

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MECÁNICA Y ENERGÍA**



**“PLANTEAMIENTO DE UNA METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y
EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD LATERAL DE LAS
AMBULANCIAS RURALES Y SU IMPLICANCIA EN LA
SEGURIDAD VIAL”**

DARÍO VÁSQUEZ ALVA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

Callao, año 2023

PERÚ

INFORMACION BÁSICA

FACULTAD : INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN : FIME

TÍTULO : PLANTEAMIENTO DE UNA
METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y
EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD
LATERAL DE LAS AMBULANCIAS
RURALES Y SU IMPLICANCIA EN LA
SEGURIDAD VIAL.

AUTOR : DARÍO VÁSQUEZ ALVA

ASESOR : -----

LUGAR DE EJECUCIÓN : LIMA

TIPO DE INVESTIGACIÓN : CUANTITATIVA

UNIDADES DE ANÁLISIS : AMBULANCIA RURAL

Dedicatoria:

A Dios, a Jesucristo, a la Virgen María, a mi familia, al prójimo, a la UNAC y al país.

INDICE

CARATULA	1
INFORMACION BÁSICA	3
INDICE	5
INTRODUCCIÓN	5
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	29
1.3 Objetivos	30
1.4 Justificación	30
1.5 Limitantes de la investigación	31
II. MARCO TEÓRICO	32
2.1. Antecedentes	32
2.2. Bases teóricas	51
2.3. Marco Conceptual	60
2.4. Definición de términos básicos	73
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	74
3.1. Hipótesis	74
3.1.1. Operacionalización de variable	74
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	77
4.1. Diseño metodológico	77
4.2. Método de investigación	78
4.3. Población y muestra	80
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	81
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	81
4.6. Análisis y procesamiento de datos	82
4.7. Aspectos Éticos en Investigación	94
V. RESULTADOS	95
5.1. Resultados descriptivos.	95
5.2. Resultados inferenciales.	98

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	100
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	100
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	100
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	103
VI. CONCLUSIONES	104
VII. RECOMENDACIONES	106
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108
ANEXOS	117
- Anexo 1: Matriz de consistencia.	
- Anexo 2: Instrumento validado.	
- Anexo 3: Fotografías	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Accidentes por volcadura de ambulancias rurales	21
Tabla 2.	NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment-2011 U.S.A.	43
Tabla 3.	Valores Típicos del Factor SSF	53
Tabla 4.	Approximate values of the Static Stability Factor of different types of motor vehicles	56
Tabla 5.	Secuencias de las regiones 1,2 y 3	68
Tabla 6.	Variable Independiente	75
Tabla 7.	Variable Dependiente	76
Tabla 8.	Características de las ambulancias rurales	80
Tabla 9.	Presentación de resultados	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Visión de las Naciones Unidas para la seguridad vial.	16
Figura 2.	Organigrama de la NHTSA (2021)	38
Figura 3.	Determinación del SSF	42
Figura 4.	Figura que ayuda a determinar que	43
Figura 5.	Modelo físico a escala de un vehículo como cuerpo rígido en disposición de evaluar su estabilidad lateral y su tendencia al vuelco lateral	44
Figura 6.	En (a) se muestra la fuerza lateral F que sobrepasa el umbral de vuelco y hace que el vehículo vuelque lateralmente como se observa en (b).	51
Figura 7.	Ensayo Tilt Table test, que corresponde a un ensayo estático para la determinación del SSF, que será igual a la tangente del ángulo mostrado.	52
Figura 8.	Dimensiones para determinar el SSF.	53
Figura 9.	Esquema de la prueba del tirón lateral que sigue para determinar el centro de gravedad del vehículo CG y combina la prueba estática con una prueba dinámica. También determina el SSF.	58
Figura 10.	Prueba dinámica donde el vehículo es sometido a una prueba de fuerza centrífuga hasta el instante en que pierde estabilidad y está a punto de volcar, sirviendo para determinar el SSF. Es una prueba muy riesgosa para el conductor y de alto costo en su i	59
Figura 11.	En (a) se muestra el vuelco lateral debido a un repentino obstáculo en el camino que desestabiliza el vehículo, en el caso de (b) la unidad vehicular sobrepasa la velocidad límite en trayectoria curva (velocidad crítica) y se produce el vuelco lateral.	60
Figura 12.	(a) y (b) representan el vehículo en trayectoria circular moviéndose con una velocidad v constante.	62
Figura 13.	Los casos (a) y (b) representan la misma unidad vehicular recorriendo una vía curva con peralte, nótese	

	que lo que se observa es la parte posterior del vehículo.	63
Figura 14.	Se muestra la unidad vehicular, en éste caso la ambulancia rural motivo de la presente tesis, el centro u origen de los ejes cartesianos se ubicará en el medio del neumático delantero izquierdo con relación al conductor.	64
Figura 15.	Ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad.	65
Figura 16.	Metodología planteada por el autor de la investigación	79
Figura 17.	Ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad para SSF.	83
Figura 18.	Peso seco o neto de la ambulancia rural.	84
Figura 19.	Peso del eje posterior de la ambulancia rural.	84
Figura 20.	Peso del lado izquierdo de la ambulancia rural.	85
Figura 21.	Peso del eje posterior con el eje delantero levantado.	85
Figura 22.	El origen de los ejes cartesianos se ubicará en el medio de la rueda delantera izquierda relativo al conductor de la ambulancia rural.	86
Figura 23.	Cálculo de $X_{c.g.}$	87
Figura 24.	Cálculo y ubicación de $Y_{c.g.}$	87
Figura 25.	Cálculo y ubicación de $Z_{c.g.}$	88
Figura 26.	Umbral de vuelco lateral izquierdo: SSF izquierdo. Se muestra la ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad, para una situación de umbral de vuelco lateral, lo que se observa del vehículo es su parte posterior y su peso mg con línea de acción que pasa por el borde de la rueda izquierda. El vehículo se considera bajo el modelo físico de cuerpo rígido.	89
Figura 27.	Umbral de vuelco lateral derecho: SSF derecho	90
Figura 28.	Inclinación lateral izquierda	91
Figura 29.	Inclinación lateral derecho.	92
Figura 30.	Distribución normal con región de rechazo y de aceptación.	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Porcentajes de muertes en las pistas de USA durante el 2019	14
Gráfico 2.	Muertes en USA en las vías por tipo de vías	15
Gráfico 3.	Evolución del nro. de fallecidos en USA por cada 100000 habitantes.	15
Gráfico 4.	Personas fallecidas en siniestros viales, según región, 2021.	23
Gráfico 5.	Personas fallecidas por accidente de tránsito a nivel nacional según zonificación- 2021.	24
Gráfico 6.	Personas lesionadas en siniestros viales, según región, 2021.	24
Gráfico 7.	Personas fallecidas por accidentes de tránsito, según tipo de vehículo a bordo, a nivel nacional, 2021.	25
Gráfico 8.	Factores que intervienen en siniestros viales, 2021.	25
Gráfico 9.	Clases de siniestros viales, 2021.	26
Gráfico 10.	Persons Killed in Crashes Involving an Ambulance: 1992-2011	39
Gráfico 11.	Estimated* Injured Persons** in Crashes Involving an Ambulance: 1992-2011	39
Gráfico 12.	Probabilidad de vuelco lateral en función del SSF	42
Gráfico 13.	Ángulo de vuelco en función del ancho T entre llantas Posteriores	44
Gráfico 14.	Estimación de probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral siguiendo el modelo estadístico logarítmico dependiendo del SSF.	54
Gráfico 15.	Clasificación de probabilidad de vuelco lateral expresada en porcentaje para diferentes tipos de vehículos.	69
Gráfico 16.	Estimación de probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral siguiendo el modelo estadístico logarítmico dependiendo del SSF.	101
Gráfica 17.	Seguridad de los vehículos utilizados como ambulancias rurales y su relación con la seguridad vial.	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación resalta un tema de mucha envergadura como lo es la seguridad vehicular, en particular la ambulancia rural y su relación con la seguridad vial. Este trabajo estuvo referido a las ambulancias rurales adquiridas por el Ministerio de Salud (MINSA) mediante la “Adjudicación de Menor Cuantía N° 065-2013-MINSA contratación de bienes: Adquisición de Ambulancias”. El problema principal de este estudio fue establecer la relación del planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial. Una reducida estabilidad lateral conlleva a la ocurrencia de vuelco lateral, esta se evaluará a través de un ángulo denominado ángulo de vuelco lateral y cuya tangente representa el llamado factor estático de estabilidad, que es un indicador científicamente válido usada por la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration). La metodología correspondiente presentó un enfoque cuantitativo, basado en conocimiento ya existente; la recolección de datos fue tomada de una muestra de 43 ambulancias rurales, que corresponde a la población en su totalidad. El principal resultado que arrojó la investigación fue que la mayoría de la población de las ambulancias rurales no vuelca lateralmente para ángulos mayores a 35° , resultado que implica positivamente en la seguridad vial. En conclusión, el planteamiento de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales guardan relación con la seguridad vial.

Palabras claves: Estabilidad lateral, vuelco lateral, factor estático, ambulancia rural, seguridad vial.

ABSTRACT

This research work highlights a major issue such as vehicle safety, particularly the rural ambulance and its relationship with road safety. This work referred to the rural ambulances acquired by the Ministry of Health (MINSa) through the "Minor Amount Award No. 065-2013-MINSa contracting of goods: Acquisition of Ambulances". The main problem of this study was to establish the relationship between the approach of a methodology for the study and evaluation of the lateral stability of rural ambulances with road safety. A reduced lateral stability leads to incidents of lateral rollover, this will be evaluated through an angle called the lateral rollover angle and whose tangent represents the so-called static stability factor, which is a scientifically valid indicator by the NHTSA (National Highway Traffic Administration). of security). The corresponding methodology presented a quantitative approach, based on existing knowledge; Data collection was taken from a sample of 43 rural ambulances, which correspond to the entire population. The main result of the investigation was that the majority of the population of rural ambulances do not overturn laterally for angles greater than 35° , a result that positively implies road safety. In conclusion, the study approach and evaluation of the lateral stability of rural ambulances are related to road safety.

Keywords: Lateral stability, lateral rollover, static factor, rural ambulance, road safety.

INTRODUCCIÓN

Una característica fundamental en estos tiempos de globalización es que abarca una amplitud de sectores de la actividad humana como son la economía, la política, el medio ambiente, la tecnología, la industria, la educación, etc. No queda de lado el transporte terrestre y dentro de él la seguridad vial.

Para efectos de seguridad vial usualmente se abordan los temas relacionados a la infraestructura vial en cuanto al estado y señalización de la red vial, el tema del conductor en cuanto a su edad, factores humanos, e incluso si ha tenido ingesta de bebidas alcohólicas. También está relacionado el tema del medio ambiente en cuanto al clima, si es que hay lluvia, brillo solar, contaminación, etc. así como el tema de los usuarios de las redes viales: peatones y ciclistas.

No obstante, también se debe tomar en cuenta la seguridad que ofrece el propio vehículo, por cuanto esto conlleva a minimizar los impactos negativos del transporte, entre ellos reducir la probabilidad de que se produzca accidentes de tránsito que pueden causar daño a los ocupantes de los vehículos, usuarios del transporte, e incluso daños a la infraestructura.

Reputados organismos internacionales abordan la problemática de la seguridad vial en sus diferentes aspectos.

El Organismo para el Desarrollo Económico OECD (2020), del cual el Perú es candidato a integrarlo ha elaborado el documento reporte anual de seguridad vial, a través de un grupo permanente de trabajo que lo integran los 42 países adscritos, poniéndose de acuerdo a través de los avances recientes de seguridad vial y comparando desempeños en base a indicadores pertinentes. Por ejemplo, se discute en base a las consecuencias negativas de un bajo desempeño en seguridad vial basado en métricas que a la vez son indicadores adoptados a nivel mundial, por ejemplo, el reporte anual de seguridad vial de la OECD (2020) expresa que durante el 2019 fallecieron en USA 36096 personas

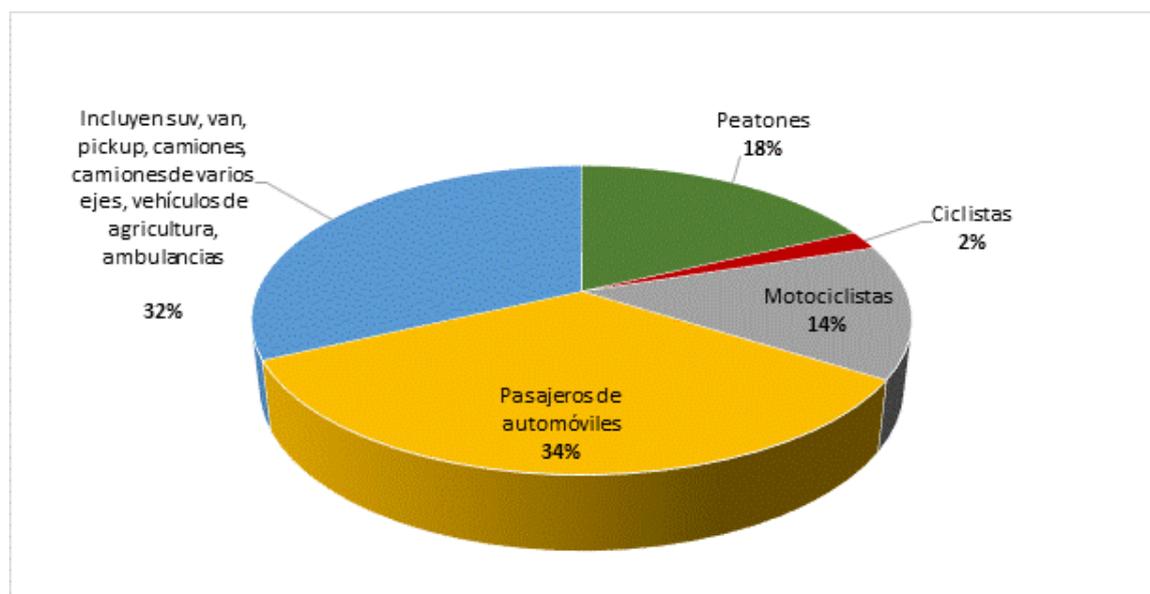
por accidentes de tránsito terrestre que contrastándolo con su población de 328,2 millones de personas resulta la métrica de 11 personas fallecidas / 100000 habitantes.

Además, se estima otro indicador basado en las muertes de personas por accidentes de tránsito por billones de km. recorrido por vehículo que es del orden de 6,9 personas fallecidas / billón de km. recorrido por vehículo.

Los indicadores mostrados pertenecientes a USA hacen que la seguridad vial que manejan parezca menos eficaces que los que muestran los países europeos, pero los atenuantes se pueden atribuir a la geografía y otros factores.

El siguiente gráfico nos muestra como referencia las muertes en las pistas de USA durante el 2019 por grupos de usuarios de las mismas pistas.

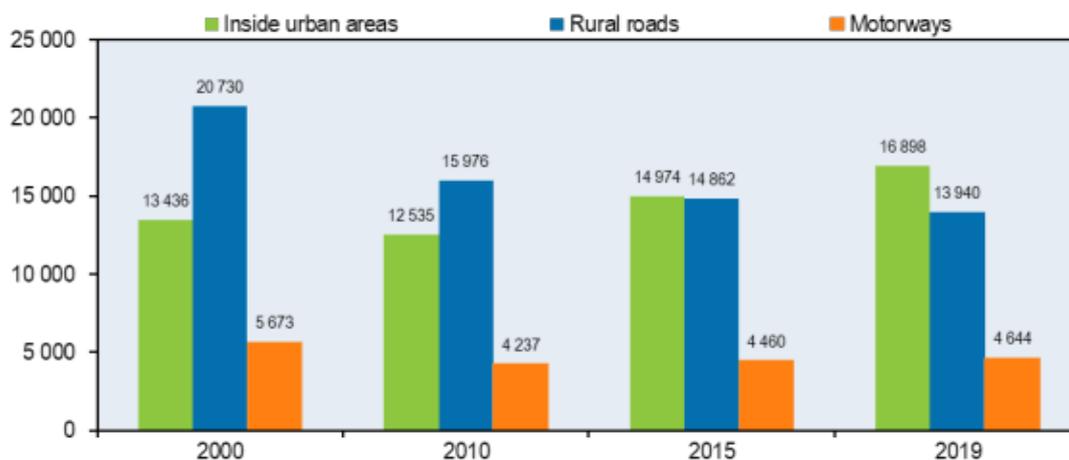
Gráfico 1. Porcentajes de muertes en las pistas de USA durante el 2019



Fuente: OECD 2020

Adicionalmente los análisis conducen a gráficos útiles como se muestran en los gráficos 2 y 3

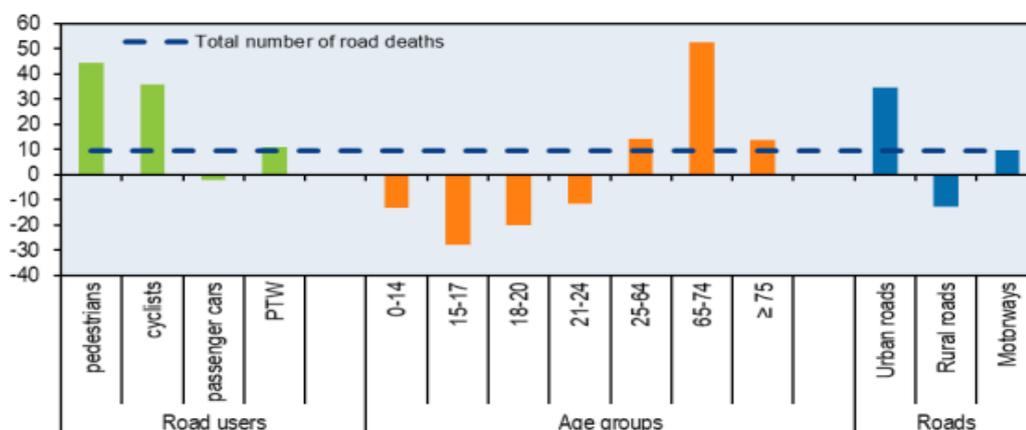
Gráfico 2. Muertes en USA en las vías por tipo de vías



Fuente: OECD 2020

En el gráfico 2 se muestran las muertes en vías urbanas, en vías rurales y autopistas. En la siguiente figura especificada en función del número de fallecidos / 100000 habitantes está clasificada en usuario de vías, grupo de edades, autopistas.

Gráfico 3. Evolución del nro. de fallecidos en USA por cada 100000 habitantes.



Fuente: OECD 2020

Por ejemplo, el gráfico anterior puede servir para tomar decisiones y poner énfasis en la seguridad vial en las pistas urbanas al interior de las ciudades.

La OECD se suscribe a la estrategia de la seguridad vial planteada por la ONU (2018), respecto de la implementación de dicha estrategia en todos los países del mundo para reducir los accidentes de tránsito y las muertes. Está basado en cinco denominados pilares:

1. Gestión de seguridad vial.
2. Vehículos más seguros.
3. Seguridad para los usuarios de las vías: pilotos y pasajeros.
4. Respuestas post accidentes.
5. Entornos viales más seguros.

Como puede observarse uno de los ítems estratégicos a tomarse en cuenta es la seguridad que ofrece el vehículo durante su operación.

Figura 1. Visión de las Naciones Unidas para la seguridad vial.



Fuente: ONU (2018)

Estas estrategias deberían implementarse en todos los países del mundo, sugiere la ONU.

La Organización Mundial de la Salud (2021), ha elaborado el Plan Mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030 en coordinación con Comisiones Regionales de las Naciones Unidas y con el grupo de trabajo de las mismas Naciones Unidas para la seguridad vial, este documento es necesario porque nos entrega un enfoque integrado que puede ser tomado como referente por todos los gobiernos del mundo. El objetivo de este Plan es reducir las muertes y traumatismos por accidentes de tránsito en un 50% durante ese período. Se basa en:

- Transporte multimodal y planificación del uso de la tierra.
- Infraestructura vial segura.
- Seguridad del vehículo.
- Uso seguro de las vías de tránsito.
- Respuesta después de los accidentes.

Este documento va más allá y nos dice que los responsables para implementar este plan son: Gobierno, la sociedad civil incluida las instituciones académicas, el sector privado, entidades de financiación, capacitación, priorizar a los países de ingresos bajos y medianos.

A todo esto, se suma los costos económicos por los accidentes de tránsito que según la OECD (2020) corresponde a pérdidas de productividad, daño a propiedades, costos médicos, costos de rehabilitación, costos legales y judiciales, costos de servicio de emergencia, costos de servicios de bomberos, seguros, costos para los empleadores.

Es evidente que ante este panorama se impone una buena gobernanza basada en la gestión de la seguridad vial, donde deberá interactuar todos los sectores involucrados.

Se observa que tanto la OECD, la Organización de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud son coincidentes en muchos aspectos

relativos a la gestión de la seguridad vial, sobre todo en lo que respecta al vehículo.

En seguridad vial se requiere que el vehículo sea seguro, justamente el tema de la estabilidad lateral es un factor fundamental en la seguridad del vehículo. La presente investigación aborda la estabilidad lateral en las ambulancias rurales adquiridos por el Ministerio de Salud – MINSA (2013) mediante la “Adjudicación de Menor Cuantía N° 065-2013-MINSA” Contratación de Bienes: Adquisición de Ambulancias.

El objetivo general de este Proyecto de Investigación es presentar el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales y su relación con la seguridad vial. Este estudio se justifica en la medida que aborda un problema de la realidad, cuya solución impacta en la sociedad, dado que ella está directamente involucrada.

Además, este estudio se puede extender a otros vehículos, sobre todo ómnibus de transporte de pasajeros de unos y dos pisos. Éste último es un tema muy sensible a raíz de los accidentes de tránsito que frecuentemente ocurren en nuestro país con este tipo de vehículos.

La metodología planteada implicará una coordinación muy amplia entre los actores participantes como el MINSA se desplegará las 43 ambulancias rurales, cada una de ellas con su respectivo chofer, implicará también un local de gran área para que puedan maniobrar ese volumen de unidades vehiculares, así mismo en dicho ambiente también se encontrará la balanza electrónica de pesaje que será un elemento importante dentro de la metodología planteada. En este contexto el docente investigador se involucra personalmente.

En esta etapa de este trabajo de investigación se empleará el método inductivo que consiste en la observación, trabajo de campo, abstracción y generalización. A partir de esto se preparará los datos para el análisis, se llevará a cabo, se presentarán los resultados, para posteriormente interpretarlos. Finalmente se aplicará la estadística inferencial para generalizar a una población. Con toda esta base se elaborará las conclusiones y recomendaciones.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las ambulancias rurales a la que se refiere el presente Proyecto de Investigación corresponden a las adquiridas por el Ministerio de Salud – MINSA (2013) mediante la “Adjudicación de Menor Cuantía N° 065-2013, contratación de bienes: Adquisición de Ambulancias”. Estas ambulancias circularán justamente por las vías rurales que muchas veces son trochas carrozables construidas a bajo presupuesto con un mínimo de movimiento de tierras que permite el paso de un solo vehículo ambulancia y a su vez con tramos de terrenos inclinados, es en estos casos donde cobra relevancia y protagonismo la estabilidad lateral de los vehículos que como las ambulancias rurales son proclives a vuelcos laterales por las mismas características de los caminos o vías por donde circularán.

El transporte en vías rurales puede considerarse una actividad riesgosa que involucra la integración del tipo de vehículo, la seguridad del mismo vehículo, las vías de transporte en cuanto a la seguridad vial que ofrezcan e incluso con el medio ambiente circundante. Es así que el estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales responde a una problemática existente en nuestro país.

La siguiente tabla nos muestra una galería de algunos accidentes atribuidos a la volcadura lateral de ambulancias rurales en diferentes zonas del Perú en estos últimos 3 años:

Tabla 1. Accidentes por volcadura de ambulancias rurales

Fecha	Lugar	Consecuencia	Evidencia
03-06-2022	Angaraes / Huancavelica	Herido grave	
11-03-2022	La Libertad	3 heridos 1 muerto	
04-05-2021	Gran Chimú/ La Libertad	2 heridos de gravedad	
20-10-2020	Carretera Chupa – Azángaro / Puno	5 heridos	

12-07-2020 Quillabamba /
Cusco 1 fallecido



09-02-2020 Bambamarca/
Cajamarca 9 heridos



03-02-2020 San
Clemente /
Pisco Heridos



29-05-2019 Chota /
Cajamarca 2 fallecidos



27-05-2019 Tayacaja /
Huancavelica 4 fallecidos



04-02-2019 Las Pampas / 4 heridos

Huánuco



Fuente: Elaboración propia

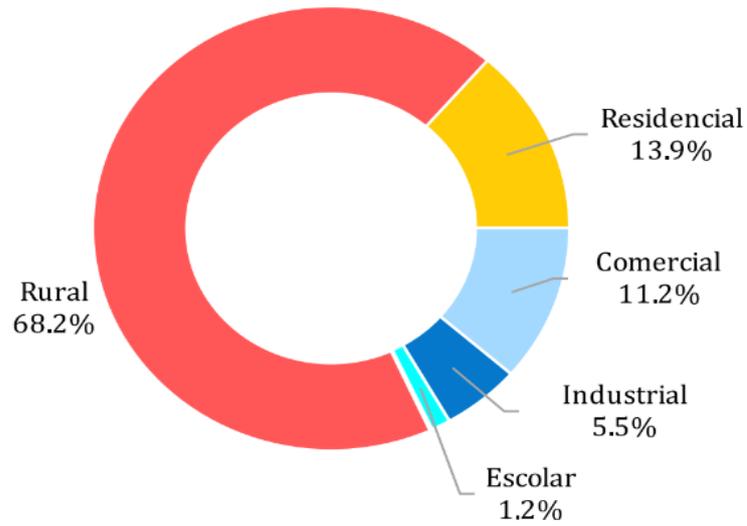
En torno al diagnóstico, en nuestro contexto no existen experiencias, conocimientos ni estudios previos referidos al tema de la estabilidad lateral en ambulancias rurales. A continuación, presentamos los gráficos 4, 5, 6, 7,8 y 9 de cuyos contenidos queremos poner énfasis en los accidentes por vuelco o volcadura y dentro de estos los vuelcos o volcaduras laterales.

Gráfico 4. Personas fallecidas en siniestros viales, según región, 2021.



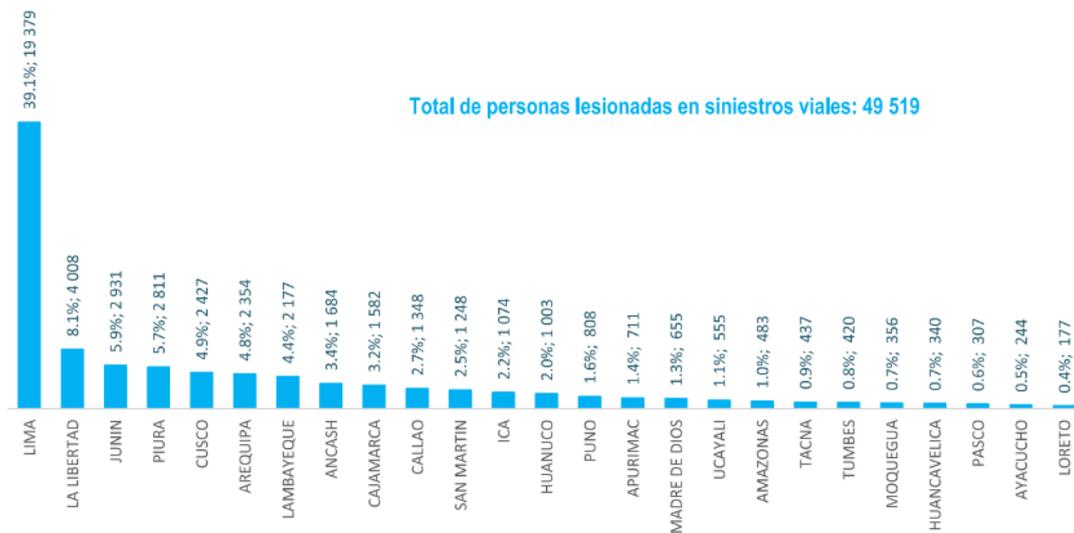
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Boletín Estadístico de Siniestralidad Vial

Gráfico 5. Personas fallecidas por accidente de tránsito a nivel nacional según zonificación- 2021.



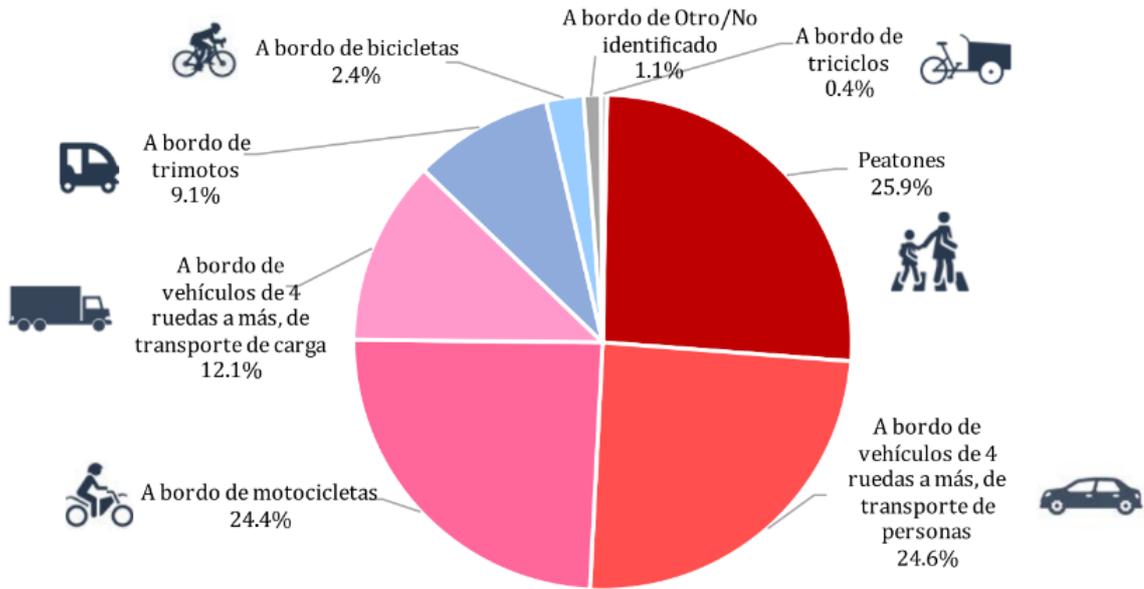
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito

Gráfico 6. Personas lesionadas en siniestros viales, según región, 2021.



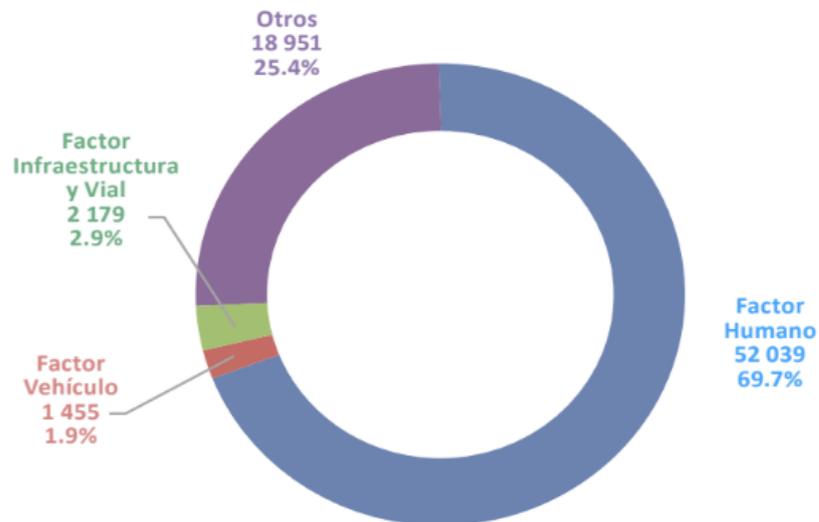
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Boletín Estadístico de Siniestralidad Vial

Gráfico 7. Personas fallecidas por accidentes de tránsito, según tipo de vehículo a bordo, a nivel nacional, 2021.



