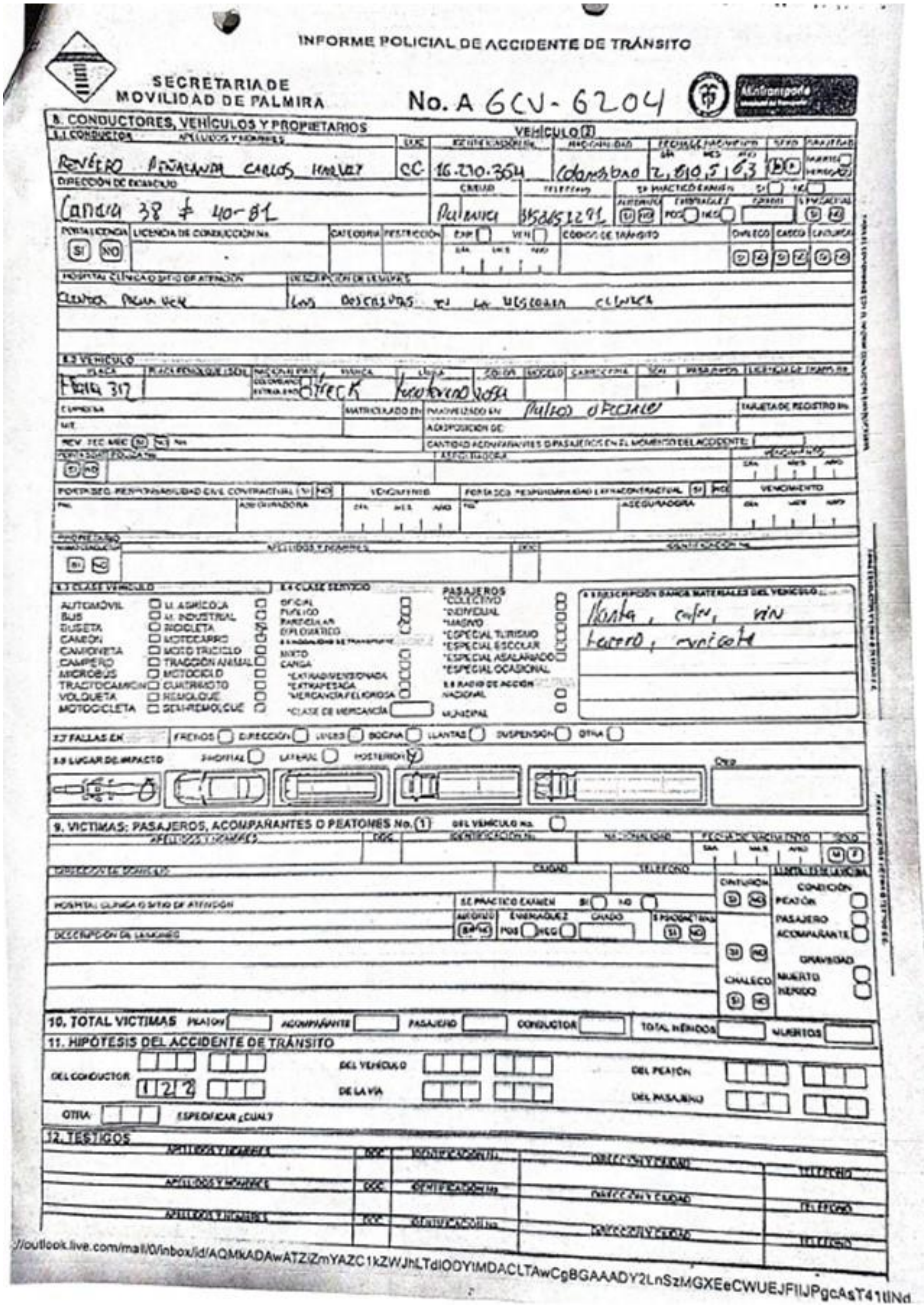

INFORME POLICIAL DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO
1. ORGANISMO DE TRÁNSITO 7 6 5 2 0 0 0 0
SECRETARIA DE MOVILIDAD DE PALMIRA
No. A
.6CU-6204
2. GRAVEDAD: CON MUERTOS / CON HERIDOS [X] / SOLO DAÑOS
3. LUGAR O COORDENADAS GEOGRÁFICAS
Calle 42 entre Carreras 37 y 38
CÓDIGO DE RUTA — VÍA Y KILOMETRO O SITIO, DIRECCIÓN Y CIUDAD
4. FECHA Y HORA
01 02 2020 06:30 — FECHA Y HORA DE OCURRENCIA
01 02 2020 07:13 — FECHA Y HORA DEL LEVANTAMIENTO
5. CLASE DE ACCIDENTE
6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR
7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS
8. CONDUCTORES, VEHÍCULOS Y PROPIETARIOS
VEHÍCULO 1
8.1 CONDUCTOR — APELLIDOS Y NOMBRES: LABIO ENRIQUE
DOC: C.C. 16.649.730 — NACIONALIDAD: Colombiano — FECHA DE NACIMIENTO: 11 11 60
DIRECCIÓN DE DOMICILIO: Carrera 50 # 1-4 oeste — CIUDAD: CALI — TELÉFONO: 315 ...
LICENCIA DE CONDUCCIÓN No. 16 649 730 — CATEGORÍA: B2 C2 — RESTRICCIÓN: ... — EXP: 02 10 8 18 — CÓDIGO DE TRÁNSITO: Tuluá
HOSPITAL, CLÍNICA O SITIO DE ATENCIÓN — DESCRIPCIÓN DE LESIONES
8.2 VEHÍCULO
PLACA: TJW476 — MARCA: RENAULT — LÍNEA: MASTER — COLOR: Blanco Rojo Azul — CARROCERÍA: Cerrada — LICENCIA DE TRÁNSITO No.: 10019365581
INMOVILIZADO EN: Patios oficiales — A DISPOSICIÓN DE: Fiscalía
REV. TEC. MEC.: SI — No. 140346225
PORTA SOAT: SI — PÓLIZA No. 365491416001148060 — ASEGURADORA: Seguros Mundial — VENCIMIENTO: 12 05 20
PORTA SEG RESPONSABILIDAD CIVIL CONTRACTUAL
PROPIETARIO — APELLIDOS Y NOMBRES: Palmira S.A. — DOC: NIT 8000 191 509
8.3 CLASE VEHÍCULO
8.4 DESCRIPCIÓN DAÑOS MATERIALES DEL VEHÍCULO: Capo, Parabrisas
outlook.live.com/mail/0/inbox/id/AQMkADAwATZiZmYAZC1kZWJhLTdlODYIMDACLTAwCgBGAAADY2LnSzMGXEeCWUEJFIlJPgcAsT41tINd...

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



INFORME POLICIAL DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO

SECRETARIA DE MOVILIDAD DE PALMIRA

No. A 6CV-6204

8. CONDUCTORES, VEHÍCULOS Y PROPIETARIOS — VEHÍCULO (2)

8.1 CONDUCTOR — APELLIDOS Y NOMBRES: REVÉLO PEÑARANDA CARLOS HARVEY — DOC: CC — IDENTIFICACIÓN No.: 16.270.354 — NACIONALIDAD: Colombiano

DIRECCIÓN DE DOMICILIO: Carrera 38 # 40-81 — CIUDAD: Palmira — TELÉFONO: 3158651291

HOSPITAL, CLÍNICA O SITIO DE ATENCIÓN: CLÍNICA PALMA REAL — DESCRIPCIÓN DE LESIONES: Los describirán en la respectiva clínica

8.2 VEHÍCULO — PLACA: HGW 317 — MARCA: Chevrolet — LÍNEA: Frontera Rosa — INMOVILIZADO EN: Patios oficiales

8.3 CLASE VEHÍCULO: AUTOMÓVIL, BUS, BUSETA, CAMIÓN, CAMIONETA, CAMPERO, MICROBUS, TRACTOCAMIÓN, VOLQUETA, MOTOCICLETA, M. AGRÍCOLA, M. INDUSTRIAL, BICICLETA, MOTOCARRO, MOTO TRICICLO, TRACCIÓN ANIMAL, MOTOCICLO, CUATRIMOTO, REMOLQUE, SEMI-REMOLQUE

8.4 CLASE SERVICIO: OFICIAL, PÚBLICO, PARTICULAR, DIPLOMÁTICO — PASAJEROS: COLECTIVO, INDIVIDUAL, MASIVO, ESPECIAL TURISMO, ESPECIAL ESCOLAR, ESPECIAL ASALARIADO, ESPECIAL OCASIONAL — MIXTO — CARGA — RADIO DE ACCIÓN: NACIONAL, MUNICIPAL

DESCRIPCIÓN DAÑOS MATERIALES DEL VEHÍCULO: Hasta, capó, vin, tercero, vinicola

8.7 FALLAS EN: FRENOS, DIRECCIÓN, LUCES, BOCINA, LLANTAS, SUSPENSIÓN, OTRA

8.8 LUGAR DE IMPACTO: FRONTAL, LATERAL, POSTERIOR

9. VÍCTIMAS: PASAJEROS, ACOMPAÑANTES O PEATONES No. (1)

10. TOTAL VÍCTIMAS: PEATÓN, ACOMPAÑANTE, PASAJERO, CONDUCTOR, TOTAL HERIDOS, MUERTOS

11. HIPÓTESIS DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO — DEL CONDUCTOR: 122 — DEL VEHÍCULO — DE LA VÍA — DEL PEATÓN — DEL PASAJERO — OTRA — ESPECIFICAR ¿CUÁL?