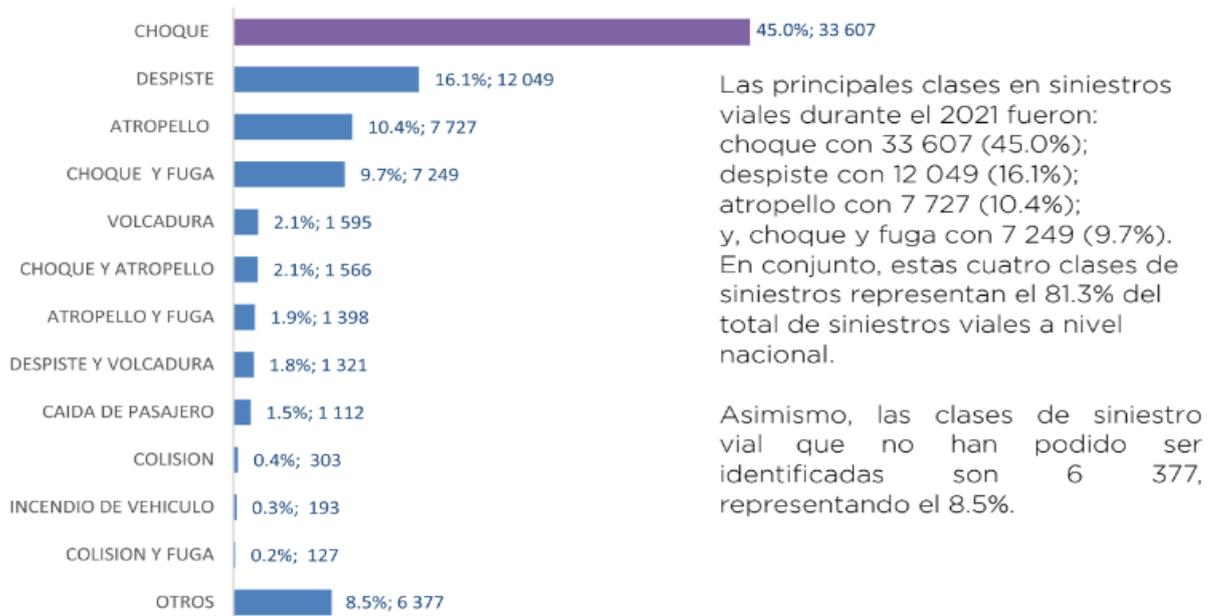
Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito

Gráfico 8. Factores que intervienen en siniestros viales, 2021.



Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Boletín Estadístico de Siniestralidad Vial

Gráfico 9. Clases de siniestros viales, 2021.



Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial / Boletín Estadístico de Siniestralidad Vial

Los gráficos 4 y 6 nos muestran el número de personas que perdieron la vida y resultaron lesionadas respectivamente, en este último caso se traslada una carga pesada en costos para el sistema de salud.

En el gráfico 5 se destaca el porcentaje de fatalidades que ocurren en el ámbito rural de nuestro país, que es la zona geográfica donde se despliegan las ambulancias rurales motivo de este proyecto de investigación.

En el gráfico 7 no aparecen específicamente el tipo de vehículo ambulancia o ambulancia rural; no es que no haya habido accidentes, lo que sucede que estaría incluido en el rubro no identificado.

En este trabajo de investigación se postula a la seguridad del vehículo como un factor importante para la seguridad vial, tan es así que el factor vehículo aparece en el gráfico 8 con una participación importante en los accidentes o siniestros viales.

En el gráfico 9, se muestra el pequeño porcentaje de volcadura, teniendo que reflexionar que esto incluye a diferentes unidades vehiculares como son: automóviles, camionetas, camiones, tráilers, ómnibus, van, combis; y dentro de este total deben estar las ambulancias urbanas y las ambulancias rurales.

Aunque el porcentaje de vuelco es aparentemente pequeño, como se indica en el gráfico 9; sin embargo, este tipo de accidente destaca más por sus consecuencias severas que por la frecuencia con que ocurren. Los vuelcos pueden ocurrir en automóviles, camiones, ómnibus en este último caso destaca el vuelco lateral que ocurrió el 9 de Julio del 2017 en las faldas del cerro San Cristóbal de Lima, que tuvo consecuencias fatales. El autor del presente proyecto de investigación opina que se modificó el diseño original de fábrica del ómnibus fabricado para carrocería de 1 solo nivel y no para 2 niveles, esta modificación estuvo acompañada con otra que fue el alargamiento del chasis que alteró la estructura del ómnibus, todos estos cambios contribuyeron a que se modifique el centro de gravedad afectando la estabilidad lateral del vehículo con los efectos negativos que todos conocemos. Es por esto y mucho más que se justifica el estudio y evaluación de la estabilidad lateral de ambulancias rurales proclives a los vuelcos laterales por las características de los caminos por donde circularon.

El proyecto de investigación propuesto está relacionado a la experiencia profesional del ponente como Ingeniero. Es así que en todo este tiempo se ha comprobado la nula presencia en el Perú de una metodología para el estudio y evaluación de la estabilidad lateral de vehículos y su implicancia en la seguridad del transporte. Obviamente también es nulo en lo referido a las ambulancias rurales. Respecto de estos últimos, lo único que tenemos en el Perú es la “Norma Técnica de Salud N° 051-MINSA / “Norma Técnica de Salud para el Transporte Asistido de pacientes por vía terrestre” elaborado por el Ministerio de Salud (2006). Esta norma no incluye ni

siquiera menciona a la estabilidad lateral de ambulancias rurales así como de requisitos de seguridad en el transporte, solamente está referido a especificaciones de configuración mecánica mínima de los vehículos que harán las veces de Ambulancias Rurales y Urbanas además del equipamiento médico que deberán llevar.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC (2003) elaboró el Reglamento Nacional de Vehículos, que tiene por objeto consignar los requisitos y características técnicas que debe tomarse en cuenta para todos los vehículos en el Perú, para que éstos puedan registrarse, transitar y operar en el denominado Sistema Nacional de Transporte Terrestre, donde se trata de forma muy breve el tema de las ambulancias rurales. En este reglamento no hay mención alguna referida a la estabilidad lateral de vehículos. Actualmente el Perú está en una etapa de transición hacia el punto en que con este estudio se desea sentar las bases para la elaboración de la normatividad correspondiente para que, finalmente, los beneficiados sean las poblaciones rurales del Perú y la sociedad que es hacia donde se dirigen los resultados de una investigación.

Según pronóstico, la propuesta de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales y sus implicancias en la seguridad del transporte es realizable y para que concurra en esto se ha contado con el apoyo de instituciones como el MINSA para que movilice la población de las ambulancias rurales materia de investigación, instalaciones, equipamiento, conductores, personal de apoyo y la propia experiencia del investigador.

El control del pronóstico, trata de estimar si la investigación se desvía a causa del propio proceso de investigación. Tratándose de una investigación cuantitativa, el investigador deberá controlar a las variables involucradas. Las mediciones, se harán en forma repetida y en un tiempo relativamente corto, de forma tal que otras variables como es el clima y otros no tendrán mayor influencia.

De acuerdo a Moreno et al. (2018) las autopistas y carreteras deben considerar en su diseño límites de velocidades con énfasis en las curvas en donde el peralte y ángulos de pendiente tendrá influencia sobre la estabilidad lateral de los vehículos. En tal sentido, de acuerdo a lo mencionado es importante tomar en cuenta puntos esenciales como la seguridad vial, que como se manifestó en la introducción además del diseño de las vías, estado y señalización de la red vial, también influye otros elementos como los factores humanos, usuarios de redes viales: peatones y ciclistas; además, temas de medio ambiente como: contaminación, lluvia, brillo solar. Por tanto, todo lo manifestado tiene implicancia en la seguridad vial. Este Proyecto de Investigación se enfocará en uno de estos factores, que corresponde a la estabilidad lateral de las ambulancias rurales.

1.2 Formulación del problema

Problema General

¿Cómo se relaciona el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?.

Problemas Específicos

Problema Específico 1

¿Qué efecto tiene el planteamiento de una metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?

Problema Específico 2

¿Qué efecto tiene el planteamiento de una metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?

1.3 Objetivos

Objetivo General

Plantear una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.

Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1

Plantear una metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.

Objetivo Específico 2

Plantear una metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.

1.4 Justificación

Teórico

El tema de la presente investigación tiene implicancia en la seguridad de transporte que a su vez conlleva toda una línea de investigación del cual se pueden derivar un conjunto amplio de investigaciones todas ellas referidas a diferentes campos o áreas específicas. Esta línea de investigación vincula nuestro estudio con un problema de la realidad, cuya solución impacta en la sociedad porque es hacia ella donde se dirigen los resultados de esta investigación.

Económico

El Perú ha tenido un crecimiento económico importante en los últimos años y si se quiere seguir avanzando en estos tiempos de globalización, competitividad y libre mercado debemos adecuarnos a tendencias y estándares que ya tienen países del primer mundo.

Tecnológica

A nivel tecnológico, este trabajo pretende plantear una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral que se puede extender a futuros estudios en otros tipos de vehículos no menos importantes como son camiones, trailers, ómnibus de transporte de pasajeros de 1 piso y de 2 pisos estableciendo modelamientos adecuados en cada caso.

Legal

Es en este sentido que nuestra investigación cobra importancia, porque a partir de este estudio se puede sentar las bases para dar el paso siguiente que es la elaboración de la normatividad correspondiente que se adaptará al caso específico de nuestro país.

1.5 Limitantes de la investigación

Teórica

Los estudios teóricos estarán delimitados por trabajos de tesis, artículos, revistas, que incluyan estudios referidos a la estabilidad lateral de los vehículos terrestres, en la mayoría de los casos son estudios realizados en países del primer mundo y publicados en inglés.

Temporal

Se desarrollará en el ámbito de un año.

Espacial

En el desarrollo de la investigación el área geográfica corresponderá a la Ciudad de Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Antecedentes Nacionales

Villena (2021), en su Tesis titulada “Análisis de la consistencia de la carretera Centro Poblado Huambocancha Alta – Centro Poblado Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial”, Universidad Nacional de Cajamarca. Este trabajo analiza la carretera Huambocancha Alta – Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial, es decir una vez construida la carretera verifica si este es consistente con la seguridad vial. La principal conclusión a la que arribó es que la mayoría de los tramos son de tangentes largas con continuación de curvas, ocasionando cambios repentinos de velocidad, atentando contra la seguridad vial y por consiguiente poniendo en riesgo a los usuarios de la carretera.

Chanco (2019), en su tesis titulada “Efectos del tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial, avenida Calmell Del Solar - Huancayo”, Universidad Peruana Los Andes, tuvo como objetivo “Determinar los efectos que produce el tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial en el tramo de estudio”. A nivel metodológico, se hizo uso de un método científico, tipo aplicado, nivel descriptivo - explicativo y diseño no experimental, cuya población tuvo en cuenta a las vías de la urbanización chorrillos, donde la muestra estuvo constituida por las cuadras 9 y 10 de la avenida Calmell del solar, como resultado se obtuvo que la intensidad media diaria (IMD) de 12,694.0000 Vh/día produce efecto de 1.9437 en el riesgo de seguridad vial, 13,143.0000 Vh/día produce 2.3888 y 15,561.0000 Vh/día genera efecto de 57.7872 de riesgo de seguridad vial. En conclusión, se dice que el tránsito vehicular produce efectos directos en el riesgo de seguridad vial, Avenida Calmell del Solar – Huancayo.

Guevara y Norabuena (2019) en su tesis de enfoque cuantitativo titulada “Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70

aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial”, cuyo objetivo fue “Determinar que herramientas de seguridad vial son necesarias implementar en la carretera Variante de Pasamayo para reducir la frecuencia de accidentes de tránsito”. Se aplicó la metodología de Inspección de Seguridad Vial (ISV) y el Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM). La población está definida por los segmentos de la carretera PE-1N, tramo Variante de Pasamayo entre el km 44+000 y el km 75+000 y como muestra se ha seleccionado una muestra de 15 kilómetros de la carretera comprendidos entre el Km 55+000 y el km 70+000. El estudio dio como resultado la identificación de tramos de concentración de accidentes los cuales son: Tramo I (Km 67+500 al Km 68+500) y el Tramo II (Km 68+500 al Km 69+500). En conclusión, se evaluarán las propuestas de mejora que lograrán reducir el índice de accidentes de tránsito.

Villanueva (2018), en su Tesis titulada “Sistemas de contención vehicular y su relación con los riesgos potenciales asociado a los accidentes por salida de vía en el circuito de playas de la Costa Verde, tramo: San Miguel - Magdalena”, Universidad Nacional Federico Villarreal. El objetivo de este estudio es la relación entre un sistema de contención vehicular instalado en el circuito de playas de la Costa Verde y su relación de este con la seguridad vial. Su principal conclusión es que este sistema de contención no tiene una zona preventiva que permita redireccionar o detener el vehículo de manera segura, de tal manera que se reduzca el riesgo de accidentes de tránsito, que pueden ser incluso fatales.

Dextre (2018), desarrolló una tesis titulada “Mejoras en la seguridad vial con medidas de bajo costo”, cuyo objetivo fue “Proponer medidas ingenieriles de bajo costo en dos puntos negros identificados en la ciudad de Lima”. Metodológicamente, La presente investigación se dará inicio con la revisión de la literatura sobre tres términos claves: (a) accidentes de tránsito, (b) puntos negros y (c) medidas de bajo costo. Se procederá a identificar puntos negros en la ciudad de Lima, donde se visitará municipalidades y

comisarías con la finalidad de recoger información para realizar un mapeo en zonas específicas de Lima. Cuando los puntos negros hayan sido identificados, se visitará las zonas afectadas. Las herramientas empleadas derivaran de la literatura revisada. El estudio fue realizado en dos intersecciones de diferentes distritos, uno en San Luis y el otro en Santa Anita. Los resultados identificaron múltiples factores que provocan accidentes como: la ausencia de rampa, la falta de señalización, islas refugio en mal estado, etc. Se concluye plantear soluciones para cada problema presentado, aplicando medidas de bajo costo como solución inmediata.

Pérez (2016), en su Tesis titulada “Expresiones analíticas para determinar el límite de velocidad de vehículos en curvas y su aplicación en carreteras del Perú”, Pontificia Universidad Católica del Perú. Este trabajo es netamente teórico que concluye en expresiones analíticas, pero que no tienen data experimental que le daría un importante peso específico. Concluye que el valor máximo de ingreso de un vehículo en tramo curvo es de 60 Km/h., adicionalmente este trabajo no contempla siquiera una simulación básica.

Antecedentes Internacionales

Tota et al. (2022) desarrolló un artículo titulado “An Intelligent Predictive Algorithm for the Anti-Rollover Prevention of Heavy Vehicles for Off-Road Applications”, cuyo objetivo fue Presentar un algoritmo para detectar y predecir el riesgo de vuelco en vehículos pesados. La metodología se basa en un enfoque de medición y estimación del perfil de la carretera, que incluye evaluar la dinámica de transferencia de carga y su variación en relación a la presencia de perturbaciones en la carretera como irregularidades y ángulos de inclinación. El principal resultado es que se presentan diferentes escenarios de conducción.

Logan et al. (2021) en su investigación titulada “Development and application of a vehicle safety rating score for public transport minibuses”, cuyo objetivo fue determinar la actividad activa y pasiva de los minibuses que se utilizan para el transporte público. La muestra fue de 566 minibuses. El principal resultado fue que la mayoría de los vehículos no tenían cinturones de seguridad ni posa cabezas, aumentando el riesgo dentro del sistema de seguridad vial. En base a los resultados se está justificando la elaboración de nuevos estándares de seguridad vial en el país donde se ha realizado la investigación.

Marín y Sánchez (2021) en su estudio de título “Estudio de las tecnologías de seguridad pasiva y activa presentes en los vehículos vendidos en Colombia”, plantea como objetivo Analizar los elementos de seguridad activos y pasivos que deberían tener los vehículos gama media vendidos en Colombia para considerarlos más seguros. La metodología está basada en el proceso de análisis jerárquico desarrollada por Thomas Saaty (1980), luego de establecer los elementos de seguridad se realizaría la comparación cualitativa y cuantitativa referente a cada elemento seleccionado. A partir de los estudios descritos por diferentes universidades y entidades gubernamentales de transporte se tomaron en cuenta diferentes los sistemas de seguridad activa más importantes como los sistemas de frenos antibloqueo conocido como ABS, así como el control electrónico de estabilidad conocido como ESC, y otros que son sistemas de asistencia como el asistente de frenado de emergencia, el asistente de retroceso, así como el asistente para aumentar o disminuir la velocidad en pendiente. También se consideró elementos de seguridad pasiva como los AIRBAGS conocidos como bolsas de aire y los apoya cabezas. En conclusión el principal resultado es que los vehículos que circulan en Colombia en lo que respecta en seguridad activa y pasiva tienen un atraso tecnológico de al menos 15 años con vehículos que circulan en Europa.

Moreno et al. (2020) en su artículo de título “Análisis bidimensional de la estabilidad de vehículos pesados tipo carro-tanque”, cuyo objetivo fue estudiar la estabilidad de un carro-tanque que en nuestro medio se denomina cisterna, considerando el movimiento del fluido transportado. Método de enfoque cuantitativo, tomando en cuenta la población de cisternas y como muestra se analizará una cisterna que transporta 1000 galones de combustible. El principal resultado es la determinación son los centros de gravedad del vehículo y del fluido transportado, comprobándose el factor estático de estabilidad lateral disminuye, lo que hace que la aceleración transversal aumente la probabilidad de vuelco lateral. Se concluye que aumentando la distancia de separación lateral de la suspensión se puede compensar la disminución del factor estático de estabilidad (SSF).

García (2018), en su tesis titulada “Análisis dinámico para determinar la velocidad de volcadura de un vehículo transportador de productos lácteos”, cuyo objetivo fue “Calcular la velocidad máxima a la cual puede desplazarse un vehículo transportador de productos lácteos en una trayectoria curva sin correr riesgo de sufrir un accidente por volcadura”. A nivel metodológico, consiste en un análisis con una trayectoria sin inclinación y posteriormente una trayectoria peraltada, con ecuaciones de movimiento de cuerpo rígido; después se realiza un análisis con un vehículo con seis grados de libertad mediante análisis numérico. Los resultados permiten conocer el instante en el que ocurre un desplazamiento lateral y posteriormente una volcadura. En conclusión, la velocidad de deslizamiento y de volcadura de un vehículo dependen de factores que afectan el manejo y la maniobrabilidad.

Pai (2017) en su estudio titulado “Trends and Rollover-Reduction Effectiveness of Static Stability Factor in Passenger Vehicles”, cuyo objetivo fue Determinar la evaluación del factor estático de estabilidad y su correlación con los vuelcos laterales. Para tal efecto la NHTSA que depende del Departamento de Transporte de Estados Unidos ha tomado

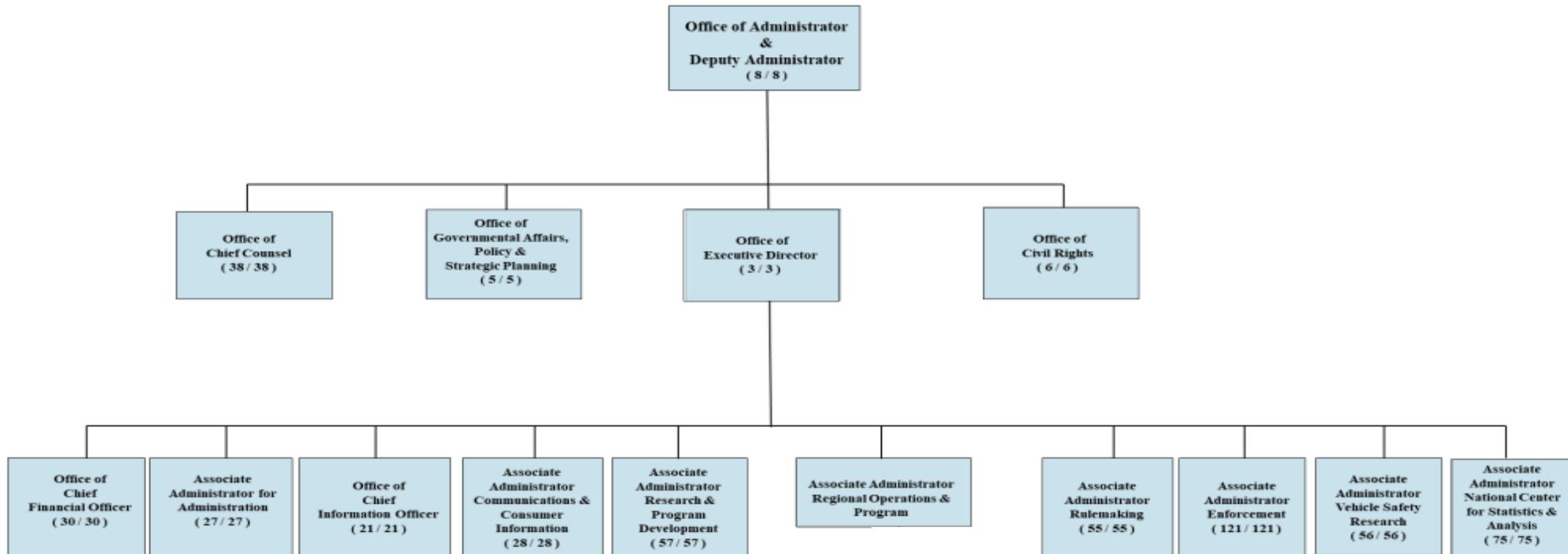
como población una gran base de datos, en la que se incluyen automóviles de pasajeros con un sistema ESC (Electronic Stability Control) y sin sistema ESC, adicionalmente camiones ligeros incluyendo pick up, van, entre otros. Metodológicamente se hizo un análisis estadístico, mediante una base de datos muy amplia, donde se ha determinado que el 95% de los vuelcos laterales se deben a que las unidades vehiculares encuentran un obstáculo en la vía, como zanja, bordes, suelo blando o cualquier otro objeto que desestabiliza al vehículo produciéndose el vuelco. El 5% restante corresponde al vuelco lateral cuando la unidad vehicular supera los límites permisibles de velocidad en las curvas, cuando la fricción entre neumáticos y pista no es suficiente para conservar el movimiento ocurriendo el vuelco. El principal resultado es que el factor estático de estabilidad (SSF) en conjunción con el sistema ESC contribuyen a la seguridad vial.

Rodríguez (2017), en su estudio titulado “Comportamiento dinámico de un autobús circulando en curva”, plantea como objetivo la obtención de un modelo tridimensional constituido por dos modelos planos de dinámica lateral unidos por barras de torsión constante. Metodológicamente se tomó en cuenta con la información disponible numerosas formas de modelar un vehículo, seleccionándose un modelo denominado de sistema frontal. En conclusión, el modelo descrito se adecúa a los resultados experimentales.

The National Highway Traffic Safety Administration and Ground Ambulance Crashes – NHTSA (2021). Pone énfasis en la seguridad de vehículos, tal es así que lo considera en el mismo organigrama de esta organización.

Figura 2. Organigrama de la NHTSA (2021)

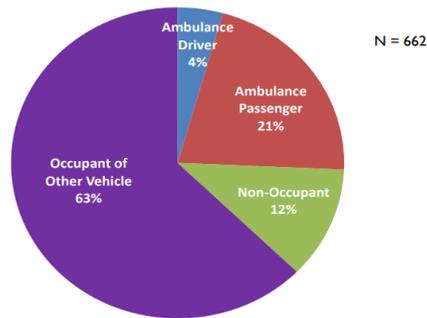
2021 NHTSA Organizational Chart
FY 2021 FTE Estimate
National Highway Traffic Safety Administration
(Total 618 FTE/618 FTP)



Fuente: US Department of transportation - National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA 2021

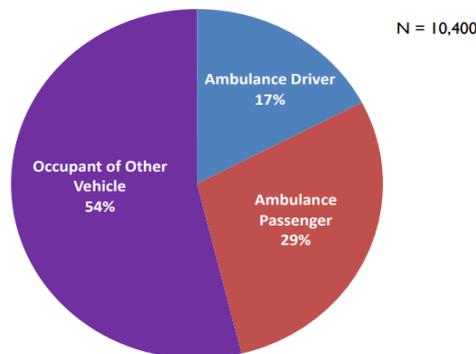
Obsérvese en su organigrama la seguridad que debe ofrecer el vehículo ocupa un nivel importante. Esta institución con la información recolectada una vez procesada la aplica en identificación de problemas de seguridad en determinadas carreteras, evaluar iniciativas de seguridad vial para carreteras, investigar accidentes de tránsito, análisis e investigación de la seguridad del vehículo. En USA a través de la NHTSA (2014) se recolecta, analiza y procesa los accidentes de tránsito también se tomarán en cuenta a las ambulancias como se observa en las figuras siguientes:

Gráfico 10. Persons Killed in Crashes Involving an Ambulance: 1992-2011



Fuente: The National Highway Traffic Safety Administration and Ground Ambulance Crashes – NHTSA (2014)

Gráfico 11. Estimated* Injured Persons** in Crashes Involving an Ambulance: 1992-2011



*data represent mean number of crashes and injuries over 5 years

**does not include data on non-occupants of a vehicle (pedestrians and pedalcyclists) in injured persons.

Sources: National Automotive Sampling System (NASS) General Estimates System (GES), 1992-2011

Fuente: The National Highway Traffic Safety Administration and Ground Ambulance Crashes – NHTSA (2014)

Los gráficos 10 y 11 muestran que en el período 1992-2011 (20 años) han fallecido 662 personas y 10400 personas lesionadas, producto de accidentes de tránsito donde se involucran a las ambulancias.

La misma NHTSA (2014) explica que tiene limitaciones para el análisis de los accidentes de tránsito donde se involucran las ambulancias:

- La policía no distingue entre ambulancia urbana y ambulancia rural.
- La policía no reporta a todos los vehículos involucrados en los accidentes de tránsito donde participan las ambulancias.
- No diferencia entre ocupantes de la ambulancia o el paciente o pacientes al interior de la cabina de atención de la ambulancia.

NHTSA Investigative Driver Training for Ambulances (2015) La NHTSA en USA es responsable federal de hacer que la conducción guarde todas las medidas de seguridad. Los conductores de las ambulancias tanto urbanas como rurales deben responder con premura de tiempo todas las emergencias que se presenta. Esta institución fiscaliza a las escuelas de capacitación de los conductores de ambulancias que tienen por objetivo reducir los errores por factores humanos y de esa forma incrementar la seguridad en el transporte.

Arizaga y Gómez (2015) en su Tesis titulada “Análisis de los sistemas faltantes de seguridad vehicular de la categoría M1 en la norma NTE INEN 034:2010 y una propuesta de mejora”. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Este trabajo estudió los sistemas de seguridad pasiva y activa de automóviles que circulan en el territorio de Ecuador, se revisó los reglamentos existentes dando como principal resultado la carencia en estos de requisitos importantes que involucran la seguridad de los automóviles, que finalmente tendrá incidencia en la seguridad vial.

Ground Vehicle Standard for Ambulances. Commission in accreditation of Ambulances. USA (2016) Esta entidad en USA certifica que los criterios

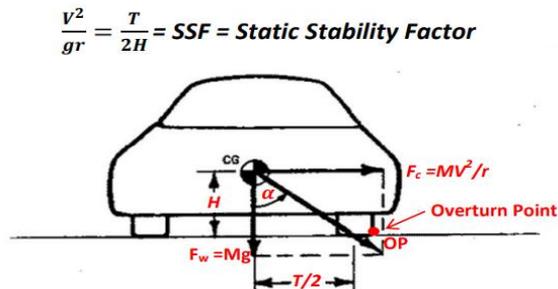
empleados en el diseño y fabricación de la cabina de atención de la ambulancia y la misma unidad vehicular donde se instala esta cabina responde a standards o normas reconocidas como son la Ambulance Manufactures Division (AMD) que involucra los standards relativos al diseño de la cabina. También una ambulancia en USA responde a las normas KKK-A-1822 F “Federal Specification For The Star – of – Life Ambulances” referidas a standards que deben verificar la unidad vehicular sobre la cual se monta la cabina de atención de la ambulancia; así mismo una ambulancia en USA debe verificar los standards de las normas SAE (Society Automotive Engineers), a través de test de impacto frontales y laterales sobre las ambulancias urbanas y rurales, el objetivo es evaluar las implicancias en la integridad de los ocupantes de las ambulancias.

Weiss y Ernst (2001) proponen su investigación “Comparison of Rural and Urban ambulance Crashes”. University Nuevo México. USA. La comparación de la gravedad de las lesiones como consecuencias de los accidentes de tráfico donde se involucran las ambulancias rurales es mucho mayor que las ocurridas por la participación de ambulancias urbanas. Los autores atribuyen este hecho a que las ambulancias rurales viajan a mayor velocidad y existe un relajamiento de las medidas de seguridad que se origina en el conductor e incluso de las personas mismas que no usan los cordones de seguridad. En cambio en las ambulancias urbanas que se desplazan dentro de una ciudad se toma en cuenta los semáforos y es en las intersecciones donde se registran la mayoría de los accidentes de tránsito. Los autores también refieren con estadísticas que los accidentes de tránsito donde se involucran ambulancias urbanas y rurales son en mayor número que los accidentes de tránsito de autos policiales y unidades de bomberos.

Grzebieta y Rechnitzer (2015) proponen su investigación “Static Stability Test Results. Transport and Road Safety”. Universidad of New South Wales. Australia. Los autores toman como referencia la información de la NHTSA y

trasladan el concepto de Static Stability Factor (SSF) y lo aplican a otros vehículos. Como se observa en la figura siguiente:

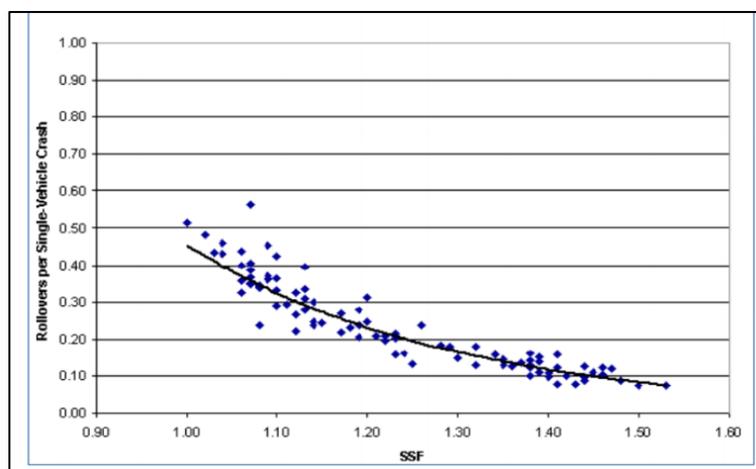
Figura 3. Determinación del SSF



Fuente: Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Grzebieta y Rechner (2015). Universidad of New South Wales. Australia.

Los autores refieren que el SSF es un indicador válido para evaluar la tendencia de un vehículo al vuelco lateral, complementada con la gráfica 12 obtenida a su vez de la NHTSA (2011) que nos muestra la relación entre SSF y la probabilidad de vuelco lateral donde a mayor valor de SSF menor probabilidad de vuelco lateral y viceversa a menor SSF mayor probabilidad de vuelco lateral.

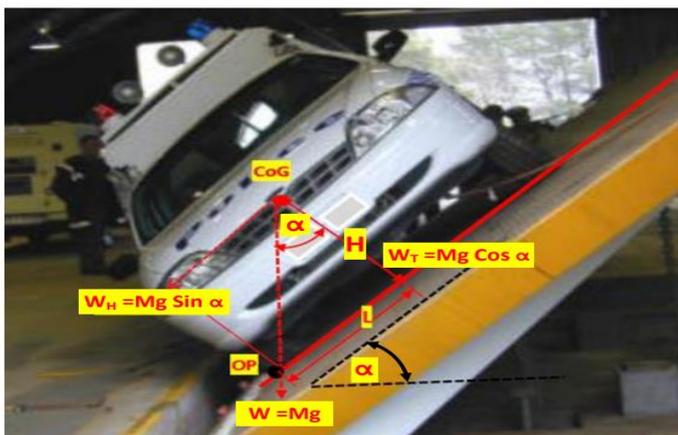
Gráfico 12. Probabilidad de vuelco lateral en función del SSF



Fuente: Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Grzebieta y Rechner (2015). Universidad of New South Wales. Australia.

El gráfico 12 se complementa con la figura 4 siguiente:

Figura 4. Figura que ayuda a determinar que $Tan \alpha = \frac{T}{2H} = SSF = TTR$



Fuente: Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Grzebieta y Rechner (2015). Universidad of New South Wales. Australia.

La figura 4 nos indica que:

$$SSF = TTR = \frac{T}{2H} \dots\dots\dots (1)$$

Tomando una muestra de tractores y cuatrimotos, los autores evaluaron el SSF, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.

NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment-2011 U.S.A.

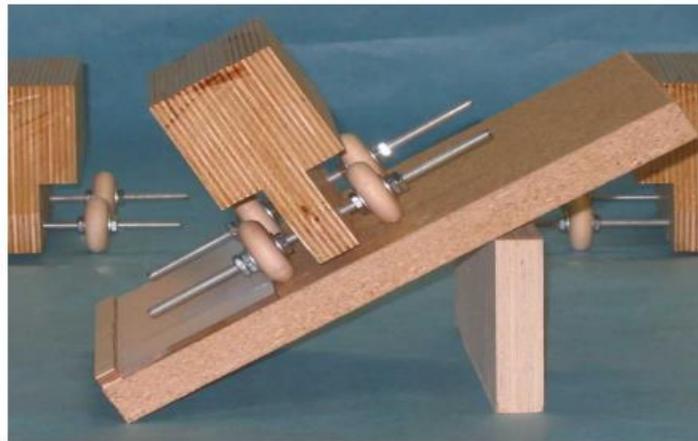
Determinación del SSF = TTR para tractores y vehículos cuatrimotos

Load condition	Vehicle type	Tilt Table Ratio (TTR)	Tilt angle
Base line (no operator, no load)	Agricultural quad bikes (8)	TTR = 0.72 to 0.82	35.7' to 39.2'
	Recreational quad bikes (3)	TTR = 0.93 to 1.10	42.8' to 47.6'
	Side by side vehicles (5)	TTR = 0.85 to 1.01	40.2' to 45.3'
Operator only	Agricultural quad bikes (8)	TTR = 0.46 to 0.60	24.5' to 30.8'
	Recreational quad bikes (3)	TTR = 0.56 to 0.78	29.2' to 37.8'
	Side by side vehicles (5)	TTR = 0.65 to 0.96	32.9' to 43.8'
Operator plus rear load	Agricultural quad bikes (8)	TTR = 0.44 to 0.56	23.9' to 29.4'
	Side by side vehicles (5)	TTR = 0.64 to 0.83	32.5' to 39.8'
Operator plus front load	Agricultural quad bikes (8)	TTR = 0.43 to 0.57	23.4' to 29.6'
Operator plus front load and rear load	Agricultural quad bikes (8)	TTR = 0.41 to 0.55	22.2' to 29.0'

Fuente: Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Grzebieta y Rechner (2015). Universidad of New South Wales. Australia.

Urynowicz (2005) en su investigación “The Static Stability Factor a Dynamic Introduction To Engineering”. Universidad Of Wyoming. USA. Propone un modelo físico a escala de vehículo como cuerpo rígido, tal como se evidencia en la figura siguiente:

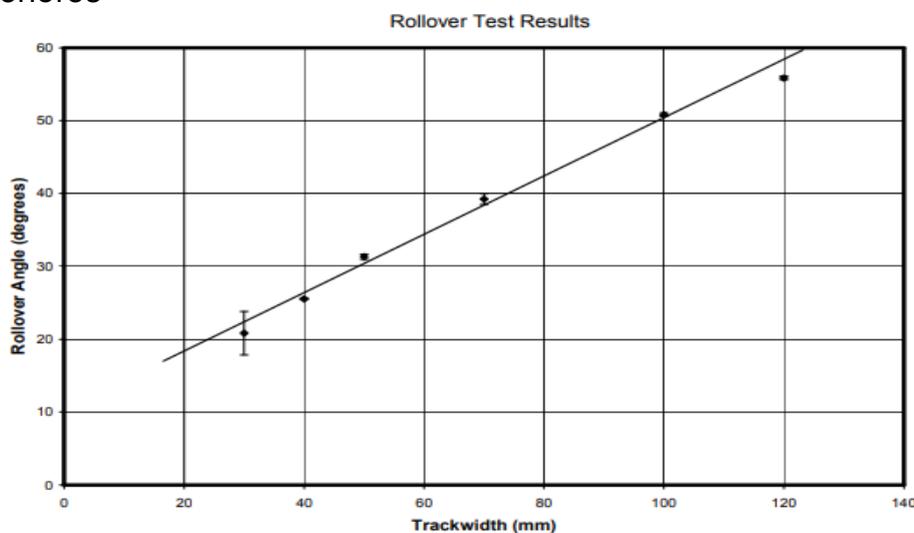
Figura 5. Modelo físico a escala de un vehículo como cuerpo rígido en disposición de evaluar su estabilidad lateral y su tendencia al vuelco lateral



Fuente: Urynowicz, E. (2005) en su investigación “The Static Stability Factor a Dynamic Introduction To Engineering”. Universidad Of Wyoming. USA.

La figura 5 se complementa con la gráfica siguiente:

Gráfico 13. Ángulo de vuelco en función del ancho T entre llantas posteriores



Fuente: Urynowicz, E. en su investigación “The Static Stability Factor a Dynamic Introduction To Engineering”. Universidad Of Wyoming. USA.

Claramente se observa de la interpretación de la gráfica anterior que para un aumento de T (Mayor SSF) el vehículo tiene mayor estabilidad lateral y menor probabilidad de vuelco lateral o sea mayor ángulo de inclinación lateral, por el contrario con un menor ancho entre llantas T (menor SSF) menor ángulo de inclinación o menor estabilidad lateral y mayor probabilidad de vuelco.

Antecedentes internacionales relacionados al tema de investigación, pero aplicados a diferentes vehículos.

Martín (2013) propone su Tesis titulada “Estudio teórico experimental de la estabilidad lateral en vehículos cisterna. Metodología para la determinación del umbral de vuelco”, Universidad Politécnica de Madrid. España. El autor plantea como objetivo el aumento de la seguridad actuando sobre el diseño mismo del vehículo y su interacción con la carga líquida que transporta un camión cisterna, además de evaluar la estabilidad lateral del vehículo usando modelos a escala. También de su interacción con las vías en las que circulará durante el transporte y la seguridad inherente porque en un vuelco lateral la cisterna puede derramar la carga que transporta causando impacto negativo. Este estudio integra conocimientos de Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Transporte, Ingeniería Mecánica de Fluidos debido a los fluidos que transporta. Además de que es a la vez experimental puesto que uso modelos a escala para evaluar la interacción del vehículo con la vía por donde circulará. También este trabajo propone evaluar el denominado umbral de vuelco pero adaptado a la carga líquida que transporta este vehículo cisterna. La tendencia en este tipo de vehículo es incrementar la capacidad de carga que llevan, pero esto impacta sobre la seguridad tanto del mismo vehículo como la del transporte en las vías por donde circula. También ha analizado las diferentes maniobras con este tipo de vehículo para evaluar la estabilidad lateral de las mismas.

Ibañez (2012) propone en su Tesis titulada “Estudio y simulación con Simulink de vuelco de un vehículo pesado en adelantamiento”, Madrid,

España. En este trabajo se evalúa la estabilidad lateral de vehículos pesados como son los trailers de varios ejes en su maniobra de adelantamiento, para ello utiliza un modelo simulado con ayuda del Programa de Matlab-Simulink, el fin siempre es la seguridad en las vías por donde circulará este vehículo durante su transporte dado que un accidente de vuelco lateral de un vehículo pesado acarrearía un impacto negativo sobre las personas, los bienes que posiblemente se dañarían e incluso sobre el medio ambiente por el tipo de carga que en muchos casos podría tratarse de mercancías peligrosas como minerales, químicos, gases, combustibles, etc. De nuevo este estudio integra conocimientos de Ingeniería de Transporte, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Seguridad, Ingeniería de Sistemas más aún en un vehículo pesado como son lo que en el Perú técnicamente se denominan semirremolques o trailers que después de un vuelco debido a su gran masa constituye un gran riesgo para los usuarios de las vías impactando negativamente sobre la vía y el medio ambiente, luego siempre será necesario encontrar mejoras en este tipo de vehículos pesados para incrementar la seguridad del vehículo, de los ocupantes, de los peatones, e incluso sobre el transporte en las mismas vías.

Ballesteros (2015) propone su Tesis titulada “Diseño, fabricación y ensayo de estructuras autodesplegables de protección al vuelco”, Universidad Pública de Navarra. España. Este trabajo plantea la solución de seguridad durante el transporte en vías rurales de maquinaria agrícola especialmente tractores. La solución dada está basada en estructuras autodesplegables mediante infladores airbag que se activarán en un tiempo menor que el tiempo de vuelco, esta estructura protegerá al maquinista del tractor, al vehículo mismo, etc. El vuelco del tractor en las vías rurales menciona el autor es la principal causa de accidentes mortales en la agricultura. Se menciona que el vuelco lateral supone el 90% de los vuelcos en un tractor y define factores de riesgo para el vuelco de un tractor. También se plantea acciones para limitar el riesgo de vuelco donde también participa la

tecnología. Se considera que se trata de un buen trabajo, hay que notar que en España se tiene instrucciones técnicas para muchos casos como la instrucción técnica de prevención N° 259 desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para prevenir vuelco de tractores señalando una lista de medidas preventivas. Se observa que países desarrollados ya estudiaron estos temas hace décadas pero en países emergentes como el Perú tenemos mucho espacio para llenar todos estos vacíos que se presentan en la Ingeniería de Transporte. En nuestro medio recién se utilizan en muchas ambulancias rurales las estructuras antivuelco aproximadamente en estos últimos 8 años.

Narajari (2005) propone en su Tesis titulada “Una propuesta de estudio de vuelco usando sensores para evaluar la aceleración lateral”. Texas University USA. Destaca el desarrollo de un modelo para evaluar la aceleración lateral causante de vuelcos naturales usando el software Lab View. Este estudio es importante porque describe los principales factores que tienen influencia en la estabilidad lateral y que originan el vuelco natural, factores como la misma aceleración lateral, la inclinación del terreno, los obstáculos en el camino, la posición del centro de gravedad, las condiciones de manejo e incluso la suspensión del vehículo. Este estudio confirma el uso del factor estático de estabilidad (SSF) que evalúa cuan propenso es un vehículo al vuelco lateral. El modelo matemático describe la relación entre la rapidez del vehículo y el ángulo que forman las llantas delanteras con la dirección que lleva el vehículo. Además la contribución de este trabajo es que mediante este modelo evalúa las fuerzas laterales en las llantas en un escenario de vuelco lateral.

Kenneth (2007) propone su Tesis titulada “Influence rollover and their effect on Electronic Stability Controllers”. Auburn University. Alabama. USA. Señala en su Tesis un modelo que tiene como base el uso del factor estático de estabilidad (SSF), la dirección del vehículo y la dirección de la aceleración lateral. Propone una metodología de simulación con MATLAB

complementado con el software CAR SIM. Las ecuaciones del movimiento se incorporan en el MATLAB no así en el software CAR SIM en donde las ecuaciones dinámicas son construidas por el propio paquete informático. Este estudio ratifica la propuesta de la NHTSA en lo que respecta a la definición del SSF, pero con el adicional de considerar el efecto de la suspensión. El objetivo de este estudio es predecir la velocidad límite para evitar el vuelco lateral, usando control electrónico basado en parámetros determinados por la simulación. En estos últimos años se viene incorporando el control electrónico de estabilidad lateral en vehículos, como un recurso de asistencia al conductor.

Alam y Watkins (2007) destaca su Tesis titulada “Lateral Stability of a Double Stacked Container Wagon under Crosswinds”. RMIT University Melbourne, Australia. La importancia del estudio de la estabilidad lateral en un tren de transporte de carga solicitado por fuerzas no solamente gravitacionales y centrífugas, sino la fuerza causada por vientos cruzados, sobre todo si todas estas fuerzas aparecen en los tramos curvos de las vías. En este estudio se tiene en cuenta las fuerzas aerodinámicas por acción de los vientos y su influencia en los posibles vuelcos laterales. La metodología empleada en este trabajo se basa en determinar la velocidad crítica del viento que actúa sobre el tren de carga, esta metodología implica experimentación en un túnel de viento calibrado en un modelo físico representativo en condiciones reales. Los ensayos experimentales dentro del túnel de viento consideraron que la situación del modelo de tren transportando carga variable, también se complementa con la evaluación de impacto ambiental debido a las emisiones por el tipo de combustible utilizado. El estudio concluye con una propuesta de configuración aerodinámica del tren para minimizar las fuerzas debidas al viento.

Steven (2007) contempla en su Tesis “Modelación, análisis y medición de la estabilidad de vehículos de pasajeros”. Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Massachusetts. USA. Contempla en este estudio la

importancia de la estabilidad lateral en los vehículos pero también pone el foco de atención en la seguridad que aporta el propio vehículo. En la metodología incluye el factor de la deformidad del terreno, lo que configura un nuevo escenario donde cambia el modelo del vehículo en cuanto a las solicitudes de fuerzas por parte del propio terreno. Otro aporte importante de esta tesis es la consideración respecto a que considera al vehículo materia de investigación como un sólido rígido similar al modelo físico considera en la presente tesis.

Hsun, Yedavalli y Guenther (2011) refieren en el artículo “Control de balanceo activo para la prevención de vuelco de vehículos pesados articulados con minimización de múltiples índices de vuelco”. En este trabajo se considera un diseño de control electrónico para evitar vuelcos laterales en tráilers de 3 o más ejes denominados vehículos pesados que en el caso de un vuelco lateral causarían daños de gran amplitud debido a su tamaño. La idea que plantea este artículo es usar un algoritmo que considere los índices SSF de vuelco lateral, es decir cuando a través del sistema de control del vehículo se reconozca estar desplazándose fuera del intervalo de aquellos índices este sistema actuaría sobre el sistema de dirección y frenos, es decir actúa sobre la dinámica del vehículo manteniéndola en la zona de estabilidad y por consiguiente de seguridad. El aporte de este trabajo es que se considera que el uso de la barra estabilizadora en el tracto ofrece más estabilidad y seguridad que usar actuadores de ejes múltiples en el tracto y en el semi-remolque que juntos en el Perú se le conoce como trailaers, por lo que el uso de esta técnica sería un aporte a la solución del problema de estabilidad lateral para estos vehículos pesados.

Ataei y Khajepout (2017) en su Artículo “Index Rollover For Tripped and Untripped Rollovers on Flat and Sloped Roads”. Aportan una metodología de ingeniería inversa, es decir a partir del conocimiento de la zona de inestabilidad mediante los valores del SSF desarrollan un sistema que a

partir del control electrónico alimentado por parámetros que reconocen externalidades útiles para evaluar el vuelco lateral como son la inclinación del terreno, la detección de obstáculos en el camino, detección de tramos curvos y de blandura del terreno que una vez reconocidos son transferidos por el sistema de control que actúa sobre la dinámica del vehículo para evitar la inestabilidad lateral. Este desarrollo se ha implementado en una camioneta SUV pero se puede trasladar con la debida investigación a otros tipos de vehículos: automóviles, ómnibus, etc.

Wu, Guzzomi y Hodkiewicz (2013) consideran en su Artículo "Static Stability Analysis of Non-Slewing articulated mobile cranes". Melbourne University. Australia. Indican que la estabilidad lateral en grúas móviles articuladas no giratorias constituye un tema de connotación por la ocurrencia de accidentes en Australia. La metodología usada para la investigación de ocurrencia del vuelco lateral de este tipo de vehículo, porque la grúa también es considerada un vehículo, es la de un análisis de un modelo físico bajo condiciones estáticas, donde el factor SSF es el parámetro fundamental para esta evaluación. El trabajo aporta la determinación de una zona segura de trabajo de este tipo de grúas para neutralizar el vuelco lateral.

Haiyan (2007), en el Artículo "Rollover Stability of a vehicle during critical driving". Universidad de Nanjing de Aeronáutica e Ingeniería del Automóvil. Se propone un modelo de vehículo para evaluar la estabilidad ante el vuelco lateral a causa de maniobras riesgosas o denominadas de conducción críticas. Este modelo se prueba en tramos curvos a punto de rebasar la velocidad límite y para cambios repentinos de dirección de un carril a otro a alta velocidad, con ángulo elevado de dirección. Con ayuda de este modelo el autor define regiones seguras de estabilidad en función de los parámetros técnicos del propio vehículo.

2.2 Bases teóricas

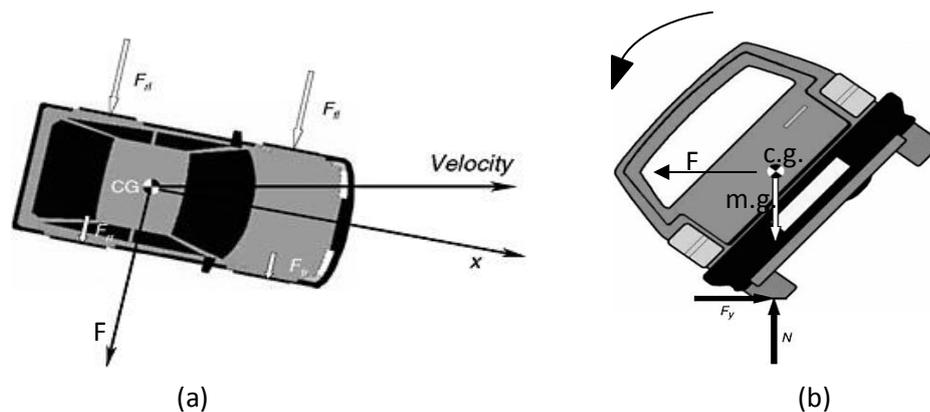
2.2.1 Teórico

1. Umbral de vuelco lateral

Evidentemente en países como USA se ha investigado los vuelcos laterales de vehículos desde la década de 1950. Un vuelco lateral es la condición de rotación de la unidad vehicular alrededor de su eje longitudinal, debido a la fuerza lateral resultante que se crea bajo condiciones dinámicas cuando el vehículo sobrepasa la velocidad límite en carreteras con o sin peralte, ó cuando colisiona con obstáculos este le provoca una fuerza normal que desestabiliza el vehículo, también durante una maniobra brusca de cambio de dirección. La dinámica se observa en la figura 6.

Esta fuerza lateral resultante F debido a la II Ley Newton origina la aceleración lateral a_y .

Figura 6. En (a) se muestra la fuerza lateral F que sobrepasa el umbral de vuelco y hace que el vehículo vuelque lateralmente como se observa en (b).



Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment U.S.A.

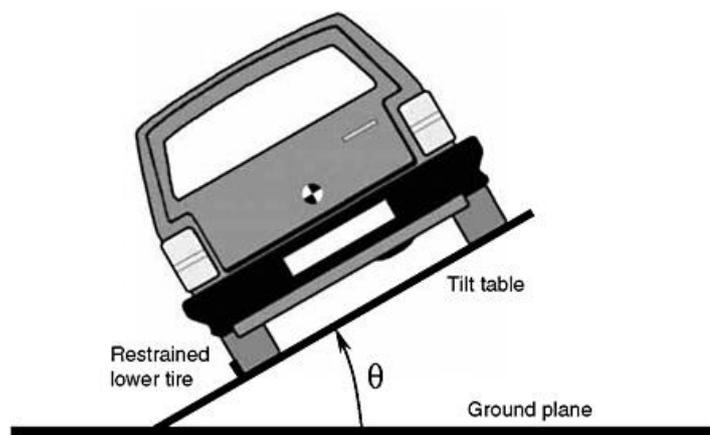
$$a_y = \frac{F}{m_{\text{avehículo}}} = \frac{F}{m_{\text{VEH}}} \dots\dots\dots (2)$$

La teoría especializada sobre el tema aborda el tema del vuelco lateral con una variedad de pruebas, sin embargo según la NHTSA (2011) se los puede clasificar en dos categorías que pasamos a describir a continuación.

2. Mediciones o Test estáticos

El test estático mide cuán propenso es el vehículo al vuelco y que se hace en una plataforma inclinada denominada por la NHTSA como TILT TABLE RATIO (TTR) que va girando hasta encontrar el ángulo θ de volcamiento lateral.

Figura 7. Ensayo Tilt Table test, que corresponde a un ensayo estático para la determinación del SSF, que será igual a la tangente del ángulo mostrado.



Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

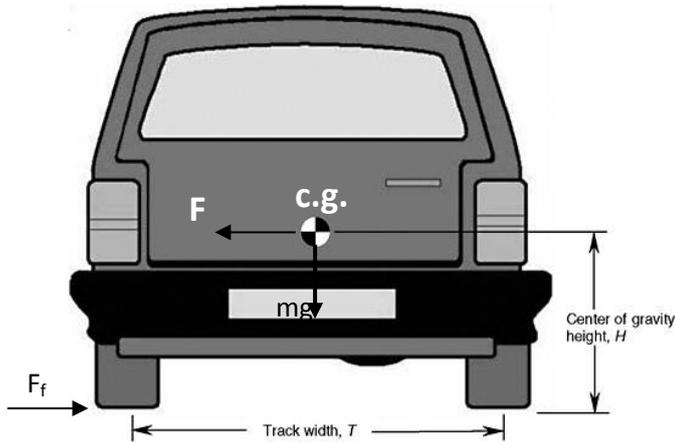
El ángulo θ como umbral de volcamiento se mide experimentalmente:

$$TTR = \text{Tg } \theta = \text{SSF} \dots\dots\dots(3)$$

2.1 Factor Estático de Estabilidad (SSF)

Consideremos la figura donde se muestra al vehículo un poco antes del inicio del vuelco lateral. El vehículo se considera bajo el modelo físico de cuerpo rígido.

Figura 8. Dimensiones para determinar el SSF.



$$\sum \tau_0 = 0$$

$$FZ_{cg} - mg \left(\frac{T}{2} \right) = 0$$

II Ley Newton: $F = ma_y$

$$ma_y Z_{cg} = mg \left(\frac{T}{2} \right)$$

$$a_y = g \left(\frac{T}{2Z_{cg}} \right)$$

Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

Si $H = Z_{c.g.}$, $T =$ Trocha del vehículo

$$SSF = \frac{T}{2H} \dots\dots\dots (4)$$

$H = Z_{c.g.}$ que es la altura a la que se encuentra el centro de gravedad c.g. del vehículo.

$$a_y = g (SSF) \dots\dots\dots (5)$$

La aceleración lateral de umbral de vuelco a_y es una fracción o múltiplo de g . La NHTSA ha evaluado los siguientes valores de SSF para miles de camionetas, SUV, automóviles que se encuentran en el mercado de USA, en la tabla siguiente se muestran valores de SSF para diferentes tipos de vehículos.

Tabla 3.

Valores Típicos del Factor SSF

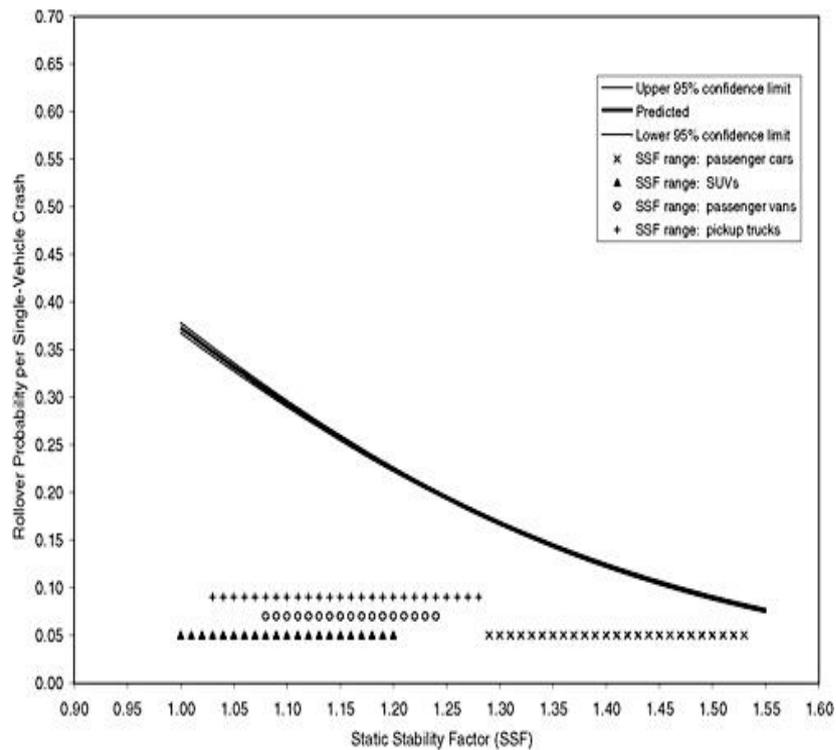
SSF	Vehículo
1,03 o menos	Camionetas SUV
1,04 – 1,12	
1,13 – 1,24	
1,25 – 1,44	Valores típicos para automóviles
1,45 a más.	

Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

La NHTSA (2011) ha desarrollado modelos estadísticos de probabilidad de ocurrencia de vuelcos laterales utilizando técnicas de regresión múltiple, para ello ha comparado un número de 220 000 accidentes de tránsito en todo USA que involucran vuelcos.

La siguiente curva de estimación de vuelco con un 95% de intervalo de confianza siguiendo modelo estadístico logarítmico.

Gráfico 14. Estimación de probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral siguiendo el modelo estadístico logarítmico dependiendo del SSF.



Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

En el gráfico 14, la ordenada representa la probabilidad de ocurrencia del vuelco lateral, la abscisa representa el SSF, los vuelcos laterales considerados son de los dos tipos definidos anteriormente y que aparecen en la figura 11 (a) (b).

La NHTSA (2011) explica que la curva anterior es para un escenario promedio. Sin embargo se pueden graficar diferentes curvas para diferentes

escenarios, estos diferentes escenarios contemplan las características del conductor si es menor o mayor que 25 años, si ha ingerido bebidas alcohólicas, las condiciones medioambientales si ha llovido, si ha habido tormenta, brillo solar, contaminación, detalles de la vía, si ha habido curvas, límites de velocidad etc., todos estos datos se encuentran en los registros de los accidentes de vuelco lateral, en USA y que son recopilados, procesados y analizados para luego establecer los diferentes modelos para diferentes escenarios.

De acuerdo a la información proporcionada por la gráfica 14 y tabla 3, tenemos por ejemplo que las camionetas, SUV's, serán más propensos a volcar lateralmente que un automóvil.

Con toda esta información la NHTSA (2011) dependiendo de la vía afirma que es más probable que los vuelcos laterales ocurran cuando los vehículos circulen fuera de vía (*off – road*), también en vías rápidas como autopistas (*Highway*), o en caminos rurales (*rural road*) este último nos atañe.

Según expresa el Safety Research & Strategies (2006) para haber llegado al punto de abordar la evaluación de la estabilidad lateral de cualquier vehículo a través del Static Stability Factor (SSF) el respaldo que recibió este indicador fue la investigación de Robertson (1997) que correlacionó los accidentes por vuelco lateral de los vehículos que respondían a determinadas marcas y modelos con mayor tasas de accidentes por vuelco lateral tenían valores de SSF más bajos mientras que los vehículos de otras marcas y modelos con menor participación de accidentes por vuelco lateral tenían mayores valores del factor SSF. Esta investigación refiere que la introducción de otros factores que interviene como la edad del conductor, consumo de bebidas alcohólicas, la influencia del medio ambiente no cambiaban las tendencias mencionadas, por cuanto un menor valor de SSF mayor será la probabilidad de que el vehículo vuelque lateralmente y por el contrario cuanto mayor sea el valor de SSF menor será la probabilidad de

que el vehículo se vuelque lateralmente. Esta investigación también refiere que el inicio los fabricantes de los vehículos de las diferentes marcas y modelos no reconocían el protagonismo del factor SSF; sin embargo como expresa la NHTSA (2010) la controversia llegó al Congreso Americano con éste solicitando a la Academia Nacional de Ciencias de USA el análisis del Factor SSF, la Academia Nacional de Ciencias dictaminó que el factor SSF es un indicador científicamente válido. Con todo este respaldo la NHTSA (2011) se ratificó y prosigue usando el static stability factor SSF como indicador para la tendencia de un vehículo al vuelco lateral.

Como se ha podido observar la determinación del SSF se obtiene dividiendo la distancia entre llantas posteriores T entre dos veces la altura que le corresponde al centro de gravedad.

Justamente Ranski (2018) tomando en cuenta vehículos de todos los tipos marcas y modelos ha confeccionado la siguiente tabla 4 basada en su investigación.

Tabla 4.

Approximate values of the Static Stability Factor of different types of motor vehicles

Vehicle type	Static Stability Factor (SSF)
Cars ¹	1,35 – 1,45
Vans ¹	1,10 – 1,25
Sport Utility Vehicles – SUV ¹	1,05 – 1,20
Trucks, pick-ups ¹	1,10 – 1,25
Double-decker buses ²	0,60 – 0,75

Fuente: Investigation of the Influence of the Centre of Gravity Position on the Course of Vehicle Rollover. Ranski (2018)

3. Mediciones o test dinámicos

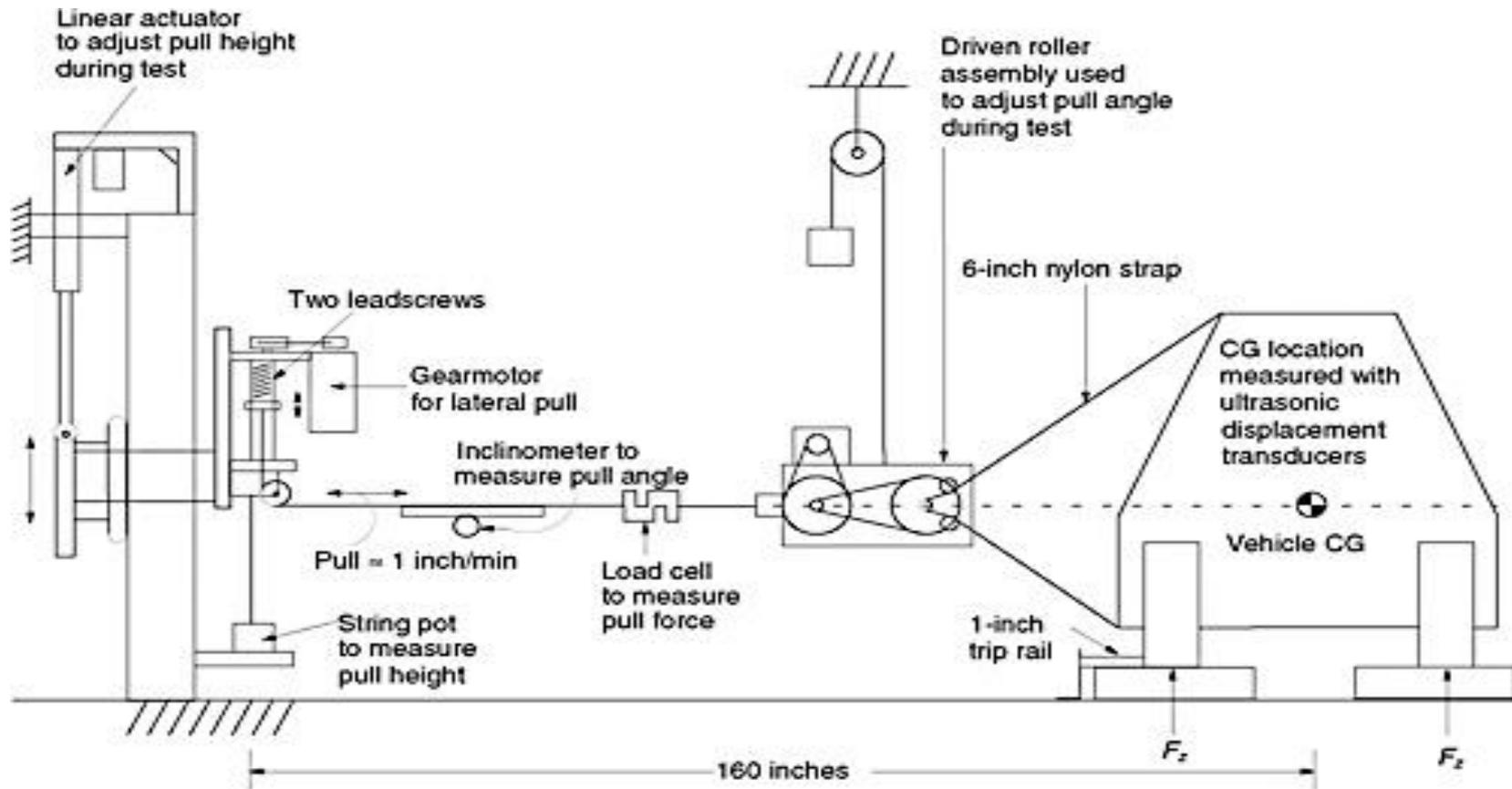
Son dificultosos de montar además del costo económico muy elevado en su implementación, requiere de precauciones para el conductor que participa

en estas pruebas. Destacan dos pruebas: Prueba o test de tirón lateral (*Side Pull Test*) y Prueba centrífuga (*centrifuge test*). Ambas pruebas se montan según se muestran en las figuras siguientes.