12. TESTIGOS — APELLIDOS Y NOMBRES — DOC — IDENTIFICACIÓN No. — DIRECCIÓN Y CIUDAD — TELÉFONO

//outlook.live.com/mail/0/inbox/id/AQMkADAwATZiZmYAZC1kZWJhLTdiODYtMDACLTAwCgBGAAADY2LnSzMGXEeCWUEJFIJPgcAsT41tlNd

Imagen No. 3: En esta imagen se aprecia la segunda hoja del informe de la autoridad.

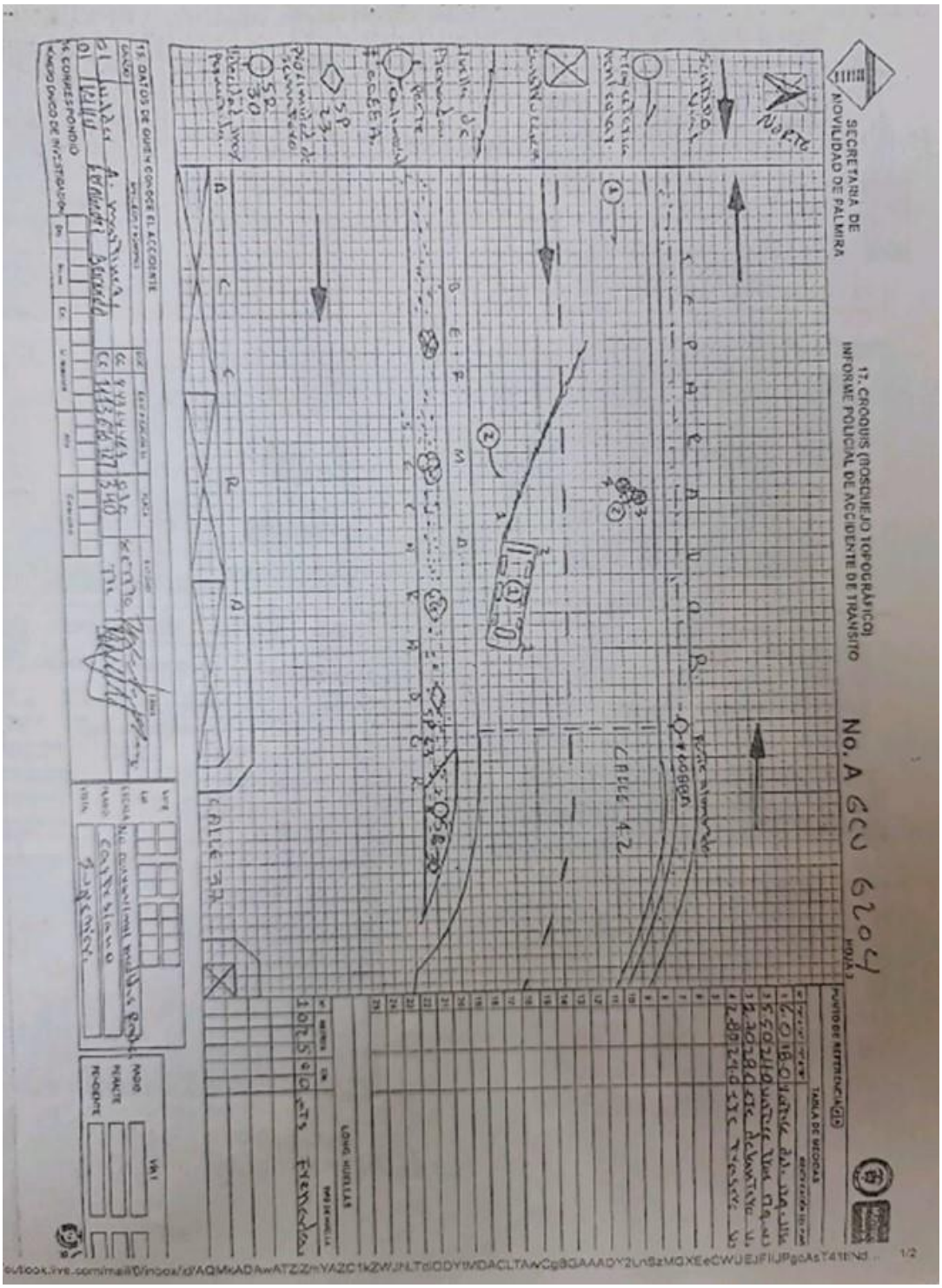


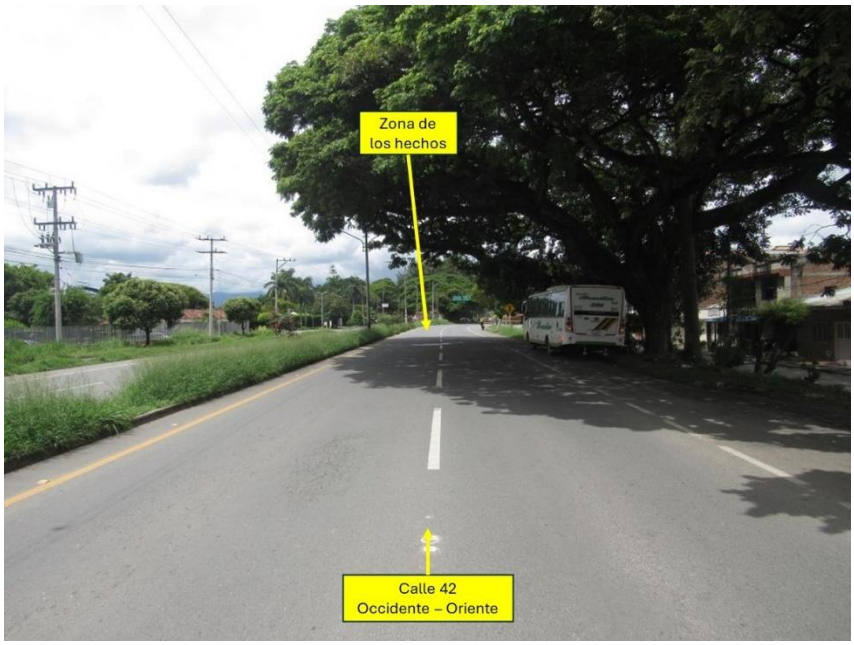
Imagen No. 4: En esta imagen se aprecia la tercera hoja del informe de la autoridad.

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 4 así como en la tabla No. 1.

Fotografía No. 1 <u>Panorámica</u>: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido occidente - oriente de la calle 42 entre carreras 37 y 38, 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. 2 <u>Panorámica</u>: En estas fotografías sustraída de Google Street View (unió 2019) y la tomada por el equipo de IRS Vial en sentido occidente - oriente de la calle 42 entre carreras 37 y 38, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, con señalización vertical SR-30 (velocidad máxima 30 km/h); en este sentido se desplazaban los vehículos.



Fotografía No. 3 <u>Panorámica</u>: En estas fotografías tomadas por el equipo de IRS Vial en sentido occidente - oriente de la calle 42 entre carreras 37 y 38, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, con señalización vertical SP-23 (Semáforo); en este sentido se desplazaban los vehículos.

Fotografía No. 4 <u>Panorámica</u>: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido oriente - occidente de la calle 42 entre carreras 38 y 37, 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 3: La inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial fue realizada el 15 de mayo de 2024 por el investigador Brayan López).

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

CARACTERÍSTICAS	Tramo de vía calle 42 entre carreras 37 y 38
ÁREA, SECTOR	Urbano, Residencial
GEOMÉTRICAS	Recta, Plano
UTILIZACIÓN	Único sentido por calzada
CALZADAS	Cuatro
CARRILES	Dos por calzada
MATERIAL	Asfalto (Paralela en concreto)
ESTADO	Bueno
CONDICIONES Y TIEMPO	Seca, Normal
ILUMINACIÓN	Natural
CONTROLES Y SEÑALES	Demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, con señalización vertical SR-30 (velocidad máxima 30 km/h) y SP-23 (Semáforo)

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: MICROBÚS, RENAULT MASTER, modelo 2013, color blanco, amarillo y verde, placa **TJW 476.**

Imagen No. 5: En esta imagen se aprecia un vehículo de similares características al involucrado (https://acortar.link/44e77b).

CONDUCTOR	ENRIQUE LABIO
IDENTIFICACIÓN	CC 16.649.730
EDAD	59 años
LICENCIA	B2, C2 / Restricción para conducir con lentes https://www.runt.com.co/consultaCiudadana/#/consultaPersona

TABLA No. 2

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	PÚBLICO
PASAJEROS	—
DIMENSIONES	Largo: 6198 mm Ancho: 2070 mm Alto: 2488 mm Distancia entre ejes: 4332 mm chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.casatoro.com/resources/documents/8649d25916242dcd33a3c6028f6bc553.pdf
PESO TOTAL	2500 – 2600 kg

TABLA No. 3

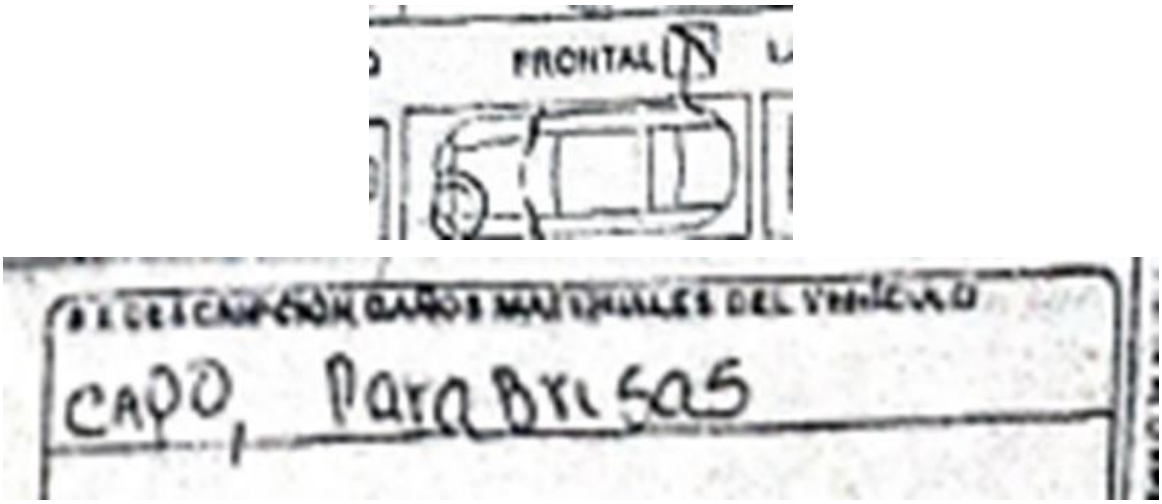


Imagen No. 6: En estas imágenes se observa el diagrama realizado y la descripción de daños o evidencias por parte de la autoridad: *"Capó, parabrisas".*

Imagen No. 7: En esta imagen se observa con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en el microbús. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

- **VEHÍCULO No. 2: BICICLETA, TREK**, color rosado, marco **312.**

Imagen No. 8: En esta imagen se aprecia un vehículo de similares características al involucrado (https://saleunitvs.live/product_details/79372440.html).

CONDUCTOR	CARLOS HARVEY RENGIFO PEÑARANDA
IDENTIFICACIÓN	CC 16.270.354
EDAD	56 años
LICENCIA	— https://www.runt.com.co/consultaCiudadana/#/consultaPersona

TABLA No. 4

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO No. 2
SERVICIO	PARTICULAR
OCUPANTES	0
DIMENSIONES	Largo: 1850 mm Ancho: 580 mm Alto: 950 mm Distancia entre ejes: 1223 mm
PESO TOTAL	100 – 110 kg

TABLA No. 5

Imagen No. 9: En estas imágenes se observa el diagrama realizado y la descripción de daños o evidencias por parte de la autoridad: *"Llanta, …, rin trasero, manigueta"*

Imagen No. 10: En esta imagen se observa con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en la bicicleta. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:

En el formato de levantamiento de accidentes realizado por la autoridad se aprecian las siguientes evidencias:

- Características generales de la vía.
- Vehículos en posición final
- Huella de frenada de 25,0 metros sin acotar al punto de referencia.
- Sentido de circulación.
- Punto de referencia.

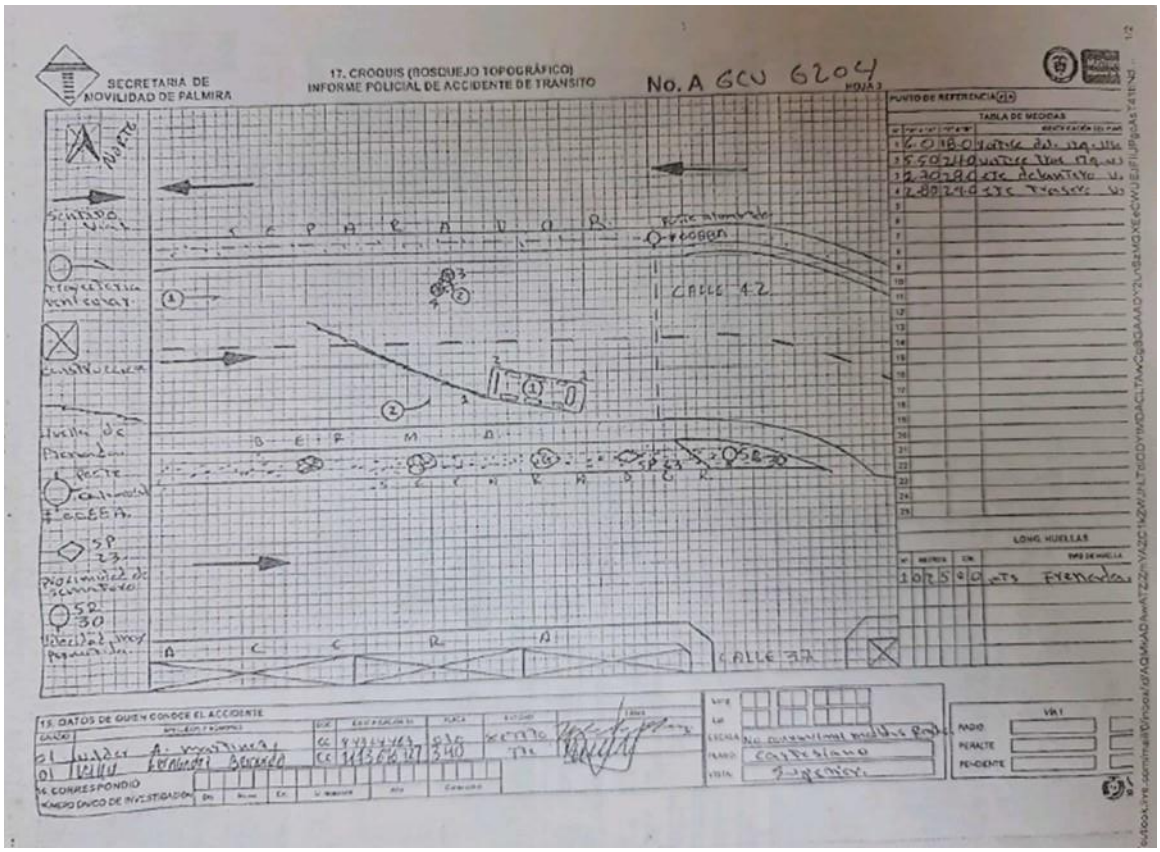


Imagen No 11: En esta imagen se muestra el croquis del informe de la autoridad.

NOTA 2: Al momento de realizar el plano a escala en el software Trimble Forensics Reveal se encontró que la huella de frenada diagramada en el croquis del informe de la autoridad no se encuentra fijada al punto de referencia, por lo cual, el croquis aportado no cumple con los requisititos mínimos establecidos en el Manual de Diligenciamiento de Informe Policial de Accidentes de Tránsito (resolución 0011268 de 2012), en el cual se señala que todos los EMP y/o EF deben ser fijados a un punto de referencia inamovible en el tiempo.