3.1 Medición o test de ensayo propuesto en la presente tesis.

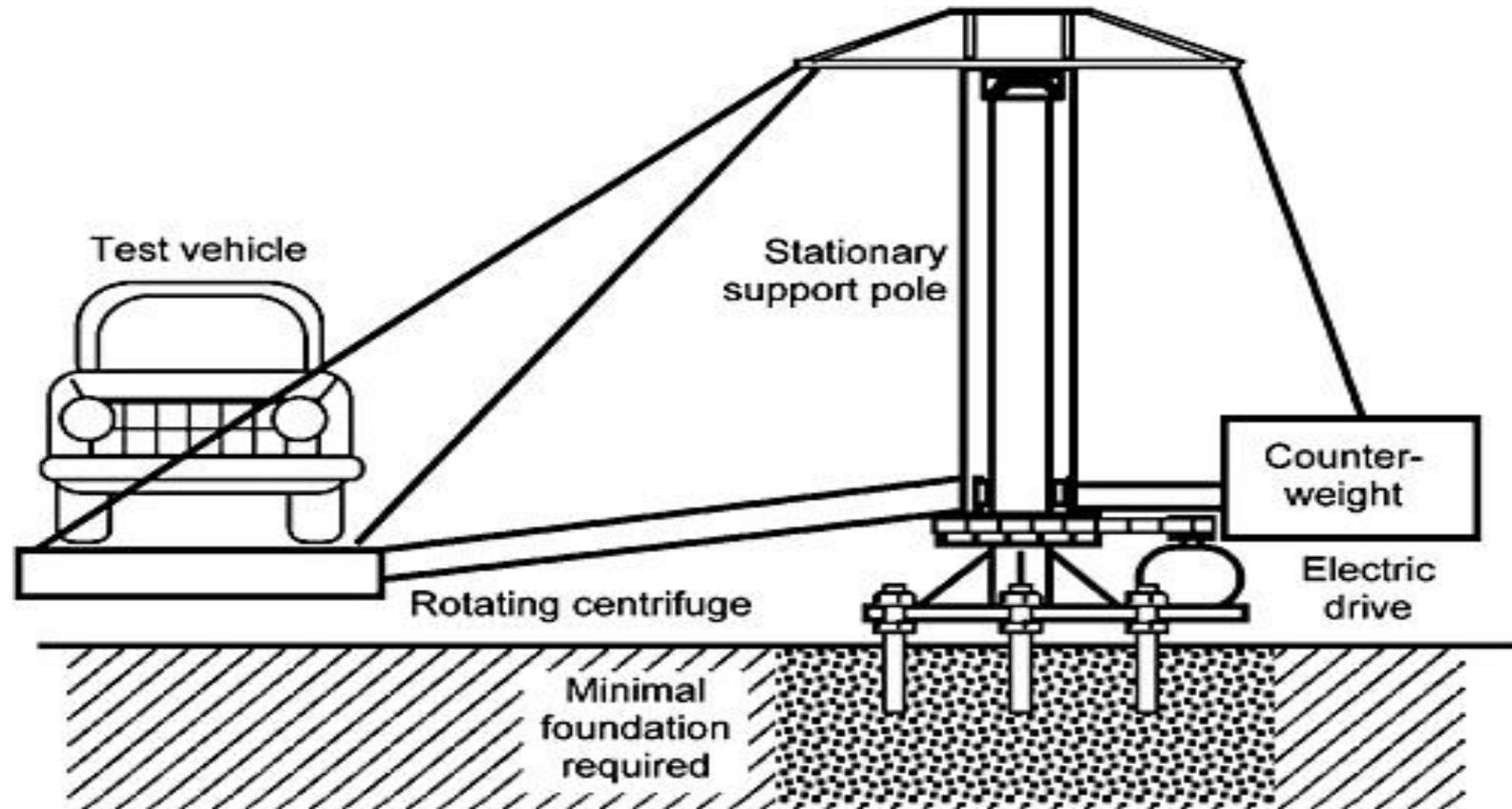
Tomando en cuenta los límites espaciales y temporales para esta investigación, esta se adhiere al test de ensayo estático basado en la determinación del factor estático de estabilidad lateral SSF para cada una de las ambulancias rurales de la muestra tomada de la población de ambulancias rurales, muestra que se determina en el punto 4.3, las razones fundamentales por la que elegimos esta prueba es porque el SSF es un término con validez científica y su determinación se ajusta a los propósitos de este Proyecto de Investigación.

Figura 9. Esquema de la prueba del tirón lateral que sigue para determinar el centro de gravedad del vehículo CG y combina la prueba estática con una prueba dinámica. También determina el SSF.



Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

Figura 10. Prueba dinámica donde el vehículo es sometido a una prueba de fuerza centrífuga hasta el instante en que pierde estabilidad y está a punto de volcar, sirviendo para determinar el SSF. Es una prueba muy riesgosa para el conductor y de alto costo en su i



Fuente: NHTSA's Rating System for Rollover Resistance: An Assessment - U.S.A.

2.3 Marco Conceptual

Teorías generales relacionadas con el vuelco lateral

Uno de los puntos importantes a tener en cuenta en la seguridad vial es la respuesta de la unidad vehicular al circular trayectorias curvas y cuando se esquiva en forma inesperada obstáculos en el camino.

Si el vehículo no es seguro, tendrá repercusiones en su estabilidad lateral que puede resultar en un vuelco lateral. Según la clasificación dada por la NHTSA (2011) tenemos dos tipos de vuelco lateral:

Untripped rollovers y tripped rollovers. El primero de ellos referido al vuelco lateral que sucede cuando el vehículo excede la velocidad permitida en las trayectorias curvas. El segundo caso es cuando el vehículo encuentra obstáculos en el camino que lo obliga a cambiar repentinamente de dirección. En estos casos aparecerán aceleraciones laterales que pueden desestabilizar lateralmente a las unidades vehiculares produciéndose el vuelco lateral.

Figura 11. En (a) se muestra el vuelco lateral debido a un repentino obstáculo en el camino que desestabiliza el vehículo, en el caso de (b) la unidad vehicular sobrepasa la velocidad límite en trayectoria curva (velocidad crítica) y se produce el vuelco lateral



a) Tripped Rollover



b) Untripped Rollover

Fuente: Rollover Index for the Diagnosis of Tripped and Untripped Rollovers. USA.

En la figura 11 se ilustra los casos de vuelco lateral en (a) el vuelco lateral se produce cuando el vehículo en pleno movimiento de pronto encuentra un obstáculo en la vía y recibe una fuerza normal que lo desestabiliza

produciéndose el vuelco lateral, en (b) el vuelco lateral se produce cuando se sobrepasa los límites permisibles de velocidad en la curva. En el Perú los vuelcos laterales de los vehículos se destacan más por sus consecuencias que por su número como ya se indicó anteriormente.

En otros países como USA donde la información, estadísticas y procesamiento de datos son más precisos, la NHTSA (2011) expresa:

En USA, el 35% de la mortalidad de casos fatales debido a accidentes de tránsito fue a causa de los dos tipos de vuelcos laterales; de ellos a su vez el 70% de estos casos se dio en automóviles, camionetas, SUV's, ambulancias y que la forma de determinar el tipo de vuelco lateral es a través de la escena del accidente, entrevista a los testigos, informes policiales, etc.

La capacidad de un vehículo para evitar el vuelco lateral constituye hoy en día uno de los temas más importantes asociados a la seguridad vial. A su vez, hay una gran variedad de factores que están relacionados con los vuelcos laterales siendo los más relevantes: las maniobras imprevistas ejecutadas por los vehículos, las condiciones medioambientales, la geometría del vehículo, el estado de la carretera, la edad del conductor.

En los casos de vuelco lateral la clave es la aceleración lateral que se origina cuando el vehículo se desestabiliza. Para iniciar el estudio teórico del vuelco lateral, es necesario definir el umbral del vuelco lateral o límite del vuelco lateral que viene representado por la aceleración lateral máxima que puede experimentar el vehículo sin que llegue al vuelco. Cuando la aceleración lateral llega a dicho umbral en ese instante las ruedas de un lado pierden contacto con la vía por donde circula y se produce el vuelco lateral como sucede en la figura 11 (a) y (b).

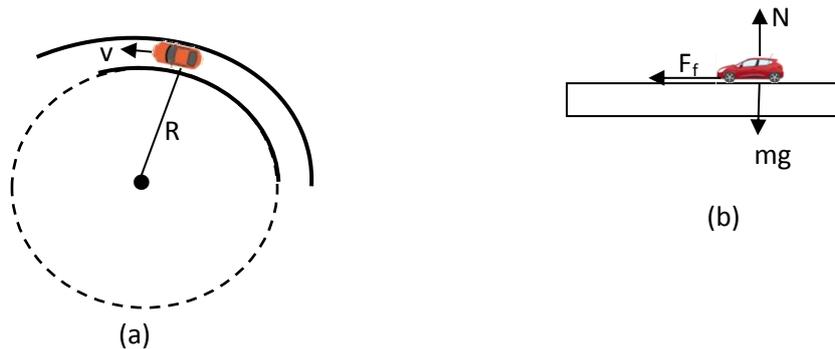
El análisis de la estabilidad lateral conlleva una base física, por lo tanto en este punto será necesario mostrar los fundamentos físicos de la estabilidad lateral de vehículos.

Vía sin peralte

Se considera que la unidad vehicular bajo el modelo físico de cuerpo rígido se mueve con velocidad v constante pasa por una trayectoria curva, esta a su vez forma parte de un círculo de radio R .

En la figura siguiente se muestran las fuerzas que actúan: El peso mg del vehículo, la reacción normal N de la vía y la fuerza de fricción F_f , μ es el coeficiente de rozamiento.

Figura 12. (a) y (b) representan el vehículo en trayectoria circular moviéndose con una velocidad v constante.



Fuente: Elaboración propia.

En sentido vertical $N = mg$

En sentido radial cuando $v = v_{max}$, F_f que es la fuerza de rozamiento es máximo, a su vez F_f mantiene el movimiento circular.

Se cumple: $F_f = \mu N$ (6) $F_f = \frac{mv^2}{R}$ (7)

Luego $F_f = \frac{mv^2}{R} = \mu mg$ (8)

Entonces: $v_{max} = v = \sqrt{\mu g R}$ (9)

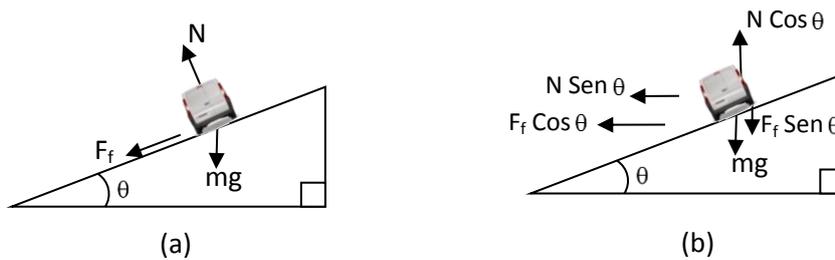
Esta expresión es válida para cualquier unidad vehicular sea este automóvil, camioneta, SUV, camión, ómnibus, ambulancia, etc.

Si el vehículo aumenta su velocidad por encima de $v_{\text{máximo}}$ ocurre el vuelco lateral. Para el caso de la vía con peralte es lo que analizamos a continuación.

Vía curva con peralte.

La figura siguiente muestra la vía curva con peralte θ , de nuevo el vehículo bajo el modelo físico de cuerpo rígido.

Figura 13. Los casos (a) y (b) representan la misma unidad vehicular recorriendo una vía curva con peralte, nótese que lo que se observa es la parte posterior del vehículo.



Fuente: Elaboración propia.

La situación límite es cuando $F_f = \mu N$

En sentido vertical: $N \cos \theta = F_f \sin \theta + mg$...

En sentido horizontal: $N \sin \theta + F_f \cos \theta = \frac{mv^2}{R}$...

Combinando las ecuaciones anteriores, tenemos que la velocidad $v_{\text{máxima}}$ que garantiza que el vehículo no salga de la trayectoria circular con peralte θ

$$v_{\text{maximo}} = v = \sqrt{gR \left(\frac{\text{Sen}\theta + \mu\text{Cos}\theta}{\text{Cos}\theta - \mu\text{Sen}\theta} \right)} \dots\dots\dots(10)$$

Es evidente que si $\theta = 0$ o sea vía sin peralte se obtiene el resultado anterior. A modo de ejemplo para una vía asfaltada y seca $\mu = 0,75$, con un radio de giro de 50 m, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Para la vía curva sin peralte: $v_{\text{max imo}} = 69 \text{ km/hora}$

Para la vía curva con un peralte de 6° $v_{\text{max imo}} = 76,8 \text{ km/hora}$

El peralte permite aumentar la velocidad límite en trayectorias curvas.

Análisis de la estabilidad lateral en relación al centro de gravedad c.g. de la ambulancia materia de investigación.

La figura muestra la unidad vehicular inicialmente sobre una vía sin peralte en estado de reposo, definimos el sistema cartesiano X, Y, Z como se observa en relación al vehículo.

Figura 14. Se muestra la unidad vehicular, en éste caso la ambulancia rural motivo de la presente tesis, el centro u origen de los ejes cartesianos se ubicará en el medio del neumático delantero izquierdo con relación al conductor.

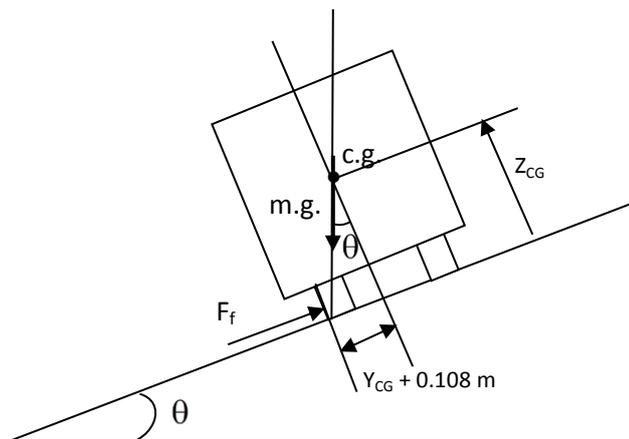


Fuente: Elaboración propia.

Consideremos una situación general con la vía peraltada con un ángulo θ , con el vehículo ubicado en disposición lateral, con centro de gravedad c.g. donde F_f es la fuerza de fricción, m es la masa del vehículo, $g=9,81 \text{ m/s}^2$; mg es el peso del vehículo.

Figura 15. ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad.

Para una situación de umbral de vuelco lateral, lo que se observa del vehículo es su parte posterior y su peso mg con línea de acción que pasa por el borde de la rueda izquierda. El vehículo se considera bajo el modelo físico de cuerpo rígido.



Fuente: Elaboración propia.

Se verifica que:

$$\text{Tg}\theta = \frac{0,108 + Y_{CG}}{Z_{CG}} \dots\dots\dots(11)$$

Donde X_{CG} , Y_{CG} , Z_{CG} , son las coordenadas X, Y, Z del centro de gravedad c.g., 0,108 m. es la mitad del ancho de rueda.

En la figura 15 se muestra la parte posterior del vehículo, por consiguiente en esta vista sólo se identifican dos de las tres coordenadas del centro de gravedad que son Y_{CG} , Z_{CG} .

En la figura 15 se representa una situación de umbral de vuelco lateral, es decir antes de que se produzca el vuelco es por eso que todavía las ruedas del lado derecho no se despegan del piso y además la línea de acción del peso mg del vehículo pasa por el borde exterior de la rueda izquierda.

Estado del arte a través de la evaluación de la teoría especializada

Es la NHTSA (2018) en el ámbito occidental de esta parte del mundo la que ha abordado entre otros temas el de la estabilidad lateral de los vehículos y la tendencia de estos al vuelco en su conexión con el factor SSF como indicador científicamente válido según se expresó en líneas anteriores.

Es evidente que en tiempos recientes la NHTSA (2018) ha involucrado en sus investigaciones diferentes factores como la edad del conductor el consumo de bebidas alcohólicas, las condiciones climáticas, si hay lluvia o brillo solar, la contaminación ambiental, el exceso de velocidad e incluso los tipos de vía, si es urbano o rural y hasta ahora las tendencias respecto del SSF y su conexión con la probabilidad de vuelco lateral se mantiene, lo que respalda aún más la vigencia del Static Stability Factor (SSF). No obstante en su permanente interacción con los fabricantes de vehículos y consumidores de los mismos estos les sugieren a la NHTSA que prosiga con sus investigaciones agregándole pruebas dinámicas que complementen al indicador SSF.

Hoy en día la NHTSA considera que el estudio de la estabilidad lateral en los vehículos y el estudio del vuelco lateral es un tema multidisciplinario donde a los factores antes mencionados se tocan otras áreas como la capacitación de los conductores, la protección antivuelco con bolsas de aire laterales, la aerodinámica del vehículo a lo que se ha agregado en estos últimos 15 años la irrupción de los sistemas con tecnología en especial del sistema (ESC) Electronic Stability Control que asisten al conductor para atenuar la probabilidad de vuelco lateral. En Europa se ha obligado a incorporar estos sistemas a todos los vehículos en las diferentes marcas, este sistema monitorea el ángulo de rotación en torno al eje axial del vehículo y cuando la rotación está fuera de rango el sistema ESC transmite una señal para bloquear uno de los ejes de la unidad vehicular minimizando el riesgo de vuelco lateral. Con todo podemos decir que hasta ahora el estado actual del conocimiento en lo que se refiere a este tema de

investigación, el factor SSF es un indicador científicamente válido, sin embargo continúa la investigación que es catalogada de multidisciplinaria.

Marco legal y normativo relacionado al tema de la investigación

Todo el marco legal relacionado al tema de investigación proviene del extranjero. No existe en el Perú un marco legal ni normativo referido al tema de la estabilidad lateral en unidades vehiculares. Tenemos normas internacionales referenciales como las normas KKK y las normas AMD:

Federal specification for the star-of-life ambulance KKK-A-1822F (2007), bajo el Título “Federal specification for ambulances”. Washington. USA, contempla el establecimiento de un mínimo de especificaciones, pruebas, criterios esenciales para el diseño de las ambulancias, performance como vehículo, equipamiento médico. Define tipos de ambulancias como tipo I, tipo II, tipo III, configuraciones mecánicas. Es tomado como referencia en cuanto a la configuración mecánica básica, medidas y pesos vehiculares.

Ambulance Manufacturers Division (AMD) (2004), bajo el Título “Standards”. Farmington Hills. USA, representa a la institución que aglutina a todos los fabricantes especializados en ambulancias, ellos someten a las ambulancias a pruebas denominadas estándar para todos los tipos de ambulancias:

AMD 001: Static load test for ambulance body structure. (Prueba de carga estática para la cabina de la ambulancia).

AMD 002: Body door retention test. (Prueba de hermeticidad de la cabina).

AMD 003: Oxygen tank retention test. (Prueba de hermeticidad para tanque de oxígeno).

AMD 004: Litter retention system. (Prueba de retención de la línea).

AMD 005: Ambulance 12 v. Dc. Electrical system. (Prueba de sistema eléctrico de 12 v.)

AMD 006: Sound level test code. (Prueba de nivel de sonido).

AMD 007: Carbon monoxide levels. (Prueba de niveles de monóxido de carbono).

AMD 008: Load test static load. (Prueba de cargas eléctricas estáticas).

- AMD 009: 120 v. electrical systems. (Prueba de sistema eléctrico de 120 v.)
- AMD 010: Water spray test. (Pruebas antilluvias).
- AMD 011: Ambulance temperature test. (Prueba de nivel de temperatura al interior de la cabina).
- AMD 012: Ambient temperature test. (Prueba de temperatura exterior).
- AMD 013: Weight distribution. (Prueba de distribución de pesos).
- AMD 014: Cooling system test. (Prueba de sistema de aire acondicionado).
- AMD 015: Ambulance oxygen system test. (Prueba de sistema de distribución de oxígeno).

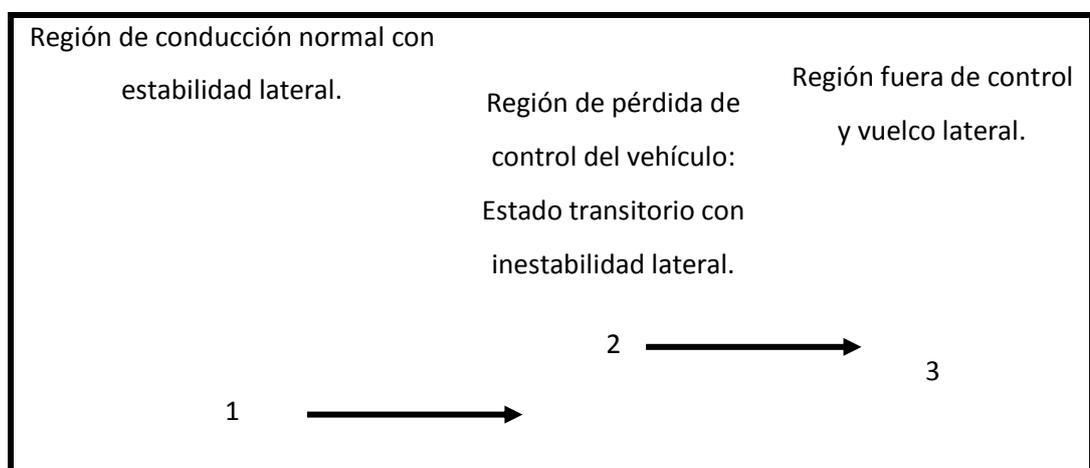
Dentro de estos denominados estándares se incluyen menciones a la estabilidad en los vehículos ambulancias y se hacen menciones a la seguridad en la ambulancia misma durante su transporte por las vías. En nuestro medio ya hay intentos por parte del Ministerio de Salud (MINSA) para que las ambulancias antes de prestar servicio a las zonas que le estarán designadas se las someten a pruebas como las indicadas en las AMD 005, AMD 006, AMD 010, AMD 011, AMD 012, AMD 014.

Vuelco Lateral

El vuelco lateral se encuentra dentro de una secuencia como señala la NHTSA (2002) y lo expresamos a través de la tabla siguiente:

Tabla 5.

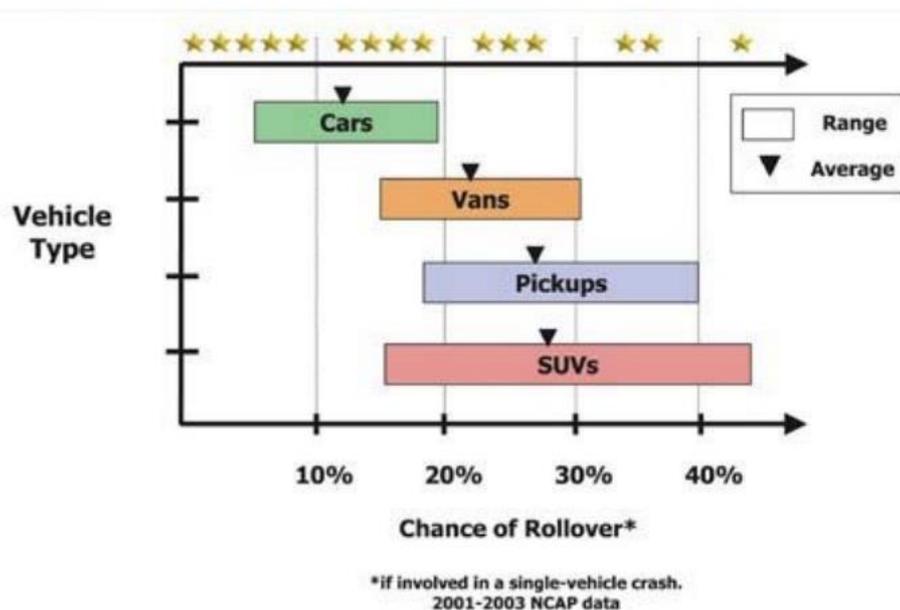
Secuencias de las regiones 1,2 y 3



Fuente: Interpretación de la NHTSA

Cuando de una conducción normal se pasa a una pérdida del control del vehículo el valor del SSF es clave para determinar si el vehículo pasa a la fase 3 de fuera de control y vuelco lateral. Dependiendo del valor del SSF para cada vehículo hace que estando en la región 2 por ejemplo al chocar con una piedra transitoriamente tiene una inestabilidad lateral, pero a pesar de esto mediante maniobras, el vehículo se recupera y en vez de pasar a la fase 3 regresa a la fase 1. La NHTSA (2001) ha determinado la correlación estadística entre el SSF y la probabilidad de vuelco lateral a partir de la data referida a 220 000 accidentes de tránsito de vehículos de diferentes marcas y modelos referidas a 6 estados representativos de USA, seleccionados como muestra para el modelado que resulta en las figuras mostradas anteriormente y que se complementa con el Gráfico 15 mostrado a continuación.

Gráfico 15. Clasificación de probabilidad de vuelco lateral expresada en porcentaje para diferentes tipos de vehículos.



Fuente: Trends in the Static Stability Factor of Passenger Cars, Light Trucks, and Vans.
NHTSA

Este gráfico es para vehículos de diferentes marcas y modelos, además indica que un aumento en el porcentaje hacia la derecha implica mayor probabilidad de vuelco lateral, porque los valores de SSF son menores, mientras que dirigiéndose hacia la izquierda implica menor porcentaje de probabilidad de vuelco lateral, porque los valores del SSF serán mayores, es decir hay una relación inversa. Por lo tanto los automóviles tienen mejor estabilidad lateral que un vehículo SUVs, la probabilidad de vuelco lateral de un automóvil es menor que la que corresponde a un vehículo SUVs, esto también se puede corroborar a partir de la interpretación de los valores del SSF mostrados en la tabla 4.

Ambulancia Rural

De acuerdo a lo establecido en el “Reglamento Nacional de Vehículos” aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003/MTC del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, complementada por la Directiva N° 002-2006/MTC-15 “Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares” y que a la fecha siguen vigentes, contempla la definición de ambulancia es “vehículo diseñado y acondicionado para trasladar y dar primeros auxilios a heridos o enfermos, y tratándose de ambulancia rural evidentemente circulará por las vías rurales. Asimismo en la Norma N° 051-MINSA/2006 “Norma Técnica de Salud para el Transporte Asistido de Pacientes por vía terrestre se precisan las características mínimas y equipamiento de las ambulancias rurales donde indica que la carrocería deberá ser integral de fábrica o carrozado sobre vehículo de carga.

Seguridad Vial

El MTC (2016) expresa que: “El desarrollo de la infraestructura vial y del sistema de transporte es una importante necesidad nacional para romper el aislamiento de los pueblos, que tanto en costa, sierra y selva tienen dificultades para superar los obstáculos naturales y para mejorar su accesibilidad entre ellos, en razón de las particulares características de

nuestra topografía y climas nacionales. Su integración es una necesidad y una meta nacional desde el punto de vista social, económico y geopolítico; y como medio de transporte a las carreteras les toca cubrir ese anhelo de los pueblos que es una de las infraestructuras requeridas y de las más costosas entre las muchas necesidades que tiene el país.

El Manual de Seguridad Vial del año 2016 (de ahora en adelante, MSV) está orientado a contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo, y no así, a los aspectos relativos al tránsito vehicular que es competencia de otras instancias. Este documento presenta los procedimientos, metodologías y consideraciones de Seguridad Vial a tomarse en cuenta en las etapas de diseño, construcción, mantenimiento o conservación, y operación de los proyectos viales.

También incorpora el concepto de auditoría de seguridad vial fijando sus objetivos y alcances. El conocimiento y la experiencia especializada son los factores necesarios para los mejores resultados de los procesos que configuren la seguridad vial.

Aspectos de Responsabilidad Social y Medio Ambiental

Transporte sostenible en vías rurales

Gonzalo (2008) explica que: “Usualmente cuando se habla de transporte sostenible se piensa en una ciudad grande como Lima, pero en las zonas rurales también hay problemas de insostenibilidad, el transporte más sostenible es el que no se hacen, se sugiere el uso de la bicicleta para distancias cortas hasta un rango de 8 Km., pero esto debe estar acompañado de un soporte como son la instalación de estacionamiento para bicicletas, duchas y vestuarios, que permitirán a los ciclistas tomar un breve descanso antes de iniciar otro recorrido, esto es una forma de sostenibilidad.

También se sugiere en zonas rurales el uso de vehículos eficientes que utilicen combustibles menos contaminantes e inclusive el uso de vehículos también eléctricos, por lo tanto se necesita invertir en infraestructura, los estudios existen lo que falta es que la voluntad y los recursos destinados a dicho fin”.

Contaminación ambiental en vías rurales

Aguilar (2014). Analizando la situación rural en el caso de Puno indica que: “Se habla de contaminación ambiental, pero la mayor parte de los habitantes de zonas rurales de Puno desconoce, en mayor o menor grado, que convivimos con sustancias químicas contaminantes que pueden afectar nuestra salud. La contaminación se puede dar en los espacios exteriores e interiores de las viviendas; las fuentes de contaminación exterior provienen de las industrias, aguas residuales domésticas y dentro de las viviendas la generan los combustibles como leña, bosta, materiales plásticos, etc. El desarrollo de la ciencia, la tecnología, la industria y los nuevos descubrimientos que han llevado a las características de vida de la era actual, ha afectado ese equilibrio por el que ciertas sustancias al estar presentes en cantidades mayores, causan efectos dañinos en la flora, la fauna y los seres humanos. En el Perú son escasos los documentos sobre contaminación rural.

El Banco Mundial (2017) refiere que: “El Perú ha respondido a los retos ambientales desarrollando y fortaleciendo continuamente un marco de gestión ambiental. El Código Nacional para el Ambiente y los Recursos Naturales fue adoptado en 1990 después de un extenso consenso entre los grupos de interés. El capítulo XII del Código contenía normas para regular la evaluación, reforzamiento y monitoreo del manejo de los recursos naturales, por ello constituía un primer esfuerzo para integrar las diferentes acciones para controlar la contaminación del agua, aire, ruido así como la visual que eran manejadas independientemente por diferentes entidades.

En 1994 el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) fue establecido como un cuerpo coordinador con mandato para proponer, manejar y evaluar la política nacional ambiental”.

Emisiones de CO₂ debido al transporte en vías rurales

GREENPEACE (2009), subraya que: “Si queremos mantener el aumento de la temperatura media global por debajo de los 2 °C, y así evitar los efectos más devastadores del clima, para el año 2050, cada uno de los habitantes del planeta deberá reducir a 1,3 toneladas anuales sus emisiones de CO₂. Estudios como el de Domínguez (2016) refieren que en México durante el año 2015 se obtuvo una media de emisiones de CO₂ por unidad vehicular de 4,898 TN CO₂ / año – vehículo. En otro estudio de Jaimes (2019) expresa que alrededor de la Universidad Peruana Unión se tiene una media de emisiones de CO₂ del orden de 3,398 TON CO₂ / año – vehículo. Asimismo el estudio de Hilario (2017) expresa en sus conclusiones que 43500 vehículos de la ciudad de Huancayo hasta con 15 años de antigüedad emitieron el año 2016, 225000 TON CO₂/ año lo que da una media de 5,17 TON CO₂ / año – vehículo.

El CO₂ es un gas de efecto invernadero que impacta negativamente en el medio ambiente y siendo un consenso que es el principal responsable de la temperatura promedio mundial.

2.4 Definición de términos básicos

Estabilidad lateral de una ambulancia rural: La evaluación de la estabilidad lateral de una ambulancia rural conlleva a evaluar el umbral del vuelco lateral que es la máxima aceleración lateral que es capaz de soportar el vehículo sin que se produzca el vuelco.

Seguridad vial: La seguridad en el transporte es la identificación de los riesgos potenciales de accidentes en la carretera, el establecimiento de sus causas y proponiendo actuaciones y medidas dirigidas a eliminar o reducir los accidentes de tránsito. Este estudio se limitará a la seguridad que ofrece el propio vehículo.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General

El planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de seguridad vial.

Hipótesis Específicas

Hipótesis Específica 1

La metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial

Hipótesis Específica 2

La metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial.

Variables:

Variable Independiente: Estabilidad lateral de las ambulancias rurales.

Según la NHTSA (2011), la evaluación de la estabilidad lateral de una ambulancia rural conlleva a evaluar el umbral del vuelco lateral que es la máxima aceleración lateral que es capaz de soportar el vehículo sin que se produzca el vuelco.

Variable Dependiente: Seguridad Vial

Según el MTC (2016), la seguridad en el transporte es la identificación de los riesgos potenciales de accidentes en la carretera, el establecimiento de sus causas y proponiendo actuaciones y medidas dirigidas a eliminar o reducir los accidentes de tránsito. Este estudio se limitará a la seguridad que ofrece el propio vehículo.

3.1.1 Operacionalización de la variable

a) Variable Independiente

Estabilidad lateral de las ambulancias rurales.

Tabla 6.*Variable Independiente*

Variable	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica / Instrumento
Estabilidad lateral de las ambulancias rurales.	Evaluación de la altura que corresponde al centro de gravedad de la ambulancia.	Centro de gravedad de la ambulancia rural y sus coordenadas.	<ul style="list-style-type: none">• Coordenadas del Centro de Gravedad de la ambulancia rural.• Angulo de vuelco lateral• Máxima aceleración lateral.	<ul style="list-style-type: none">• Procedimiento de evaluación en ingeniería automotriz.• Balanza electrónica de pesaje de vehículos / hoja de diagnóstico

Fuente. Elaboración propia

b) Variable Dependiente

Seguridad Vial.

Tabla 7.

Variable Dependiente

Variable	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica / Instrumento
Seguridad Vial.	Es el valor del indicador Static Stability Factor SSF. Factor relacionado con el ángulo de vuelco lateral, porque la tangente de dicho ángulo es dicho factor.	Seguridad del vehículo utilizado como ambulancia rural.	<ul style="list-style-type: none">• Normas y regulaciones• Análisis e interpretación gráfica	<ul style="list-style-type: none">• Búsqueda bibliográfica / observación• Instrumento gráfico / Factor SSF.

Fuente. Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

Existen una variedad de tipologías de investigación, sin embargo como indican Moya en Rodríguez y Valldeoriola (2007), en este caso el enfoque de investigación será una Investigación Cuantitativa. Complementariamente, se considera que también esta investigación es aplicada, porque es consistente de acuerdo al Reglamento de Calificación, Clasificación y Registros del CONCYTEC (2020), que afirma que “una investigación es aplicada cuando está dirigida a determinar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías), por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica”.

Es cuantitativa a partir de variables que se pueden evaluar como la estabilidad lateral de las ambulancias rurales, el umbral de vuelco lateral de la ambulancia rural, el centro de gravedad de la ambulancia rural. Pero por otro lado tenemos variables cualitativas como la edad y el estado emocional del conductor de la ambulancia rural, además de la forma que el conductor es afectado por las bebidas alcohólicas también es cualitativo. Sin embargo esta investigación no considera las variables cualitativas mencionadas, porque desde que se definió la problemática, se establecieron los límites espaciales y temporales de la investigación.

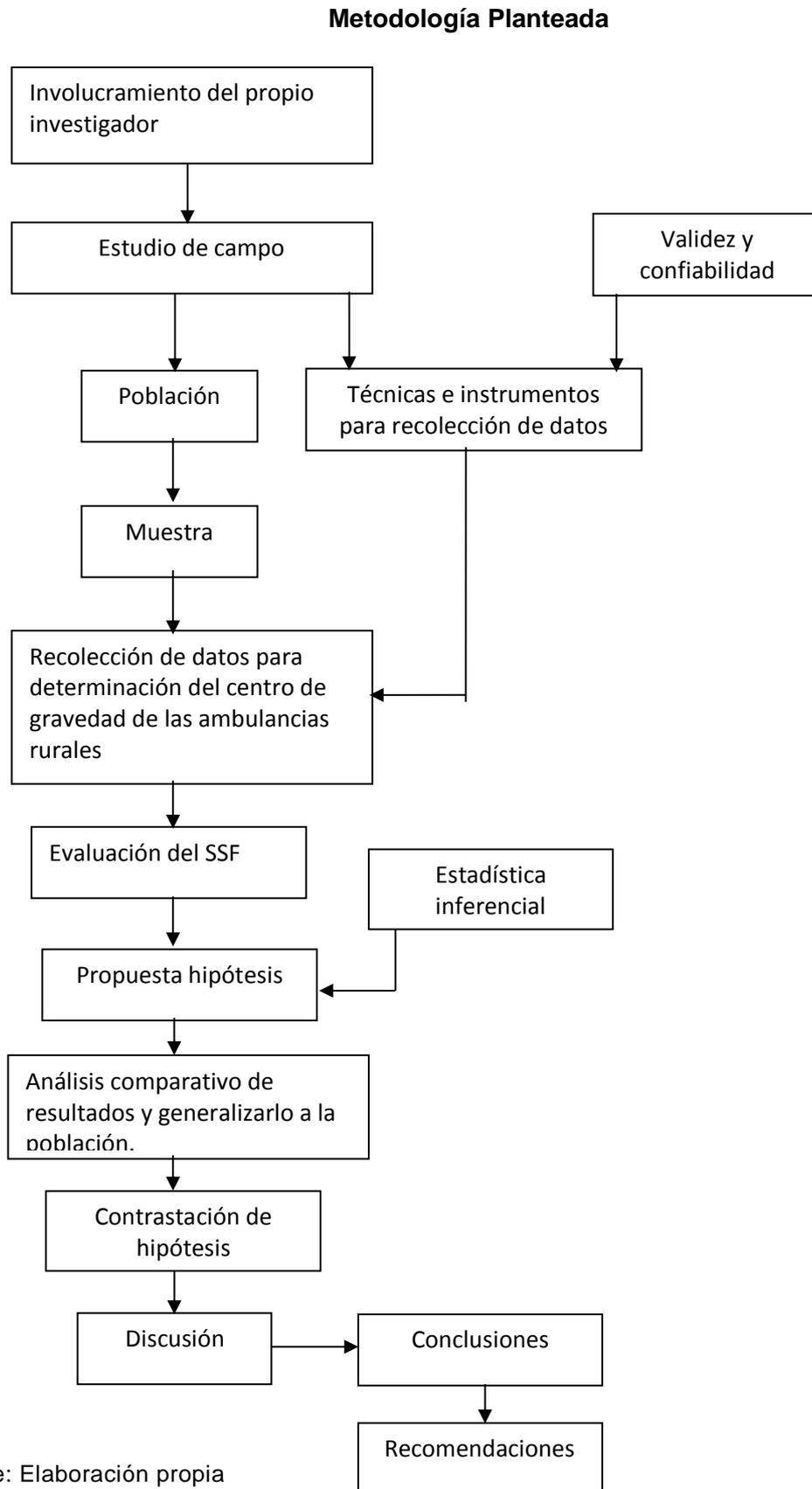
Con respecto al Diseño de la Investigación es no experimental. La metodología de esta investigación fue de enfoque cuantitativo basado en la recolección de datos tomados de una muestra, estos datos tienen como objetivo la determinación del centro de gravedad de las ambulancias rurales para posteriormente con el conocimiento de la geometría del vehículo evaluar el Static Stability Factor (SSF) para cada una de las ambulancias rurales de la muestra constituyendo los resultados.

Estos resultados pasarán la etapa de análisis con la asistencia de la estadística inferencial para probar las hipótesis previamente establecidas. En este caso los resultados sirven para hacer una inferencia estadística que se trasladará a la población y de esa forma se establecerá patrones de conducta que respalden la solución de la problemática.

4.2 Método de investigación

La siguiente figura es un resumen de la metodología planteada, que están respaldados por Rodríguez y Valldeoriola (2007) que consideran que la metodología planteada son los pasos u operaciones desarrolladas por el investigador.

Figura 16. Metodología planteada por el autor de la investigación



Fuente: Elaboración propia

La NHTSA (2017) expresa que:

Los vuelcos laterales son más probables en caminos rurales y autopistas.

Esta investigación se adhiere al factor estático de estabilidad SSF para evaluar el umbral de vuelco lateral en las ambulancias rurales motivo del presente trabajo de investigación.

4.3 Población y muestra

Las ambulancias rurales que se tomarán como población son las que corresponden a las adquiridas por el Ministerio de Salud (MINSA) mediante la “Adjudicación de menor cuantía N° 065-2013-MINSA contratación de bienes: Adquisición de Ambulancias”. Estas ambulancias son Ambulancias Rurales que en un número de 43 circularán por las vías rurales. Como consecuencia de esta licitación el consorcio ganador. Euroshop representante de la marca Volkswagen es el proveedor que cumplió con las especificaciones técnicas referidas a las Ambulancias Rurales.

Debemos reiterar que las 43 Ambulancias Rurales poseen las mismas especificaciones técnicas y son mostradas en la tabla siguiente:

Tabla 8.

Características de las ambulancias rurales

Marca	:	VOLKSWAGEN
Modelo	:	Transporter Chassis Single Cab
Año Fabricación	:	2013
Fórmula Rodante	:	4x4
Carrocería	:	Ambulancia
Cilindrada	:	1968 c.c.
Longitud	:	5,28 m.
Ancho	:	2,08 m.
Altura	:	2,46 m.
País de origen	:	Alemania
Chasiss y motor	:	Alemania

Fuente: Certificado de conformidad de montaje N° 000057, Universidad Nacional de Ingeniería 24-02-2014

En relación al tamaño de la muestra, no existen ambulancias rurales similares en el Perú referidas a la marca *Volkswagen*, modelo *Transporter*, tipo de motor, medidas vehiculares y que sean importadas de Alemania, por

lo que se trata de una pequeña población que coincidirá con la totalidad de las 43 ambulancias rurales. Todas son de la misma marca, modelo, y del mismo año de fabricación respondiendo a las características indicadas en la Tabla 8.

$$\text{Población} = N = 43 \dots\dots\dots (12)$$

Argibay (2009), indica que el muestreo se puede dividir en dos grandes grupos, aleatorios y no aleatorios en relación a que los muestreos sean probabilísticos o no probabilísticos respectivamente. La muestra probabilística sería la mejor forma de respaldar que una muestra sea representativa.

Tratándose de una población pequeña para evaluar la estabilidad lateral, se tomará el total de la población como muestra n:

$$\text{Muestra} = n = 43 \dots\dots\dots (13)$$

4.4 Lugar del estudio

Este trabajo de investigación se desarrollará en la Ciudad de Lima.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para la variable independiente: Estabilidad lateral de las ambulancias rurales
Como la estabilidad lateral es un concepto que aglutina la geometría del vehículo y la altura a la que se encuentra el centro de gravedad de la ambulancia rural, es necesario pesar la ambulancia de 4 formas diferentes:

- Peso seco o peso neto de la ambulancia rural
- Peso del eje posterior de la ambulancia rural
- Peso de las ruedas lateral izquierda
- Peso del eje posterior con el eje delantero levantado

Se utilizará como técnica de investigación el procedimiento de ingeniería automotriz; así mismo, como instrumento la hoja de diagnóstico para recolectar los pesos indicados con ayuda de la balanza electrónica de pesaje de vehículos para cada una de las ambulancias.

Para la variable dependiente: Seguridad Vial

Se utilizará como técnica de estudio la búsqueda bibliográfica y como instrumento gráfico, representado en el gráfico 14. Se hallará el valor del indicador Static Stability Factor SSF, éste factor está relacionado con el ángulo de vuelco lateral, porque la tangente de dicho ángulo es dicho factor. El mencionado factor es un instrumento pertinente con confiabilidad y validez, un valor alto de SSF implica un vehículo con menor probabilidad de vuelco lateral, luego se trata de un vehículo más seguro que implica mayor seguridad vial. Por el contrario un valor menor del indicador SSF implica mayor probabilidad de vuelco lateral o sea un vehículo menos seguro que implica menor seguridad vial.

Debemos considerar que los instrumentos gráficos son pertinentes porque se aplica en diferentes sectores, por ejemplo en ingeniería civil y arquitectura cuando se hacen proyectos e investigaciones que involucran contextos geográficos ubicados en determinada ciudad ya se utiliza el instrumento gráfico Google Earth.

Los instrumentos gráficos también se utilizan en economía y finanzas, en este último los instrumentos de evolución de precios de los commodities que pueden tener cambios en intervalos de tiempos muy cortos, es decir cambios bruscos. En ingeniería mecánica en proyectos de investigación de aire acondicionado se utiliza la carta psicométrica que es un instrumento gráfico para identificar las propiedades del aire atmosférico.

4.6 Análisis y procedimientos de datos

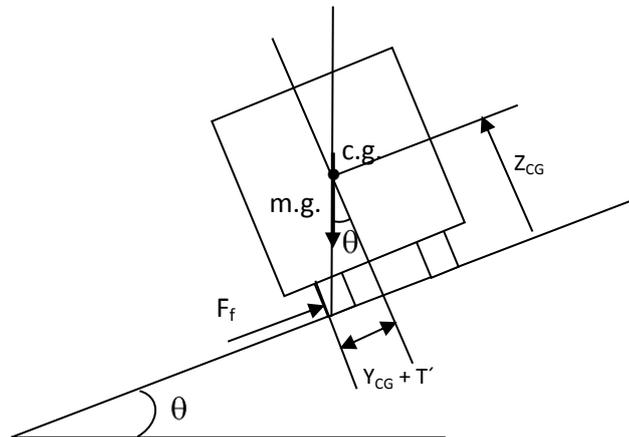
Todo lo expuesto en el Marco Teórico sirvió de insumo para elaborar la propia metodología basada en un ensayo estático para la determinación del factor estático de estabilidad SSF como un importante indicador que mide la propensión o cuán proclive es un vehículo a un vuelco lateral. Para nuestros propósitos se evaluó el SSF en todas las ambulancias rurales consideradas en el tamaño de muestra.

La figura siguiente muestra al vehículo un instante antes de volcarse, así determinaremos el SSF.

$$SSF = Tg\theta = \frac{T' + Y_{c.g.}}{Z_{c.g.}} \quad \text{..... (14)}$$

El peso mg pasa por el borde extremo de la llanta.

Figura 17. Ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad para SSF. Para una situación de umbral de vuelco lateral, lo que se observa del vehículo es su parte posterior y su peso mg con línea de acción que pasa por el borde de la rueda izquierda. El vehículo se considera bajo el modelo físico de cuerpo rígido.



Fuente: Elaboración propia.

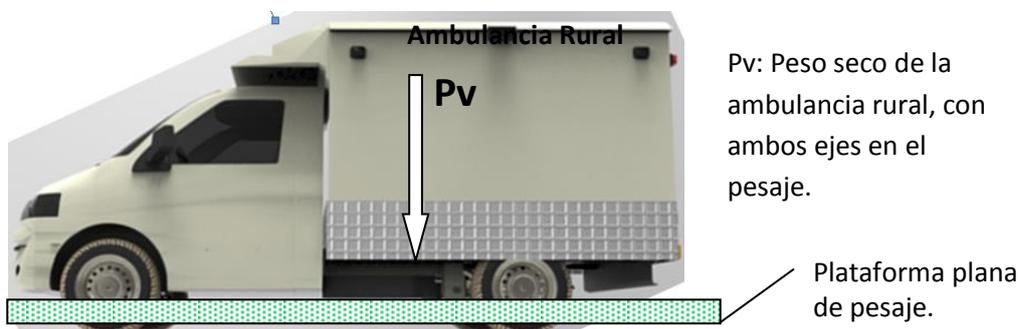
1) Método de Cálculo: Ensayo estático para determinar el SSF en una ambulancia rural.

En una plataforma plana de pesaje en balanza, se pesará el vehículo en su conjunto, luego el eje posterior del mismo, el lado izquierdo del vehículo y el peso del eje posterior con el eje delantero levantado.

2) Procedimiento de pesaje en la plataforma de la balanza.

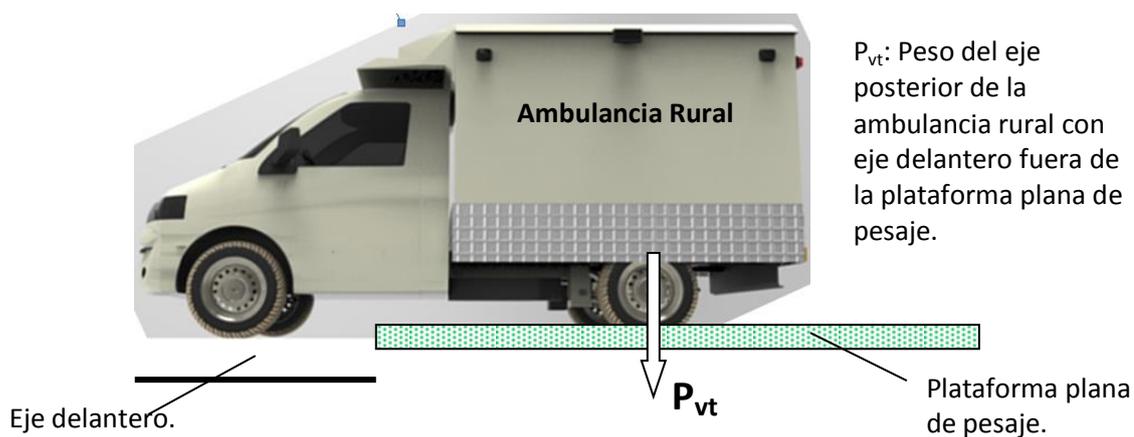
Se muestra en las siguientes figuras como es que se miden los pesos indicados:

Figura 18. Peso seco o neto de la ambulancia rural.



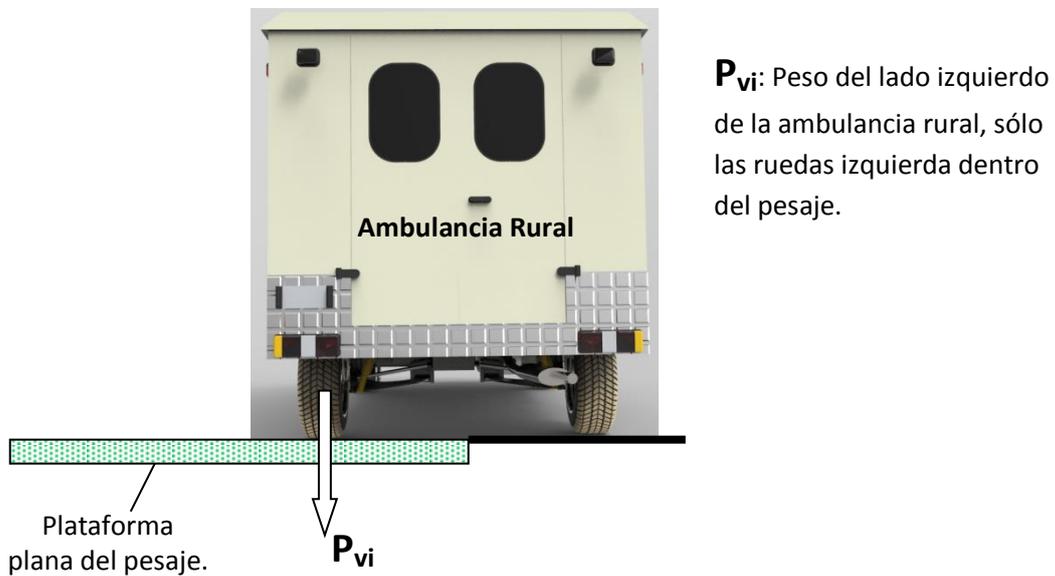
Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Peso del eje posterior de la ambulancia rural.



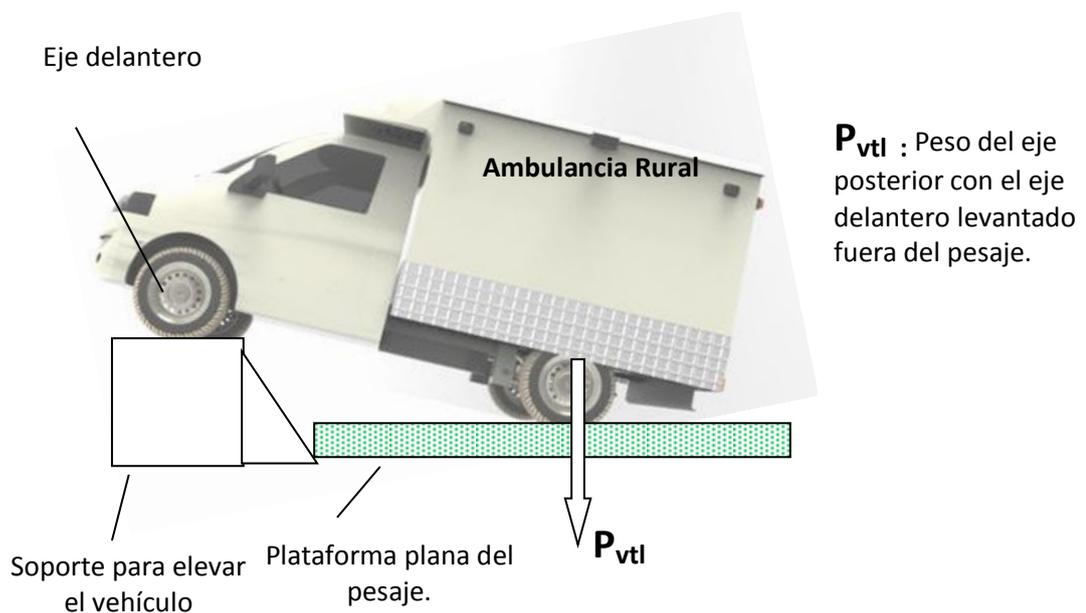
Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Peso del lado izquierdo de la ambulancia rural.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Peso del eje posterior con el eje delantero levantado.



Fuente: Elaboración propia.

Es decir, se medirán cuatro pesos diferentes que se reiteran a continuación:

P_v : Peso seco o neto de la ambulancia rural.

P_{vt} : Peso del eje posterior de la ambulancia rural.

P_{vi} : Peso del lado izquierdo de la ambulancia rural.

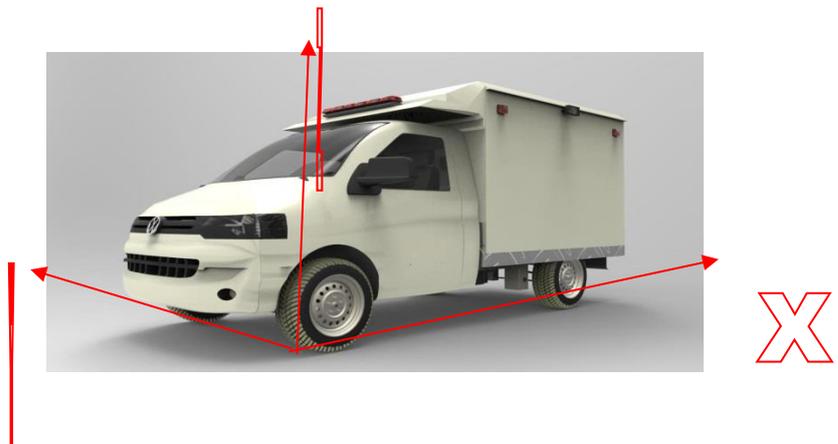
P_{vtl} : Peso del eje posterior con el eje delantero de la ambulancia rural levantado.

3) Cálculo del centro de gravedad c.g. de la ambulancia rural en los tres ejes cartesianos (X, Y, Z)

Para tal efecto servirán los datos del ensayo de pesos en la plataforma de pesaje.

4) Ubicación del origen del sistema X, Y, Z en la ambulancia rural:

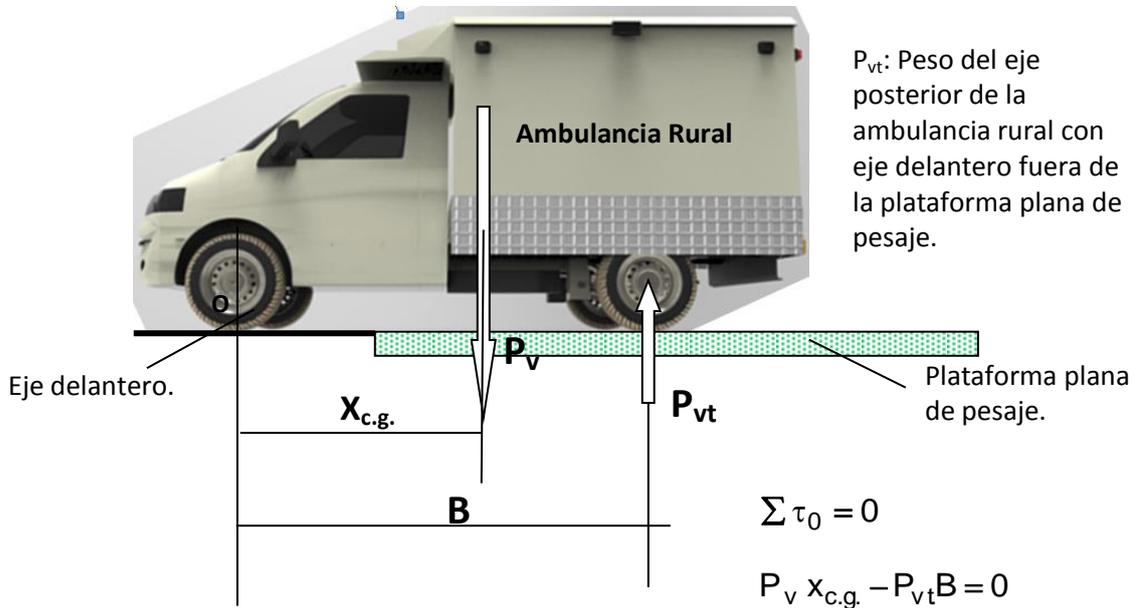
Figura 22. El origen de los ejes cartesianos se ubicará en el medio de la rueda delantera izquierda relativo al conductor de la ambulancia rural.



Fuente: Elaboración propia.

5) Cálculos y ubicación de $X_{c.g.}$

Figura 23. Cálculo de $X_{c.g.}$



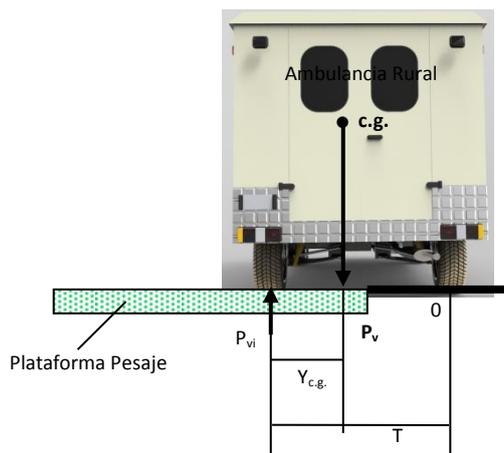
Fuente: Elaboración propia.

$$x_{c.g.} = \frac{P_{vt} B}{P_v}, \dots\dots\dots(15)$$

B

6) Cálculo y ubicación de $Y_{c.g.}$

Figura 24. Cálculo y ubicación de $Y_{c.g.}$



$$\sum \tau_0 = 0$$

$$P_v (T - y_{c.g.}) - P_{vi} T = 0$$

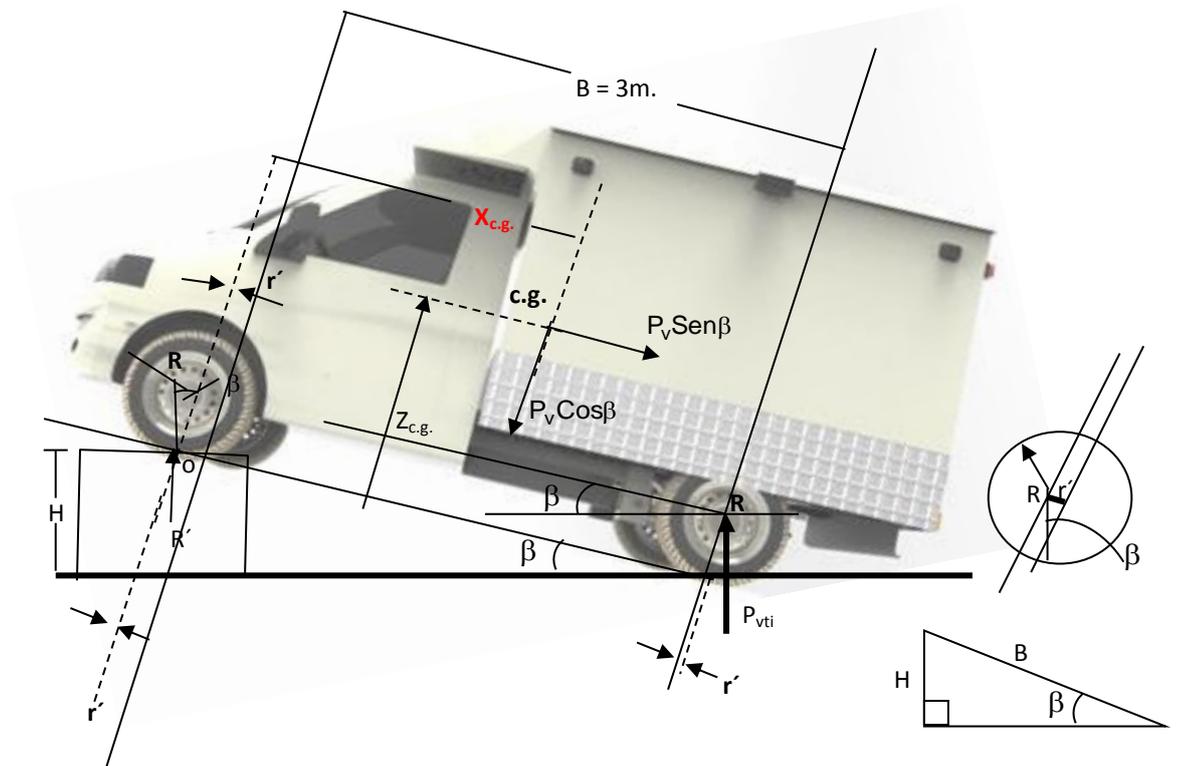
$$y_{c.g.} = \frac{T(P_v - P_{vi})}{P_v}, \dots\dots\dots(16)$$

Fuente: Elaboración propia.

7) Cálculo y ubicación de Z_{c.g.}

Para ello se vale del siguiente esquema, las medidas de H, B, R son conocidas previamente. H = 0,5 m. , R = 0,35 m.

Figura 25. Cálculo y ubicación de Z_{c.g.}



Fuente: Elaboración propia.

Donde $\text{Sen } \beta = \frac{H}{B} = \frac{r'}{R}$, H = 0,5 m. , B = 3 m, R = 0,35 m.

$$r' = \frac{RH}{B} = \frac{0,35(0,5)}{3} = 0,0583\text{m.} \quad , \quad \beta = 9,59^\circ$$

$$\sum \tau_0 = 0$$

$$P_{vti}(B - r' + r') \text{Cos} \beta - P_v \text{Cos} \beta (X_{c.g.} - r') - P_v \text{Sen} \beta Z_{c.g.} = 0$$

$$Z_{c.g.} = \frac{P_{vti} B \text{Cos} \beta - P_v \text{Cos} \beta (X_{c.g.} - r')}{P_v \text{Sen} \beta} , \dots \dots (17)$$

$$r' = 0,0583 \text{ m.}$$

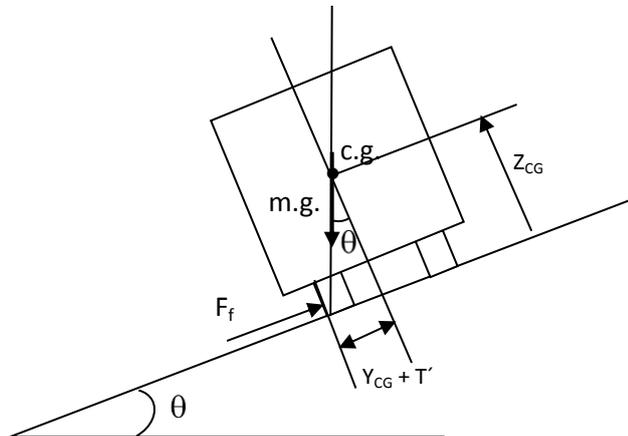
$$\beta = 9,59^\circ \quad B = 3 \text{ m.}$$

8) Umbral de Volcadura Lateral Izquierdo: SSF.

Usaremos la expresión:

$$\text{Tg } \theta = \text{SSF} = \frac{T' + Y_{\text{c.g.}}}{Z_{\text{c.g.}}} = \frac{0,108 + Y_{\text{c.g.}}}{Z_{\text{c.g.}}} \quad \dots (18)$$

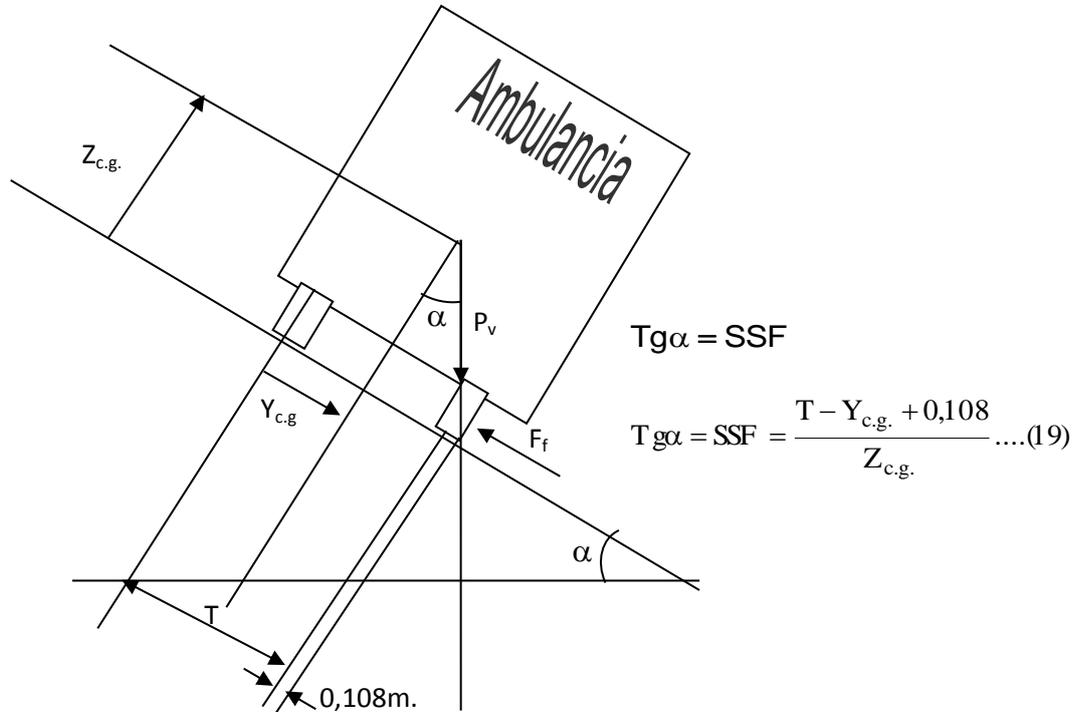
Figura 26. Umbral de vuelco lateral izquierdo: SSF izquierdo. Se muestra la ambulancia rural sobre la vía con peralte en función de las coordenadas de su centro de gravedad, para una situación de umbral de vuelco lateral, lo que se observa del vehículo es su parte posterior y su peso mg con línea de acción que pasa por el borde de la rueda izquierda. El vehículo se considera bajo el modelo físico de cuerpo rígido.



Fuente: Elaboración propia.

9) Umbral de Volcadura Lateral derecho: SSF

Figura 27. Umbral de vuelco lateral derecho: SSF derecho
 La ambulancia aparece por su parte posterior. La línea de acción del peso P_v pasa por el borde de la rueda derecha.



Fuente: Elaboración propia.

Observar que los umbrales de vuelco lateral izquierdo y derecho son diferentes T es la denominada trocha, en la ambulancia rural $T = 1,628m$.

$$Tg\alpha = SSF = \frac{1,736 - Y_{c.g.}}{Z_{c.g.}} \dots\dots\dots(20)$$

10) Ejemplo de Cálculo

A partir del resultado del pesaje en la plataforma de la Balanza de una de las ambulancias rurales se obtuvieron:

- P_v = 2650 Kg (peso seco o neto de la ambulancia rural)
- P_{vt} = 1390 Kg (peso del eje posterior de la ambulancia rural)
- P_{vi} = 1420 Kg (peso sobre las ruedas del lado izquierdo de la ambulancia rural)

P_{vtl} = 1520 Kg (peso del eje posterior con el eje delantero levantado de la ambulancia rural)

Cálculo de $X_{c.g.}$
$$X_{c.g.} = \frac{P_{vtl} B}{P_v} = \frac{1390(3)}{2650} = 1,5735 \text{ m.} \dots\dots\dots(21)$$

B = distancia entre ejes, B = 3 m.

Cálculo de $Y_{c.g.}$

$$Y_{c.g.} = \frac{T(P_v - P_{vi})}{P_v} = \frac{1,628(2650 - 1420)}{2650} = 0,7556 \text{ m.} \dots\dots\dots(22)$$

Cálculo de $Z_{c.g.}$

$$Z_{c.g.} = \frac{P_{vtl} B \text{ Cos} \beta - P_v \text{ Cos} \beta (X_{c.g.} - r')}{P_v \text{ Sen} \beta}$$

$$Z_{c.g.} = \frac{1520(3) \text{ Cos} 9,59^\circ - 2650 \text{ Cos} 9,59^\circ (1,5735 - 0,0583)}{2650 \text{ Sen} 9,59^\circ}$$

$$Z_{c.g.} = 1,2168 \text{ m.} \dots\dots\dots(23)$$

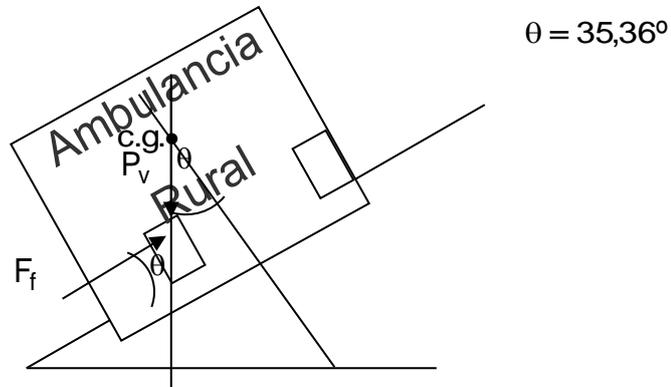
$$c.g. = (X_{c.g.}, Y_{c.g.}, Z_{c.g.}) = (1,5735 ; 0,7556 ; 1,2168) \text{ m.}$$

Cálculo del ángulo de umbral de vuelco lateral izquierdo.

Usamos la expresión indicado en la sección 3.9.3.5.

$$SSF = \text{Tg} \theta = \frac{0,108 + Y_{c.g.}}{Z_{c.g.}} = \frac{0,108 + 0,7556}{1,2168} = 0,7097$$

Figura 28. Inclinación lateral izquierda



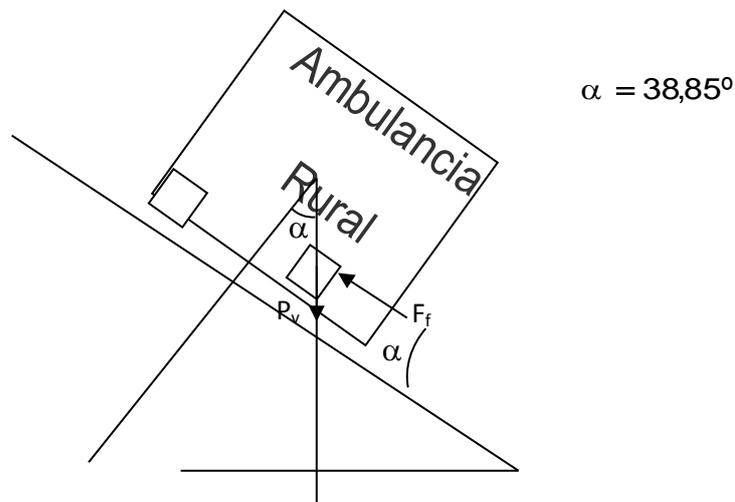
Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del ángulo de umbral de vuelco lateral derecho.

Usamos la expresión indicada en la sección 3.9.3.6.

$$SSF = \text{Tg } \alpha = \frac{1,736 - Y_{c.g.}}{Z_{c.g.}} = \frac{1,736 - 0,7556}{1,2168} = 0,8057$$

Figura 29. Inclinación lateral derecho.



Fuente: Elaboración Propia

Ambos resultados cumplen con las especificaciones técnicas requeridas y representan el SSF.

Frente a la estrategia de prueba de hipótesis, en muchas situaciones de Ingeniería se requiere decidir sobre una proposición referida a una variable, esta proposición se llama hipótesis, la inferencia estadística analiza las hipótesis y se puede relacionar en nuestro caso con la Ingeniería porque una proposición de Ingeniería puede formularse como un problema de prueba de hipótesis estadística.

Una hipótesis estadística es una proposición sobre un parámetro o parámetros de una población.

En el presente caso el interés está centrado averiguar si el umbral de vuelco lateral de la población de ambulancias rurales dado por el ensayo estático de estabilidad lateral (SSF) supera los 35° , es decir las ambulancias rurales no vuelcan para ángulos de inclinación lateral mayores a 35° .

$$SSF > \text{Tg } 35^\circ$$

$$SSF > 0,70$$

Detrás de esta relación, se trata del cumplimiento de las especificaciones técnicas por parte de la población de ambulancias rurales motivo de la presente tesis.

Este asunto de Ingeniería puede trasladarse a la inferencia estadística formulando la hipótesis nula H_0 y la hipótesis alternativa H_1 , en términos estadísticos deberá expresarse que “La mayoría de ambulancias rurales no vuelcan para ángulos de inclinación lateral mayores a 35° ” en lugar de que “todas las ambulancias rurales no vuelcan para ángulos de inclinación lateral mayores a 35° ”.

Es así que reformulando en lenguaje estadístico la intención es verificar si la mayoría de la población de ambulancias rurales no vuelcan lateralmente para ángulos mayores a 35° , luego H_0 y H_1 se expresarán:

$$H_0: \text{ Menos del 50\% de las ambulancias rurales poseen } \\ SSF < \text{Tg } 35^\circ \text{ ó } SSF < 0,70$$

$$H_1: \text{ Más del 50\% de las ambulancias rurales poseen } \\ SSF > \text{Tg } 35^\circ \text{ ó } SSF > 0,70$$

Más del 50% implica mayoría. SSF es el factor de estabilidad estático definido anteriormente.

Nuestra hipótesis nula H_0 expresa la proposición de que menos del 50% de las ambulancias rurales poseen factor estático de estabilidad $SSF < 0,70$.

La hipótesis alternativa H_1 formula que la mayoría de las ambulancias rurales poseen $SSF > 0,70$, además de expresar todo lo contrario a la proposición contenida en H_0 .

4.7 Aspectos éticos en investigación

Este trabajo de investigación no presenta antecedentes en el ámbito nacional. A la fecha no hay un estudio publicado sobre la estabilidad lateral de ambulancias, menos aún de ambulancias rurales.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

A continuación se presentan los resultados de la prueba de ensayo estático de umbral de vuelco lateral para cada una de las 43 ambulancias rurales de la muestra. Estos resultados que se muestran en la tabla 9 son el centro de gravedad mediante sus coordenadas, pesos de las ambulancias, el ángulo de vuelco lateral izquierdo y derecho, los valores del factor estático de estabilidad lateral SSF para cada una de las 43 ambulancias rurales, incluyendo el número de placa y número de chasis para identificar cada una de las ambulancias rurales de la muestra. La determinación de los valores del factor SSF siguió la metodología y ejemplo de cálculo indicado en la sección anterior.

Tabla 9. Presentación de resultados

Nº	Nº de Chasis	Nº de Placa	Parámetros para obtener el ángulo de vuelco					Resultados ángulo de vuelco		Factor estático de estabilidad SSF	
			Ubicación centro gravedad (m)			Peso Neto (kg)	Peso posterior (kg)	Lateral izquierdo	Lateral derecho	SSF Lateral izquierdo	SSF Lateral derecho
			X	Y	Z						
AMBULANCIAS RURALES TIPO I											
1.	WV3ZZZ7JZEX009153	EUC-902	1,556391	0,74056	1,21250	2660	1380	34,986°	39,385°	0,70	0,82
2.	WV3ZZZ7JZEX009231	EUC-907	1,568702	0,74565	1,225742	2620	1370	34,855°	38,937°	0,70	0,80
3.	WV3ZZZ7JZEX009488	EUC-909	1,568182	0,75233	1,219071	2640	1380	35,212°	38,900°	0,70	0,80
4.	WV3ZZZ7JZEX009664	EUC-916	1,55597	0,75325	1,073577	2680	1390	38,737°	42,471°	0,80	0,91
5.	WV3ZZZ7JZEX006979	EUC-917	1,539326	0,69510	0,743941	2670	1370	47,190°	54,446°	1,10	1,40
6.	WV3ZZZ7JZEX008905	EUC-976	1,572491	0,76256	1,004891	2590	1410	40,903°	44,089°	0,86	0,96
7.	WV3ZZZ7JZEX009681	EUC-995	1,55597	0,75325	1,139802	2680	1390	37,075°	40,768°	0,75	0,86
8.	WV3ZZZ7JZEX009753	EUC-936	1,572491	0,75651	1,004891	2640	1390	40,705°	44,267°	0,86	0,97
9.	WV3ZZZ7JZEX009524	EUC-937	1,561798	0,75607	0,94336	2670	1390	42,488°	46,089°	0,91	1,03
10.	WV3ZZZ7JZEX009403	EUC-940	1,579545	0,74617	1,017389	2640	1390	40,016°	44,013°	0,84	0,96
11.	WV3ZZZ7JZEX009291	EUC-945	1,591603	0,73322	1,09026	2620	1390	37,653°	42,607°	0,77	0,91
12.	WV3ZZZ7JZEX008359	EUC-946	1,539033	0,76256	1,136848	2690	1380	37,444°	40,572°	0,76	0,85
13.	WV3ZZZ7JZEX007867	EUC-947	1,58427	0,74388	1,009833	2670	1410	40,150°	44,493°	0,84	0,98
14.	WV3ZZZ7JZEX007539	EUC-956	1,573585	0,44949	1,081824	2650	1370	38,402°	42,361°	0,79	0,91
15.	WV3ZZZ7JZEX006980	EUC-958	1,573308	0,75280	1,09138	2660	1350	36,130°	40,90°	0,73	0,82
16.	WV3ZZZ7JZEX007077	EUC-960	1,573034	0,75607	1,142778	2670	1400	37,093°	40,613°	0,75	0,85
17.	WV3ZZZ7JZEX007388	EUC-966	1,567164	0,74718	1,073577	2680	1400	38,540°	42,647°	0,79	0,92
18.	WV3ZZZ7JZEX009389	EUC-971	1,551331	0,749	1,087426	2630	1360	38,242°	42,228°	0,78	0,90
19.	WV3ZZZ7JZEX008272	EUC-973	1,586873	0,74171	1,030356	2520	1370	39,511°	43,979°	0,82	0,96
20.	WV3ZZZ7JZEX009616	EUC-979	1,561338	0,76256	1,103858	2690	1400	38,261°	41,408°	0,78	0,88
21.	WV3ZZZ7JZEX009737	EUC-980	1,600746	0,74110	1,040465	2660	1380	39,217°	43,717°	0,81	0,95

N°	N° de Chasis	N° de Placa	Parámetros para obtener el ángulo de vuelco					Resultados ángulo de vuelco		Factor estático de estabilidad SSF	
			Ubicación centro gravedad (m)			Peso Neto (kg)	Peso posterior (kg)	Lateral izquierdo	Lateral derecho	SSF Lateral izquierdo	SSF Lateral derecho
			X	Y	Z						
AMBULANCIAS RURALES TIPO I											
22.	WV3ZZZ7JZEX009255	EUC-984	1,567669	0,75200	1,079054	2660	1390	38,580°	42,339°	0,79	0,91
23.	WV3ZZZ7JZEX008251	EUC-986	1,557915	0,75429	1,098891	2590	1345	38,121°	41,776°	0,73	0,89
24.	WV3ZZZ7JZEX009286	EUC-994	1,580705	0,75208	0,93781	2695	1420	42,524°	46,374°	0,91	1,05
25.	WV3ZZZ7JZEX008953	EUC-988	1,55597	0,75022	1,139802	2680	1390	36,978°	40,856°	0,75	0,86
26.	WV3ZZZ7JZEX009116	EUC-007	1,603053	0,74565	1,090260	2620	1400	38,060°	42,251°	0,80	0,91
27.	WV3ZZZ7JZEX009799	EUC-013	1,545113	0,76504	1,012332	2660	1370	40,774°	43,805°	0,86	0,96
28.	WV3ZZZ7JZEX008524	EUC-018	1,579545	0,74617	1,01786	2640	1390	40,016°	44,213°	0,84	0,97
29.	WV3ZZZ7JZEX008689	EUC-021	1,585227	0,76000	1,051001	2640	1395	38,898°	43,461°	0,80	0,94
30.	WV3ZZZ7JZEX008316	EUC-026	1,544776	0,76540	1,10669	2680	1380	38,281°	41,252°	0,78	0,87
31.	WV3ZZZ7JZEX009835	EUC-035	1,545113	0,7528	1,2125	2660	1370	35,372°	39,038°	0,71	0,81
32.	WV3ZZZ7JZEX007239	EUC-043	1,571956	0,73891	1,000021	2710	1420	40,261°	44,916°	0,84	0,99
33.	WV3ZZZ7JZEX009541	EUC-049	1,567164	0,76540	1,073577	2680	1400	39,130°	42,116°	0,81	0,90
34.	WV3ZZZ7JZEX009147	EUC-051	1,527881	0,76861	1,004891	2690	1370	41,100°	43,911°	0,87	0,96
35.	WV3ZZZ7JZEX009284	EUC-053	1,584906	0,74335	1,081824	2650	1400	38,201°	42,538°	0,78	0,91
36.	WV3ZZZ7JZEX008889	EUC-058	1,556818	0,75233	1,219071	2640	1370	35,212°	38,900°	0,70	0,80
37.	WV3ZZZ7JZEX007979	EUC-069	1,564728	0,76666	1,077677	2665	1390	39,065°	41,970°	0,81	0,90
38.	WV3ZZZ7JZEX007996	EUC-075	1,585227	0,73075	0,983771	2640	1395	40,450°	45,619°	0,85	1,02
39.	WV3ZZZ7JZEX006957	EUC-078	1,550562	0,75607	1,076306	2670	1380	38,758°	42,316°	0,80	0,91
40.	WV3ZZZ7JZEX009393	EUC-079	1,5735849	0,755683	0,872362	2650	1390	35,388°	38,882°	0,71	0,80
AMBULANCIAS RURALES TIPO II											
1.	WV3ZZZ7JZEX009171	EUC-968	1,590909	0,74617	1,017386	2640	1400	40,016°	44,213°	0,83	0,97
2.	WV3ZZZ7JZEX009328	EUC-989	1,545113	0,74066	1,145777	2660	1370	36,721°	40,809°	0,74	0,86
3.	WV3ZZZ7JZEX007718	EUC-083	1,5789474	0,75280	1,0123317	2660	1400	40,375°	44,164°	0,85	0,97

Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados inferenciales

Interesa comprobar la hipótesis de un mayor valor en la variable SSF que el de la hipótesis nula.

Evaluando la media μ de los SSF pertenecientes a cada una de las 43 ambulancias rurales de la muestra, si $SSF < 0,70$ es decir si el estadístico de prueba cae en la región crítica en este caso se rechaza la Hipótesis Nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 . Considerando que los valores de SSF de cada uno de las ambulancias se distribuyen normalmente, en lo relacionado a la región crítica está será dada para un nivel de significancia $\alpha = 1\%$ luego el nivel de confianza sería del 99%.

$Z_{1-\alpha} = Z_{0,99}$ con una prueba que en estadística se denomina prueba lateral con cola a la derecha, entonces:

$P = \{ Z > 2, 716 \}$, es decir si los valores de Z calculados están en el rango indicado no se tomará en cuenta la Hipótesis Nula H_0 aceptándose la hipótesis alternativa H_1 .

Murray, (2006). Considera la distribución muestral de proporciones usando la distribución de Bernoulli $B(1,p)$ donde p es la probabilidad de éxito de un elemento de la población. Si $n \geq 30$ esta distribución se aproxima a una distribución normal., se trata del contraste de la hipótesis nula H_0 contra la alternativa $H_1 : P > P_0$. La proporción de éxitos en la muestra es:

$$\bar{p} = \frac{X}{n} ; X \sim B(n, p)$$

$$\text{El estadístico Z: } Z = \frac{\bar{p} - \mu}{\sigma} \quad \mu = p \quad \sigma = \sqrt{\frac{pq}{n}} \quad , \quad q = 1 - p$$

$$Z = \frac{\bar{p} - p}{\sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}}} \quad \bar{p} = \frac{40}{43} = 0,93 \quad p = 0,50$$

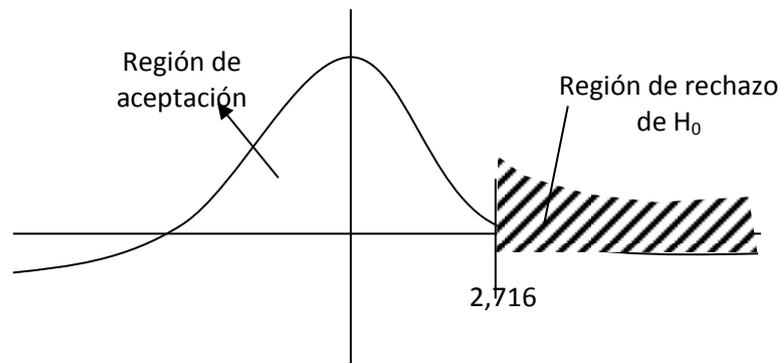
n = tamaño muestra = 43

$$Z = \frac{0,93 - 0,50}{\sqrt{0,50 \cdot \frac{0,50}{43}}} = 5,64$$

Luego como $Z = 5,64 > 2,716$ entonces cae en la región crítica se rechaza H_0 y la conclusión es que la mayoría de las ambulancias rurales cumple con un $SSF > 0,70$ es decir interpretamos que la mayoría de la población de ambulancias rurales verifican el ensayo estático de estabilidad lateral con ángulos mayores a 35° .

$$P_{(Z > Z_{1-\alpha})} = P_{(5,64 > 2,716)} = \alpha = 0,01$$

Figura 30 Distribución normal con región de rechazo y de aceptación.



Fuente: Elaboración propia.

Hemos comprobado la hipótesis alternativa de que más del 50% de las ambulancias rurales poseen $SSF > Tg35^\circ$, o que la mayoría de las ambulancias rurales no vuelcan lateralmente para ángulos que superen los 35° .

VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

De los resultados de la evaluación del factor estático de estabilidad SSF que se encuentran en la Tabla 14 arrojan que $SSF > 0,70$ ó $SSF > Tg 35^\circ$. Luego este resultado implica el cumplimiento de la Hipótesis General porque asegura que efectivamente el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales se relaciona con la seguridad vial. Esta relación les otorga a los vehículos que ofician de ambulancias rurales mayor seguridad que contribuye a la mejora de la seguridad vial.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

1. Los resultados mostrados en la tabla 9 arrojan valores de SSF que fluctúan entre 0,70 - 0,90 para la estabilidad lateral izquierdo, y entre 0,8 - 1,0 para la estabilidad lateral derecha. Estos resultados para el factor SSF son consistentes si lo comparamos con la investigación realizada por Ranski (2018) cuyos valores para el SSF se muestran en la tabla N° 4.

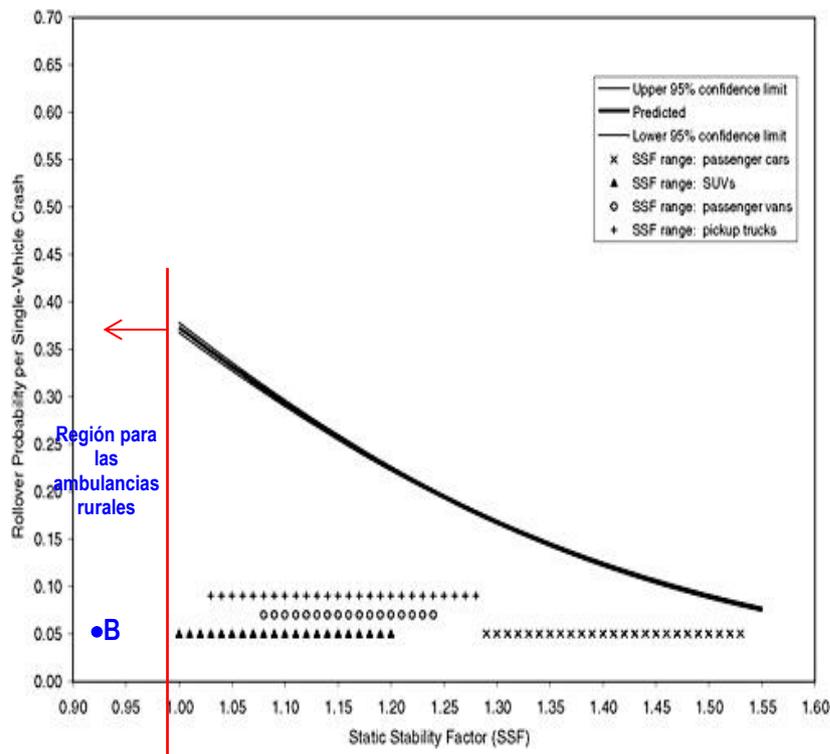
Los resultados obtenidos para el SSF también guardan relación con los resultados de la investigación realizada por la NHTSA (2011) contenidas en la tabla 3.

Si bien en estas tablas no aparecen la mención para ambulancias, sin embargo el enfoque que fue planteado al inicio era utilizar el conocimiento ya existente y ampliar nuestros resultados a dicho conocimiento. Este enfoque también lo plantea Grzebieta y Rechnitzer (2015), donde los resultados de esta investigación se muestran en la tabla 2, obsérvese que estas han utilizado el conocimiento existente para ampliarlo a otros vehículos como son los tractores utilizados en la agricultura y las cuatrimotos que se utilizan para usos diversos.

Los resultados de nuestra investigación son consistentes con los resultados de las investigaciones mencionadas.

Así mismo los resultados obtenidos para el SSF de nuestras ambulancias rurales corresponden a la región mostrada en el gráfico N° 14 (NHTSA, 2011).

Gráfico 16. Estimación de probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral siguiendo el modelo estadístico logarítmico dependiendo del SSF.



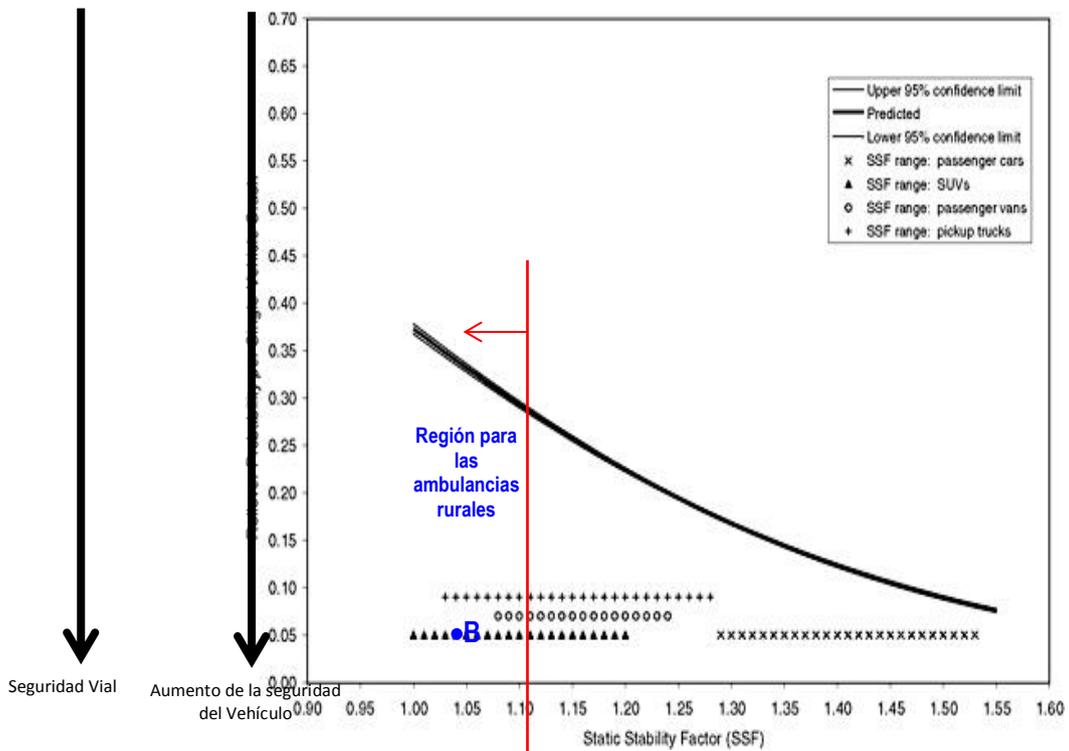
Fuente: NHTSA, 2011

2. La NHTSA (2011) considera que para cualquier vehículo de cualquier marca y modelo su conducta de probabilidad puede estar encima o debajo de la curva mostrada en la gráfica 16, si se complementa con medidas como bolsas de aire laterales anti vuelco lateral, capacitación continua del conductor, uso imprescindible de los cinturones de

seguridad, sistema electrónico de estabilidad lateral (ESC), la probabilidad de vuelco lateral que es la ordenada de esta curva disminuye un 75%.

Resulta que las ambulancias rurales motivo de la presente tesis poseen cinturones de seguridad, sistema electrónico de estabilidad lateral (ESC), además de continua capacitación de los choferes conductores, hacen que a nuestro criterio las ambulancias rurales se posicionan en un punto B, como el mostrado en la gráfica 17, con baja probabilidad de vuelco lateral, es decir se tratan de vehículos seguros y por consiguiente con una implicancia positiva a efectos de la seguridad vial.

Gráfica 17. Seguridad de los vehículos utilizados como ambulancias rurales y su relación con la seguridad vial.



Fuente: NHTSA, 2011

Es evidente como se muestra en la gráfica 17 que a mayor seguridad que ofrezca un vehículo, esto implica positivamente en la seguridad vial.

3. De acuerdo con la investigación de Tylern (2017) todo transporte sostenible debe basarse en la seguridad vial y la accesibilidad, esta última se refiere a que el sistema debe garantizar que cualquier ciudadano debe tener acceso de cualquier punto de la red vial. Menciona también que la seguridad vial implicará mínimo impacto sobre el medio ambiente, además que los vehículos que forman parte del sistema sostenible de transporte ofrezcan seguridad.

4. El Factor Estático de Estabilidad SSF tiene validez científica reconocida por uno de los principales organismos relacionados a la seguridad vial en el mundo como es la NHTSA. Basado en éste soporte que le da validez, la determinación del SSF para cada una de las 43 ambulancias rurales de la muestra se hizo siguiendo una metodología propia según lo determina la presentación de resultados complementada con la asistencia de la inferencia estadística a través de la hipótesis alternativa H_1 arroja que la mayoría de la población de ambulancias rurales no vuelca lateralmente para ángulos mayores a 35° , esto hace que podemos afirmar que estas ambulancias ofrecen más seguridad y a su vez todo esto avala el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales teniendo impacto positivo en la seguridad vial en las vías rurales por donde circularán estas ambulancias.
También es positivo que el ángulo de referencia de vuelco lateral sea 35° porque simula condiciones reales asociado al tipo de vía rural de nuestro medio.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes (el autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el informe)

El autor de la presente investigación, se hace responsable de la información contenida en este proyecto.

VII. CONCLUSIONES

1. Basado en la discusión de los resultados en líneas anteriores se verifica el cumplimiento del objetivo general, puesto que este planteamiento de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales guardan relación con la seguridad vial. Este hecho se ve reforzado por el cumplimiento de la hipótesis de que la mayoría de las ambulancias rurales no vuelcan para ángulos mayores a 35°. Todo esto ratifica que esta investigación tiene una implicancia positiva en la seguridad vial a la luz de los resultados.
2. De acuerdo a los resultados se cumple el objetivo específico 1, porque la probabilidad del vuelco de estas ambulancias rurales son menores que el 30%. Estos son vehículos seguros y por consiguiente contribuyen positivamente a la seguridad vial.
3. Esta investigación ha tenido un enfoque con características propias basado en usar conocimiento ya existente para otros vehículos como automóviles, SUVs, camionetas, VANS, la cual se ha hecho extensivo a las ambulancias rurales materia de esta investigación, de tal forma que analizando los resultados estos son consistentes con los resultados obtenidos en otras investigaciones conforme se ha mencionado en el punto anterior. Es así que se refuerza por un lado el cumplimiento del objetivo general porque esta investigación tiene una implicancia positiva en la seguridad vial, y por otro lado el cumplimiento de la hipótesis general, porque el planteamiento de esta metodología de investigación influye positivamente en la seguridad del transporte, el argumento es que la mayoría de las ambulancias rurales no vuelcan lateralmente para ángulos mayores a 35°, hecho que otorga mayor seguridad vial, verificándose el cumplimiento del objetivo específico 2.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda no aumentar la carga de la ambulancia rural vía incremento de la cantidad de personas en su interior, ni colocar cargas en el techo, hecho muy frecuente en las zonas rurales del Perú, porque esto contribuiría a elevar el centro de gravedad del vehículo, disminuyendo el SSF con efecto de aumentar la probabilidad de vuelco lateral.
2. Se recomienda ampliar el enfoque de investigación de uno cuantitativo a uno mixto, ampliando incluso a variables cualitativas como la propia edad del conductor o si consume drogas o alcohol.
3. Se recomienda tomarse en cuenta las mejoras en el diseño de las carreteras rurales, que también contribuirán a disminuir los accidentes de las ambulancias rurales por volcamiento lateral. Un correcto diseño vial en las zonas rurales posee el potencial para atenuar impactos negativos.
4. Mejorar la recopilación de información, procesamiento y análisis de datos sobre los accidentes de tráfico de todo tipo incluyendo los vuelcos laterales. Esta mejora deberá incluir información sobre tipo de vehículo accidentado porque en el Perú no lo hay en el caso específico de las ambulancias. Esto pasará por una capacitación adecuada al personal policial encargado, hecho que contribuirá a mejorar la gestión en la seguridad vial.
5. A partir de este trabajo el sector académico representada por la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la UNAC a través de su Unidad de Investigación podrá encargarse de diseñar formatos adecuados para la recopilación, tratamiento, clasificación de la información pertinente y detallada de accidentes de tránsito. Procesando dicha información podemos tener mejores resultados que al ser analizados podrán arrojar conclusiones y planes de acción dirigidas a contribuir a la mejora de la gestión de la

seguridad vial. Teniendo en cuenta que en nuestro país circulan vehículos de diferentes marcas y modelos, con los resultados obtenidos a partir de la información detallada de accidentes de tránsito podríamos construir gráficas como la probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral en función del factor SSF similar a como lo hace la NHTSA. Con financiamiento adecuado se podrá trasladar la metodología utilizada en este trabajo para un caso crítico como son los ómnibus de transporte de pasajeros de 1 ó 2 pisos.

6. Los estudios emanados de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la UNAC a través de su Unidad de Investigación en conjunción con los Organismos Sectoriales como el Ministerio de Transportes y el Ministerio de Salud podrán contribuir juntos a fomentar una cultura de cambio y promoción de la seguridad en el transporte. A partir del conocimiento de estudios como éste, estas entidades sectoriales pueden incluso ampliar a otros casos no menos importantes como son los ómnibus de transporte de pasajeros.
7. Se recomienda con medidas complementarias como la capacitación continua del conductor para reducir los riesgos por factores humanos como el sueño, consumo de alcohol y drogas, uso permanente de los cinturones de seguridad, no exceder las velocidades límites en las zonas rurales, la implementación del sistema electrónico de estabilidad (ESC), todos juntos pueden contribuir a que la probabilidad de vuelco lateral de las ambulancias rurales materia de investigación se reduzca significativamente.
8. Fomentar que los vehículos sean seguros para reducir los accidentes de tránsito y en particular los accidentes por vuelco lateral. Así mismo, se debe implementar un sistema de vigilancia para no importar vehículos que no otorguen las mínimas condiciones de seguridad o en su defecto reducir la importación y venta de unidades vehiculares de dudosa calidad.

9. La metodología de esta investigación considera a la ambulancia rural como un cuerpo rígido de manera tal que las leyes de la física a través de una fuerza lateral que dependiendo de su magnitud y de cuanto dura hace que se produzca o no el vuelco lateral. En un caso más real deberá considerarse que los neumáticos se deforman ligeramente y también influye la suspensión de los vehículos, hechos tales que ameritarían una rectificación en el modelo del cuerpo rígido para la ambulancia rural, en todo caso quedaría como una tarea pendiente.

10. Tomar en cuenta que un vuelco lateral concurre la conducción del vehículo, el entorno y el vehículo propiamente dicho. Estas condiciones hacen que por ejemplo en una zona rural la probabilidad de vuelco lateral sea mayor que en las zonas urbanas porque en una carretera rural la ambulancia se podría encontrar con un terraplén, o cualquier obstáculo en el camino que lo puede desestabilizar lateralmente, en este caso transitoriamente el conductor pierde el control de la ambulancia rural, pero con maniobras adecuadas puede recuperar la estabilidad, porque si no es así pasaría a la zona de fuera de control que haría que la ambulancia rural vuelque lateralmente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, C. S. (2014) Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Escuela de Post Grado Doctorado En Salud Pública protección del medio ambiente. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/532>.
- Alam, F. y Watkins, W. (2007). Lateral Stability of a Double Stacked Container Wagon under Crosswinds. Tesis. RMIT University Melbourne, Australia. <https://me.buet.ac.bd/icme/icme2007/Proceedings/PDF/ICME07-FL-16.pdf>
- Ambulance Manufacturers Division (AMD) – USA (2004). <https://www.ntea.com/amd/>
- Arizaga, E. y Gómez, D. (2015), Análisis de los sistemas faltantes de seguridad vehicular de la categoría M1 en la norma NTE INEN 034:2010 y una propuesta de mejora. [Tesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca], Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8932/1/UPS-CT005181.pdf>
- Ataei, M. y Khajepout, J. (2017). Index Rollover For Tripped and Untripped Rollovers on Flat and Sloped Roads. Artículo. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/0954407017695007>
- Ballesteros, E. (2015). Diseño, fabricación y ensayo de estructura autodesplegables de protección al vuelco Adrops). Tesis doctoral – Universidad Pública de Navarra, Navarra-España. pp. 4-5-6-7-8. Recuperado de <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/20878>
- BANCO MUNDIAL. (2017). Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible. Unidad de Desarrollo Sostenible Región de América Latina y el Caribe, pp.3-4. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/103279760/analisis-ambiental-del-peru-onu>

- CONCYTEC. (2020). Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los investigadores del Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - Reglamento RENACYT. Lima, Perú. https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf
- Chanco Gálvez, Elizabeth (2019). Efectos del tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial, avenida Calmell Del Solar – Huancayo. [Tesis Universidad Peruana Los Andes]. Huancayo, Perú. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/940/ELIZABETH%20LILY%20CHANCO%20G%c3%81LVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dextre Quijandría, Juan (2018). Mejoras en la seguridad vial con medidas de bajo costo. [Tesis Pontificia Universidad Católica Del Perú], Lima, Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13044/GUILLERMO_TITO_DIEGO_MEJORAS_SEGURIDAD_%20VIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Domínguez A. (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana. Tesis de Maestría. México. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Domínguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>
- FEDERAL SPECIFICATION FOR THE STAR – OF – LIFE AMBULANCE KKK-A-1822 F – USA (2007). Recuperado de <https://www.ok.gov/health2/documents/KKK-A-1822F%20%2007.01.2007.pdf>
- García Aguilar, César (2018). Análisis dinámico para determinar la velocidad de volcadura de un vehículo transportador de productos lácteos. Instituto Tecnológico de Pachuca. México. http://www.itpachuca.edu.mx/pdf/repositorio_tesis/06200389.pdf
- Gonzalo de Ana Rodríguez (2008) Medio Ambiente y Sostenibilidad. Madrid – España. p.p. 3-4. Recuperado de <http://revistas.usal.es/index.php/eks/article/viewFile/11368/11792>

- GREENPEACE. (2009). Emisiones de CO2 debido al transporte en vías rurales. Recuperado de <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Frenar-el-cambio-climatico/Ciencia/Emisiones-de-CO2/>
- Ground Vehicle Standard for Ambulances. Commission in accreditation of Ambulances. USA (2016) Recuperado de: http://www.groundvehiclestandard.org/wp-content/uploads/2016/03/CAAS_GVS_v_1_0_FinalwDates.pdf
- Grzebieta y Rechnitzer (2015). Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Universidad of New South Wales. Australia. Recuperado de: http://www.tars.unsw.edu.au/research/Current/Quad-Bike_Safety/Performance_Project.html
- Guevara Delgado and J. D. Norabuena Ita (2019). Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas(UPC), Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/10757/626485>
- Haiyan, H. (2007). Rollover Stability of a vehicle during critical driving”. Artículo. Universidad de Nanjing de Aeronáutica e Ingeniería del Automóvil. Recuperado de: <https://doi.org/10.1243/09544070JAUTO343>
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la Investigación. MCGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. de C.V. Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hilario, N. (2017). Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Centro. Escuela de Posgrado. Huancayo. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hsun, H., Yedavalli, R. y Guenther, D. (2011). Control de balanceo activo para la prevención de vuelco de vehículos pesados articulados con minimización de múltiples índices de vuelco”. Artículo. Recuperado de: <http://doi.org/10.1080/00423114.2011.597863>
- Ibañez, R. (2012). Estudio y simulación con SIMULINK de vuelco de un vehículo pesados en adelantamiento. Madrid-España, pp. 3-4-8. Recuperado de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12864/PFC_Rafael_Ibanezde_Aldecoa_Garcia.pdf
- Jaimes, L. (2019). Estimación de la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado. PUCP. Lima, Perú. Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14862/JAIMES_GUTIERREZ_ESTIMACION_DE_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_UNIVERSIDAD_PERUANA_UNION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kenneth, D. (2007). Influence rollover and their effect on Electronic Stability Controllers. Tesis. Auburn University. Alabama. USA. Recuperado de: http://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/112/Lambert_Kenneth_57.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Logan David, Fildes Brian, Newstead Stuart (2021). Development and application of a vehicle safety rating score for public transport minibuses. Journal of Road Safety – Volume 32. <https://journalofroadsafety.org/article/32200-development-and-application-of-a-vehicle-safety-rating-score-for-public-transport-minibuses>
- Marin Ruiz Cristihan Mateho y Sánchez Tapiero Julio Cesar (2021) Estudio de las tecnologías de seguridad pasiva y activa presentes en los vehículos vendidos en Colombia. Universidad Católica De Colombia. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá D.C. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/27135/1/Trabajo%20de%20Grado%20final%20507316_Marin_507143_Sanchez.pdf

- Martín, L. (2013). Estudio Teórico experimental de la estabilidad en vehículos cisterna. Tesis doctoral, Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 22. Recuperado de <http://oa.upm.es/16621/>
- MINISTERIO DE SALUD – MINSA – Norma Técnica de Salud – Norma N° 051. Recuperado de https://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/normas_tecnicas/2006/1_1052010_NORMA_TECNICA_DE_SALUD_PARA_TRANSPORTE_ASISTIDO_DE_PACIENTES_POR_VIA_TERRESTRE.pdf
- MINISTERIO DE SALUD – MINSA. Especificaciones técnicas, adjudicación de menor cuantía N° 065-2013-MINSA Contratación de Bienes: Adquisición de ambulancias página 4 – Lima Perú 2013. Recuperado de <http://www.serperuano.com/2015/05/adquisicion-de-ambulancias-por-el-minsa-se-ejecuto-de-acuerdo-a-ley/>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – MTC Directiva N° 002-2006/MTC-15-Clasificación vehicular y estandarización de características registrales vehiculares – página 326766. Lima-Perú 2006. 16 p. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – MTC. Reglamento Nacional de Vehículos – Decreto Supremo D.S. N° 058-2003 página 46 – Lima Perú 2003. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1957.pdf
- MINSA (2006). Resolución Ministerial N° 953-2006/MINSA páginas 2, 4, Lima Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/minsa2006/ambulancias-minsa-2006>
- MTC. (2016). Manual de seguridad vial MSV - 2016 Manual de Seguridad vial. Lima – Perú, pp. 13-14. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_de_Seguridad_Vial_2017.pdf
- Moreno Gonzalo, Serrano Juan Carlos y Figueroa-Salgado Simón (2020). Análisis bidimensional de la estabilidad de vehículos pesados tipo

- carro-tanque. Revista UIS Ingenierías, vol. 19, núm. 3, pp. 31-36, 2020. Universidad Industrial de Santander, Colombia.
<https://www.redalyc.org/journal/5537/553768212005/html/>
- Moreno G. Vieira R. y Martins, D. (2018). Diseño de autopistas: efectos de la estabilidad de vehículos pesados. DYNA, vol. 85, no. 205, pp. 205-210, Universidad Nacional de Colombia.
<https://www.redalyc.org/journal/496/49657889027/html/>
- Murray, S. (2006). Estadística. Mc Graw Hill. Mexico. Recuperado de [file:///C:/Documents%20and%20Settings/hdd/Mis%20documentos/Downloads/Estad%C3%ADstica.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edici%C3%B3n%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/hdd/Mis%20documentos/Downloads/Estad%C3%ADstica.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edici%C3%B3n%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20(1).pdf)
- Narajari, R. (2005). Una propuesta de estudio de vuelco usando sensores para evaluar la aceleración lateral. Tesis. Texas University USA. Recuperado de: <https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/3071/etd-tamu-2005C-MEEN-Vittal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NHTSA (2002). Rating System for Rollover Resistance. Recuperado de: <https://www.nap.edu/read/10308/chapter/11>
- NHTSA (2005). Trends in the Static Stability Factor of Passenger Cars, Light Trucks, and Vans. Recuperado de: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/809868>
- NHTSA (2010). National highway transportation safety administration (NHTSA) Background to NHA ratings for rollover resistance. USA, Recuperado de <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/fmvss/RolloverResistance.pdf>
- NHTSA (2011). National Highway Traffic Safety Administration. Rating System for rollover resistance: An Assessment – USA. Recuperado de <https://www.nhtsa.gov/>

- NHTSA (2014). The National Highway Traffic Safety Administration and Ground Ambulance Crashes. Recuperado de <https://www.ems.gov/pdf/GroundAmbulanceCrashesPresentation.pdf>
- NHTSA (2015). Investigatives Driver Training for Ambulances. Recuperado de: <https://www.ems1.com/ems-products/Driving-Simulation/articles/2088560-NHTSA-investigates-driver-training-for-ambulances/>
- NHTSA (2018). Regulatory Analyses, Regulatory Evaluations, & Other Reports Completed by NCSA Office of Regulatory Analysis by Date. Recuperado de: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811180>
- NHTSA (2021). US Department of transportation - National Highway Traffic Safety Administration. <https://www.nhtsa.gov/>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2021). Informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito. <https://www.onsv.gob.pe/post/informe-de-victimas-fatales-por-siniestros-de-transito-en-la-region-callao/>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2021). Boletín estadístico de siniestralidad vial, 2021. <https://www.onsv.gob.pe/post/boletin-estadistico-de-siniestralidad-vial-2021/>
- OMS (2015). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Recuperado de: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf?ua=1
- ONU (2018) Road Safety Strategy. For the United Nations. System and its Personnel. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2020/09/road_safety_strategy_booklet.pdf
- Organización Mundial de la Salud. Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030. <https://www.who.int/es/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>

- Pai, J. (2017). Trends and Rollover-Reduction Effectiveness of Static Stability Factor in Passenger Vehicles. (Report No. DOT HS 812 444). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Pérez J. (2016). Expresiones analíticas para determinar el límite de velocidad de vehículos en curvas y su aplicación en carreteras del Perú. Tesis de Posgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.50012404/7382>
- Pizzinato S. (2009). GREENPEACE Transporte: el motor del cambio climático. Greenpeace España, pp. 7-8. Recuperado de <http://www.cuc.udg.mx/sites/default/files/publicaciones/2015%20-%20Desarrollo,%20crisis%20y%20turismo.pdf>
- Robertson, L. y Maloney, A. (1997). Motor vehicle rollover and static stability: An exposure study. American Journal of Public Health. USA. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1381060/>
- Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2007). Metodología de la Investigación. Universidad Oberta de Catalunya. España. Recuperado de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/77608/1/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n_Portada.pdf
- Rodríguez Hernández, Jorge (2017). Comportamiento dinámico de un autobús circulando en curva. Universidad Carlos III de Madrid. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24952/tesis_jorge_antonio_rodriguez_hernandez_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- SAFETY RESEARCH & STRATEGIES, INC. (2006). Kane S. Recuperado de <http://www.safetyresearch.net/about-us>
- Steven, C. (2007). Modelación, análisis y medición de la estabilidad de vehículos de pasajeros. Tesis. Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Massachusetts. USA. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1721.1/38282>
- Tota, A.; Dimauro, L.; Velardocchia, F.; Paciullo, G.; Velardocchia, M. (2022) An Intelligent Predictive Algorithm for the Anti-Rollover

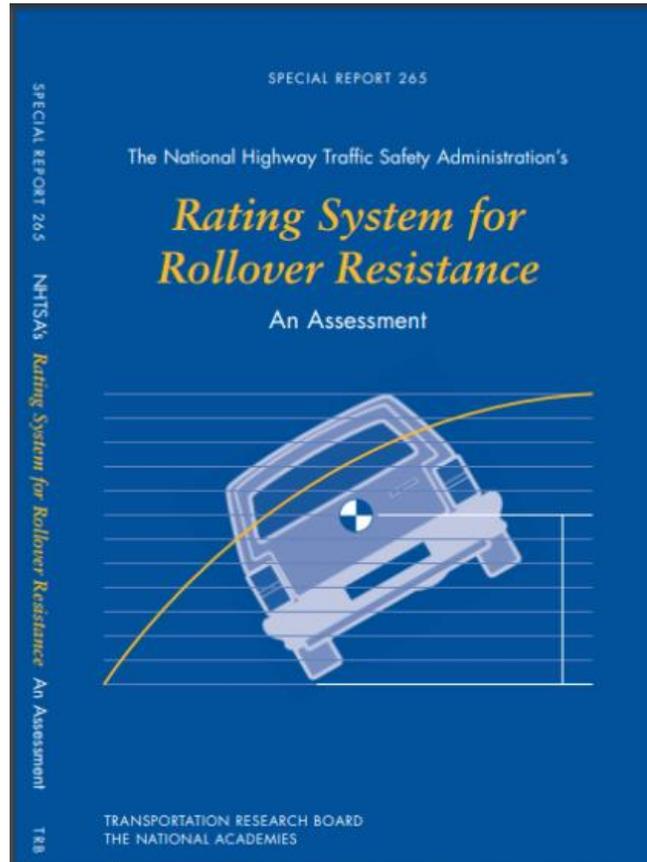
- Prevention of Heavy Vehicles for Off-Road Applications. *Machines*, 10, 835. <https://doi.org/10.3390/machines10100835>
- Tyler (2017). Safety accessibility and sustainability: The importance of micro-scale outcomes to an equitable design of transport systems. Review article. University College London. Recuperado de: <http://cuba-research-network.net/wp-content/uploads/2017/12/Tyler-2017-Safety-Accessibility-and-Sustainability.pdf>
- Urynowicz, E. (2005). The Static Stability Factor a Dynamic Introduction To Engineering. Universidad Of Wyoming. USA. Recuperado de [the-static-stability-factor-a-dynamic-introduction-to-engineering%20\(1\).pdf](http://www.wyoming.edu/~engineering/Static%20Stability%20Factor%20a%20Dynamic%20Introduction%20to%20Engineering.pdf)
- Villanueva, F. (2018). Sistemas de contención vehicular y su relación con los riesgos potenciales asociado a los accidentes por salida de vía en el circuito de playas de la Costa Verde, tramo: San Miguel – Magdalena. [Tesis, Universidad Nacional Federico Villarreal], Lima, Perú.
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2807/VILLANUEVA%20ARTEAGA%20FIORELLA%20SASKIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villena, M. (2021). Análisis de la consistencia de la carretera Centro Poblado Huambocancha Alta – Centro Poblado Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial. [Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca], Perú.
- Whitfield, R. y Jones, S. (1995). The effect of passenger load on Unstable vehicles in fatal untripped rollover crashes. USA. Recuperado de <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.85.9.1268>
- WU, J., Guzzomi, A. y Hodkiewicz, G. (2013). Static Stability Analysis of Non-Slewing articulated mobile cranes. Artículo. Melbourne University. Australia. Recuperado de: <https://doi.org/10.7158/M12-108.2014.12.1>
- WEISS AND ERNST. (2001). Comparison of Rural and Urban ambulance Crashes. University Nuevo México. USA. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/12183364_A_comparison_of_rural_and_urban_ambulance_crashes

ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p style="text-align: center;">PLANTEAMIENTO DE UNA METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD LATERAL DE LAS AMBULANCIAS RURALES Y SU IMPLICANCIA EN LA SEGURIDAD VIAL.</p>	<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo se relaciona el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?.</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>Problema Específico 1 ¿Qué efecto tiene el planteamiento de una metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?</p> <p>Problema Específico 2 ¿Qué efecto tiene el planteamiento de una metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Plantear una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Objetivo Específico 1 Plantear una metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.</p> <p>Objetivo Específico 2 Plantear una metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de seguridad vial.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>Hipótesis Específica 1 La metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial</p> <p>Hipótesis Específica 2 La metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial.</p>	<p>Variable Independiente (X) Estabilidad lateral de las ambulancias rurales.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordenadas del Centro de Gravedad de la ambulancia rural. • Angulo de vuelco lateral • Máxima aceleración lateral. <p>Variable Dependiente (Y) Seguridad Vial.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normas y regulaciones • Análisis e interpretación gráfica

Anexo 2. Instrumento validado



Committee for the Study of a Motor Vehicle Rollover Rating System

Committee

David N. Wormley, The Pennsylvania State University, *Chair*
Karin M. Bauer, Midwest Research Institute, Kansas City, Missouri
James E. Bernard, Iowa State University, Ames
Ann Bostrom, Georgia Institute of Technology, Atlanta
Susan A. Ferguson, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington,
Virginia
B. John Garrick, NAE, Independent Consultant, Laguna Beach, California
Paul A. Green, University of Michigan Transportation Research Institute,
Ann Arbor
David L. Harkey, University of North Carolina Highway Safety Research
Center, Chapel Hill
J. Karl Hedrick, University of California at Berkeley
David C. Holloway, University of Maryland, College Park
L. Daniel Metz, Metz Engineering and Racing, Champaign, Illinois
N. Eugene Savin, University of Iowa, Iowa City
Kimberly M. Thompson, Harvard School of Public Health, Boston,
Massachusetts

Transportation Research Board Staff
Jill Wilson, Study Director

Anexo 3. Fotografías

Peso total o peso seco de la ambulancia rural



PESO DEL LADO IZQUIERDO DE LA AMBULANCIA RURAL



PESO DEL EJE POSTERIOR DE LA AMBULANCIA RURAL



PESO DEL EJE POSTERIOR CON EL EJE DELANTERO LEVANTADO



“Planteamiento metodológico de la estabilidad lateral de ambulancias rurales y su implicancia en seguridad vial”

Darío Vásquez Alva

Resumen

El presente artículo resalta un tema de mucha envergadura como lo es la seguridad vehicular, en particular la ambulancia rural y su relación con la seguridad vial. Este trabajo estuvo referido a las ambulancias rurales adquiridas por el Ministerio de Salud (MINSA) mediante la “Adjudicación de Menor Cuantía N° 065-2013-MINSA contratación de bienes: Adquisición de Ambulancias”. El problema principal de este estudio fue establecer la relación del planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial. Una reducida estabilidad lateral conlleva a la ocurrencia de vuelco lateral, esta se evaluará a través de un ángulo denominado ángulo de vuelco lateral y cuya tangente representa el llamado factor estático de estabilidad, que es un indicador científicamente válido usada por la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration). La metodología correspondiente presentó un enfoque cuantitativo, basado en conocimiento ya existente; la recolección de datos fue tomada de una muestra de 43 ambulancias rurales, que corresponde a la población en su totalidad. El principal resultado que arrojó la investigación fue que la mayoría de la población de las ambulancias rurales no vuelca lateralmente para ángulos mayores a 35°, resultado que implica positivamente en la seguridad vial. En conclusión, el planteamiento de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales guardan relación con la seguridad vial.

Palabras claves: Estabilidad lateral, vuelco lateral, factor estático, ambulancia rural, seguridad vial.

Abstract

This research work highlights a major issue such as vehicle safety, particularly the rural ambulance and its relationship with road safety. This work referred to the rural ambulances acquired by the Ministry of Health (MINSA) through the "Minor Amount Award No. 065-2013-MINSA contracting of goods: Acquisition of Ambulances". The main problem of this study was to establish the relationship between the approach of a methodology for the study and evaluation of the lateral stability of rural ambulances with road safety. A reduced lateral stability leads to incidents of lateral rollover, this will be evaluated through an angle called the lateral rollover angle and whose tangent represents the so-called static stability factor, which is a scientifically valid indicator by the NHTSA (National Highway Traffic Administration). of security). The corresponding methodology presented a quantitative approach, based on existing knowledge; Data collection was taken from a sample of 43 rural ambulances, which correspond to the entire population. The main result of the investigation was that the majority of the population of rural ambulances do not overturn laterally for angles greater than 35°, a result that positively implies road safety. In conclusion, the study approach and evaluation of the lateral stability of rural ambulances are related to road safety.

Keywords: Lateral stability, lateral rollover, static factor, rural ambulance, road safety.

Introducción

Los antecedentes nacionales del presente estudio, se sustentan en investigaciones de Villena (2021), en su Tesis titulada “Análisis de la consistencia de la carretera Centro Poblado Huambocancha Alta – Centro Poblado Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial”, Universidad Nacional de Cajamarca. Este trabajo analiza la carretera Huambocancha Alta – Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial, es decir una vez construida la carretera verifica si este es consistente con la seguridad vial. La principal conclusión a la que arribó es que la mayoría de los tramos son de tangentes largas con continuación de curvas, ocasionando cambios repentinos de velocidad, atentando contra la seguridad vial y por

consiguiente poniendo en riesgo a los usuarios de la carretera. Así mismo, Chanco (2019), en su tesis titulada "Efectos del tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial, avenida Calmell Del Solar - Huancayo", Universidad Peruana Los Andes, tuvo como objetivo "Determinar los efectos que produce el tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial en el tramo de estudio". A nivel metodológico, se hizo uso de un método científico, tipo aplicado, nivel descriptivo - explicativo y diseño no experimental, cuya población tuvo en cuenta a las vías de la urbanización chorrillos, donde la muestra estuvo constituida por las cuadras 9 y 10 de la avenida Calmell del solar, como resultado se obtuvo que la intensidad media diaria (IMD) de 12, 694.0000 Vh/día produce efecto de 1.9437 en el riesgo de seguridad vial, 13,143.0000 Vh/día produce 2.3888 y 15,561.0000 Vh/día genera efecto de 57.7872 de riesgo de seguridad vial. En conclusión, se dice que el tránsito vehicular produce efectos directos en el riesgo de seguridad vial, Avenida Calmell del Solar – Huancayo. Por otro lado, Guevara y Norabuena (2019) en su tesis de enfoque cuantitativo titulada "Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial", cuyo objetivo fue "Determinar que herramientas de seguridad vial son necesarias implementar en la carretera Variante de Pasamayo para reducir la frecuencia de accidentes de tránsito". Se aplicó la metodología de Inspección de Seguridad Vial (ISV) y el Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM). La población está definida por los segmentos de la carretera PE-1N, tramo Variante de Pasamayo entre el km 44+000 y el km 75+000 y como muestra se ha seleccionado una muestra de 15 kilómetros de la carretera comprendidos entre el Km 55+000 y el km 70+000. El estudio dio como resultado la identificación de tramos de concentración de accidentes los cuales son: Tramo I (Km 67+500 al Km 68+500) y el Tramo II (Km 68+500 al Km 69+500). En conclusión, se evaluarán las propuestas de mejora que lograrán reducir el índice de accidentes de tránsito. También, Villanueva (2018), en su Tesis titulada "Sistemas de contención vehicular y su relación con los riesgos potenciales asociado a los accidentes por salida de vía en el circuito de playas de la Costa Verde, tramo: San Miguel - Magdalena", Universidad Nacional Federico Villarreal. El objetivo de este estudio es la relación entre un sistema de contención vehicular instalado en el circuito de playas de la Costa Verde y su relación de este con la seguridad vial. Su principal conclusión es que este sistema de contención no tiene una zona preventiva que permita redireccionar o detener el vehículo de manera segura, de tal manera que se reduzca el riesgo de accidentes de tránsito, que pueden ser incluso fatales. Además, Dextre (2018), desarrolló una tesis titulada "Mejoras en la seguridad vial con medidas de bajo costo", cuyo objetivo fue "Proponer medidas ingenieriles de bajo costo en dos puntos negros identificados en la ciudad de Lima". Metodológicamente, La presente investigación se dará inicio con la revisión de la literatura sobre tres términos claves: (a) accidentes de tránsito, (b) puntos negros y (c) medidas de bajo costo. Se procederá a identificar puntos negros en la ciudad de Lima, donde se visitará municipalidades y comisarías con la finalidad de recoger información para realizar un mapeo en zonas específicas de Lima. Cuando los puntos negros hayan sido identificados, se visitará las zonas afectadas. Las herramientas empleadas derivaran de la literatura revisada. El estudio fue realizado en dos intersecciones de diferentes distritos, uno en San Luis y el otro en Santa Anita. Los resultados identificaron múltiples factores que provocan accidentes como: la ausencia de rampa, la falta de señalización, islas refugio en mal estado, etc. Se concluye plantear soluciones para cada problema presentado, aplicando medidas de bajo costo como solución inmediata. En el ámbito internacional, se tiene investigaciones de Tota et al. (2022) desarrolló un artículo titulado "An Intelligent Predictive Algorithm for the Anti-Rollover Prevention of Heavy Vehicles for Off-Road Applications", cuyo objetivo fue Presentar un algoritmo para detectar y predecir el riesgo de vuelco en vehículos pesados. La metodología se basa en un enfoque de medición y estimación del perfil de la carretera, que incluye evaluar la dinámica de transferencia de carga y su variación en relación a la presencia de perturbaciones en la carretera como irregularidades y ángulos de inclinación. El principal resultado es que se presentan diferentes escenarios de conducción. Seguido a Logan et al. (2021) en su investigación titulada "Development and application of a vehicle safety rating score for public transport minibuses", cuyo objetivo fue determinar la actividad activa y pasiva de los minibuses que se utilizan para el transporte público. La muestra fue de 566 minibuses. El

principal resultado fue que la mayoría de los vehículos no tenían cinturones de seguridad ni posa cabezas, aumentando el riesgo dentro del sistema de seguridad vial. En base a los resultados se está justificando la elaboración de nuevos estándares de seguridad vial en el país donde se ha realizado la investigación. Por otra parte, Marín y Sánchez (2021) en su estudio de título “Estudio de las tecnologías de seguridad pasiva y activa presentes en los vehículos vendidos en Colombia”, plantea como objetivo Analizar los elementos de seguridad activos y pasivos que deberían tener los vehículos gama media vendidos en Colombia para considerarlos más seguros. La metodología está basada en el proceso de análisis jerárquico desarrollada por Thomas Saaty (1980), luego de establecer los elementos de seguridad se realizaría la comparación cualitativa y cuantitativa referente a cada elemento seleccionado. A partir de los estudios descritos por diferentes universidades y entidades gubernamentales de transporte se tomaron en cuenta diferentes los sistemas de seguridad activa más importantes como los sistemas de frenos antibloqueo conocido como ABS, así como el control electrónico de estabilidad conocido como ESC, y otros que son sistemas de asistencia como el asistente de frenado de emergencia, el asistente de retroceso, así como el asistente para aumentar o disminuir la velocidad en pendiente. También se consideró elementos de seguridad pasiva como los AIRBAGS conocidos como bolsas de aire y los apoya cabezas. En conclusión el principal resultado es que los vehículos que circulan en Colombia en lo que respecta en seguridad activa y pasiva tienen un atraso tecnológico de al menos 15 años con vehículos que circulan en Europa. También a Moreno et al. (2020) en su artículo de título “Análisis bidimensional de la estabilidad de vehículos pesados tipo carro-tanque”, cuyo objetivo fue estudiar la estabilidad de un carro-tanque que en nuestro medio se denomina cisterna, considerando el movimiento del fluido transportado. Método de enfoque cuantitativo, tomando en cuenta la población de cisternas y como muestra se analizará una cisterna que transporta 1000 galones de combustible. El principal resultado es la determinación son los centros de gravedad del vehículo y del fluido transportado, comprobándose el factor estático de estabilidad lateral disminuye, lo que hace que la aceleración transversal aumente la probabilidad de vuelco lateral. Se concluye que aumentando la distancia de separación lateral de la suspensión se puede compensar la disminución del factor estático de estabilidad (SSF). Por último a García (2018), en su tesis titulada “Análisis dinámico para determinar la velocidad de volcadura de un vehículo transportador de productos lácteos”, cuyo objetivo fue “Calcular la velocidad máxima a la cual puede desplazarse un vehículo transportador de productos lácteos en una trayectoria curva sin correr riesgo de sufrir un accidente por volcadura”. A nivel metodológico, consiste en un análisis con una trayectoria sin inclinación y posteriormente una trayectoria peraltada, con ecuaciones de movimiento de cuerpo rígido; después se realiza un análisis con un vehículo con seis grados de libertad mediante análisis numérico. Los resultados permiten conocer el instante en el que ocurre un desplazamiento lateral y posteriormente una volcadura. En conclusión, la velocidad de deslizamiento y de volcadura de un vehículo dependen de factores que afectan el manejo y la maniobrabilidad.

El estudio se justifica teóricamente, por cuanto tiene implicancia en la seguridad de transporte que a su vez conlleva toda una línea de investigación del cual se pueden derivar un conjunto amplio de investigaciones todas ellas referidas a diferentes campos o áreas específicas. A nivel económico, el Perú ha tenido un crecimiento económico importante en los últimos años y si se quiere seguir avanzando en estos tiempos de globalización, competitividad y libre mercado se debe adecuar a tendencias y estándares que presentan países del primer mundo. A nivel social, esta línea de investigación lo vincula con un problema de la realidad, cuya solución impacta en la sociedad porque es hacia ella donde se dirigen los resultados de este estudio. El estudio se justifica metodológicamente, como herramienta de diagnóstico, con el propósito de corregir la problemática observada, desarrollándose de este modo instrumentos de medición que respaldan el presente estudio. Así mismo este estudio tuvo justificación práctica, para lograr las metas y objetivos planteados. En el nivel cultural, permitirá promover una cultura de seguridad vial y actividades dirigidas a prevenir accidentes de tránsito.

El objetivo general del estudio es: Plantear una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial. El objetivo específico 1: Plantear una metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial. El objetivo específico 2: Plantear una metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales con la seguridad vial.

Es en este sentido la investigación cobra importancia, porque a partir de este estudio se puede sentar las bases para dar el paso siguiente que es la elaboración de la normatividad correspondiente que se adaptará al caso específico de nuestro país.

Como Hipótesis General: El planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de seguridad vial. La Hipótesis Específicas 1: La metodología de estudio de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial. Hipótesis Específica 2: La metodología de evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales incrementa los indicadores de la seguridad vial.

Material y métodos

El tipo y diseño de la investigación, consideró una investigación de tipo aplicada, porque es consistente de acuerdo al Reglamento de Calificación, Clasificación y Registros del CONCYTEC (2020), que afirma que “una investigación es aplicada cuando está dirigida a determinar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías), por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica”. Con respecto al Diseño de la Investigación es no experimental.

La población del estudio estuvo constituida por las ambulancias rurales que corresponden a las adquiridas por el Ministerio de Salud (MINSA) mediante la “Adjudicación de menor cuantía N° 065-2013-MINSA contratación de bienes: Adquisición de Ambulancias”. Estas ambulancias son Ambulancias Rurales que en un número de 43 circularon por las vías rurales. Como consecuencia de esta licitación el consorcio ganador Euroshop representante de la marca Volkswagen es el proveedor que cumplió con las especificaciones técnicas referidas a las Ambulancias Rurales. Las 43 Ambulancias Rurales poseen las mismas especificaciones técnicas y son mostradas en la tabla siguiente:

Tabla 1.

Características de las ambulancias rurales

Marca	:	VOLKSWAGEN
Modelo	:	Transporter Chassis Single Cab
Año Fabricación	:	2013
Fórmula Rodante	:	4x4
Carrocería	:	Ambulancia
Cilindrada	:	1968 c.c.
Longitud	:	5,28 m.
Ancho	:	2,08 m.
Altura	:	2,46 m.
País de origen	:	Alemania
Chasiss y motor	:	Alemania

Fuente: Certificado de conformidad de montaje N° 000057, Universidad Nacional de Ingeniería 24-02-2014

En relación al tamaño de la muestra, no existen ambulancias rurales similares en el Perú referidas a la marca *Volkswagen*, modelo *Transporter*, tipo de motor, medidas vehiculares y que sean importadas de Alemania, por lo que se trató de una pequeña población que coincidió con la totalidad de las 43 ambulancias rurales. Todas son de la misma marca, modelo, y del mismo año de fabricación respondiendo a las características indicadas en la Tabla 1.

El método corresponde al enfoque cuantitativo, que a partir de variables que se pueden evaluar como la estabilidad lateral de las ambulancias rurales, el umbral de vuelco lateral de la ambulancia rural, el centro de gravedad de la ambulancia rural. Pero por otro lado tenemos variables cualitativas como la edad y el estado emocional del conductor de la ambulancia rural, además de la forma que el conductor es afectado por las bebidas alcohólicas también es cualitativo. Sin embargo esta investigación no considera las variables cualitativas mencionadas, porque desde que se definió la problemática, se establecieron los límites espaciales y temporales de la investigación.

El instrumento que se utilizó para la variable independiente: Estabilidad lateral de las ambulancias rurales, fue la hoja de diagnóstico para recolectar los pesos indicados con ayuda de la balanza electrónica de pesaje de vehículos para cada una de las ambulancias. Para la variable dependiente: Seguridad Vial, se consideró los instrumentos gráficos, los cuales fueron pertinentes porque se aplicaron en diferentes sectores.

Luego las medidas del peso seco de las ambulancias rurales se concentran alrededor del valor medio \bar{X} , lo que da confiabilidad al instrumento balanza electrónica de pesar. Es un instrumento con validez porque evidentemente sólo mide pesos, accesoriamente tiene un certificado de calibración autorizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Es así que reformulando en lenguaje estadístico la intención es verificar si la mayoría de la población de ambulancias rurales no vuelcan lateralmente para ángulos mayores a 35° , luego H_0 y H_1 se expresarán:

$$\begin{aligned} H_0: & \text{ Menos del 50\% de las ambulancias rurales poseen} \\ & \text{SSF} < \text{Tg } 35^\circ \text{ ó } \text{SSF} < 0,70 \\ H_1: & \text{ Más del 50\% de las ambulancias rurales poseen} \\ & \text{SSF} > \text{Tg } 35^\circ \text{ ó } \text{SSF} > 0,70 \end{aligned}$$

Más del 50% implica mayoría. SSF es el factor de estabilidad estático definido anteriormente.

Resultados

Estos resultados que se muestran en la tabla 2, son el centro de gravedad mediante sus coordenadas, pesos de las ambulancias, el ángulo de vuelco lateral izquierdo y derecho, los valores del factor estático de estabilidad lateral SSF para cada una de las 43 ambulancias rurales, incluyendo el número de placa y número de chasis que identificaron cada una de las ambulancias rurales de la muestra. La determinación de los valores del factor SSF siguió la metodología y ejemplo de cálculo indicado.

Tabla 2. Presentación de resultados

N°	N° de Chasis	N° de Placa	Parámetros para obtener el ángulo de vuelco					Resultados ángulo de vuelco		Factor estático de estabilidad SSF	
			Ubicación centro gravedad (m)			Peso Neto (kg)	Peso posterior (kg)	Lateral izquierdo	Lateral derecho	SSF Lateral izquierdo	SSF Lateral derecho
			X	Y	Z						
AMBULANCIAS RURALES TIPO I											
1.	WV3ZZZ7JZEX009153	EUC-902	1,556391	0,74056	1,21250	2660	1380	34,986°	39,385°	0,70	0,82
2.	WV3ZZZ7JZEX009231	EUC-907	1,568702	0,74565	1,225742	2620	1370	34,855°	38,937°	0,70	0,80
3.	WV3ZZZ7JZEX009488	EUC-909	1,568182	0,75233	1,219071	2640	1380	35,212°	38,900°	0,70	0,80
4.	WV3ZZZ7JZEX009664	EUC-916	1,55597	0,75325	1,073577	2680	1390	38,737°	42,471°	0,80	0,91
5.	WV3ZZZ7JZEX006979	EUC-917	1,539326	0,69510	0,743941	2670	1370	47,190°	54,446°	1,10	1,40
6.	WV3ZZZ7JZEX008905	EUC-976	1,572491	0,76256	1,004891	2590	1410	40,903°	44,089°	0,86	0,96
7.	WV3ZZZ7JZEX009681	EUC-995	1,55597	0,75325	1,139802	2680	1390	37,075°	40,768°	0,75	0,86
8.	WV3ZZZ7JZEX009753	EUC-936	1,572491	0,75651	1,004891	2640	1390	40,705°	44,267°	0,86	0,97
9.	WV3ZZZ7JZEX009524	EUC-937	1,561798	0,75607	0,94336	2670	1390	42,488°	46,089°	0,91	1,03
10.	WV3ZZZ7JZEX009403	EUC-940	1,579545	0,74617	1,017389	2640	1390	40,016°	44,013°	0,84	0,96
11.	WV3ZZZ7JZEX009291	EUC-945	1,591603	0,73322	1,09026	2620	1390	37,653°	42,607°	0,77	0,91
12.	WV3ZZZ7JZEX008359	EUC-946	1,539033	0,76256	1,136848	2690	1380	37,444°	40,572°	0,76	0,85
13.	WV3ZZZ7JZEX007867	EUC-947	1,58427	0,74388	1,009833	2670	1410	40,150°	44,493°	0,84	0,98
14.	WV3ZZZ7JZEX007539	EUC-956	1,573585	0,44949	1,081824	2650	1370	38,402°	42,361°	0,79	0,91
15.	WV3ZZZ7JZEX006980	EUC-958	1,573308	0,75280	1,09138	2660	1350	36,130°	40,90°	0,73	0,82
16.	WV3ZZZ7JZEX007077	EUC-960	1,573034	0,75607	1,142778	2670	1400	37,093°	40,613°	0,75	0,85
17.	WV3ZZZ7JZEX007388	EUC-966	1,567164	0,74718	1,073577	2680	1400	38,540°	42,647°	0,79	0,92
18.	WV3ZZZ7JZEX009389	EUC-971	1,551331	0,749	1,087426	2630	1360	38,242°	42,228°	0,78	0,90
19.	WV3ZZZ7JZEX008272	EUC-973	1,586873	0,74171	1,030356	2520	1370	39,511°	43,979°	0,82	0,96
20.	WV3ZZZ7JZEX009616	EUC-979	1,561338	0,76256	1,103858	2690	1400	38,261°	41,408°	0,78	0,88
21.	WV3ZZZ7JZEX009737	EUC-980	1,600746	0,74110	1,040465	2660	1380	39,217°	43,717°	0,81	0,95

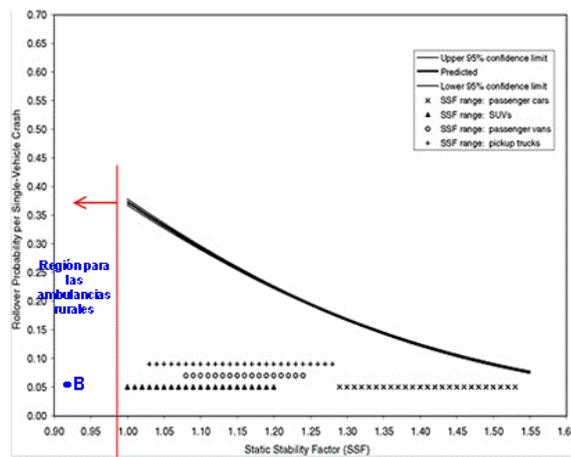
N°	N° de Chasis	N° de Placa	Parámetros para obtener el ángulo de vuelco					Resultados ángulo de vuelco		Factor estático de estabilidad SSF	
			Ubicación centro gravedad (m)			Peso Neto (kg)	Peso posterior (kg)	Lateral izquierdo	Lateral derecho	SSF Lateral izquierdo	SSF Lateral derecho
			X	Y	Z						
AMBULANCIAS RURALES TIPO I											
22.	WV3ZZZ7JZEX009255	EUC-984	1,567669	0,75200	1,079054	2660	1390	38,580°	42,339°	0,79	0,91
23.	WV3ZZZ7JZEX008251	EUC-986	1,557915	0,75429	1,098891	2590	1345	38,121°	41,776°	0,73	0,89
24.	WV3ZZZ7JZEX009286	EUC-994	1,580705	0,75208	0,93781	2695	1420	42,524°	46,374°	0,91	1,05
25.	WV3ZZZ7JZEX008953	EUC-988	1,55597	0,75022	1,139802	2680	1390	36,978°	40,856°	0,75	0,86
26.	WV3ZZZ7JZEX009116	EUC-007	1,603053	0,74565	1,090260	2620	1400	38,060°	42,251°	0,80	0,91
27.	WV3ZZZ7JZEX009799	EUC-013	1,545113	0,76504	1,012332	2660	1370	40,774°	43,805°	0,86	0,96
28.	WV3ZZZ7JZEX008524	EUC-018	1,579545	0,74617	1,01786	2640	1390	40,016°	44,213°	0,84	0,97
29.	WV3ZZZ7JZEX008689	EUC-021	1,585227	0,76000	1,051001	2640	1395	38,898°	43,461°	0,80	0,94
30.	WV3ZZZ7JZEX008316	EUC-026	1,544776	0,76540	1,10669	2680	1380	38,281°	41,252°	0,78	0,87
31.	WV3ZZZ7JZEX009835	EUC-035	1,545113	0,7528	1,2125	2660	1370	35,372°	39,038°	0,71	0,81
32.	WV3ZZZ7JZEX007239	EUC-043	1,571956	0,73891	1,000021	2710	1420	40,261°	44,916°	0,84	0,99
33.	WV3ZZZ7JZEX009541	EUC-049	1,567164	0,76540	1,073577	2680	1400	39,130°	42,116°	0,81	0,90
34.	WV3ZZZ7JZEX009147	EUC-051	1,527881	0,76861	1,004891	2690	1370	41,100°	43,911°	0,87	0,96
35.	WV3ZZZ7JZEX009284	EUC-053	1,584906	0,74335	1,081824	2650	1400	38,201°	42,538°	0,78	0,91
36.	WV3ZZZ7JZEX008889	EUC-058	1,556818	0,75233	1,219071	2640	1370	35,212°	38,900°	0,70	0,80
37.	WV3ZZZ7JZEX007979	EUC-069	1,564728	0,76666	1,077677	2665	1390	39,065°	41,970°	0,81	0,90
38.	WV3ZZZ7JZEX007996	EUC-075	1,585227	0,73075	0,983771	2640	1395	40,450°	45,619°	0,85	1,02
39.	WV3ZZZ7JZEX006957	EUC-078	1,550562	0,75607	1,076306	2670	1380	38,758°	42,316°	0,80	0,91
40.	WV3ZZZ7JZEX009393	EUC-079	1,5735849	0,755683	0,872362	2650	1390	35,388°	38,882°	0,71	0,80
AMBULANCIAS RURALES TIPO II											
1.	WV3ZZZ7JZEX009171	EUC-968	1,590909	0,74617	1,017386	2640	1400	40,016°	44,213°	0,83	0,97
2.	WV3ZZZ7JZEX009328	EUC-989	1,545113	0,74066	1,145777	2660	1370	36,721°	40,809°	0,74	0,86
3.	WV3ZZZ7JZEX007718	EUC-083	1,5789474	0,75280	1,0123317	2660	1400	40,375°	44,164°	0,85	0,97

Fuente: Elaboración propia

Discusión

1. Los resultados mostrados en la tabla 2 arrojan valores de SSF que fluctúan entre 0,70 - 0,90 para la estabilidad lateral izquierdo, y entre 0,8 - 1,0 para la estabilidad lateral derecha. Si bien en estas tablas no aparecen la mención para ambulancias, sin embargo el enfoque que fue planteado al inicio era utilizar el conocimiento ya existente y ampliar nuestros resultados a dicho conocimiento. Los resultados de nuestra investigación son consistentes con los resultados de las investigaciones mencionadas. Así mismo los resultados obtenidos para el SSF de nuestras ambulancias rurales corresponden a la región mostrada en el gráfico N° 2 (NHTSA, 2011).

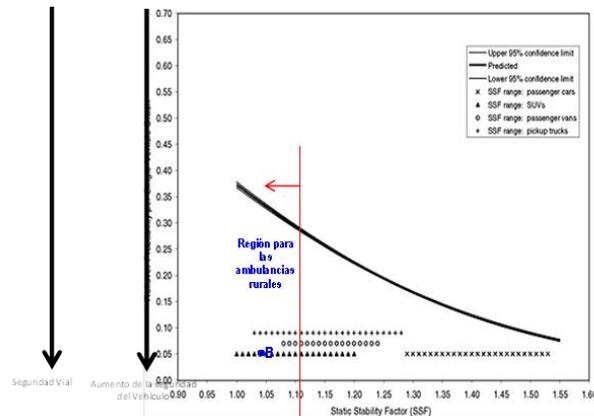
Gráfico 1. Estimación de probabilidad de ocurrencia de vuelco lateral siguiendo el modelo estadístico logarítmico dependiendo del SSF.



Fuente: NHTSA, 2011

2. La NHTSA (2011) considera que para cualquier vehículo de cualquier marca y modelo su conducta de probabilidad puede estar encima o debajo de la curva mostrada en la gráfica 1, si se complementa con medidas como bolsas de aire laterales anti vuelco lateral, capacitación continua del conductor, uso imprescindible de los cinturones de seguridad, sistema electrónico de estabilidad lateral (ESC), la probabilidad de vuelco lateral que es la ordenada de esta curva disminuye un 75%. Resulta que las ambulancias rurales motivo de la presente tesis poseen cinturones de seguridad, sistema electrónico de estabilidad lateral (ESC), además de continua capacitación de los choferes conductores, hacen que a nuestro criterio las ambulancias rurales se posicionan en un punto B, como el mostrado en la gráfica 2, con baja probabilidad de vuelco lateral, es decir se tratan de vehículos seguros y por consiguiente con una implicancia positiva a efectos de la seguridad vial.

Gráfica 2. Seguridad de los vehículos utilizados como ambulancias rurales y su relación con la seguridad vial.



Fuente: NHTSA, 2011

Es evidente como se muestra en la gráfica 2 que a mayor seguridad que ofrezca un vehículo, esto implica positivamente en la seguridad vial.

3. De acuerdo con la investigación de Tylern (2017) todo transporte sostenible debe basarse en la seguridad vial y la accesibilidad, esta última se refiere a que el sistema debe garantizar que cualquier ciudadano debe tener acceso de cualquier punto de la red vial. Menciona también que la seguridad vial implicará mínimo impacto sobre el medio ambiente, además que los vehículos que forman parte del sistema sostenible de transporte ofrezcan seguridad.
4. El Factor Estático de Estabilidad SSF tiene validez científica reconocida por uno de los principales organismos relacionados a la seguridad vial en el mundo como es la NHTSA. Basado en éste soporte que le da validez, la determinación del SSF para cada una de las 43 ambulancias rurales de la muestra se hizo siguiendo una metodología propia según lo determina la presentación de resultados complementada con la asistencia de la inferencia estadística a través de la hipótesis alternativa H_1 arroja que la mayoría de la población de ambulancias rurales no vuelca lateralmente para ángulos mayores a 35° , esto hace que podemos afirmar que estas ambulancias ofrecen más seguridad y a su vez todo esto avala el planteamiento de una metodología de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales teniendo impacto positivo en la seguridad vial en las vías rurales por donde circularán estas ambulancias. También es positivo que el ángulo de referencia de vuelco lateral sea 35° porque simula condiciones reales asociado al tipo de vía rural de nuestro medio.

Conclusiones

1. Basado en la discusión de los resultados en líneas anteriores se verifica el cumplimiento del objetivo general, puesto que este planteamiento de estudio y evaluación de la estabilidad lateral de las ambulancias rurales guardan relación con la seguridad vial. Este hecho se ve reforzado por el cumplimiento de la hipótesis de que la mayoría de las ambulancias rurales no vuelcan para ángulos mayores a 35° . Todo esto ratifica que esta investigación tiene una implicancia positiva en la seguridad vial a la luz de los resultados.
2. De acuerdo a los resultados se cumple el objetivo específico 1, porque la probabilidad del vuelco de estas ambulancias rurales son menores que el 30%. Estos son vehículos seguros y por consiguiente contribuyen positivamente a la seguridad vial.
3. Esta investigación ha tenido un enfoque con características propias basado en usar conocimiento ya existente para otros vehículos como automóviles, SUVs, camionetas, VANS, la cual se ha hecho extensivo a las ambulancias rurales materia de esta investigación, de tal forma que analizando los resultados estos son consistentes con los resultados obtenidos en otras investigaciones conforme se ha mencionado en el punto anterior. Es así que se refuerza por un lado el cumplimiento del objetivo general porque esta investigación tiene una implicancia positiva en la seguridad vial, y por otro lado el cumplimiento de la hipótesis general, porque el planteamiento de esta metodología de investigación influye positivamente en la seguridad del transporte, el argumento es que la mayoría de las ambulancias rurales no vuelcan lateralmente para ángulos mayores a

35°, hecho que otorga mayor seguridad vial, verificándose el cumplimiento del objetivo específico 2.

4. La metodología de esta investigación considera a la ambulancia rural como un cuerpo rígido de manera tal que las leyes de la física a través de una fuerza lateral que dependiendo de su magnitud y de cuánto dura hace que se produzca o no el vuelco lateral. En un caso más real deberá considerarse que los neumáticos se deforman ligeramente y también influye la suspensión de los vehículos, hechos tales que ameritarían una rectificación en el modelo del cuerpo rígido para la ambulancia rural, en todo caso quedaría como una tarea pendiente.
5. Tomar en cuenta que un vuelco lateral concurre la conducción del vehículo, el entorno y el vehículo propiamente dicho. Estas condiciones hacen que por ejemplo en una zona rural la probabilidad de vuelco lateral sea mayor que en las zonas urbanas porque en una carretera rural la ambulancia se podría encontrar con un terraplén, o cualquier obstáculo en el camino que lo puede desestabilizar lateralmente, en este caso transitoriamente el conductor pierde el control de la ambulancia rural, pero con maniobras adecuadas puede recuperar la estabilidad, porque si no es así pasaría a la zona de fuera de control que haría que la ambulancia rural vuelque lateralmente.

Agradecimiento

A Dios, a Jesucristo, a la Virgen María, a mi familia, al prójimo, a la UNAC y al país.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, C. S. (2014) Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Escuela de Post Grado Doctorado En Salud Pública protección del medio ambiente. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/532>.
- Alam, F. y Watkins, W. (2007). Lateral Stability of a Double Stacked Container Wagon under Crosswinds. Tesis. RMIT University Melbourne, Australia. <https://me.buet.ac.bd/icme/icme2007/Proceedings/PDF/ICME07-FL-16.pdf>
- Ambulance Manufacturers Division (AMD) – USA (2004). <https://www.ntea.com/amd/>
- Arizaga, E. y Gómez, D. (2015), Análisis de los sistemas faltantes de seguridad vehicular de la categoría M1 en la norma NTE INEN 034:2010 y una propuesta de mejora. [Tesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca], Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8932/1/UPS-CT005181.pdf>
- Ataei, M. y Khajepout, J. (2017). Index Rollover For Tripped and Untripped Rollovers on Flat and Sloped Roads. Artículo. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/0954407017695007>
- Ballesteros, E. (2015). Diseño, fabricación y ensayo de estructura autodesplegables de protección al vuelco (Adrops). Tesis doctoral – Universidad Pública de Navarra, Navarra-España. pp. 4-5-6-7-8. Recuperado de <https://academica.unavarra.es/handle/2454/20878>
- BANCO MUNDIAL. (2017). Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible. Unidad de Desarrollo Sostenible Región de América Latina y el Caribe, pp.3-4. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/103279760/analisis-ambiental-del-peru-onu>
- CONCYTEC. (2020). Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los investigadores del Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - Reglamento RENACYT. Lima, Perú. https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf
- Chanco Gálvez, Elizabeth (2019). Efectos del tránsito vehicular en el riesgo de seguridad vial, avenida Calmell Del Solar – Huancayo. [Tesis Universidad Peruana Los Andes]. Huancayo, Perú.

- <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/940/ELIZABETH%20LILY%20CHANCO%20G%c3%81LVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dextre Quijandría, Juan (2018). Mejoras en la seguridad vial con medidas de bajo costo. [Tesis Pontificia Universidad Católica Del Perú], Lima, Perú. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13044/GUILLE RMO TITO DIEGO MEJORAS SEGURIDAD %20VIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13044/GUILLE%20TITO%20DIEGO%20MEJORAS%20SEGURIDAD%20VIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Domínguez A. (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana. Tesis de Maestría. México. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Domínguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf>
- FEDERAL SPECIFICATION FOR THE STAR – OF – LIFE AMBULANCE KKK-A-1822 F – USA (2007). Recuperado de <https://www.ok.gov/health2/documents/KKK-A-1822F%20%2007.01.2007.pdf>
- García Aguilar, César (2018). Análisis dinámico para determinar la velocidad de volcadura de un vehículo transportador de productos lácteos. Instituto Tecnológico de Pachuca. México. http://www.itpachuca.edu.mx/pdf/repositorio_tesis/06200389.pdf
- Gonzalo de Ana Rodríguez (2008) Medio Ambiente y Sostenibilidad. Madrid – España. p.p. 3-4. Recuperado de <http://revistas.usal.es/index.php/eks/article/viewFile/11368/11792>
- GREENPEACE. (2009). Emisiones de CO₂ debido al transporte en vías rurales. Recuperado de <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Frenar-el-cambio-climatico/Ciencia/Emisiones-de-CO2/>
- Ground Vehicle Standard for Ambulances. Commission in accreditation of Ambulances. USA (2016) Recuperado de: http://www.groundvehiclestandard.org/wp-content/uploads/2016/03/CAAS_GVS_v_1_0_FinalwDates.pdf
- Grzebieta y Rechnitzer (2015). Static Stability Test Results. Transport and Road Safety. Universidad of New South Wales. Australia. Recuperado de: [http://www.tars.unsw.edu.au/research/Current/Quad-Bike Safety/Performance Project.html](http://www.tars.unsw.edu.au/research/Current/Quad-Bike%20Safety/Performance%20Project.html)
- Guevara Delgado and J. D. Norabuena Ita (2019). Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas(UPC), Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/10757/626485>
- Haiyan, H. (2007). Rollover Staibility of a vehicle during critical driving”. Artículo. Universidad de Nanjing de Aeronáutica e Ingeniería del Automóvil. Recuperado de: <https://doi.org/10.1243/09544070JAUTO343>
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la Investigación. MCGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. de C.V. Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hilario, N. (2017). Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Centro. Escuela de Posgrado. Huancayo. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hsun, H., Yedavalli, R. y Guenther, D. (2011). Control de balanceo activo para la prevención de vuelco de vehículos pesados articulados con minimización de múltiples índices de vuelco”. Artículo. Recuperado de: <http://doi.org/10.1080/00423114.2011.597863>
- Ibañez, R. (2012). Estudio y simulación con SIMULINK de vuelco de un vehículo pesados en adelantamiento. Madrid-España, pp. 3-4-8. Recuperado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12864/PFC_Rafael IbanezdeAldecoa G arcia.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12864/PFC_Rafael_IbanezdeAldecoa_Garcia.pdf)
- Jaimes, L. (2019). Estimación de la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado. PUCP. Lima, Perú. Recuperado de:

- http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14862/JAIMES_GUTIERREZ_ESTIMACION_DE_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_UNIVERSIDAD_PERUANA_UNION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kenneth, D. (2007). Influence rollover and their effect on Electronic Stability Controllers. Tesis. Auburn University. Alabama. USA. Recuperado de: http://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/112/Lambert_Kenneth_57.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Logan David, Fildes Brian, Newstead Stuart (2021). Development and application of a vehicle safety rating score for public transport minibuses. Journal of Road Safety – Volume 32. <https://journalofroadsafety.org/article/32200-development-and-application-of-a-vehicle-safety-rating-score-for-public-transport-minibuses>
- Marín Ruiz Cristihan Mateho y Sánchez Tapiero Julio Cesar (2021) Estudio de las tecnologías de seguridad pasiva y activa presentes en los vehículos vendidos en Colombia. Universidad Católica De Colombia. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá D.C. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/27135/1/Trabajo%20de%20Grado%20final%20507316_Marin_507143_Sanchez.pdf
- Martín, L. (2013). Estudio Teórico experimental de la estabilidad en vehículos cisterna. Tesis doctoral, Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 22. Recuperado de <http://oa.upm.es/16621/>
- MINISTERIO DE SALUD – MINSA – Norma Técnica de Salud – Norma N° 051. Recuperado de https://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/normas_tecnicas/2006/11052010_NORMA_TECNICA_DE_SALUD_PARA_TRANSPORTE_ASISTIDO_DE_PACIENTES_POR_VIA_TERRESTRE.pdf
- MINISTERIO DE SALUD – MINSA. Especificaciones técnicas, adjudicación de menor cuantía N° 065-2013-MINSA Contratación de Bienes: Adquisición de ambulancias página 4 – Lima Perú 2013. Recuperado de <http://www.serperuano.com/2015/05/adquisicion-de-ambulancias-por-el-minsa-se-ejecuto-de-acuerdo-a-ley/>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – MTC Directiva N° 002-2006/MTC-15-Clasificación vehicular y estandarización de características registrales vehiculares – página 326766. Lima-Perú 2006. 16 p. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – MTC. Reglamento Nacional de Vehículos – Decreto Supremo D.S. N° 058-2003 página 46 – Lima Perú 2003. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1957.pdf
- MINSA (2006). Resolución Ministerial N° 953-2006/MINSA páginas 2, 4, Lima Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/minsa2006/ambulancias-minsa-2006>
- MTC. (2016). Manual de seguridad vial MSV - 2016 Manual de Seguridad vial. Lima – Perú, pp. 13-14. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_de_Seguridad_Vial_2017.pdf
- Moreno Gonzalo, Serrano Juan Carlos y Figueroa-Salgado Simón (2020). Análisis bidimensional de la estabilidad de vehículos pesados tipo carro-tanque. Revista UIS Ingenierías, vol. 19, núm. 3, pp. 31-36, 2020. Universidad Industrial de Santander, Colombia. <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768212005/html/>
- Moreno G. Vieira R. y Martins, D. (2018). Diseño de autopistas: efectos de la estabilidad de vehículos pesados. DYNA, vol. 85, no. 205, pp. 205-210, Universidad Nacional de Colombia. <https://www.redalyc.org/journal/496/49657889027/html/>
- Murray, S. (2006). Estadística. Mc Graw Hill. Mexico. Recuperado de [file:///C:/Documents%20and%20Settings/hdd/Mis%20documentos/Downloads/Estadística.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edici%C3%B3n%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/hdd/Mis%20documentos/Downloads/Estadística.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edici%C3%B3n%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20(1).pdf)
- Narajari, R. (2005). Una propuesta de estudio de vuelco usando sensores para evaluar la aceleración lateral. Tesis. Texas University USA. Recuperado de:

- <https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/3071/etd-tamu-2005C-MEEN-Vittal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NHTSA (2002). Rating System for Rollover Resistance. Recuperado de: <https://www.nap.edu/read/10308/chapter/11>
- NHTSA (2005). Trends in the Static Stability Factor of Passenger Cars, Light Trucks, and Vans. Recuperado de: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/809868>
- NHTSA (2010). National highway transportation safety administration (NHTSA) Background to NHTSA ratings for rollover resistance. USA, Recuperado de <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/fmvss/RolloverResistance.pdf>
- NHTSA (2011). National Highway Traffic Safety Administration. Rating System for rollover resistance: An Assessment – USA. Recuperado de <https://www.nhtsa.gov/>
- NHTSA (2014). The National Highway Traffic Safety Administration and Ground Ambulance Crashes. Recuperado de <https://www.ems.gov/pdf/GroundAmbulanceCrashesPresentation.pdf>
- NHTSA (2015). Investigative Driver Training for Ambulances. Recuperado de: <https://www.ems1.com/ems-products/Driving-Simulation/articles/2088560-NHTSA-investigates-driver-training-for-ambulances/>
- NHTSA (2018). Regulatory Analyses, Regulatory Evaluations, & Other Reports Completed by NHTSA Office of Regulatory Analysis by Date. Recuperado de: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811180>
- NHTSA (2021). US Department of transportation - National Highway Traffic Safety Administration. <https://www.nhtsa.gov/>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2021). Informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito. <https://www.onsv.gob.pe/post/informe-de-victimas-fatales-por-siniestros-de-transito-en-la-region-callao/>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2021). Boletín estadístico de siniestralidad vial, 2021. <https://www.onsv.gob.pe/post/boletin-estadistico-de-siniestralidad-vial-2021/>
- OMS (2015). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Recuperado de: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf?ua=1
- ONU (2018) Road Safety Strategy. For the United Nations. System and its Personnel. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2020/09/road_safety_strategy_booklet.pdf
- Organización Mundial de la Salud. Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030. <https://www.who.int/es/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>
- Pai, J. (2017). Trends and Rollover-Reduction Effectiveness of Static Stability Factor in Passenger Vehicles. (Report No. DOT HS 812 444). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Pérez J. (2016). Expresiones analíticas para determinar el límite de velocidad de vehículos en curvas y su aplicación en carreteras del Perú. Tesis de Posgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.50012404/7382>
- Pizzinato S. (2009). GREENPEACE Transporte: el motor del cambio climático. Greenpeace España, pp. 7-8. Recuperado de <http://www.cuc.udg.mx/sites/default/files/publicaciones/2015%20-%20Desarrollo,%20crisis%20y%20turismo.pdf>
- Robertson, L. y Maloney, A. (1997). Motor vehicle rollover and static stability: An exposure study. American Journal of Public Health. USA. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1381060/>
- Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2007). Metodología de la Investigación. Universidad Oberta de Catalunya. España. Recuperado de

- http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/77608/1/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n_Portada.pdf
- Rodríguez Hernández, Jorge (2017). Comportamiento dinámico de un autobús circulando en curva. Universidad Carlos III de Madrid. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24952/tesis_jorge_antonio_rodriguez_hernandez_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- SAFETY RESEARCH & STRATEGIES, INC. (2006). Kane S. Recuperado de <http://www.safetyresearch.net/about-us>
- Steven, C. (2007). Modelación, análisis y medición de la estabilidad de vehículos de pasajeros. Tesis. Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Massachusetts. USA. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1721.1/38282>
- Tota, A.; Dimauro, L.; Velardocchia, F.; Paciullo, G.; Velardocchia, M. (2022) An Intelligent Predictive Algorithm for the Anti-Rollover Prevention of Heavy Vehicles for Off-Road Applications. *Machines*, 10, 835. <https://doi.org/10.3390/machines10100835>
- Tyler (2017). Safety accessibility and sustainability: The importance of micro-scale outcomes to an equitable design of transport systems. Review article. University College London. Recuperado de: <http://cuba-research-network.net/wp-content/uploads/2017/12/Tyler-2017-Safety-Accessibility-and-Sustainability.pdf>
- Urynowicz, E. (2005). The Static Stability Factor a Dynamic Introduction To Engineering. Universidad Of Wyoming. USA. Recuperado de [the-static-stability-factor-a-dynamic-introduction-to-engineering%20\(1\).pdf](http://the-static-stability-factor-a-dynamic-introduction-to-engineering%20(1).pdf)
- Villanueva, F. (2018). Sistemas de contención vehicular y su relación con los riesgos potenciales asociado a los accidentes por salida de vía en el circuito de playas de la Costa Verde, tramo: San Miguel – Magdalena. [Tesis, Universidad Nacional Federico Villarreal], Lima, Perú. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2807/VILLANUEVA%20ARTEAG%A%20FIORELLA%20SASKIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villena, M. (2021). Análisis de la consistencia de la carretera Centro Poblado Huambocancha Alta – Centro Poblado Porcón Bajo y su relación con la seguridad vial. [Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca], Perú.
- Whitfield, R. y Jones, S. (1995). The effect of passenger load on Unstable vehicles in fatal untripped rollover crashes. USA. Recuperado de <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.85.9.1268>
- WU, J., Guzzomi, A. y Hodkiewicz, G. (2013). Static Stability Analysis of Non-Slewing articulated mobile cranes. Artículo. Melbourne University. Australia. Recuperado de: <https://doi.org/10.7158/M12-108.2014.12.1>
- WEISS AND ERNST. (2001). Comparison of Rural and Urban ambulance Crashes. University Nuevo México. USA. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/12183364_A_comparison_of_rural_and_urban_ambulance_crashes