Un plano topográfico es esencial en el análisis de un accidente de tránsito por varias razones fundamentales: Los planos topográficos suelen incluir mediciones precisas de distancias, ángulos y elevaciones. Estas mediciones son fundamentales para determinar la velocidad de los vehículos, las áreas de impacto, las trayectorias de movimiento y otros detalles importantes para el análisis del accidente.

Con base en lo anterior, en el plano a escala en el software Trimble Forensics Reveal se diagrama la huella de frenada tomando como punto de referencia la longitud (25,0 m) y la misma orientación que se logra apreciar en el documento aportado.

Si posterior a la realización del presente informe es aportado material fotográfico del día de los hechos que complemente la información analizada, se tendrá en cuenta para realizar el ajuste correspondiente en orientación y ubicación de la misma.

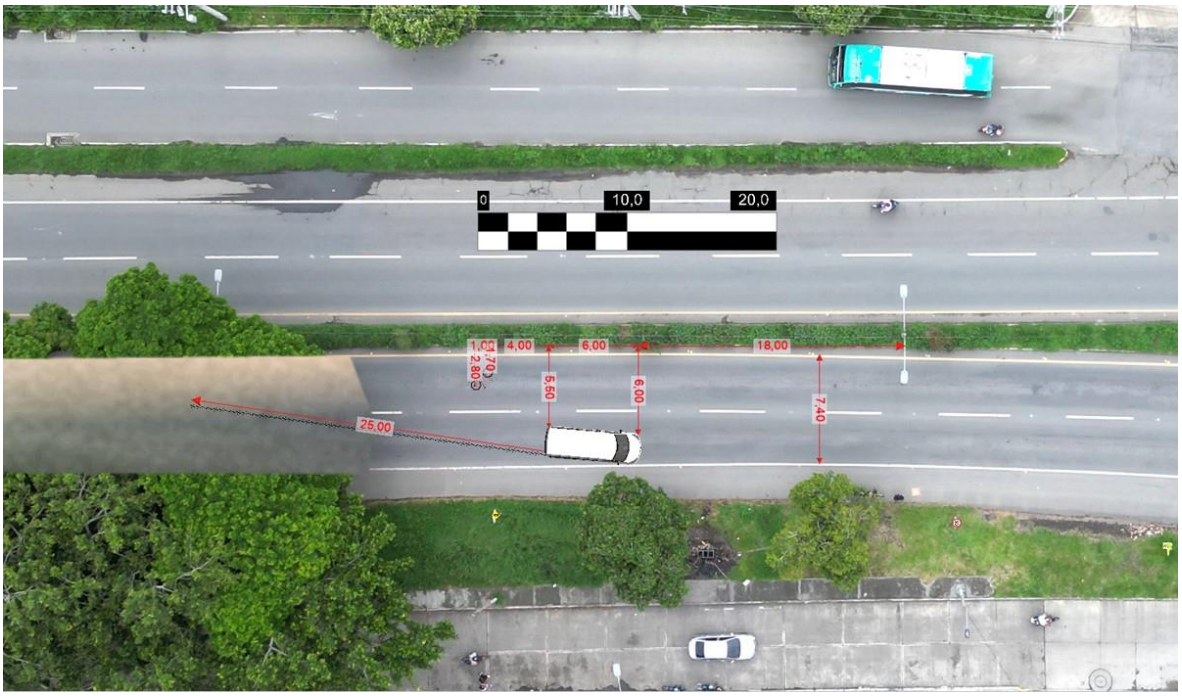


Imagen No. 12: En estas imágenes se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

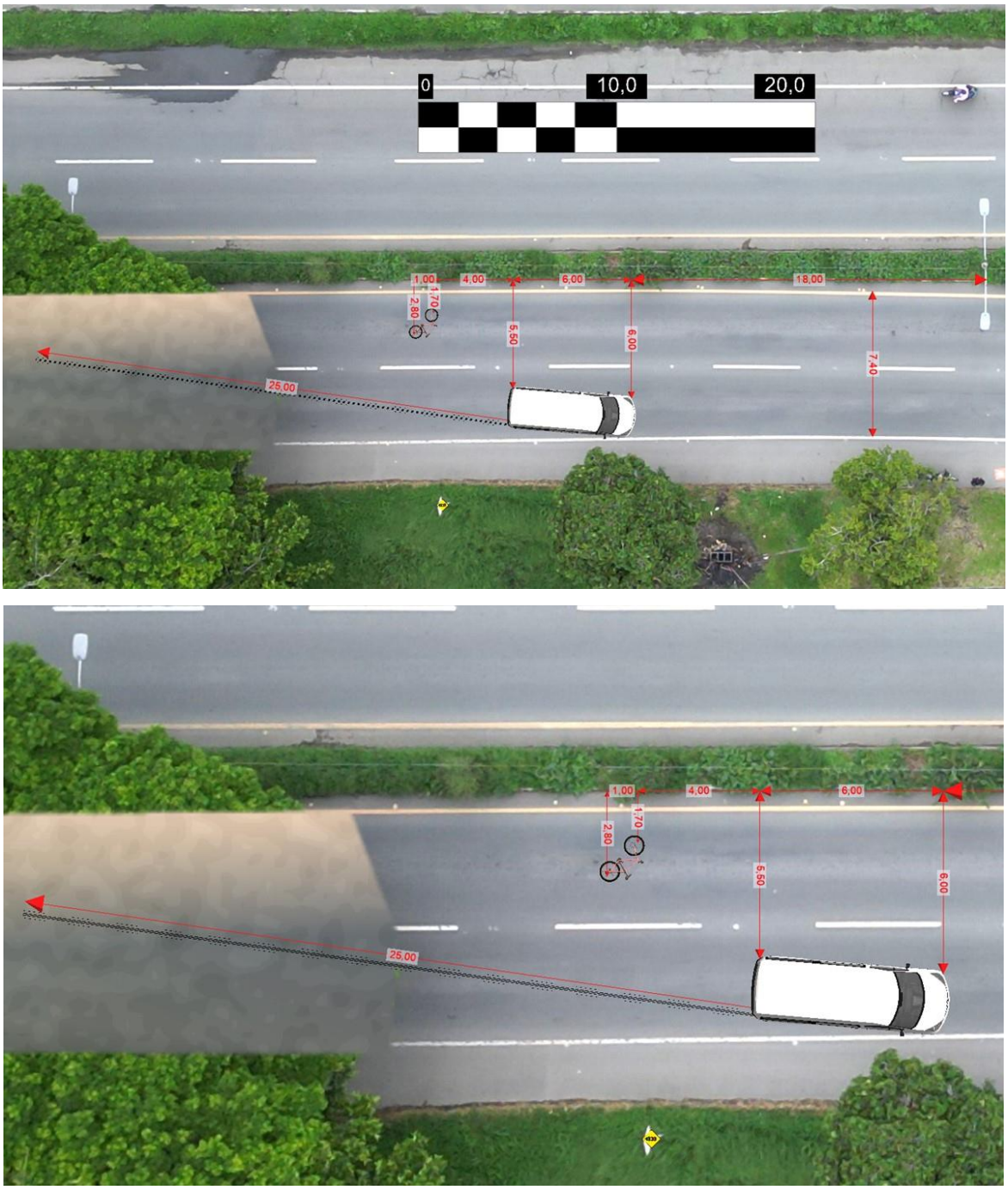


Imagen No. 13: En estas imágenes se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

Imagen No. 14: En estas imágenes en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

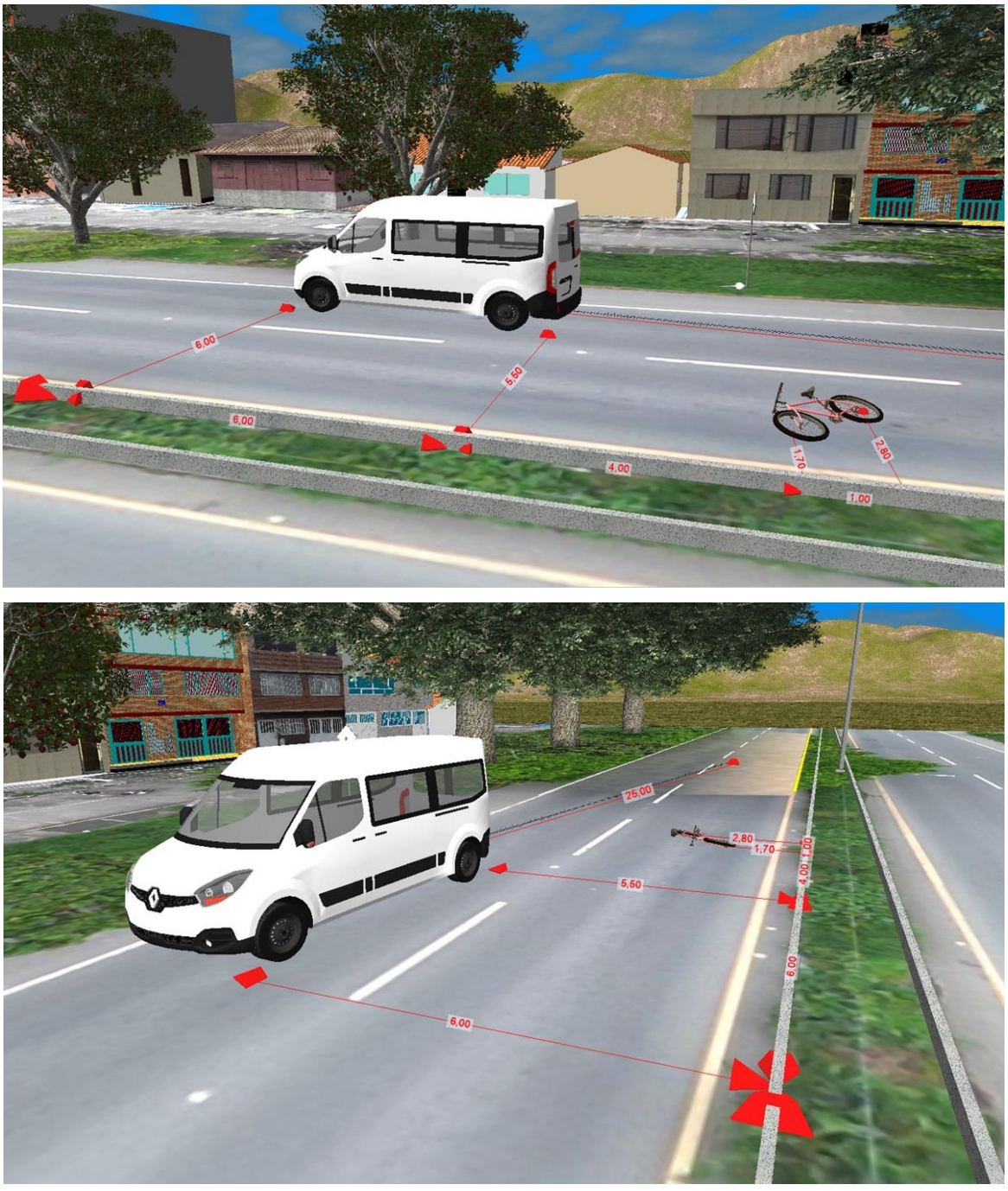


Imagen No. 15: En estas imágenes en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

2.5 VICTIMAS:

Producto del accidente se reportan una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta), el señor Carlos Harvey Rengifo Peñaranda con CC 16.270.354 de 56 años, quien fue remitido a la clínica Palma Real en el municipio de Palmira (Valle del Cauca) donde fallece el 19 de marzo de 2020 presentando las siguientes lesiones:

- Hemorragia intraencefálica en tallo cerebral.
- Fiebre con escalofrió.
- Fractura de otros huesos del cráneo y de la cara.
- Traumatismo cerebral difuso.
- Traumatismo cerebral focal.
- Hemorragia subdural traumática.

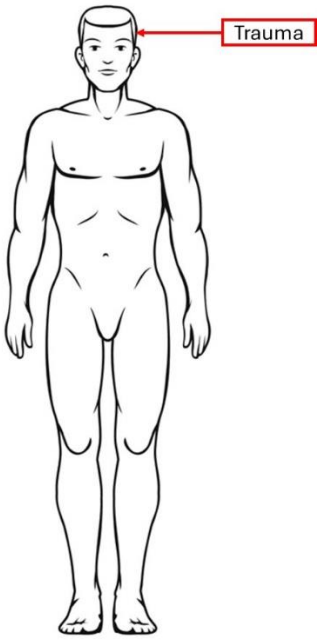


Imagen No. 16: En esta imagen se observa la ubicación de las lesiones en el conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta).

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 forense y calculo analítico, 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 la descripción de daños de los vehículos, el croquis del informe de la autoridad, y las lesiones del conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta), se tiene la posición relativa al momento del impacto, para el vehículo No. 1 **MICROBÚS** en su zona anterior más hacia su tercio medio y derecho y para el vehículo No. 2 **BICICLETA** en su costado izquierdo más hacia su tercio posterior.

El área de 3,0 x 1,0 m de color amarillo, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área la cual se encuentra en el carril izquierdo de la calzada que conduce de occidente a oriente en la calle 42, es decir, en el carril de desplazamiento del microbús.

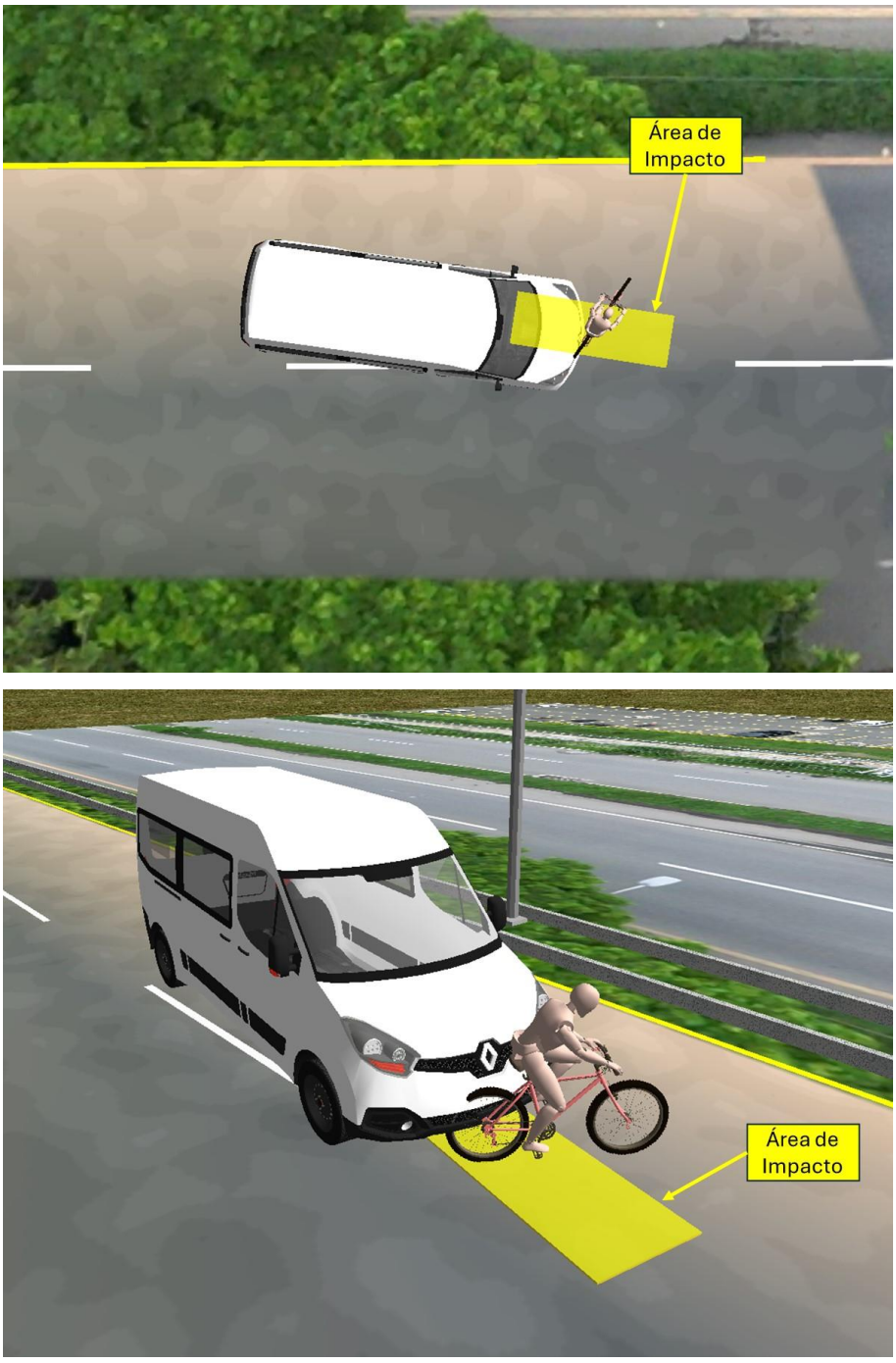


Imagen No. 17: En estas imágenes, vista en planta y en 3D se aprecia la posición relativa al momento del impacto y el área donde se presentó. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal

3.2 DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO.

Uno de los aspectos principales de la investigación y la reconstrucción está vinculado con la determinación objetiva de la velocidad de circulación de o los vehículos, momentos previos al accidente, el lugar de la vía donde ocurre el impacto y la posición relativa 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 o los vehículos y la secuencia del accidente se basa en la utilización de un **MODELO FÍSICO** aplicando 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 de este, además se tuvo en cuenta las siguientes condiciones**:**

- 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.
- El área de impacto y la posición relativa se localizaron teniendo en cuenta las trayectorias que seguían los vehículos antes de la interacción, la descripción de daños que estos 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 región donde se produjo la colisión y hasta donde se detuvieron es plano, recta, se encontraba seca, con iluminación natural.
- El microbús después del impacto se detiene por el rozamiento de las llantas con el asfalto seco en un proceso de frenada controlado con huella, la bicicleta por el arrastre con el asfalto y el arrastre del conductor de la bicicleta sobre la vía.

- Los coeficientes de rozamiento efectivo[1] 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 descrito anteriormente, un factor de desaceleración con un valor entre 5,88 y 6,86 m/s^2 que corresponde a un rozamiento efectivo entre μ=0,6 y μ=0,7 para el microbús, y entre 2,94 y 4,41 m/s^2, que corresponde a un rozamiento efectivo entre μ=0,3 y μ=0,45 para la bicicleta.
- 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 μ=0,6 y máximo de μ=0,7 para el microbús y mínimo de μ=0,2 y máximo de μ=0,3 para la bicicleta.

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.*

[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 de la vía y estado de rotación de las llantas (bloqueadas, libres o aceleradas).*

3.2.1 VELOCIDAD DEL MICROBÚS DE ACUERDO CON LA HUELLA DE FRENADA.

$$V = \sqrt{2\mu g_{ef} d} \quad (1)$$

Dónde:

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

g: Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s^2

d: Longitud de la huella de frenada 25,0 m.

V: Velocidad del microbús al inicio de la huella de frenada entre 62 y 67 km/h.

Es importante indicar que este tipo de vehículo reduce su velocidad desde el inicio de la desaceleración hasta el inicio de la huella entre 10 y 15%, es decir, el microbús se desplazaba al inicio de la reacción a una velocidad comprendida entre 68 y 77 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)	25	
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	25	
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,6	
COEFICIENTE DE FRICCION 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

IRS® Calculator

IRS VIAL
INVESTIGACIÓN FORENSE . RECONSTRUCCIÓN . SEGURIDAD VIAL

RESULTADOS

PLANO				Tipo de vehiculo		
				Grandes	Medianos	Pequeños
VELOCIDAD MINIMA	17,15	61,73	km/h	64,81	67,90	70,99
VELOCIDAD MAXIMA	18,52	66,67	km/h	73,34	76,67	80,01

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

3.2.2 VELOCIDAD DEL MICROBÚS AL MOMENTO DEL IMPACTO DE ACUERDO CON LA DISTANCIA RESTANTE DE LA HUELLA DE FRENADA.

$$V = \sqrt{2\mu g_{ef} d} \quad (2)$$

Dónde:

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

g: Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s^2

d: Longitud de la huella de frenada entre 22 y 25,0 m.

V: Velocidad del microbús al momento del impacto entre 58 y 67 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)	22	
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	25	
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,6	
COEFICIENTE DE FRICCION 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

IRS® Calculator

IRS VIAL
INVESTIGACIÓN FORENSE . RECONSTRUCCIÓN . SEGURIDAD VIAL

RESULTADOS

				Tipo de vehiculo		
PLANO				Grandes	Medianos	Pequeños
VELOCIDAD MINIMA	16,08	57,91	km/h	60,80	63,70	66,59
VELOCIDAD MAXIMA	18,52	66,67	km/h	73,34	76,67	80,01

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

3.2.3 DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHÍCULO PARA DETENERSE Y QUE SE DESPLAZA A UNA VELOCIDAD V_V.

$$D_T = \frac{V_V^2}{2\mu g} + t_r V_V \quad (3)$$

Donde

D_T: Distancia total recorrida.

g: Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s^2

V_V: Velocidad del vehículo entre 68 y 77 km/h.

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 μ=0,6 y μ=0,7

DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHICULO PARA DETENERSE

VELOCIDAD MINIMA INICIAL	Vo min (km/h)	68	18,89	
VELOCIDAD MAXIMA INICIAL	Vo max (km/h	77	21,39	
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,6		
COEFICIENTE DE FRICCION MAXIMO	μ max	0,7		
TIEMPO DE REACCION MINIMO	tr min (seg)	1,2		
TIEMPO DE REACION MAXIMO	tr max (seg)	1,5	Radianes	Grados
PENDIENTE DE LA VIA	%	0	0,00	0,00

RESULTADOS

PLANO	distancia de reacción		distancia de frenado		Distancia total	
DISTANCIA MINIMA	22,67	m	26,01	m	48,67	m
DISTANCIA MAXIMA	32,08	m	38,90	m	70,99	m

Imagen No. 20: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

4. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable, un instante antes del inicio de la reacción, el vehículo No. 1 **MICROBÚS** se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calzada que conduce de occidente a oriente en la calle 42 entre carreras 37 y 38 a una velocidad comprendida entre sesenta y ocho **(68 km/h)** y setenta y siete **(77 km/h)** kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 **BICICLETA**, se desplazaba orientado diagonalmente hacia la izquierda sobre el carril izquierdo sin poder determinar la velocidad de circulación.

La bicicleta inicia un proceso de cambio de carril hacia la izquierda, el conductor del microbús percibe un riesgo delante de él y procede a reaccionar girando a la derecha y aplicando los frenos, impactan, haciendo que la bicicleta sea desviada hacia su izquierda cayendo longitudinalmente hacia la derecha, se arrastra por el piso y termine en posición final; mientras tanto el cuerpo del conductor de la bicicleta es transportado en el capó, cae al piso y se arrastra hasta alcanzar su posición final sin poder determinar su ubicación; por otro lado, el microbús sigue hacia adelante y a su derecha para detenerse en posición final.

La velocidad del vehículo No. 1 (Microbús) al momento del impacto se encuentra entre cincuenta y ocho **(58 km/h)** y sesenta y siete **(67 km/h)** kilómetros por hora.

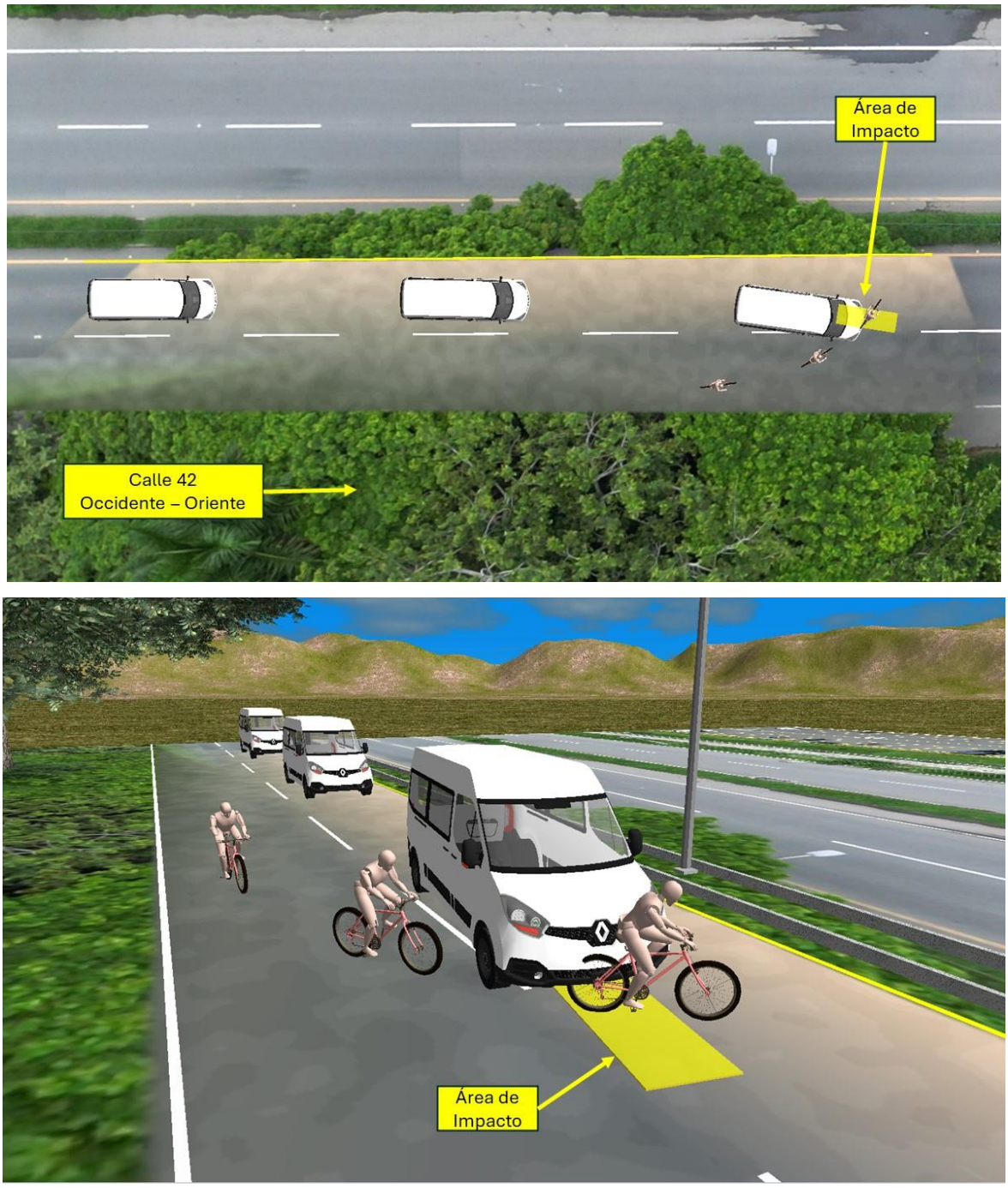


Imagen No. 21: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del accidente antes y al momento del impacto, nótese el sentido de desplazamiento de los vehículos y el área donde se presenta en la vía. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

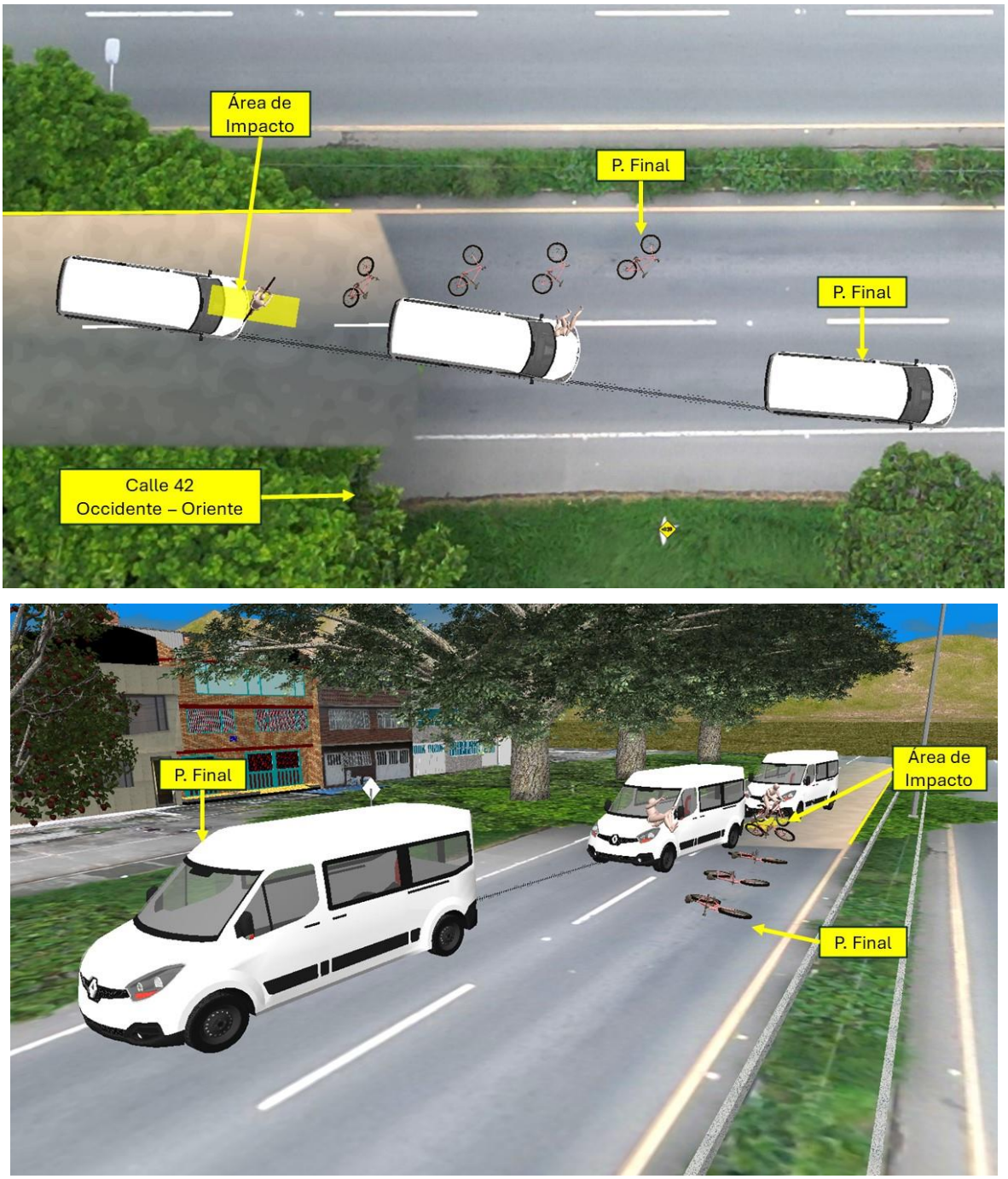


Imagen No. 22: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del accidente al momento del impacto y el movimiento hasta sus posiciones finales. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

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 dos (1,2 s) y uno coma cinco (1,5 s) segundos[2], 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.

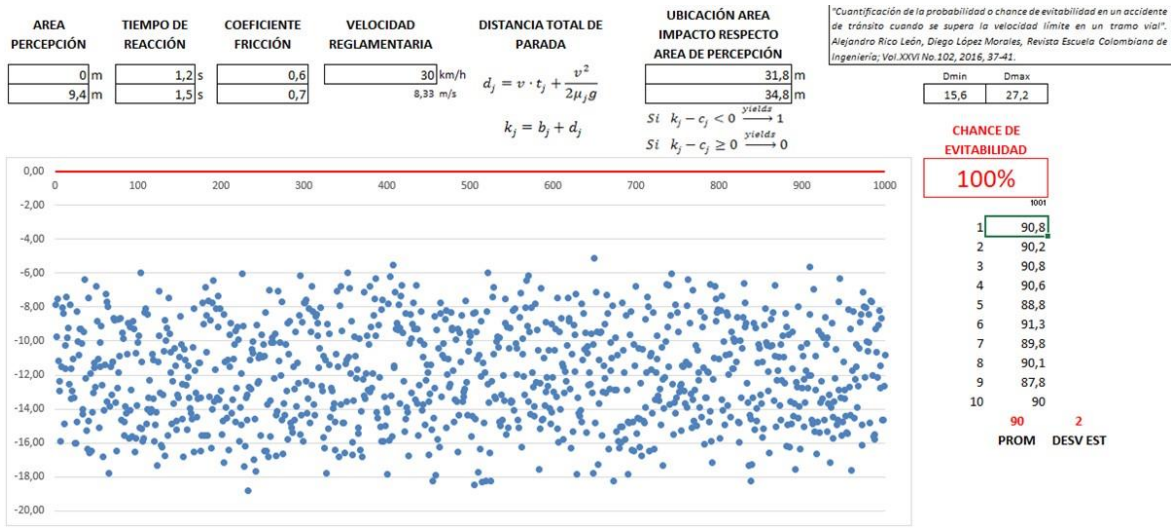
[2] Tiempo de reacción normal para un conductor atento en condiciones ambientales normales diurnas.

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*
MICROBÚS *Entre **68** y **77** km/h*	*Entre 22,7 y 32,1 m*	*Entre 26,0 y 38,9 m*	*Entre 48,7 y 71,0 m*
MICROBÚS *A **30** km/h*	*Entre 10,0 y 12,5 m*	*Entre 5,1 y 5,9 m*	*Entre 15,1 y 18,4 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.



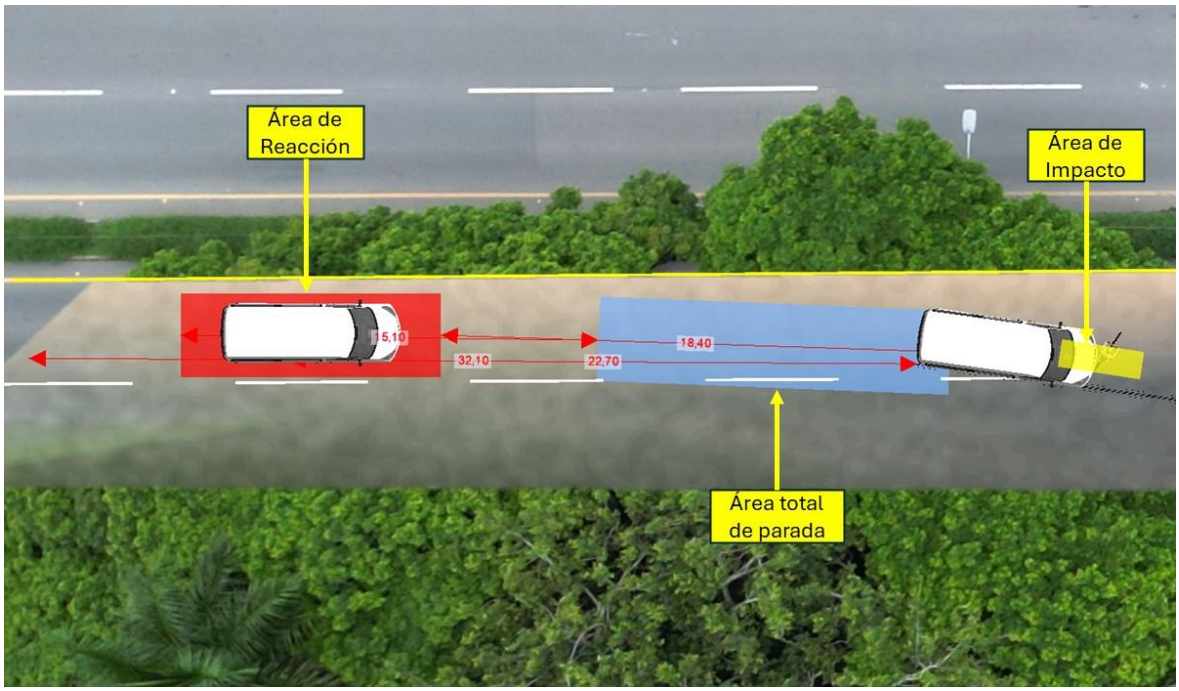


Imagen No. 23: En estas imágenes se aprecia el chance de evitabilidad del microbús si se desplaza a 30 km/h, el cual sería del 100%; el área roja indica donde se presenta la reacción, el área azul donde se detendría si se desplaza a 30 km/h y el área amarilla donde se presentó el impacto.

6. 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 descritas del conductor del vehículo No. 2 BICICLETA

b) Al momento de realizar el plano a escala en el software Trimble Forensics Reveal se encontró que la huella de frenada diagramada en el croquis del informe de la autoridad no se encuentra fijada al punto de referencia, por lo cual, el croquis aportado no cumple con los requisititos mínimos establecidos en el Manual de Diligenciamiento de Informe Policial de Accidentes de Tránsito (resolución 0011268 de 2012), en el cual se señala que todos los EMP y/o EF deben ser fijados a un punto de referencia inamovible en el tiempo.

c) Es de anotar que en el informe policial de accidentes de tránsito se indica como hipótesis del accidente para el vehículo No. 2 BICICLETA la No. 122 *"GIRAR BRUSCAMENTE"*

d) Producto del accidente se reportan una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 2 (Bicicleta), el señor Carlos Harvey Rengifo Peñaranda con CC 16.270.354 de 56 años, quien fue remitido a la clínica Palma Real en el municipio de Palmira (Valle del Cauca) donde fallece el 19 de marzo de 2020.

e) En el informe policial de accidentes de tránsito no se indica si el conductor del vehículo No. 2 BICICLETA portaba el casco.

f) La mayoría de las muertes ocurridas a causa de accidentes de motocicleta o bicicleta se producen como efecto de las lesiones cerebrales y un gran porcentaje de éstas son una consecuencia de no usar el casco.

g) 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).

h) La información disponible de la descripción de daños de los vehículos y lesiones del conductor del vehículo No. 2 BICICLETA es compatible con el rango de la velocidad obtenido y la secuencia del accidente.

i) La velocidad del vehículo No. 1 MICROBÚS al momento del impacto se encuentra entre cincuenta y ocho **(58 km/h)** y sesenta y siete **(67 km/h)** kilómetros por hora.

j) El área de 3,0 x 1,0 m de color amarillo, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área la cual se encuentra en el carril izquierdo de la calzada que conduce de occidente a oriente en la calle 42, es decir, en el carril de desplazamiento del microbús.

k) El área de impacto se encuentra entre 4,0 y 5,0 m del borde derecho de la calzada en sentido occidente – oriente de la calle 42 entre carreras 37 y 38.

l) El impacto se presenta durante el proceso de reacción del conductor del vehículo No. 1 MICROBÚS, es decir, percibió un riesgo delante de él.

m) De acuerdo con las características de la vía y condiciones medioambientales, los conductores presentaban buena visibilidad.

n) No se posee información técnica que sugiera que el conductor del vehículo No. 2 BICICLETA indicó con señales manuales el proceso de giro a la izquierda.

o) Si el vehículo No. 1 MICROBÚS se desplaza a 30 km/h necesitaría recorrer 15,1 y 18,4 m para detenerse completamente posterior a la reacción.

p) Con información de las experticias técnicas a los vehículos y fotografías del día de los hechos es posible complementar el presente informe y reducir el margen de incertidumbre.

7. CONCLUSIONES:

7.1 Secuencia:

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable[3], un instante antes del inicio de la reacción, el vehículo No. 1 MICROBÚS se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calzada que conduce de occidente a oriente en la calle 42 entre carreras 37 y 38 a una velocidad comprendida entre sesenta y ocho (68 km/h) y setenta y siete (77 km/h) kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 BICICLETA, se desplazaba orientado diagonalmente hacia la izquierda sobre el carril izquierdo sin poder determinar la velocidad de circulación.

7.2 Factor vía:

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

7.3 Factor vehículo:

No se encuentra evidencia que indique fallas mecánicas en los vehículos involucrados.

7.4 Factor humano:

1. La velocidad del vehículo No. 1 MICROBÚS (68- 77 km/h) es mayor a 30 km/h, límite de velocidad de acuerdo con la señal vertical.

---

[3] *Probable hace alusión a un resultado enmarcado dentro de un margen lógico, basado en un análisis objetivo de evidencias con sustento técnico-científico que soporta el resultado obtenido, es decir, la secuencia y dinámica planteadas es la más probable desde la óptica forense, una diferente no sería consistente con la evidencia y las leyes de la física.*

2. **Si el vehículo No. 1 MICROBÚS se desplaza a 30 km/h el impacto no se presenta.**

3. **La causa[4] DETERMINANTE del accidente obedece a dos factores:**
   - **Al giro a la izquierda sin tomar las medidas de precaución por parte del conductor del vehículo No. 2 BICICLETA.**
   - **A la velocidad inadecuada (excesiva) por parte del vehículo No. 1 MICROBÚS.**

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, queda prohibida su reproducción en físico o por medio electrónico sin autorización, este documento está en cadena de custodia*.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Investigation Traffic Accident Manual. University Northwestern Institute Traffic. Stannard Baker & Iynn 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).

[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.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. "Perception/reaction time values for accident reconstruction", Michael J., OH Philip H. Cheng, John F. Wiechel, S.E.A., Inc., Columbus, OH Dennis A. GuentherOhio State Univ., Columbus, OH, SAE 890732.

7. "Motorcycle Slide to Stops Tests" by Christopher J. Medwell, Joseph R. McCarthy, Michael T. Shanahan, SAE document number 970963.

8. Cuantificación de la probabilidad o chance de evitabilidad en un accidente de tránsito cuando se supera la velocidad limite en un tramo vial" Alejandro Rico León, Diego López Morales, Revista Escuela Colombiana de Ingeniera; Vol.XXVI No. 102, 2016 37-41.

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 de este*.

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 3500 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).

Mtr. Alejandro Umaña Garibello

- Máster en Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (Escuela de postgrado de Ciencias del Derecho).
- Ingeniero Mecánico 2017 (Universidad ECCI)
- Tecnólogo en Mecánica Automotriz 2015 (Universidad ECCI).
- Tecnólogo en investigación judicial y analista de accidentes de tránsito (Fundación Autónoma de las Américas)
- 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 1900 accidentes de tránsito.
- Curso de entrenamiento paquete Edge FX.
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialists).