



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL CON MENCIÓN EN CARRETERAS,

PUENTES Y TÚNELES

**Sistema de protección de barrera rodante amortiguable en curvas
horizontales para reducir la accidentabilidad en carreteras**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención en
Carreteras, Puentes y Túneles

AUTOR

Bachiller Atiquipa Nieto, Oliver (0000.0003.3560.8940)

ASESOR

Doctor Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino (0000.0002.8873.189X)

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Atiquipa Nieto, Oliver

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 70789243

Datos de asesor

Doctor Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 7066759

Datos del jurado

JURADO 1: Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno, DNI N°7410234,
ORCID 0000-0003-0512-8954

JURADO 2: Doctor Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel, DNI N°31615859,
ORCID 0000-0002-4568-9759

JURADO 3: Doctor Altamirano Herrera, Aníbal, DNI N°10426902, ORCID
0000-0003-2940-0078

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 732527

Código del Programa: 2.01.05

PÁGINA DEL JURADO

Presidente : Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno
Miembro 1 : Doctor Tamara Rodriguez, Joaquín Samuel
Miembro 2 : Doctor Altamirano Herrera, Aníbal
Asesor : Doctor Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino

Representante de la EPG

DEDICATORIA

Dedico mi Tesis a mi madre, por su sacrificio y esfuerzo que desde siempre ha dado por mí, por la confianza y apoyo en todo momento.

Oliver Atiquipa Nieto

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento principalmente a nuestra casa de estudios, por darme los mayores conocimientos necesarios de esta maravillosa carrera.

Oliver Atiquipa Nieto

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema	4
1.2. Formulación del Problema	6
1.2.1. Problema general	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. Importancia y Justificación del Estudio	7
1.3.1. Importancia	7
1.3.2. Justificación	7
1.4. Delimitación del Estudio	9
1.5. Objetivos de la investigación	10
1.5.1. Objetivo General	10
1.5.2. Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Marco Histórico	11
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	13
2.2.1. Bases Teóricas vinculadas a las variables	18
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.	55
2.3.1. Análisis de la capacidad de contención del sistema de barrera rodante amortiguable.	55
2.3.2. Análisis de la capacidad de amortiguamiento del sistema de contención propuesto.	56
2.3.3. Análisis de que los costos de protección con este sistema propuesto, son más económicos a largo plazo en casos de accidentabilidad.	56
2.4. Definición de Término Básicos	56
2.5. Fundamentos teóricos que sustenta la hipótesis	57
2.5.1. Barrera Rodante Amortiguable	57
2.5.2. Capacidad de contención de barreras laterales	58
2.5.3. Capacidad de amortiguamiento	58
2.5.5. Resumen de los Fundamentos Teóricos	59
2.6. Hipótesis	60
2.5.1. Hipótesis General	60
2.5.2. Hipótesis Específica	60
2.6. Variables	60
2.6.1. Definición conceptual de la variable	60
2.6.2. Operacionalización de las variables	60
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	62

3.1. Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación.....	62
3.1.1. Por el Enfoque	62
3.1.2. Por el nivel	62
3.1.3. Diseño	62
3.1.4. Métodos	62
3.1.5. Tipo	63
3.2. Población y muestra	63
3.2.1. Objeto de Estudio.....	63
3.2.2. Muestra	63
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
3.4. Descripción de procedimientos de Análisis	65
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
4.1. Resultados	66
4.2. Análisis de los resultados o discusión de resultados	67
4.2.1. Capacidad de Contención	67
4.2.2. Capacidad de Amortiguamiento	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Anexo 03 - Norma UNE-EN 1317 (Ensayos de impacto de vehículos)	19
Tabla 2:	Niveles de Contención	20
Tabla 3:	Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad	21
Tabla 4:	Anexo 04 - Matriz de Ensayo para Barreras Longitudinales.....	22
Tabla 5:	Vehículos de ensayos de impacto	23
Tabla 6:	Anexo 05: Matrices de prueba recomendadas para barreras longitudinales	24
Tabla 7:	Clases de niveles de contención para barreras de seguridad metálicas	25
Tabla 8:	Índice de Severidad del Impacto de Barreras de Seguridad Metálicas, Según La Norma UNE-EN 1317.....	25
Tabla 9:	Selección del nivel de contención recomendado para barreras de seguridad metálica, según el riesgo de accidente.....	26
Tabla 10:	Requisitos De Comportamiento Barreras De Seguridad	26
Tabla 11:	Severidad de impacto	26
Tabla 12:	Probabilidades de accidentes	28
Tabla 13:	Riesgos de accidentes.....	29
Tabla 14:	Niveles de contención recomendadas pára barreras y pretiles (OC 35/2014).....	29
Tabla 15:	Selección de Nivel de Contención de una Barrera de Seguridad (EN 1317)	36
Tabla 16:	Selección de Nivel de Contención de una Barrera de Seguridad (MASH)	37
Tabla 17:	Ensayos de impacto de vehículos (EN 1317-2).....	37
Tabla 18:	Niveles de contención (EN-1317-2)	38
Tabla 19:	Datos iniciales del ensayo	38
Tabla 20:	Resultados De La Prueba De Impacto Del Vehiculo De 1500 Kg.	40
Tabla 21:	Análisis del sistema.....	41
Tabla 22:	Datos iniciales de ensayo	41
Tabla 23:	Resultados de la prueba de impacto del vehiculo de 900kg.	42
Tabla 24:	Análisis del sistema.....	42
Tabla 25:	Niveles de Anchura de Trabajo Normalizada.....	48
Tabla 26:	Niveles de Intrusión del Vehiculo Normalizada.....	49
Tabla 27:	Clases de Anchura de Trabajo para las Barreras de Seguridad Metálicas según UNE-EN 1317.....	50
Tabla 28:	Deformación del sistema.....	51
Tabla 29:	Costos de Operación y Mantenimiento.....	55
Tabla 30:	Operacionalización de las Variables	61
Tabla 31:	Características de los Ensayos de Impacto Según La Norma UNE-EN 1317.....	68
Tabla 32:	Nivel de Contención.....	69
Tabla 33:	Parámetros de comportamiento según la Norma UNE-EN-1317-2	69
Tabla 34:	Datos iniciales del ensayo (1500 kg)	70
Tabla 35:	Resultados de La Prueba de Impacto Del Vehículo de 1500 Kg.	70
Tabla 36:	Análisis del sistema (1500 kg).....	71
Tabla 37:	Datos iniciales de ensayo	72
Tabla 38:	Resultados de la prueba de impacto del vehiculo de 900kg.	72

Tabla 39:	Análisis del sistema.....	73
Tabla 40:	Análisis del sistema (1500 kg).....	74
Tabla 41:	Análisis del sistema.....	75
Tabla 42:	Descripción del vehículo a ensayar	78
Tabla 43:	Condiciones del ensayo.....	81
Tabla 44:	Resultados en base a variables	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Relación entre Dinámica(D), Ancho de Trabajo (W) e Intrusión Vehicular (VI) por Norma Europea EN 1317.....	15
Figura 2:	Sistemas Flexibles por MSV 2016.....	16
Figura 3:	Sistemas Semi-Flexibles o Semi Rígido por MSV 2016.....	16
Figura 4:	Sistemas Rígido por MSV 2016	17
Figura 5:	Tipos de barreras, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR	27
Figura 6:	Ejemplo de bareras metálicas con y sin pretil	28
Figura 7:	Niveles de Contención según EN 1317. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	30
Figura 8:	Exclusión del Nivel H1 Según EN1317. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	31
Figura 9:	Nivel de Alta Contención, según MASH. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	31
Figura 10:	Ensayos de Control. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	32
Figura 11:	Tipologías de vehículos a contener. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	33
Figura 12:	Niveles de Riesgo. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.....	33
Figura 13:	Prueba de impacto, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	39
Figura 14:	Tramo barrera antes de la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L	39
Figura 15:	Frontal previas a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	39
Figura 16:	Frontal posteriores a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	40
Figura 17:	Vehículo posterior a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	40
Figura 18:	Prueba de impacto, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	42
Figura 19:	Vista de prueba de contención por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	43
Figura 20:	Resultados de prueba de contención por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	43
Figura 21:	Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	44
Figura 22:	Resultados de Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	44
Figura 23:	Valores Medidos de la Deflexión Dinámica (Dm), la Anchura de Trabajo (Wm) y la Intrusión del Vehículo (VIm), por Figura 1 – EN1317-2.....	50
Figura 24:	Vista de la barrera rodante instalada en el campo curvo, tanto en sistema de reflexión diurna como nocturna, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	52
Figura 25:	Vista de los accesorios que componen la barrera rodante por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	52

Figura 26:	ACU N°01	53
Figura 27:	ACU N°02	53
Figura 28:	ACU N°03	54
Figura 29:	Cotización N°01, por Empresa TUPEMESA	54
Figura 30:	Fundamentos teóricos, elaboración propia	59
Figura 31:	Tipo de vehículos para los ensayos de impacto, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR	68
Figura 32:	Ensayos de Impacto, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR	69
Figura 33:	Nivel de contención resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	72
Figura 34:	Nivel de contención resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	73
Figura 35:	Anchura de trabajo resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	75
Figura 36:	Anchura de trabajo resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L.....	76
Figura 37:	Resultados de prueba de contención, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	76
Figura 38:	Resultados de Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)	77
Figura 39:	Trayectoria de impacto del vehículo, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016	78
Figura 40:	Dimensiones del vehículo, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016	79
Figura 41:	Vehículo antes del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016.....	80
Figura 42:	Diseños de cámaras, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016	80
Figura 43:	Barrera después del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016.....	81
Figura 44:	Vehículo después del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016.....	82
Figura 45:	Resumen de los resultados, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016.....	83

RESUMEN

La presente investigación titulada Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguable en Curvas Horizontales para reducir la Accidentabilidad en Carreteras, es de enfoque cuantitativo que surge ante el problema del nivel de accidentabilidad en carreteras y para solucionarlo se propuso un sistema de protección de barrera rodante amortiguable, la cual reduce el grado de accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documental, utilizando el método deductivo – hipotético, para lo cual se obtuvo como resultado implementar el sistema de barrera rodante amortiguable, la cual técnicamente es viable porque disminuye el grado de accidentabilidad de los usuarios, así como también financieramente es rentable a largo plazo, por lo que llevó a la conclusión de ser una propuesta factible para la seguridad vial en el Perú, la misma que podría ser incluido en las Normas del MTC, para su uso, y ser planteado en los expedientes técnicos al igual que con las guardavías convencionales.

Con esta Barrera rodante se quiere disminuir la gravedad de los accidentes, implementándolo de acuerdo al tipo de vía y a los diferentes tipos de vehículos.

Debido a que los ensayos de choque de la barrera rodante amortiguable recogidos en esta Tesis, solo muestra resultados con la Norma MASH, se recomienda compatibilizar con la Norma EN 1317, ya que, en ambos casos, existen nombres diferentes para los Niveles de contención.

Palabras Clave: Sistema de protección, barrera rodante amortiguable, accidentabilidad, contención, amortiguamiento, costos de protección.

ABSTRACT

The present investigation entitled Protection System of Damping Rolling Barrier in Horizontal Curves to reduce Accident Rate on Roads, is a quantitative approach that arises from the problem of the level of accident rate on roads and to solve it, a damping rolling barrier protection system was proposed, which reduces the degree of accidents on highways, through a documentary analysis, using the deductive - hypothetical method, for which the result was to implement the cushionable rolling barrier system, which is technically feasible because it reduces the degree of accidents of users, as well as financially, it is profitable in the long term, which led to the conclusion of being a feasible proposal for road safety in Peru, the same one that could be included in the MTC Standards, for its use, and be raised in the technical files as with conventional guardrails.

With this rolling barrier we want to reduce the severity of accidents, implementing it according to the type of road and the different types of vehicles.

Due to the fact that the shock tests of the cushioning rolling barrier collected in this Thesis only show results with the MASH Standard, it is recommended to make it compatible with the EN 1317 Standard, since, in both cases, there are different names for the Containment Levels.

Keywords: Protection system, cushionable rolling barrier, accident rate, containment, cushioning, protection costs.

INTRODUCCIÓN

La seguridad Vial, es un tema muy importante ah tratar y evaluar el impacto que causa a nivel nacional e internacional. De acuerdo al Consejo Nacional de Seguridad Vial, en el año 2017 se registraron 88 168 accidentes de tránsito. A su vez se indica que en el mismo año, perdieron la vida 2 826 personas. Según las estadísticas registradas por la INEI, hubo 749 víctimas fatales de accidentes de tránsito en Lima en el 2018, esta cifra fue la más alta registrada en el país.

Los accidentes de tráfico son el resultado de la interacción de varios factores, algunos de los cuales son la longitud de las redes de carreteras, la población de vehículos, la adhesión / cumplimiento de la población humana de las normas de seguridad vial, etc.

Los accidentes de tráfico causan lesiones, muertes y hospitalizaciones con costos socioeconómicos en todo el país.

Según la OMS (2015), los traumatismos causados por los accidentes de tránsito se han convertido en la principal causa de muerte en las personas de entre 15 a 29 años de edad. Se añade también que las carreteras cobran la vida de aproximadamente 1.25 millones de personas al año en todo el mundo, donde los peatones, ciclistas y motociclistas conforman mas del 65% de total de los muertos.

En el Perú, las cifras de accidentes en carreteras van en aumento. Según el INEI (2015), en el año 2013 se registraron 118,809 accidentes mientras que en el año 2014 se registró 123,786 accidentes con un aumento de 4.2 % respecto al año anterior. La mayor cantidad de accidentes se encuentran en el departamento de Lima con un total de 55,699 accidentes, los cuales representan el 45 % del total de accidentes registrados; el segundo departamento con mayor cantidad de accidentes se encuentra Arequipa con 8,299 accidentes que representan el 6.7 %. Entre las causas más frecuentes que originan los accidentes, el exceso de velocidad es la principal, seguido de las maniobras no permitidas del conductor y el desacato a las señales de tránsito.

Entre los causales más frecuentes que originan los accidentes, son el exceso de velocidad, maniobras no permitidas y el desacato a las señales de tránsito.

Perú se encuentra dentro de los países involucrados en LA AGENDA 2030, la cual consiste en una Plan de acción con la finalidad de alcanzar un desarrollo sostenible, esta fue implementada por la Naciones Unidas en el 2015. De acuerdo al Plan, se deben cumplir 17 objetivos específicos (Naciones Unidas, 2016). La meta del objetivo 3 Ítem 6 que, desde que se implementó el Plan hasta el 2020, la cantidad de muertos y el número de lesiones tienen disminuir en un 50%, por lo que se tiene que invertir en la realización de medidas necesarias para evitar accidentes de tránsito.

El propósito de la investigación, es de introducir dentro del ámbito de aplicación un tipo de guardavías amortiguables, esto como una alternativa de solución para disminuir el nivel de gravedad de los continuos accidentes en carreteras. Por lo que se plantea en 3 puntos fundamentales, ya que, en temas de seguridad vial, no solamente prima lo técnico, sino que también, la fuente de financiamiento para este rubro, que no es tomado con la seriedad del caso.

Las variables a tomar en cuenta, para poder poner esta propuesta de barrera rodante amortiguable como una partida fundamental en los expedientes técnicos, son la de la capacidad de contención, en donde se podrá distinguir de las demás, como de un nivel muy alto; la capacidad de amortiguamiento, donde se verán grandes diferencias en las deflexiones dinámicas y permanentes; por ultimo y como sustento para poder hacerlo rentable económicamente hablando, se realiza la comparación de los costos iniciales y a largo plazo. De esta forma, se esta tomando variables directas a comparar y de fácil entendimiento, para comprender la diferencia que puede aportar la propuesta en la seguridad vial.

Se incluyen los diversos ensayos realizados, con los diferentes tipos de vehículos, tanto con los guardavías convencionales como con el sistema de barrera rodante amortiguable, la misma que son certificadas por los laboratorios autorizados, de tal forma que la tesis es en base a información fidedigna y comparado para evaluar los resultados.

Se recomienda compatibilizar los resultados con las Normas Europeas y Norte americanas, a fin de que se pueda interpretar rápidamente y de ambas maneras.

Esta investigación se desarrolló en 4 capítulos, los cuales son:

Capítulo I: Donde se ve la problemática de la seguridad vial, y el número de accidente ocurridos por años, la misma que se viene buscando soluciones para disminuirlo. En tal punto se vienen trazándose objetivos, con el fin de reducir el grado accidentabilidad, y las propuestas del que se va a realizar, para que se va a realizar y como se va a realizar, partiendo desde ese punto de vista, se investiga con horizontes claros, para tener soluciones.

Capitulo II: Se presenta el marco histórico, para ver a grandes rasgos, desde cuando se vienen tomando acciones para reducir la accidentabilidad, y que métodos se han venido realizado. Asimismo, se plantea la parte teórica y las referencias en base a cada variable.

Capitulo III: Aquí se presenta la metodología de la investigación, la cual es deductivo - hipotético, con la cual se busca información bibliográfica en base a las normas del MTC Perú, Normas extranjeras, y se trabajó la estadística mediante el software Excel, ya que son en base a resultados de cada variable propuesta.

Capitulo IV: Se presentan los resultados por cada variable planteada, realizando el análisis y comparativo de los guardavías convencionales y la barrera rodante amortiguable, en donde las fuentes de información son directamente de pruebas de ensayos y normas ya consolidadas, tanto europeas como norte americanas.

Por último, se encuentran las conclusiones, con la que damos respuesta a nuestro objetivo de investigación y seguidamente se detallan las recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La seguridad vial, afecta directamente al usuario o pasajero q viaja en el vehículo; los factores afectantes pueden ser diversos, desde fallas mecánicas, factor humano y lo más sensible, la falta de un sistema de seguridad vial, que evite los accidente o que disminuya el grado de la accidentabilidad.

La accidentabilidad en el Perú, y el poco mantenimiento de los sistemas de seguridad en las carreteras, vienen haciendo que aumenten los accidentes, y de no ser mejorados, le índice de accidentabilidad año tras año, ira subiendo; la misma que también se debe al aumento del parque automotor en el Perú; por lo que la seguridad vial deberá estar a la altura de la magnitud de la cantidad de vehículos.

Para poder plantear objetivos claros, que pueda resarcir los problemas de accidentabilidad en el Perú; se identificó 2 variables, las cuales son la capacidad de contención y la capacidad de amortiguamiento; con lo cual se investiga en razón a ello, y se busca que la propuesta quede como una alternativa eficaz, la misma que ayudara a disminuir los grados de accidentabilidad, poniendo a la seguridad vial en un factor muy importante dentro del campo de los proyectos nuevos y de mantenimiento.

Se proponen dimensiones e indicadores que nos muestre realmente las diferencia que existen entre las guardavías convencionales, con las barrera rodantes amortiguables; indicadores fáciles de reconocer, la cual tendrá un fácil entendimiento para poder sacar las conclusiones de esta propuesta, que busca convencer tanto técnica y económicamente, y poder ser incluido en las Normas del MTC, siendo un aporte factible para la seguridad en las carreteras del Perú; mostrándose como un punto importante para el bienestar del usuario, que incluye, transportistas, pasajeros, etc.

El grado de accidentabilidad depende de la forma, velocidad, tipo de vehículo, ángulo de ingreso, el cual, para el caso de guardavías convencionales, esta detiene al vehículo de manera abrupta, cambiando la velocidad del choque muy rápidamente hasta llegar

a 0 km/hr; al no existir un cambio gradual en la velocidad del choque del vehículo, esto provoca que la movilidad y los pasajeros sufran daños graves.

Los guardavías convencionales, en su mayoría, han sido diseñados para vehículos ligeros de 2 Tn., siendo así que, para poder instalar un guardavía adecuado para vehículos pesados, se tendría que realizar pruebas reales, para poder determinar las características que debe tener el guardavía a instalar.

A los lados de nuestras carreteras nacionales de las zonas rurales y suburbanas, se pueden observar condiciones de alto riesgo en múltiples secciones, por los grandes taludes y lo sinuoso que es nuestra topografía; la cual representa un peligro que estas zonas no cuenten con protección alguna.

Las deficiencias a la hora de colocar los guardavías, vienen desde el diseño, ya que no se justifica que estos guardavías convencionales sean una solución a los problemas de seguridad en la vía, puesto que no se justifica con algún diseño, ya que un mismo prototipo para todo tipo de terreno, no es aceptable, ya que cada carretera tiene características diferentes.

De acuerdo a los análisis en la seguridad vial, se puede decir que el aspecto más importante en cuanto a las deficiencias encontradas en los guardavías, recae en la ausencia de diseños y estudios específicos; lo contrario a otros países desarrollados que si realizan una investigación experimental.

Visto los diferentes accidentes ocurridos y los efectos que el choque produce en los guardavías, podemos decir que esta no cumple su función de proteger a los vehículos fuera de control que se salen de la vía. Así que, los vehículos que en su momento colisionaron con los guardavías, no fueron redireccionados, ni contenidos, lo que no ayuda a disminuir los efectos de una colisión o de una volcadura.

Otro problema detectado es la total confianza equivocada que los usuarios que transitan por la carretera tienen, creyendo que los guardavías les darán una segunda oportunidad ante algún accidente, para no sufrir cuantiosas pérdidas materiales, o aún peor, humanas.

Lo que se observan en las carreteras, es la falta total de mantenimiento para este tipo de infraestructura vial que son los guardavías. Una vez que han sido colisionados por un vehículo, estos guardavías dañados, muy pocas veces son reparadas o sustituidas; situación que se mantiene con el paso de los años, dejando transitar a los usuarios, completamente desprotegidos, ante el riesgo que en algún momento se intentó minimizar con la presencia de dichas barreras de contención vehicula (guardavías).

Adicionalmente, a estas deficiencias expuestas, también están la falta de capta luces en los guardavías, las cuales son colocadas de forma optativa a lo largo de las ondulaciones de la viga, con el fin de que los conductores puedan percibir la presencia de las barreras en condiciones de poca visibilidad o conducción nocturna.

Lo que se plantea es introducir dentro del ámbito de aplicación un tipo de guardavías amortiguable, que soporte el choque de los diferentes vehículos y los redirija hacia la carretera. Para esto se plantea usar Barreras Rodantes o Guardavías Amortiguables, que absorban el impacto que genera el choque del vehículo.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿La propuesta del Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguables en curvas horizontales, reducirá el grado de accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documentario?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿La propuesta del Sistema de Barrera Rodante Amortiguable mejorará la capacidad de contención en curvas horizontales, a fin de reducir el grado de impacto de vehículos en carreteras?
- b) ¿La propuesta de lineamientos para mejorar la capacidad de amortiguamiento, mediante Barreras rodantes amortiguables, reducirá la deformación del sistema de contención?

1.3. Importancia y Justificación del Estudio

1.3.1. Importancia

La importancia de la investigación, es dotar de una moderna infraestructura vial para contención lateral, que permita contener y redireccionar realmente a los vehículos, teniendo como base un diseño específico para cada tipo de carretera y condiciones diferente específicas de la misma.

Los constantes despistes de los vehículos, hace que sea fundamental implementar sistemas de seguridad vial eficientes, que permitan al conductor retomar el control del vehículo, protegiendo así a todos los ocupantes. Como consecuencia se evitará la colisión con obstáculos que estén fuera de la calzada o volcadura.

Tener instalado en las carreteras, sistemas de contención laterales bien diseñados y con materiales que tengan capacidad de contención y amortiguamiento para distintos tipos de vehículos, lograrán disminuir el grado de severidad de lesiones a los ocupantes, ocasionados durante el accidente.

La seguridad vial en carreteras, es sumamente importante, salva vidas, previene accidentes de mayor magnitud, ayuda al conductor a notar los peligros mas adelante, mediante señales de advertencia, informativas, preventivas; acompañar a estas medidas, con un sistema de protección lateral incluido capta luces, permite direccionar el vehículo por el trazo correcto; por lo que toda carretera deberá contar con un sistema de seguridad vial que contenga un análisis exhaustivo de los peligros latentes en la zona de riesgo.

1.3.2. Justificación

Para la seguridad vial en carreteras, tiene mucha importancia las obras de contención lateral, por ende, se consideró necesario realizar la evaluación en la fase de construcción e instalación de esta infraestructura, ya que se encontraron muchas deficiencias en campo, las cuales implican que los conductores y vehículos estén expuestos a muchos riesgos, y que no son percibidos por los usuarios.

El Sistema de Barreras Rodantes Amortiguables, serán propuestas para los diferentes tipos de carreteras, la zona en donde serán instaladas, el trazado de acuerdo a la curvatura, el tipo de vehículos que circulan, las velocidades de diseño de la vía, la presencia de otras estructuras vulnerables que existan alrededor o zonas potencialmente peligrosas.

Para poder contar con un Sistema de contención eficiente, estas barreras rodantes amortiguables contarán con los niveles de contención adecuados, con la capacidad de amortiguamiento y deformación necesaria.

A su vez, el tipo de barrera de contención a instalarse, será diseñada una vez realizado el análisis de riesgo de accidentes en el sector de evaluación; puesto que existen diferentes factores como son la topografía accidentada con curvas cerradas en pendientes pronunciadas cerca al borde de la calzada, limitaciones de visibilidad debido a condiciones climáticas.

Para poder proponer el Sistema de Barrera Rodante Amortiguable, se realizará un análisis documentario, en base a estadísticas de los tipos de accidentes, los tipos de vehículos, las causas, el tipo de carreteras en donde surgen dichos accidentes, y en base a esta información primigenia se identificará las características que deberá tener el sistema de protección.

A su vez, se planteará los costos de operación y mantenimiento a largo plazo, y se demostrara que si es factible en el aspecto técnico y económico realizar la instalación del sistema propuesto.

1.4. Delimitación del Estudio

Delimitación Teórica:

La investigación tomará información de las Normativas y reglamentos peruanos en cuanto a seguridad vial, a este se acompañará con información de fichas técnicas y características del nuevo sistema de barrera rodante. Resaltar que no se cuenta con muchos antecedentes de este sistema de barrera rodante, ya que solo existe como un producto de prueba, mas no está incluido en ningún reglamento o normativa de algún país extranjero, por lo que hace mas genérico la información que se encuentra acerca del tema de investigación.

Delimitación Espacial

La investigación está dada en la República del Perú, en donde la propuesta será en base a nuestro sistema vial; tendrá fuentes de información de países extranjeros que vienen realizando pruebas como productos al Sistema de Protección de Barrera Rodante.

Identificado la teoría y resultados de los ensayos de choque realizados en base a la norma peruana y del extranjero, se comparará los resultados de los ensayos realizados con la barrera rodante amortiguable, la misma que se basará en su mayoría con la Norma de la Comunidad Europea EN – 1317 y la norma de Estados Unidos de Norte América MASH.

Delimitación Temporal:

Los datos en este trabajo de investigación tomarán como referencia normativas y bibliografía de los últimos 5 años en base a las actualizaciones de normas del Perú como las del MTC en base a Seguridad Vial, e información bibliográfica de lo que respecta las Barreras Rodantes amortiguables.

Asimismo, se proyectará los resultados de mantenimiento, en 5 años, para poder ver la factibilidad económica de ambos sistemas comparados; asimismo, se deberá actualizar los costos año tras año, para mantener actualizado en el expediente técnico que puedan proyectarse.

Delimitación Temática

Enmarcándonos en la Seguridad Vial se determinará las nuevas metodologías implementadas en otros países, en donde se busca adoptarlas para mejorar la Seguridad en las vías del Perú.

La intención es incluir esta propuesta de barrera rodante amortiguable en las Normas de Seguridad Vial del MTC, y a partir de ellos plantear los nuevos proyectos o de mantenimiento, para reducir los grados de accidentabilidad.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Proponer un sistema de protección de barrera rodante amortiguable, en curvas horizontales, para reducir el grado accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documentario.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Mejorar la capacidad de contención de una barrera de protección en curvas horizontales, a fin de reducir el grado de impacto de vehículos en carreteras
- b) Mejorar la capacidad de amortiguamiento, de una barrera de protección, mediante barreras rodantes amortiguables, a fin de reducir la deformación del sistema de contención.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Histórico

Existen muchos modelos o diseños de separadores viales de concreto, fueron introduciéndose en el mercado de manera periódica bajo diversos nombres, siendo una de las primeras la utilizada en el año 1946 en la pendiente de Grapevine, ruta 99 en California, EE. UU. Los primeros modelos que usaron para experimentar, eran barreras centrales prefabricadas de concreto con forma parabólica, de 71 cm de ancho, de medio metro de alto y con un peso de 1360 kilos.

El nombre de barreras Jersey se hizo conocido cuando los ingenieros de carreteras de Nueva Jersey las instalaron en la sección propensa a accidentes de Jugtown Mountain, en la ruta 22 de EE. UU. en el Condado de Hunterdon. Las barreras de 48 cm de alto y 76 cm de ancho con lados cóncavos parabólicos despejaría el guardafangos si un carro choca contra ella y la suave superficie cóncava y parabólica redireccionaría el vehículo accidentado al flujo de tráfico sin la necesidad de detenerlo.

Luego de experimentar con diversas especificaciones, los ingenieros de carreteras de Nueva Jersey notaron la reducción de la tasa de accidentes de tránsito usando barreras más altas. Por lo que, en 1969, los ingenieros fijaron 81 cm de alto y 60 cm de ancho para las barreras de concretos centrales de forma parabólica. Por este motivo en otras carreteras estatales copiaron estas medidas, que permaneció como la especificación de las medidas y formas estándar de barreras por muchos años.

Los siguientes años vieron la introducción y despliegue de diferentes tipos de barreras. A pesar de esto, se continuó la búsqueda de la barrera perfecta.

Barreras GM: Estas barreras fueron las primeras que se usaron en pruebas de choque antes de ser utilizadas. Sin embargo, debido a que los carros más pequeños tendrían a pasar por encima luego del impacto, se discontinuó este diseño.

California K-Rails: Son barreras de concretos temporales. Si se instalan usando conexiones y cuatro estacas, pueden ser estructuras semipermanentes por un periodo de entre 2 a 5 años. Sin embargo, retirar las barreras de superficies pavimentadas es costoso y expone a riesgos a los trabajadores.

Barreras en forma F: estas barreras son casi idénticas a las barreras Jersey. La única diferencia es el punto de quiebre, que se encuentra más abajo en la barrera con forma de F (25 cm por encima de la carretera comparado con los 33 cm de la barrera Jersey). El punto de quiebre más bajo en la barrera con forma de F reduce el levantamiento de los vehículos y las probabilidades de que pasen por encima.

Barreras de pendiente constante: las barreras verticales simples no levantan los vehículos por lo que no hay probabilidades de que pasen por encima. Por el contrario, está la posibilidad de dañar el vehículo, lesionar a los ocupantes y de que el vehículo no se redireccione a la carretera.

Las pruebas de choque revelan que estos modelos actúan tan bien como las barreras con forma de F y las barreras Jersey. Los diseños más seguros y recientes que incorporan especificaciones más altas, instalación barata y desempeño inalterado de las barreras de pendiente constante, incluso después de volver a pavimentar carreteras, la hace una opción favorable.

Separadores viales para vehículos pesados: Se han realizado pruebas de choque efectivas de barreras de concreto centrales de un poco más de un metro de alto usando las formas de New Jersey, reforzando la parte superior con un espesor de 30 cm. Estas barreras contienen y redireccionan a la carretera vehículos pesados como tractores y camiones.

Barreras plásticas Jersey: estas barreras Jersey hechas de plástico moldeado reemplazaron a los separadores viales de concreto donde era necesario utilizarlas de forma temporal para periodos corto en zonas de trabajo, lugares de construcción de edificios, proyectos de agua y alcantarillado, durante desastres naturales para regular el tráfico peatonal y vehicular.

Las barreras hechas de polietileno reforzado y pretratado son capaces de soportar condiciones climáticas extremas y casi no requiere de mantenimiento. Otras importantes características que hacen populares estas barreras son la portabilidad y el peso ligero. Estos separadores viales son fáciles de apilar por lo que transportarlas y ensamblarlas es una tarea sencilla. Sin embargo, si se necesita mayor fuerza, se pueden llenar con arena, agua o cualquier otro material de lastre. Las altamente coloridas barreras plásticas Jersey son muy visibles y advierten de cualquier peligro inminente.

En general, las barreras Jersey, de concreto y de plástico, han ayudado a reducir los accidentes en carreteras, pistas y zonas de trabajo. Además, las investigaciones continúan descubriendo diseños y materiales que finalmente nos dará a la barrera perfecta. Hasta la fecha, las barreras tipo Jersey continúan dominando las carreteras.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Academy of Engineering (2017) en su Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante nos indica que “una pequeña empresa de fabricación coreana inventó un nuevo concepto de barrera longitudinal (la barrera rodante), una estructura equipada con tubos continuos cubiertos con anillos de uretano. Su característica general se asemeja a un ábaco erigido”.

Al existir un estudio sobre barrera rodantes, esta misma se buscará implementar o introducir dentro de los tipos de guardavías que se usan en la actualidad en las carreteras del Perú. Para esto se evaluará si su capacidad de contención, Costos y características son viables para poder ser incluidos dentro del sistema de seguridad vial del Perú

A medida que la barrera rodante activa la fricción rodante cuando los vehículos chocan contra la barrera, la barrera rodante reduce la gravedad de los accidentes de tránsito, ya que esta al amortiguar el impacto, absorbe gran parte de la energía de choque provocada por el vehículo en la barrera, que, a su vez al tener cilindros rodantes, hacen que el vehículo retome su curso hacia la vía.

De acuerdo con la Administración Federal de Carreteras (Estados Unidos), la barrera de protección puede operar para desviar un vehículo de regreso a la carretera, reducir la velocidad del vehículo a una parada completa o dejar que avance más allá de la barrera de protección.

El tamaño y la velocidad del vehículo pueden afectar el rendimiento de la barandilla. Para lo cual se evaluará la capacidad de contención y en base al tipo de vehículos que circulen por la carretera, se propondrá las características que deberá tener la barrera rodante o guardavías amortiguable.

Academy of Engineering (2017) menciona que “las barandillas típicas compuestas de placas de acero no pueden garantizar la seguridad del conductor. Las barandas más suaves protegen a los conductores de los golpes y brindan oportunidades para salvar la vida de más conductores”.

Sistemas de Contención:

Sistema diseñado con la finalidad de mantener los vehículos en la calzada y evitar la colisión con elementos de riesgo al costado de la vía de una manera que minimice los daños al vehículo y el riesgo a los ocupantes.

Barreras Convencionales

De acuerdo al Manual de Seguridad Vial, encontramos los Sistemas de Contención diseñado con la finalidad de mantener los vehículos en la calzada y evitar la colisión con elementos de riesgo al costado de la vía de una manera que minimice los daños al vehículo y el riesgo a los ocupantes.

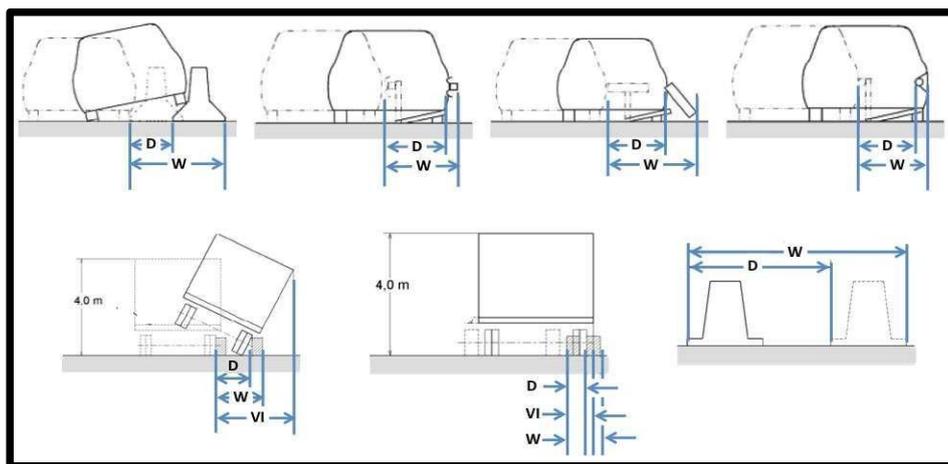


Figura 1: Relación entre Dinámica(D), Ancho de Trabajo (W) e Intrusión Vehicular (VI) por Norma Europea EN 1317

Sistemas Flexibles

- Los sistemas flexibles de alto nivel de tracción pueden tener 3 o 4 cables y pueden usar postes hincados directamente en el suelo o postes insertados en vainas de acero con fundación de hormigón.
- La separación entre postes es función del diseño y el nivel de contención deseado. Son los sistemas más suaves durante un impacto, pero requieren el mayor espacio de deflexión dinámica.
- Dependiendo del fabricante y el espacio entre postes pueden tener un ancho de trabajo de 1,5 a 5,5 metros.
- Existen sistemas TL2, TL3, TL4, N2, H1 y H2.
- La reparación de estos sistemas es relativamente fácil y rápida ya que no hay que reemplazar los cables, solamente los postes.



Figura 2: Sistemas Flexibles por MSV 2016

Sistema Semi Flexible o Semi Rigido

- Existen centenares de sistemas de esta clasificación. Cada uno con dimensiones diferentes, elementos diferentes, y espacio entre postes diferentes.
- Hay sistemas con nivel de contención TL2, TL3, TL4, N2, H1 o L1, H2 o L2, H3 o L3, H4a o L4a, H4b o L4b.
- El ancho de trabajo puede variar entre 0,5 a 3,5 metros
- La reparación de estos sistemas conlleva el reemplazo de cada elemento dañado durante el choque.
- Las piezas de respuesta deben ser siempre de la misma marca y modelo que el sistema original.



Figura 3: Sistemas Semi-Flexibles o Semi Rigido por MSV 2016

Sistemas Rígidos

- Los sistemas rígidos pueden ser formados in-situ o prefabricados.
- El sistema de Perfil “F” es preferido al sistema “New Jersey” por su mejor comportamiento durante impacto, no obstante, se pueden usar los dos perfiles. En cada caso, hay que respetar las dimensiones indicadas en la Figura 62. Se comenta que la altura máxima del talón inferior de estos sistemas no debería superar los 75 mm.
- Otra opción es el muro liso vertical que tiene la ventaja de no reencausar los vehículos.
- Los 3 perfiles han sido ensayados exitosamente. Los primeros dos absorben la energía lateral del impacto levantando el vehículo, y el muro liso vertical depende de la deformación del vehículo.
- Existen también otros perfiles patentados por empresas particulares.
- El ancho de trabajo puede variar entre 0,0 a 0,6 m.
- Normalmente los sistemas rígidos no requieren reparación.

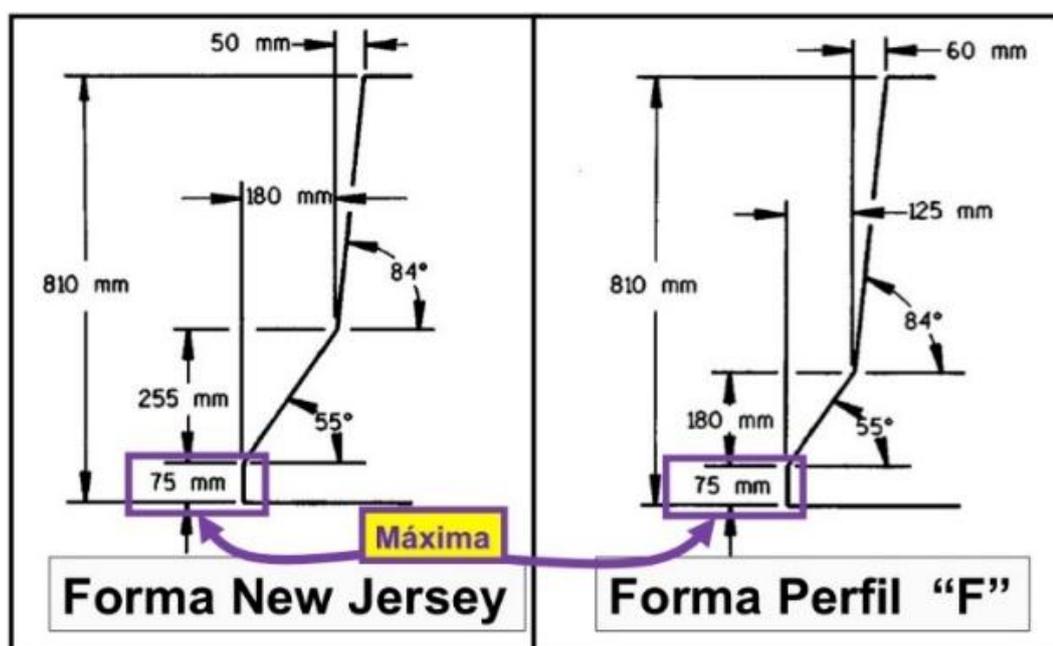


Figura 4: Sistemas Rígido por MSV 2016

2.2.1. Bases Teóricas vinculadas a las variables

2.2.1.1. Capacidad de Contención

a) Manual De Seguridad Vial 2017 – MTC PERU

Los niveles de contención se determinan por las condiciones y criterios de aceptación de ensayos realizados a las barreras de seguridad con pruebas de impacto de vehículos de diferente configuración o tipo, masa, velocidades y un ángulo determinado.

Según la procedencia de origen de los ensayos, las clases de niveles de contención pueden ser:

- Comunidad Europea, norma EN 1317, niveles de contención, baja, normal, alta y muy alta, de acuerdo a los ensayos de aceptación. Ver en el Anexo 03.
- Estados Unidos de Norteamérica, normas NCHRP Report 350 y MASH, básicos TL 1 hasta TL 3 y de mayor contención TL 4 hasta TL 6, de acuerdo a los factores y criterios de evaluación.

Tabla 1: Anexo 03 - Norma UNE-EN 1317 (Ensayos de impacto de vehículos)

Ensayo	Velocidad de impacto km/h	Ángulo de impacto (°)	Masa total kg	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo - (Ligero)
TB 21	80	8	1300	Turismo - (Ligero)
TB 22	80	15	1300	Turismo - (Ligero)
TB 31	80	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 32	110	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 41	70	8	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 51	70	20	13,000	Autobús - (Buses)
TB 61	80	20	16,000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30,000	Vehículo pesado no articulado
TB 81	65	20	38,000	Vehículo pesado articulado

Fuente: Tabla 1 – Ensayos de Impacto de Vehículos - Norma UNE-EN 1317-2

Tabla 2: Niveles de Contención

Niveles de contención			Ensayos de aceptación	
Baja contención	T1		TB 21	
	T2		TB 22	
		T3	TB 41 y TB 21	
Contención normal	N1		TB 31	
	N2		TB 32 y TB 11	
Alta contención		H1	TB 42 y TB 11	
			L1	TB 42 y TB 32 y TB 11
		H2		TB 51 y TB 11
			L2	TB 51 y TB 32 y TB 11
		H3		TB 61 y TB 11
			L3	TB 61 y TB 32 y TB 11
Muy alta contención		H4a	TB 71 y TB 11	
		H4b	TB 81 y TB 11	
			L4a	TB 71 y TB 32 y TB 11
			L4b	TB 81 y TB 32 y TB 11

NOTA 1	Los niveles de baja contención se usan únicamente en caso de barreras de seguridad temporales. Estas barreras se pueden ensayar también para niveles de contención superiores.
NOTA 2	Se debería considerar que una barrera ensayada con éxito para un nivel de contención determinado cumple con los requisitos de cualquier nivel inferior, excepto que N1 y N2 no incluyen al T3, los niveles H no incluyen a los niveles L, y los niveles H1, ..., H4b no incluyen al N2.
NOTA 3	Los ensayos TB 71 y TB 81 se incluyen en la norma debido a que en distintos países se han empleado vehículos pesados significativamente distintos para los ensayos y el desarrollo de barreras de seguridad de muy alta contención. Los niveles de contención H4a y H4b no deberían considerarse como equivalentes, no existiendo ninguna jerarquía entre ellos. lo mismo ocurre con los niveles L4a y L4b.
NOTA 4	El comportamiento de las clases de contención L mejora con respecto a las correspondientes clases H mediante la adición de ensayos TB 32
Para evaluación de un sistema de contención de vehículos dentro de los niveles de contención T3, N2, H1, H2, H3, H4a, H4b, L1, L2, L4a, L4b deben realizarse los siguientes ensayos:	
a) un ensayo de acuerdo con el máximo nivel contención para ese sistema en particular; y	
b) ensayo (s) con turismo para verificar que la satisfactoria contención para el máximo nivel es también compatible con la seguridad de estos vehículos.	

Fuente: Tabla 2 – Niveles de contención - Norma UNE-EN 1317-2

Tabla 3: Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad

PARÁMETROS				
Nivel de contención	Comportamiento de la barrera de seguridad (incluyendo pretilos) y del vehículo	Nivel de severidad del impacto ASI-THIV	Deformación del vehículo (VCDI)	Deformación de la barrera de seguridad (incluyendo pretilos)
T1	TB 21	TB 21	TB 21	TB 21
T2	TB 22	TB 22	TB 22	TB 22
T3	TB 41 + TB 21	TB 21	TB 21	TB 41 + TB 21
N1	TB 31	TB 31	TB 31	TB 31
N2	TB 32 +TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 32 +TB 11
H1	TB 42 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 42 + TB 11
H2	TB 51 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 51 + TB 11
H3	TB 61 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 61 + TB 11
H4a	TB 71 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 71 + TB 11
H4b	TB 81 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 81 + TB 11
L1	TB 42 + TB 32 + TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 42 + TB 32 + TB 11
L2	TB 51 + TB 32 + TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 51 + TB 32 + TB 11
L3	TB 61 + TB 32 + TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 61 + TB 32 + TB 11
L4a	TB 71 + TB 32 + TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 71 + TB 32 + TB 11
L4b	TB 81 + TB 32 + TB 11	TB 32 +TB 11 ^a	TB 32 +TB11	TB 81 + TB 32 + TB 11
NOTA EL VCDI no es un criterio de aceptación.				
^a El nivel de severidad se determina por el valor más alto de ambos ensayos. Todos los resultados deben incluirse en el Informe de ensayo según el anexo A de la EN 1317-2				

Fuente: Tabla 6 – Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad - Norma UNE-EN 1317-2

Tabla 4: Anexo 04 - Matriz de Ensayo para Barreras Longitudinales

MATRIZ DE ENSAYO PARA BARRERAS LONGITUDINALES							
Nivel de Ensayo	Sección Barrera	Código de ensayo	Condiciones de impacto ^a			Punto de Impacto	Criterios Evaluación (ver tabla 5.1 NCHRP REPORT 350)
			Vehículo	Velocidad Km/h	Angulo de Impacto (°)		
1	Longitud de necesidad	1-10	820C	50	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S1-10 ^a	700C	50	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		1-11	2000P	50	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transición	1-20 ^a	820C	50	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S1-20 ^a	700C	50	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		1-21	2000P	50	25	(b)	A,D,F,K,L,M
2	Longitud de necesidad	2-10	820C	70	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S2-10 ^a	700C	70	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		2-11	2000P	70	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transición	2-20 ^a	820C	70	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S2-20 ^a	700C	70	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		2-21	2000P	70	25	(b)	A,D,F,K,L,M
3 nivel Básico	Longitud de necesidad	3-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S3-10 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		3-11	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transición	3-20 ^a	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S3-20 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		3-21	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
4	Longitud de necesidad	4-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S4-10 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		4-11	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		4-12	8000S	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transición	4-20 ^a	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S4-20 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		4-21	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		4-22	8000S	80	15	(b)	A,D,G,K,M
5	Longitud de necesidad	5-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S5-10 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		5-11	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		5-12	36000V	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transición	5-20 ^a	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S5-20 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
6	Longitud de necesidad	6-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S6-10 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		6-11	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		6-12	36000T	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transición	6-20 ^a	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		S6-20 ^a	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I, (J),K,M
		6-21	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		6-22	36000T	80	15	(b)	A,D,G,K,M
a	Ensayos opcionales ver sección 3.3.1- NCHRP REPORT 350.						
b	Ver figura 3.1 - NCHRP REPORT 350, para el punto de impacto						
c	Ver la sección 3.3.2 - NCHRP REPORT 350, para tolerancias						
d	Los ensayos pueden ser opcionales. ver la sección 3.2.1.2 - NCHRP REPORT 350						
e	Los criterios entre paréntesis son opcionales (J)						

Fuente: Tabla 3.1 Matriz de ensayo para barreras longitudinales, norma NCHRP REPORT 350

Nota: Según numeral 3.2.1.1 de la NCHRP REPORT 350, Los seis niveles de ensayo recomendados para evaluar las barreras longitudinales se presentan en la tabla 3.1, se refiere al glosario para las definiciones de longitud de necesidad (LDN) y transiciones.

Estas guías son aplicables a barreras permanentes y barreras temporales usadas en zonas de trabajo o construcción. Salvo condiciones muy inusuales, normalmente una barrera temporal no se diseña para condiciones de impacto nivel de ensayo 3

Vehículos de ensayo: 700C, 820C, 2000P, 8000S, 36000V y 36000T, los números significan peso del vehículo de ensayo en Kg., y las letras son los tipos de vehículos.

Tabla 5: Vehículos de ensayos de impacto

Vehículos de ensayo	Letra	Masa (kg)	Tipos de vehículos
700C	C	700	Vehículos Livianos - (Ligero)
820C	C	820	Vehículos Livianos - (Ligero)
2000P	P	2,000	Camionetas Pickup - (Ligero)
8000S	S	8,000	Camión de unidad simple - (Pesado)
36000V	V	36,000	Unidad Semirremolque tipo caja - (Pesado)
36000T	T	36,000	Unidad Semirremolque tanque - (Pesado)

Fuente: Numeral 2.4 norma NCHRP REPORT 350

Tabla 6: Anexo 05: Matrices de prueba recomendadas para barreras longitudinales

ANEXO 05 : MATRICES DE PRUEBA RECOMENDADAS PARA BARRERAS LONGITUDINALES										
Nivel de prueba	Sección de Barrera ^a	Nº de prueba	Vehículo	Velocidad de Impacto, ^a		Angulo de Impacto, ^a θ, Grado	Punto de impacto	Rango IS aceptable		Criterio de evaluación
				mph	km/h			kip-ft	kJ	
1	Longitud de necesidad	1-10	1100C	31	50.0	25	(c)	≥13	≥17.4	A,D,F,H,I
		1-11	2270P	31	50.0	25	(c)	≥27	≥36.0	A,D,F,H,I
	Transición	1-20 ^d	1100C	31	50.0	25	(c)	≥13	≥17.4	A,D,F,H,I
		1-21	2270P	31	50.0	25	(c)	≥27	≥36.0	A,D,F,H,I
2	Longitud de necesidad	2-10	1100C	44	70.0	25	(c)	≥25	≥34.2	A,D,F,H,I
		2-11	2270P	45	70.0	25	(c)	≥52	≥70.5	A,D,F,H,I
	Transición	2-20 ^d	1100C	46	70.0	25	(c)	≥25	≥34.2	A,D,F,H,I
		2-21	2270P	47	70.0	25	(c)	≥52	≥70.5	A,D,F,H,I
3	Longitud de necesidad	3-10	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		3-11	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
	Transición	3-20 ^d	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		3-21	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
4	Longitud de Necesidad	4-10	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		4-11	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		4-12	10000S	56	90.0	15	(c)	≥142	≥193	A,D,G
	Transición	4-20 ^d	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		4-21	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		4-22	10000S	56	90.0	15	(c)	≥142	≥193	A,D,G
5	Longitud de necesidad	5-10	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		5-11	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		5-12	36000V	50	80.0	15	(c)	≥404	≥548	A,D,G
	transición	5-20 ^d	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		5-21	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		5-22	36000V	50	80.0	15	(c)	≥404	≥548	A,D,G
6	longitud de necesidad	6-10	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		6-11	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		6-12	36000T	50	80.0	15	(c)	≥404	≥548	A,D,G
	transición	6-20 ^d	1100C	62	100.0	25	(c)	≥51	≥69.7	A,D,F,H,I
		6-21	2270P	62	100.0	25	(c)	≥106	≥144	A,D,F,H,I
		6-22	36000T	50	80.0	15	(c)	≥404	≥548	A,D,G

^a Consulte la Sección 2.1.2 -norma MASH, para conocer las tolerancias en las condiciones de impacto.

^b Ver Tabla 5-1 Norma MASH.

^c Ver Figura 2-1 y la Sección 2.3.2 de la Norma MASH, para el punto de impacto.

^d La prueba es opcional

Fuente: Tabla 2-2, norma MASH

b) Criterios De Aplicación De Barreras De Seguridad Metálica – Ministerio De Fomento
– Dirección General De Carreteras

Tabla 7: Clases de niveles de contención para barreras de seguridad metálicas

CLASE DE CONTENCIÓN	NIVEL DE CONTENCIÓN UNE-EN 1317
Normal	N1
	N2
Alta	H1
	H2
	H3
Muy alta	H4a
	H4b

Fuente: Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas – Orden Circular 28/2009 – Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento – Gobierno de España.

Los diferentes niveles de contención y las principales características de los ensayos de impacto de la norma UNE-EN 1317 que deben superar las barreras de seguridad metálicas se recogen en la tabla 3.

Tabla 8: Índice de Severidad del Impacto de Barreras de Seguridad Metálicas, Según La Norma UNE-EN 1317

ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL IMPACTO	VALORES DE LOS INDICADORES		
	ASI	THIV (km/h)	PHD (g) ^(*)
A	ASI ≤ 1,0	≤ 33	≤ 20
B	1,0 < ASI ≤ 1,4	≤ 33	≤ 20
C	1,4 < ASI ≤ 1,9	≤ 33	≤ 20

^(*): aceleración de la gravedad.

Fuente: Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas – Orden Circular 28/2009 – Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento – Gobierno de España.

Tabla 9: Selección del nivel de contención recomendado para barreras de seguridad metálica, según el riesgo de accidente.

RIESGO DE ACCIDENTE ^(*)	CLASE DE CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DE PESADOS POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN
MUY GRAVE	Muy alta		H3 - H2 - H1
GRAVE	Alta	IMDp \geq 5000	H2 - H1
		400 \leq IMDp < 5000	H1
		IMDp < 400	H1 - N2
NORMAL	Normal		H1 - N2

^(*) Definición del riesgo de accidente según Apartado 2.2 «Criterios de instalación» del Capítulo 2 «Empleo de las barreras de seguridad metálicas» de la O. C. 28/2009 «Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas».

Fuente: Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas – Orden Circular 28/2009 – Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento – Gobierno de España.

c) Barreras De Seguridad Safetybar

Tabla 10: Requisitos De Comportamiento Barreras De Seguridad

Características esenciales		Capítulo Norma EN	Niveles y/o clases
Comportamiento ante impacto	Severidad del impacto	3.2 UNE-EN 1317-2	Clase A,B,C
	Nivel de contención	3.3 UNE-EN 1317-2	Clase N1...H4
	Anchura de trabajo	3.5 UNE-EN 1317-2	Metros (clase)
	Deflexión dinámica	3.5 UNE-EN 1317-2	Metros
	Intrusión del vehículo	3.5 UNE-EN 1317-2	Metros (clase)
Durabilidad		4.3 UNE-EN 1317-5	-

Fuente: Barreras de Seguridad SAFETYBAR

Tabla 11: Severidad de impacto

Clase	Valores de los Índices de Severidad	
	ASI	THIV
A	$\leq 1,0$	≤ 33 km/h
B	$\leq 1,4$	
C	$\leq 1,9$	

Fuente: Barreras de Seguridad SAFETYBAR

Parámetros obtenidos en el ensayo TB11 (Vehículo ligero). Necesidad de verificar que la satisfacción del nivel máximo de contención es compatible con la seguridad de este tipo de vehículos.

Asimismo, las Barreras de Seguridad SAFETYBAR, nos muestran los parámetros de las barreras de concreto

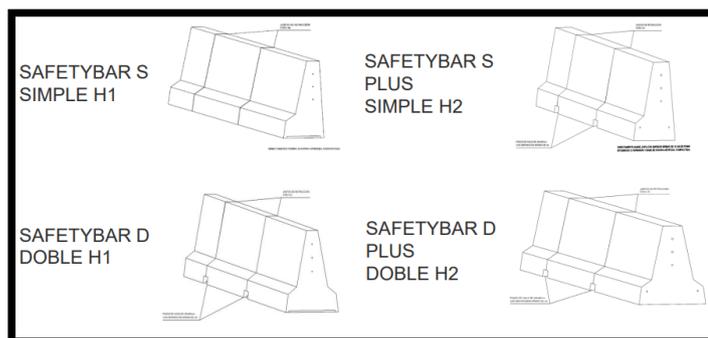


Figura 5: Tipos de barreras, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR

d) FOROVIAL

Todos los sistemas deben haber superado ensayos de choque a escala real según norma EN1317, mediante los cuales se comprueba que:

- El sistema contiene al vehículo de una forma controlada (sin vuelcos, sin intrusiones en el habitáculo, sin desprendimiento de parte esenciales).
- El ángulo de salida tras el choque es reducido, lo que evita posibles accidentes con otros usuarios de la vía.
- No se producen daños de consideración a los ocupantes del vehículo.
- Se controlan las piezas desprendidas del sistema, que podrían suponer riesgo para terceros.

PARAMETROS DE COMPORTAMIENTO

- Nivel de contención
- Severidad de Impacto.
- Deformación del sistema.

Cada sistema está definido por clases o valores relativos a estos parámetros.

Cada barrera de seguridad está definida por sus parámetros de comportamiento.

EJEMPLO 1 (BARRERA METÁLICA)	EJEMPLO 2 (BARRERA METÁLICA)	EJEMPLO 3 (PRETIL)
<ul style="list-style-type: none"> • N2 • CLASE A • W2 	<ul style="list-style-type: none"> • H2 • CLASE A • W5-VI5 	<ul style="list-style-type: none"> • H3 • CLASE B • W2-VI3

Figura 6: Ejemplo de bareras metálicas con y sin pretil

La definición en función de las prestaciones nos facilitará la selección de los productos adecuado para los condicionantes técnicos del proyecto.

BARRERAS DE SEGURIDAD Y PRÉTILES (OC 35/2014)

Se clasifican los riesgos en margen en función de la probabilidad del accidente y de los posibles daños a los ocupantes del vehículo y a terceros.

Tabla 12: Probabilidades de accidentes

RIESGO MUY GRAVE	<ul style="list-style-type: none"> •PASO SOBRE VIAS FERREAS EN SERVICIO •VIAS FERREAS PARALELAS >1M POR DEBAJO DE LA CARRETERA •INSTALACIONES CONTIGUAS A OBRAS DE PASO, HABITADAS, PARA SUSTANCIAS PELIGROSAS O DE SERVICIO PUBLICO •INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE TERRESTRE, PARA CURVAS HORIZONTALES O ACUERDOS VERTICALES DETERMINADOS •NUDOS CUANDO LA CARRETERA DE NIVEL SUPERIOR TENGA IMDp ≥ 2000 •EMPLAZAMIENTOS SINGULARES EN, O JUNTO A LA CORONACION DE OBRAS DE FABRICA
RIESGO GRAVE	<ul style="list-style-type: none"> •CASOS EN QUE FALTEN REQUISITOS PARA RIESGO MUY GRAVE CON IMD POR CALZADA >10000 •Vp >80 KM/H: RIOS, EMBALSES Y OTRAS MASAS DE AGUA, BARRANCOS O ZANJAS, ACCESOS A PUENTES, TUNELES Y PASOS ESTRECHOS •Vp >60 KM/H: PILAS DE PASOS SUPERIORES, PORTICOS O BANDEROLAS, EDIFICIOS, PANTALLAS ACUSTICAS, CAIDAS DESDE ESTRUCTURAS, OBRAS DE PASO Y MUROS DE SOSTENIMIENTO •CARRETERAS O CALZADAS SEPARADAS CON CIRCULACION EN SENTIDO OPUESTO
RIESGO NORMAL	<ul style="list-style-type: none"> •CASOS EN QUE FALTEN REQUISITOS PARA RIESGO GRAVE O MUY GRAVE •Vp >80 KM/H: OBSTACULOS, ARBOLES O POSTES DE DIAMETRO >15CM, POSTES SOS, CARTELES, BACULOS DE ALUMBRADO, DRENAJE SUPERFICIAL; DETERMINADAS CUNETAS, DESMONTES Y TERRAPLENES •Vp >60 KM/H: MUROS DE SOSTENIMIENTO PROXIMOS CON TERRENO ACCIDENTADO O MUY ACCIDENTADO •EMPLAZAMIENTOS SINGULARES (NUDOS COMPLEJOS, INTERSECCIONES CERCA DE OBRAS DE PASO, ELEVADA ACCIDENTALIDAD)

Fuente: FOROVIAL

Se definen las distancias de los obstáculos o desniveles a la calzada, por debajo de las cuales se considera que existe riesgo de accidente.

Tabla 13: Riesgos de accidentes

TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD TRANSVERSAL DEL MARGEN Horizontal : Vertical	TIPO DE ACCIDENTE	
		MUY GRAVE O GRAVE	NORMAL
CARRETERAS CON CALZADA ÚNICA			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500m	> 8:1	7,5	4,5
	8:1 a 5:1	9	6
	< 5:1	12	8
Lado exterior de una curva de radio < 1500m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500m	> 8:1	10	6
	8:1 a 5:1	12	8
	< 5:1	14	10
Lado exterior de una curva de radio < 1500m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14

Fuente: FOROVIAL

Selección de Niveles de Contención

Tabla 14: Niveles de contención recomendadas para barreras y pretiles (OC 35/2014)

RIESGO DE ACCIDENTE	IMD e IMDp POR SENTIDO	BARRERAS DE SEGURIDAD	PRETILES
MUY GRAVE	IMDp ≥ 5000	H3 - H4b	H4b
	5000 > IMDp ≥ 2000	H2 - H3	H4b
	IMDp < 2000	H2	H3
GRAVE	IMD ≥ 10000	H1 - H2	H3
	IMDp ≥ 2000	H2	H3
	400 ≤ IMDp < 2000	H1	H2
	IMDp < 400	N2 - H1	H1 - H2
NORMAL	IMDp ≥ 2000	H1	H1 - H2
	400 ≤ IMDp < 2000	N2 - H1	H1
	IMDp < 400	N2	N2 - H1
	IMDp < 50 y Vp ≤ 80 km/h	N1 - N2	N2

Fuente: Sistemas de Contención - Seminario sobre Seguridad Vial y Equipamiento Vial, Sistema (Forovial – Federación Española de Municipios y Provincias).

La selección de un nivel de contención determinado deberá tener en cuenta al menos los parámetros de la carretera, especialmente la velocidad de proyecto y el valor de intensidad media de vehículos pesados por sentido (diferenciando por tipo de vehículo pesado: rígido, articulados, autocares).

Selección De La Clases De Severidad:

Recomendable emplear las clases de seguridad más seguras.

La OC 35/2014 no admite el empleo de la Clase C salvo en casos excepcionales y con previa autorización.

e) ROAD STEEL – Alta Contención para Barreras de Seguridad

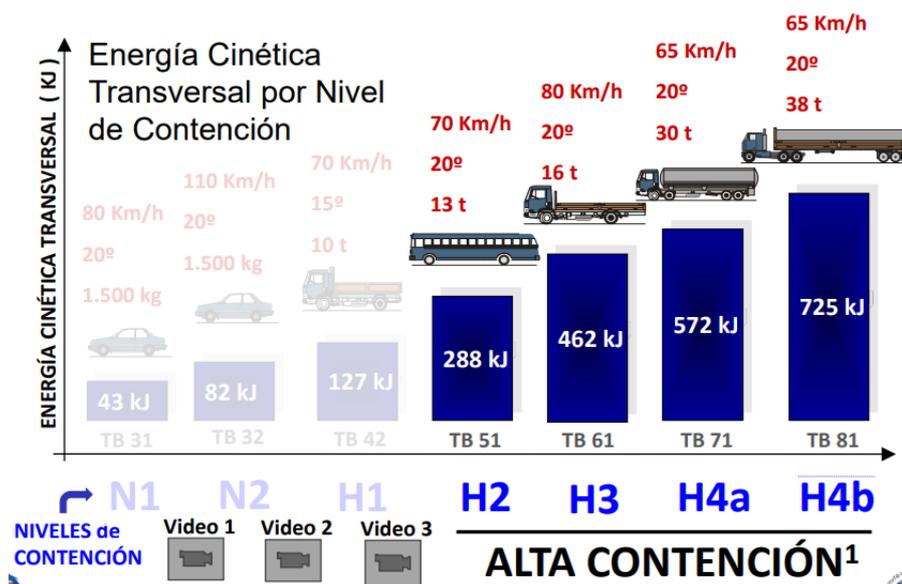


Figura 7: Niveles de Contención según EN 1317. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

(1) = EXCLUSIÓN DEL NIVEL H1 SEGÚN EN1317

En la práctica, estructuralmente, no existe gran diferencia entre una barrera de nivel N2 (82kJ) y una barrera de nivel H1 (127kJ), por la combinación de un bajo ángulo (15°) y una baja velocidad (70 km/h) de la segunda. Se diferencian fundamentalmente en la altura del CDG de gravedad del vehículo (1.50m vs. 0.53m).

Por ello, el Nivel H1 se debe considerar a mitad de camino entre a contención normal y la alta contención solo a partir de 200kJ (opinión del autor).

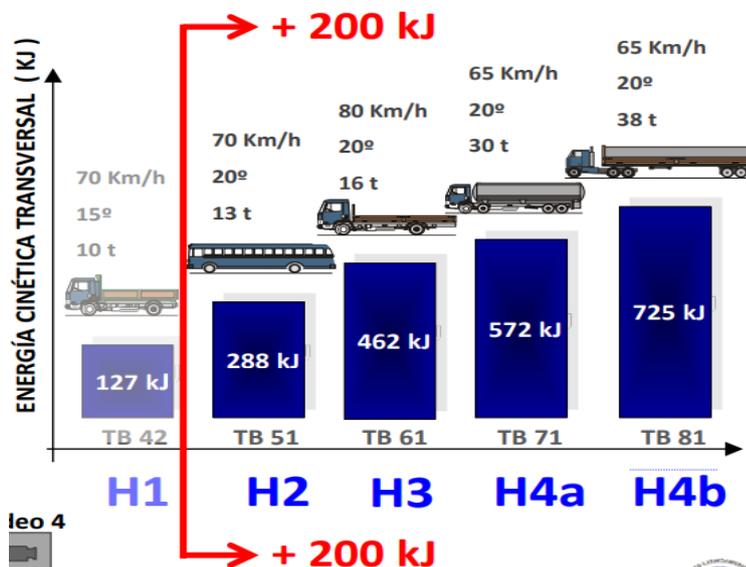


Figura 8: Exclusión del Nivel H1 Según EN1317. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

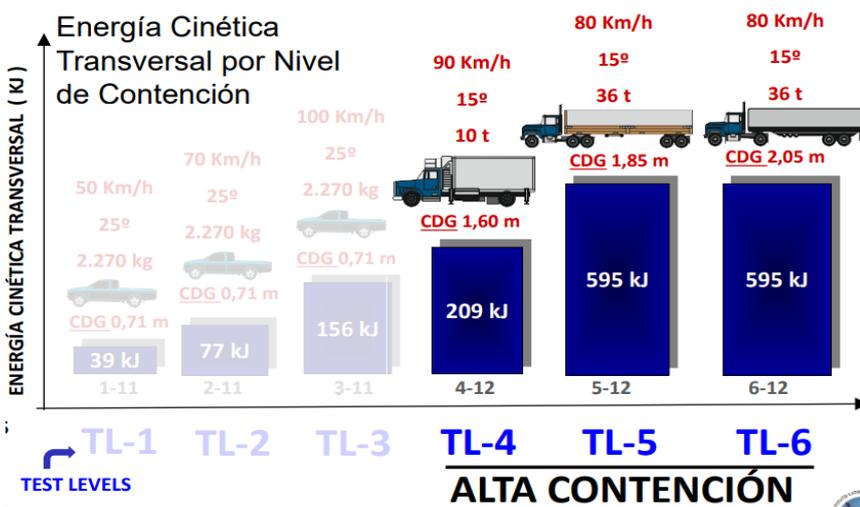


Figura 9: Nivel de Alta Contención, según MASH. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

- Compatibilidad de la Alta Contención con la Seguridad de los Vehiculos Ligeros: Ensayos de Control

La satisfacción de un determinado nivel de contención (vehículo pesado) no debe comprometer la seguridad de los vehículos ligeros, que representan la mayor parte de los accidentes contra barreras de seguridad.

Para demostrar que el máximo nivel de contención de una barrera es compatible con los vehículos ligeros, debe superar obligatoriamente (además de los ensayos con los vehículos pesados), Los llamados ENSAYOS de CONTROL con vehículos ligeros.

Video 6	Video 7	Video 8	Video 9
Ensayo TB11	Ensayo TB32	Ensayo 4-10	Ensayo 4-11
Turismo 900 kg, a 100 km/h y 20º	Turismo 1.500 kg, a 110 km/h y 20º (Li)	Turismo 1.100 kg, a 100 km/h y 25º	Pick-up 2.270 kg, a 100 km/h y 25º

Figura 10: Ensayos de Control. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

- No hay Correlación Directa entre Niveles de Contención y Accidentes – Tipo

Los niveles de contención de las barreras de seguridad certificadas (según normas de comportamiento) nos permiten:

- Comparar unas barreras de seguridad con otras.
- Garantizar unas condiciones mínimas de comportamiento ante impacto de vehículos, en términos de energía incidente (índice de severidad).

Pero, no son representativos de los accidentes reales. Sería imposible definir un ensayo tipo para cada tipología de vehículo y para cada combinación de condiciones de impacto (masa, velocidad, ángulo).

NOTA: Los niveles de contención de las distintas normas de ensayo (EN 1317 y MASH) NO SON EQUIVALENTES entre sí. Se puede emplear indistintamente, pero sin que ello implique equivalencia, ni siquiera a partir de la comparación de las energías.



Figura 11: Tipologías de vehículos a contener. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

- Justificación de la Alta Contención por Evaluación del Nivel de Riesgo.

Los criterios de IMPLANTACIÓN (que incluye, entre otros, selección del Nivel de Contención) de las Barreras de seguridad (en general) y de las de Alta Contención (en particular) se deben establecer a partir de la identificación y evaluación de los elementos de riesgo en márgenes y medianas (ERM), a partir de la GRAVEDAD del eventual incidente por salida de vía y de las características de la carretera y del tráfico (velocidad, AADT) que determina el nivel de EXPOSICIÓN ante el ERM.



Figura 12: Niveles de Riesgo. Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

- Niveles de Riesgo para Alta Contención (Ejemplo basado en OC 35/2014 ministerio de Fomento, España):

❖ Accidente Muy Grave (AM) => Alto Riesgo para Terceros.

* Paso sobre Vías Férreas de: Alta Velocidad o de > 6 trenes/h o de 6 trenes/semana transportando sustancias peligrosas.

* Vías Férreas situadas > 1 m por debajo del nivel de calzada Edificaciones habitadas. Instalaciones conteniendo sustancias peligrosas. Instalaciones de Interés Público.

* Pasos sobre Vías Férreas, Autopistas o Carreteras cuando: a) Las Curvas Horizontales o Acuerdos Verticales son inferiores a los recomendados o b) La Distancia entre Pretiles y Borde de Calzada son inferiores a los recomendados.

* Intersecciones en las que es fácil cometer un error. Intersecciones próximas a pasos superiores. Puntos con una accidentalidad anormalmente elevada

❖ Accidente Grave (AG) => Riesgo para terceros y otros Usuarios.

Casos de AM cuando falta alguno de los requisitos, pero $IMD > 10.000$

* $V > 60$ km/h y a) Obstáculos que pueden producir desprendimiento sobre la plataforma de objetos de gran masa (como barreras acústicas) ó b) riesgo de daños graves en elementos estructurales como edificios, pasos superiores u otros ó c) caída desde estructuras u obras de paso de más de 2 m ó d) de muros de sostenimiento.

* $V > 80$ km/h y a) riesgo de caída a curso de agua de profundidad >1 m o barrancos/zanjas profundas ó b) accesos a puentes, túneles y pasos estrechos.

* Invasión de otra calzada con circulación contraria

❖ Accidente Normal (AN) => Riesgo para Ocupantes

Casos de AM o AG cuando falta alguno de los requisitos o bien obras de paso cuando falta alguno de AG

* $V > 80$ km/h y existe alguno de los Peligros descritos en el Capítulo 2, apartado 2.2.: Obstáculos de más de 15 cm de diámetro; Elementos de sustentación de

carteles de señalización o farolas que no sean fusibles (UNE-EN 12767); Cimentaciones o elementos de drenaje superficial; escalones y cunetas de más de 15 cm si $IMD > 1500$; Desmontes según talud ($< 3:1$ ó $2:1$); Terraplenes de más de 3 m ó según talud ($< 5:1$ ó $3:1$).

- Niveles de Riesgo para Alta Contención (Ejemplo basado en German Guidelines RPS 2009)

NIVEL 1 = Áreas a proteger con ESPECIAL RIESGO para TERCEROS

- . Instalaciones industriales con Sustancias peligrosas.
- . Zonas de apeadero muy concurridas.
- . Vía férrea adyacente de Alta Velocidad (≥ 160 km/hr)
- . Edificaciones con riesgo de colapso.

NIVEL 2 = Áreas a proteger con RIESGO para TERCEROS:

- . Vías ciclistas y peatonales muy concurridas.
- . Vía férrea con más de 30 trenes/día.
- . Carreteras adyacentes con $AADT > 500$ veh/día.

NIVEL 3 = Áreas a proteger con ESPECIAL RIESGO para OCUPANTES:

- . Grandes obstáculos rígidos perpendiculares al tráfico.
- . Obstáculos rígidos asilados.
- . Pantallas acústicas.

NIVEL 4 = Áreas a proteger con RIESGO para OCUPANTES:

- . Obstáculos Aislados, Cuneta, Desniveles (+ de 3 m).
- . Cursos de Agua de profundidad + 1 m.

- Entonces ¿cuando se justifica barreras de alta contención?

La selección de Alta Contención para una Barrera de Seguridad se justifica siempre que el Nivel de Riesgo sea Alto o Muy Alto

El Nivel de Riesgo es Alto o Muy Alto cuando:

➡ El eventual accidente es Grave o Muy Grave => Riesgo a terceros o otros Usuarios (Siempre que la exposición no sea muy baja).

➡ El eventual accidente es Normal => Riesgo a ocupantes (siempre que la exposición sea excepcionalmente elevada).

MEDIANAS Y PUENTES => Alta contención (casi siempre).

Tabla 15: Selección de Nivel de Contención de una Barrera de Seguridad (EN 1317)

NIVEL de RIESGO del ACCIDENTE	CLASE de CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DIARIA (AADT) INTENSIDAD MEDIA DIARIA de V. PESADOS (AADTp)	VELOCIDAD (Vp)	NIVEL de CONTENCIÓN		
				LATERAL	MEDIANA	PUENTE
NIVEL 1	Muy Alta	$AADT_p \geq 2.000$	Cualquiera	H4b	H4b	H4b
		$AADT_p < 2.000$		H2	H2	H3
NIVELES 2-3	Alta	$AADT \geq 10.000$	Cualquiera	H2	H2	H3
		$AADT_p \geq 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	H2	H2	H2
			$V_p < 80$ km/h	H1	H2	H2
		$AADT_p < 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	H1	H2	H2
			$V_p < 80$ km/h	H1	H1	H2
$AADT < 1.000$	Cualquiera	N2	H1	H1		
NIVEL 4	Normal	$AADT_p \geq 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	H1	H1	H1
			$V_p < 80$ km/h	N2	H1	H1
		$AADT_p < 2.000$	Cualquiera	N2	N2	H1

Fuente: Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

Tabla 16: Selección de Nivel de Contención de una Barrera de Seguridad (MASH)

NIVEL de RIESGO del ACCIDENTE	CLASE de CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DIARIA (AADT) INTENSIDAD MEDIA DIARIA de V. PESADOS (AADTp)	VELOCIDAD (Vp)	NIVEL de CONTENCIÓN		
				LATERAL	MEDIANA	PUENTE
NIVEL 1	Muy Alta	$AADT_p \geq 2.000$	Cualquiera	TL-5/6	TL-5/6	TL-5/6
		$AADT_p < 2.000$		TL-4	TL-4	TL-5/6
NIVELES 2-3	Alta	$AADT \geq 10.000$	Cualquiera	TL-4	TL-4	TL-5/6
		$AADT_p \geq 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	TL-4	TL-4	TL-4
			$V_p < 80$ km/h	TL-3	TL-4	TL-4
		$AADT_p < 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	TL-3	TL-4	TL-4
			$V_p < 80$ km/h	TL-3	TL-3	TL-4
$AADT < 1.000$	Cualquiera	TL-2	TL-3	TL-3		
NIVEL 4	Normal	$AADT_p \geq 2.000$	$V_p \geq 80$ km/h	TL-3	TL-3	TL-3
			$V_p < 80$ km/h	TL-2	TL-3	TL-3
		$AADT_p < 2.000$	Cualquiera	TL-2	TL-2	TL-3

Fuente: Alta contención para Barreras de Seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?, VI Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, por Road Steel.

Tabla 17: Ensayos de impacto de vehículos (EN 1317-2)

Ensayo	Velocidad de impacto km/h	Angulo de impacto °	Masa total kg	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo
TB 21	80	8	1 300	Turismo
TB 22	80	15	1 300	Turismo
TB 31	80	20	1 500	Turismo
TB 32	110	20	1 500	Turismo
TB 41	70	8	10 000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10 000	Vehículo pesado no articulado
TB 51	70	20	13 000	Autobús
TB 61	80	20	16 000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30 000	Vehículo pesado no articulado
TB 81	65	20	38 000	Vehículo pesado articulado

→ TB61

Tabla 18: Niveles de contención (EN-1317-2)

Niveles de contención			Ensayos de aceptación
Baja contención	T1		TB 21
	T2		TB 22
	T3		TB 41 y TB 21
Contención normal	N1		TB 31
	N2		TB 32 y TB 11
Alta contención	H1		TB 42 y TB 11
		L1	TB 42 y TB 32 y TB 11
	H2		TB 51 y TB 11
		L2	TB 51 y TB 32 y TB 11
	H3		TB 61 y TB 11
		L3	TB 61 y TB 32 y TB 11
Muy alta contención	H4a H4b		TB 71 y TB 11 TB 81 y TB 11
	L4a L4b		TB 71 y TB 32 y TB 11 TB 81 y TB 32 y TB 11

→ H3
Para todas las secciones de barrera y pretil

f) Barrera tubular s. L – informe industrial y comercial del sistema de barrera para la seguridad vial.

- Ensayos del Sistema
 - Prueba de Impacto (Ciudadat) 1500 kg.

Tabla 19: Datos iniciales del ensayo

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
TEST CONFIGURATION		
Velocidad nominal de impacto <i>Target impact velocity</i>	110 km/h	+7% -0%
Ángulo nominal de impacto <i>Target impact angle</i>	20 °	+1,5° -1°
Masa inercial del vehículo de ensayo <i>Target inertial vehicle mass</i>	1500 kg	±75 kg

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

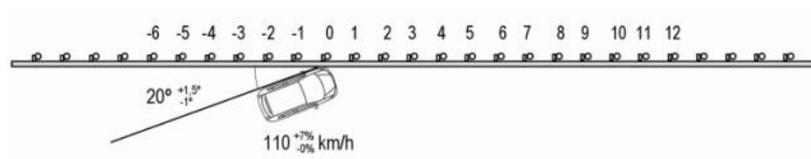


Figura 13: Prueba de impacto, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L



Figura 14: Tramo barrera antes de la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L



Figura 15: Frontal previas a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L



Figura 16: Frontal posteriores a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L



Figura 17: Vehículo posterior a la prueba, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 20: Resultados De La Prueba De Impacto Del Vehiculo De 1500 Kg.

RESULTADOS DEL ENSAYO	
TEST RESULTS	
Velocidad de impacto <i>Actual impact speed</i>	112,0 km/h
Diferencia respecto de la velocidad de impacto nominal <i>Difference from nominal speed</i>	1,8 %
Ángulo de impacto <i>Actual impact angle</i>	20,2 °
Desviación respecto al ángulo de impacto <i>Difference from nominal angle</i>	0,2 °

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 21: Análisis del sistema

ANÁLISIS DEL SISTEMA SYSTEM ANALYSIS			
	Punto de impacto real <i>Actual impact point location</i>	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación <i>Positive sign towards driving direction</i>
	Longitud de contacto <i>Length of contact</i>	8,1 m	entre el poste -1 y el poste 3 <i>between post -1 and post 3</i>
	Máxima deflexión permanente <i>Maximum permanent deflection</i>	0,64 m	
D _m	Deflexión dinámica <i>Dynamic deflection</i>	0,91 m	
D _N	Deflexión dinámica normalizada <i>Normalised dynamic deflection</i>	0,89 m	
W _m	Anchura de trabajo <i>Working width</i>	1,23 m	
W _N	Anchura de trabajo normalizada <i>Normalised working width</i>	1,21 m	
	Clase de anchura de trabajo normalizada <i>Class of normalized working width</i>	W4	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier leading anchorage</i>	0,00 m	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier end</i>	0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

- PRUEBA DE IMPACTO (Ciudad) 900 kg.

Tabla 22: Datos iniciales de ensayo

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO TEST CONFIGURATION			
Velocidad nominal de impacto <i>Target impact velocity</i>	100 km/h	+7%	-0%
Ángulo nominal de impacto <i>Target impact angle</i>	20 °	+1,5°	-1°
Masa inercial del vehículo de ensayo <i>Target inertial vehicle mass</i>	900 kg	±75 kg	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

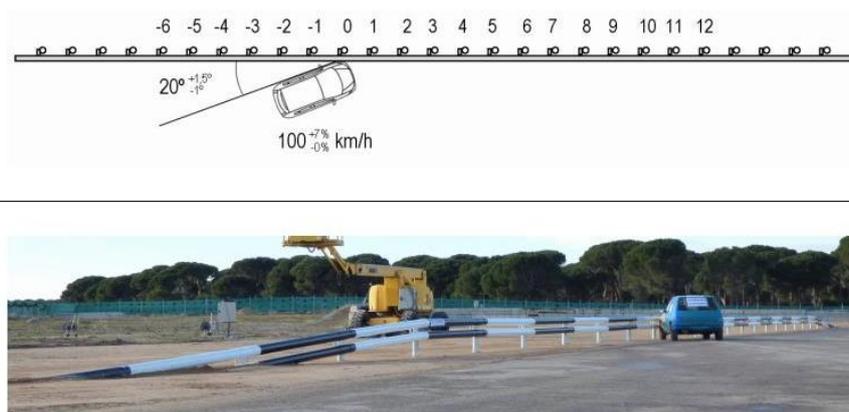


Figura 18: Prueba de impacto, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 23: Resultados de la prueba de impacto del vehículo de 900kg.

RESULTADOS DEL ENSAYO TEST RESULTS	
Velocidad de impacto Actual impact speed	102,3 km/h
Diferencia respecto de la velocidad de impacto nominal Difference from nominal speed	2,3 %
Ángulo de impacto Actual impact angle	20,0 °
Desviación respecto al ángulo de impacto Difference from nominal angle	0,0 °

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 24: Análisis del sistema

ANÁLISIS DEL SISTEMA SYSTEM ANALYSIS		
Punto de impacto real Actual impact point location	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación Positive sign towards driving direction
Longitud de contacto Length of contact	7,11 m	entre el poste -1 y el poste 3 between post -1 and post 3
Máxima deflexión permanente Maximum permanent deflection	0,20 m	
D_m Deflexión dinámica Dynamic deflection	0,33 m	
D_N Deflexión dinámica normalizada Normalised dynamic deflection	0,32 m	
W_m Anchura de trabajo Working width	0,85 m	
W_N Anchura de trabajo normalizada Normalised working width	0,84 m	
Clase de anchura de trabajo normalizada Class of normalized working width	W2	
Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera Permanent displacement of the barrier leading anchorage	0,00 m	
Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera Permanent displacement of the barrier end	0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

g) Barrera Rodante Amortiguable Propuesta

Se realizan pruebas con diferentes tipos de vehículos, para lo cual se toman como datos iniciales, el Angulo de entrada, el peso del vehículo, velocidad, numero de ejes, altura.

En la figura N°19, se puede observar las pruebas realizadas, de la cual a partir de los resultados se podrán analizar la capacidad de contención de las barreras rodantes.



Figura 19: Vista de prueba de contención por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

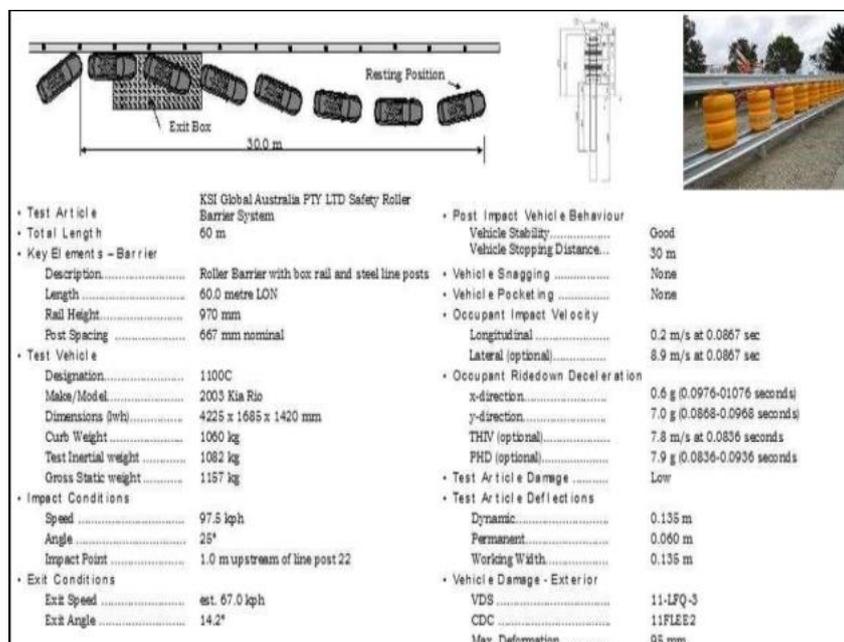


Figura 20: Resultados de prueba de contención por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)



Figura 21: Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

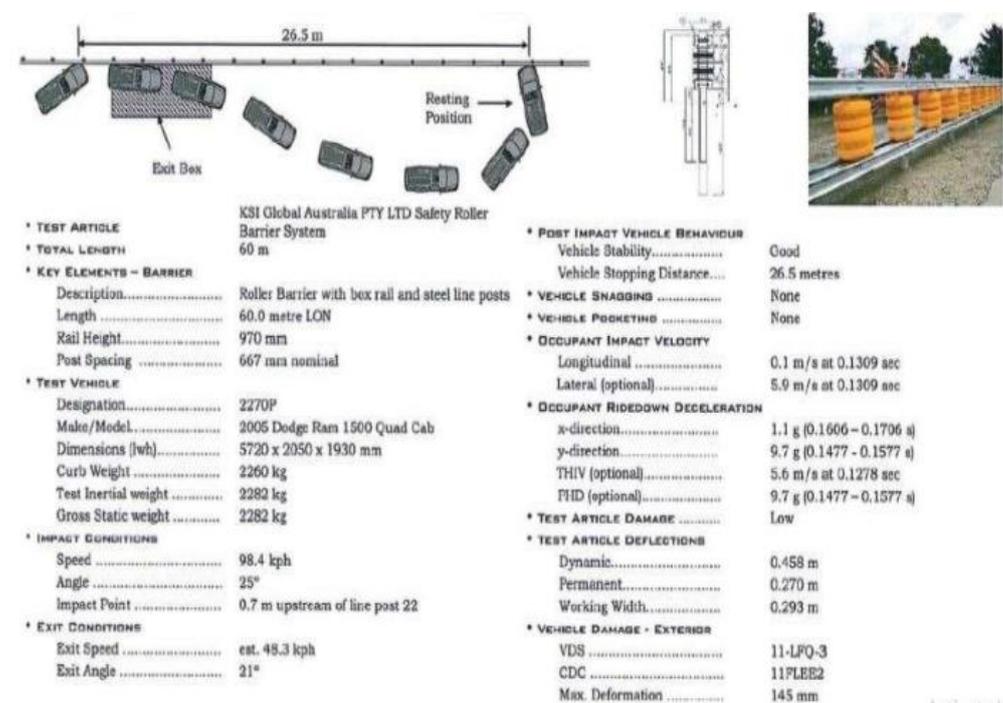


Figura 22: Resultados de Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

- Prueba de Rendimiento
 - Nivel de prueba de choque SB5: -
 - Rendimiento de seguridad del pasajero -
 - Velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV): 32,4 km / h (por debajo de 33 km / h)

- Desaceleración de la cabeza después del impacto (THD): 9.9 g (por debajo de 20 g)
- Rendimiento de prevención de dispersión: sin dispersiones de las cincuenta barreras.
- Prueba el comportamiento del vehículo: no se arroje demasiado ni se detenga repentinamente después de la colisión.
- 76.9% (Velocidad de salida: 74.8km / hr): 43.7% (Ángulo de salida: 8.74 grados)
- Resultados sintéticos satisfechos con criterios.
- Coche pequeño Coche de 900 kg, colisión lateral 20 0, velocidad 100 (km / h). Durante la evaluación, se observó que el producto ETI devuelve un vehículo accidental a la pista de movimiento normal, protege a los ocupantes y los accidentes del segundo vehículo.
- Datos dados: $m = 900 \text{ kg}$

$$v = 100 \text{ km / h}$$

$$\Theta = 200$$

Por relación impulso-momento

$$F \Delta t = mv$$

donde F = fuerza de impacto en N

Δt = intervalo de tiempo corto en milisegundos

m = masa del automóvil

v = velocidad del automóvil

$$F\Delta t = 900 * 100 (5/18)$$

$$=25000 \text{ N}$$

Suponga que $t = 0.076\text{s}$

$$F = (25000 / 0.076)$$

$$= 328947.36 \text{ N}$$

$$= 328.9 \text{ kN}$$

Suponga que $d = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A &= (\pi * d^2 / 4) \\
 &= (\pi * 300^2 / 4) \\
 &= 70685.83 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= (F_t / A) \\
 &= (328947.36 * \cos(20) / 70685.83) \\
 &= 4.37 \text{ N / mm}^2 = 4.37 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= (F_r / A) \\
 &= (328947.36 * \sin(20) / 70685.83) \\
 &= 1.59 \text{ N / mm}^2 \\
 &= 1.59 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Camión de 10 toneladas, colisión lateral de 150, la velocidad es de 90 (km / h). Durante la evaluación, se observó que el producto ETI cambia el método de colisión a fricción rotacional para que la colisión continúe durante un tiempo prolongado y, por lo tanto, minimice el choque momentáneo.

- Datos dados: $m = 10000 \text{ kg}$
 $v = 90 \text{ km / h}$
 $\Theta = 150$

Por relación impulso-momento

$F \Delta t = mv$ donde

F = fuerza de impacto en N

Δt = intervalo de tiempo corto en segundos

m = masa del automóvil

v = velocidad del automóvil

$$\begin{aligned}
 F\Delta t &= 10000 * 90 (5/18) \\
 &= 250000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Suponga $t = 0.07s$

$$F = (250000 / 0.07)$$

$$= 3571428.5 \text{ N}$$

$$= 3571.42 \text{ kN}$$

Suponga que $d = 300 \text{ mm}$

$$A = (\pi * d^2 / 4)$$

$$= (\pi * 300^2 / 4)$$

$$= 70685.83 \text{ mm}^2$$

$$\tau = (F_t / A)$$

$$= (3571428.5 * \cos(20) / 70685.83)$$

$$= 48,80 \text{ N / mm}^2 = 4,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma = (F_r / A)$$

$$= (3571428.5 * \sin(20) / 70685.83)$$

$$= 17.28 \text{ N / mm}^2$$

$$= 17.28 \text{ MPa}$$

Características

- Hecho de un compuesto químico especial como el caucho duro.
- Fácil de mantener debido a los barriles separados (reciclable).
- Tableros de tope instalados en la parte superior e inferior de los barriles para guiar los objetos de regreso a la carretera.
- Altura fácil de ajustar, notable para los conductores debido a la coloración notable y la autoluminiscencia.
- Perceptible para los conductores debido a la coloración notable y la autoluminiscencia.
- Menos costos de instalación (menos post-1 unidad por 2 m)

2.2.1.2.Capacidad de Amortiguamiento

a) Manual De Seguridad Vial 2017

La absorción de energía se realiza en gran parte por la deformación del conjunto de elementos que componen la barrera de seguridad y el vehículo, estas deformaciones deben ser limitadas y deben ser compatibles con el lugar y el entorno en el que están instaladas.

Las deformaciones de las barreras de seguridad durante el impacto vienen caracterizadas por la deflexión dinámica (D_m), ancho de trabajo (W_m) y la intrusión del vehículo (V_{Im}).

Tabla 25: Niveles de Anchura de Trabajo Normalizada

Clases de niveles de anchura normalizada	Niveles de anchura de trabajo normalizada (m)
$W1$	$W_N \leq 0,6$
$W2$	$W_N \leq 0,8$
$W3$	$W_N \leq 1,0$
$W4$	$W_N \leq 1,3$
$W5$	$W_N \leq 1,7$
$W6$	$W_N \leq 2,1$
$W7$	$W_N \leq 2,5$
$W8$	$W_N \leq 3,5$

Fuente: Tabla N°4 EN 1317-2

NOTA 1: En determinados casos se pueden definir una clase de anchura de trabajo menor que W1.

NOTA 2: La deflexión dinámica, la anchura del trabajo y la intrusión del vehículo permiten establecer las condiciones de instalación de cada barrera de seguridad, y también definir las distancias que es necesario dejar delante de los obstáculos para permitir que el sistema funcione satisfactoriamente.

NOTA 3: la deformación depende tanto del tipo de sistema como de las condiciones de ensayo.

Tabla 26: Niveles de Intrusión del Vehículo Normalizada

Clases de niveles de anchura normalizada	Niveles de anchura de trabajo normalizada (m)
VI1	$VI_N \leq 0,6$
VI2	$VI_N \leq 0,8$
VI3	$VI_N \leq 1,0$
VI4	$VI_N \leq 1,3$
VI5	$VI_N \leq 1,7$
VI6	$VI_N \leq 2,1$
VI7	$VI_N \leq 2,5$
VI8	$VI_N \leq 3,5$
VI9	$VI_N > 3,5$

Fuente: Tabla N°5 EN 1317-2

NOTA 1: En determinados casos se puede definir una clase de instrusión de vehículo menor que VI1.

NOTA 2: la deflexión dinámica, la anchura de trabajo y la instrusión del vehículo permiten establecer las condiciones de instalación de cada barrera de seguridad, y también definir las distancias que es necesario dejar delante de los obstáculos.

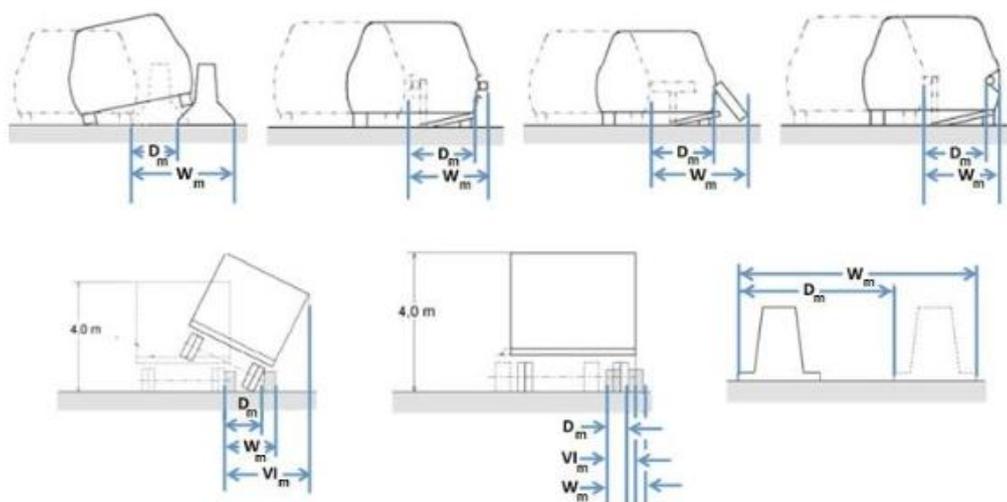


Figura 23: Valores Medidos de la Deflexión Dinámica (D_m), la Anchura de Trabajo (W_m) y la Intrusión del Vehículo (V_{Im}), por Figura 1 – EN1317-2

b) Criterios De Aplicación De Barreras De Seguridad Metálica – Ministerio De Fomento – Dirección General De Carreteras

Tabla 27: Clases de Anchura de Trabajo para las Barreras de Seguridad Metálicas según UNE-EN 1317

CLASES DE ANCHURA DE TRABAJO	VALOR DE LA ANCHURA DE TRABAJO (W), EN METROS
W1	$W \leq 0,6$
W2	$0,6 < W \leq 0,8$
W3	$0,8 < W \leq 1,0$
W4	$1,0 < W \leq 1,3$
W5	$1,3 < W \leq 1,7$
W6	$1,7 < W \leq 2,1$
W7	$2,1 < W \leq 2,5$
W8	$2,5 < W \leq 3,5$

Fuente: Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas – Orden Circular 28/2009 – Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento – Gobierno de España.

c) Barreras De Seguridad Safetybar

Tabla 28: Deformación del sistema

Clase (W)	Anchura de trabajo (W) en metros	Clase (VI)	Intrusión del vehículo (VI) en metros
W1	$\leq 0,6$	VI1	$\leq 0,6$
W2	$0,6 \leq W \leq 0,8$	VI2	$0,6 \leq VI \leq 0,8$
W3	$0,8 \leq W \leq 1,0$	VI3	$0,8 \leq VI \leq 1,0$
W4	$1,0 \leq W \leq 1,3$	VI4	$1,0 \leq VI \leq 1,3$
W5	$1,3 \leq W \leq 1,7$	VI5	$1,3 \leq VI \leq 1,7$
W6	$1,7 \leq W \leq 2,1$	VI6	$1,7 \leq VI \leq 2,1$
W7	$2,1 \leq W \leq 2,5$	VI7	$2,1 \leq VI \leq 2,5$
W8	$2,5 \leq W \leq 3,5$	VI8	$2,5 \leq VI \leq 3,5$
		VI9	$VI > 3,5$

Fuente: Barreras de seguridad Safetybar

d) FOROVIAL

Selección de los Parámetros de Deformación:

En función de las distancias a los desniveles u obstáculos se considerará:

- Para desniveles: deflexión dinámica.
- Para obstáculos: anchura de trabajo.

e) Barrera Rodante Amortiguable

Barreras Rodantes:

Por sus características son como rodillos de seguridad, el cual está conformado por varios accesorios que evita que los conductores y pasajeros sufran accidentes mortales al no solo absorber la energía de choque sino también convertir la energía la energía de choquen energía rotacional, está diseñado para absorber los golpes y llevar el vehículo a la dirección de la carretera para evitar accidentes grandes.

Trabajo de la Barrera Rodante:

Las barreras rodantes hacen más que absorber la energía del impacto. Convierten esa energía de impacto en energía de rotación para impulsar el vehículo hacia adelante en lugar de romper una barrera inamovible.

Cuando un automóvil golpea la barandilla, el barril giratorio convierte el choque del vehículo en energía de rotación. Los cuadros superior e inferior de la Figura N° 1 ajustan los neumáticos de los vehículos grandes y pequeños para evitar que el sistema de dirección pierda funcionalidad.

Los cuadros superior e inferior son las metálicas de color gris vistas en la Figura N°1.



Figura 24: Vista de la barrera rodante instalada en el campo curvo, tanto en sistema de reflexión diurna como nocturna, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

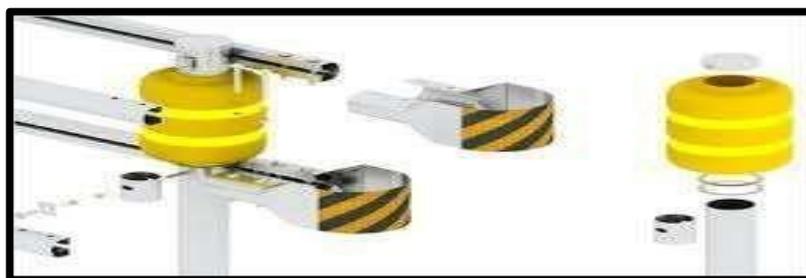


Figura 25: Vista de los accesorios que componen la barrera rodante por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

2.2.1.3. Costo de Protección

Siendo, esta, una parte importante de la investigación, se detalla los costos que tendrían durante la compra e instalación; como también los costos a largo plazo en temas de mantenimiento.

El valor referencial de los costos en el aspecto de seguridad vial relacionado a los guardavías, estará dando en función a 3 mantenimiento por año, todo por 5 años, para concluir a un gasto posterior.

a) Ejemplos de ACU, de algunos expedientes

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0202155 ESTUDIO DEFINITIVO RUTA PE-36G. Emp. PE-36 A (TORATA) - OTORA - JAGUAY - OMATE - COALAQUE - PUQUINA - L.D. MOQUEGUA. TRAMO: KM 35+00 AL KM 153+500 .

Subpresupuesto 001 ESTUDIO DEFINITIVO RUTA PE-36G. Emp. PE-36 A (TORATA) - OTORA - JAGUAY - OMATE - COALAQUE - PUQUINA - L.D. MOQUEGUA. TRAMO: KM 35+00 AL KM 153+500 . Fecha 31/10/2015

Partida	807.A	GUARDAVIA METALICA						
Rendimiento	m/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000			Costo unitario directo por : m		222.75
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ			hh	0.5000	0.2000	24.36	4.87
0101010003	OPERARIO			hh	2.0000	0.8000	18.74	14.99
0101010004	OFICIAL			hh	2.0000	0.8000	15.56	12.45
0101010005	PEON			hh	4.0000	1.6000	14.00	22.40
								54.71
Materiales								
0204270003	GUARDAVIA METALICA			m		1.0000	67.55	67.55
0218030012	PERNO Y TUERCA DE GUARDAVIAS			jgo		0.3338	34.43	11.49
0240020001	PINTURA ESMALTE			gal		0.0220	44.01	0.97
0240060001	PINTURA PARA TRAFICO			gal		0.0015	49.16	0.07
02400600010001	PINTURA WASH PRIMER			gal		0.0200	93.46	1.87
02400800150001	SOLVENTE XILOL			gal		0.0131	19.77	0.26
02631200010003	POSTE DE ACERO DE 1.80MX6MM P/GUARDAVIA			und		0.3338	145.85	48.68
								130.89
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	54.71	2.74
								2.74
Subpartidas								
010304020417	CAPTAFAROS			und		0.2730	45.02	12.29
010420010229	CONCRETO CLASE F Fc = 140 kg/cm2			m3		0.0229	388.14	8.89
010420040309	RELLENO PARA ESTRUCTURAS			m3		0.0397	162.03	6.43
010420040504	EXCAVACION MANUAL			m3		0.0641	46.02	2.95
010603010806	SECCION FINAL			und		0.0107	150.73	1.61
010603010807	SECCION DE AMORTIGUACION			und		0.0107	209.17	2.24
								34.41

Figura 26: ACU N°01

S10 Página 6

Presupuesto

Presupuesto 1101007 EDI CONSTRUCCION DEL PUENTE SANTA ROSA, ACCESOS, ROTONDA Y PASO A DESNIVEL, REGION CALLAO ACTUALIZACION

Subpresupuesto 001 EDI CONSTRUCCION DEL PUENTE SANTA ROSA, ACCESOS, ROTONDA Y PASO A DESNIVEL, REGION CALLAO ACTUALIZACION

Cliente PROVIAS

Lugar CALLAO - CALLAO - CALLAO

Costo al 31/01/2021

00139

V° B°
M. HILARIO T. DES
P.V.N.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
806.E2	TERMINAL DE BARRERA DE SEGURIDAD H2W3A EN ABATIMIENTO ESVIADO CORTO (L=8.33m.)	u	2.00	3,006.98	6,013.96
806.E3	CONEXION DE BARRERA SIMPLE H2W3A A TERMINAL P4 DE APROXIMACION (A) (L=10m.)	u	8.00	3,143.30	25,146.40
806.E4	CONEXION DE BARRERA SIMPLE H2W3A A ATENUADOR DE IMPACTOS CLASE 80 PIV (L=9m.)	u	6.00	2,858.00	17,148.00
806.E5	CONEXIÓN DE BARRERA SIMPLE H2W3A A TERMINAL P4 DE SALIDA (D) (L=10.00m.)	u	2.00	3,143.30	6,286.60
806.F	BARRERAS DE SEGURIDAD VIAL METÁLICA H2W3B - DOBLE	m	1,119.00	390.88	437,394.72
808.B	BARRERAS DE SEGURIDAD DE CONCRETO SOBRE PUENTE	m	136.00	543.06	73,866.16
811.A	ATENUADOR DE IMPACTO REDIRECTIVO 80 PARALELO	u	2.00	32,883.57	65,767.14
811.B	ATENUADOR DE IMPACTO REDIRECTIVO 80 TRIANGULAR	u	1.00	26,235.07	26,235.07
690.A	BARANDAS METÁLICAS	m	1,783.00	314.84	561,359.72

Figura 27: ACU N°02

Presupuesto	0901027	CONSTR. DEL PUENTE EL ABEJAL Y ACCESOS - 2da actualización						
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DEL PUENTE EL ABEJAL Y ACCESOS					Fecha	31/12/2014
Partida	03.04.07	TACHAS RETROREFLECTIVAS						
Rendimiento	und/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000			Costo unitario directo por : und		15.57
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
	Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.00533	23.21		0.12
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.05333	17.85		0.95
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.02667	14.97		0.40
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.05333	13.48		0.72
								2.19
	Materiales							
0229900003	TACHA DELINEADORA		und		1.00000	6.47		6.47
0230130008	PEGAMENTO EPOXICO		gln		0.02000	339.99		6.80
								13.27
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.00000	2.19		0.11
								0.11
Partida	03.04.08	BARRERA DE SEGURIDAD						
Rendimiento	ml/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000			Costo unitario directo por : ml		316.44
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
	Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.04000	23.21		0.93
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.40000	17.85		7.14
0147010004	PEON		hh	10.0000	2.00000	13.48		26.96
								35.03
	Materiales							
0251060105	BARRERA DE SEGURIDAD LATERAL NIVEL CONTENCIÓN P3		ML		1.05000	266.34		279.66
								279.66
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.00000	35.03		1.75
								1.75

Figura 28: ACU N°03

b) Cotizaciones 2022

 Una solución a cada reto		COTIZACIÓN DE MATERIALES						
Código:	10707892434							
Cliente	OLIVER ATIQUIPA NIETO							
Fecha	15/02/2022							
Proyecto								
Contacto	Oliver Atiquipa							
Telefono								
Cotizacion	GR00841							
Lugar:	Lima							
Ítem	Descripción	Und	Cant.	Peso (Kg/Und)	Peso Total (Kg)	P.unit. (\$/Und)	Valor Total	USD
1	Guardavía de Acero 3.81m e=2.5mm	unid	315	40.5	12757.5	\$85.80	\$	27,027.00
2	Poste U 1.8m e=5.5mm	unid	335	19.26	6452.1	\$31.86	\$	10,673.10
3	Terminal de Inicio - Cola Caracol	unid	20	9.35	187	\$56.77	\$	1,135.40
4	Terminal de Salida - Cola Pez	unid	20	7.54	150.8	\$32.72	\$	654.40
5	Tuerca 5/8"	unid	3015	0.04	120.6	\$0.13	\$	391.95
6	Arandela 5/8"	unid	3015	0.03	90.45	\$0.21	\$	633.15
7	Perno Cabeza Coche 5/8"	unid	3015	0.11	331.65	\$0.41	\$	1,236.15
8	Captafaro Blanco y Rojo incluye pernos	unid	315	0.31	97.65	\$5.42	\$	1,707.30
							\$	43,458.45
							\$	7,822.52
							\$	51,280.97
Moneda	: Dolares Americanos							
Forma de Pago	: SEGÚN SU LINEA DE CREDITO							
Validez de Cotización	: 10 días							
Fecha de Entrega	: STOCK: 24 - 48 Horas / Salvo Venta Previa							
Lugar de Entrega	: Cualquier Almacén dentro de Lima Metropolitana							
						KG		20,187.75
						TON		20.19

Figura 29: Cotización N°01, por Empresa TUPEMESA

c) Costos de Operación y Mantenimiento de la Barrera Rodante Amortiguable

Tabla 29: Costos de Operación y Mantenimiento

		Location: High St Laverton Victoria		A\$
		SRB	\$620/ per m 60m	\$37,200
		Installation	\$160/m x 60 m 1 Day	\$9,600
		Total		\$46,800
Costs - To install Roller Barrier and Maintenance				
Year	Initial cost	Maint *	Total Cost	Present Cost
0	\$46,800		\$46,800	\$46,800
1	0	\$1,000	\$1,000	\$976
2	0	\$1,000	\$1,000	\$952
3	0	\$1,000	\$1,000	\$929
4	0	\$1,000	\$1,000	\$906
5	0	\$1,000	\$1,000	\$884
Total PV of Costs over 5 yr.			\$51,800	\$51,446

* Assuming maintenance x 2 per year @ \$500 each time based on data 115 days.

Fuente: "Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante" por Academy of Engineering (2017)

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.

2.3.1. Análisis de la capacidad de contención del sistema de barrera rodante amortiguable.

- a) Determinación de los tipos de vehículos que circulan por las carreteras con curvas horizontales identificadas.
 - Radios de giro.
 - Vehículos de diseño.
 - Clase de carretera.
- b) Procesamiento de la información para el diseño de la barrera.
 - Plantillas, esquemas, gráficas.
 - Propuesta de diseño del sistema de barrera rodante amortiguable.

2.3.2. Análisis de la capacidad de amortiguamiento del sistema de contención propuesto.

- Identificación de las alturas a colocar el sistema, de acuerdo a los tipos de vehículos que transcurren por la vía.
- Determinación de las velocidades de choque, para el diseño de amortiguamiento.

2.3.3. Análisis de que los costos de protección con este sistema propuesto, son más económicos a largo plazo en casos de accidentabilidad.

Esta parte del análisis, se hace mención, por ser también fundamental, para determinar la factibilidad de la propuesta como barrera de seguridad, la misma que se podría ampliar en una futura investigación.

- Determinación de los costos de operación y mantenimiento.
- Comparación de los beneficios económicos a largo plazo.
- Resultados de la disminución del grado de accidentabilidad con el nuevo sistema de protección rodante amortiguable.

2.4. Definición de Término Básicos

- a) **Sistema de protección:** Referido en el tema de aplicación, los sistemas de protección son un conjunto de materiales diseñados para luego ser instalados en las partes laterales de la carretera, como medida de seguridad vial, conteniendo a los vehículos ante pérdidas de control o despistes.
- b) **Barrera Rodante Amortiguable:** Sistema de contención lateral propuesto, con accesorios o materiales modernos vanguardistas, que evita que los conductores y pasajeros durante un accidente, sufran mayores consecuencias, debido a que este cuenta con cilindros amortiguables, que no solo observen la energía de choque, sino que también convierten la energía de choque en energía rotacional. El diseño e instalación de este nuevo sistema, absorbe eficazmente los impactos, y devuelve el vehículo a la dirección de la carretera.
- c) **Accidentabilidad:** Situación casual o imprevista de un accidente, para el caso de estudio son los niveles, cantidades o grados de accidentes que se puede determinar mediante estadística. Asimismo, las diferentes formas de accidentes determinaran la accidentabilidad en un lugar determinado.

- d) **Contención:** capacidad de retener un objeto, absorber la energía de impacto, manteniendo una adecuada deformación. La contención dentro del sistema de seguridad vial, es referida a tener la capacidad suficiente de desacelerar y redireccionar al vehículo.
- e) **Amortiguamiento:** Atenuación de impactos producidos en algún sector, siendo este como un paracaídas para los automóviles, haciendo mas suave el impacto generado por los vehículos hacia la contención lateral.
- f) **Costos de protección:** Al ser el sistema de barrera rodante amortiguable, todo un conjunto de equipamiento, instalación y mantenimiento, el costo de protección será el resultado final económicamente hablando durante el tiempo de vida del sistema instalado. Este costo también será el gasto económico posterior al accidente en comparación a un guardavía convencional.
- g) **Vehículo de diseño:** Móvil, para la cual esta diseñado geométricamente la carretera, de acuerdo a la velocidad de diseño y clase de carretera, la misma data que servirá para las pruebas de impacto y amortiguamiento del sistema de barrera rodante.
- h) **Impacto de vehículo:** Nivel de impacto que genera un determinado vehículo frente al sistema de contención propuesto, los daños que generen y las consecuencias de estas en el mismo vehículo y ocupantes.
- i) **Curvas Horizontales:** Son arcos de circunferencia que une dos tangentes consecutivas.
- j) **Carretera:** Vía proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles, estas reúnen las características de las autopistas, autovías y carreteras multicarril.
- k) **Magnitud:** Medida que ayuda a determinar los niveles de impacto, para este caso, el de los vehículos durante un accidente.

2.5. Fundamentos teóricos que sustenta la hipótesis

2.5.1. Barrera Rodante Amortiguable

El Sistema de Barrera Rodante Amortiguable, que contempla todo un conjunto de elementos mecánicos, se diseñan para diferentes tipos de curvatura, distintos tipos de vehículos y velocidades, por lo que están en la capacidad de soportar y/o contener a los vehículos cuando

se despistan, realizando una acción de amortiguamiento que en efecto reduce el grado de accidentabilidad.

Estas Barreras rodante, son capaces de absorber la energía de impacto y convertirla en energía rotacional que lo que intenta hacer es redirigir el vehículo accidentado hacia la vía, minimizando las consecuencias del accidente.

2.5.2. Capacidad de contención de barreras laterales

La capacidad de contención de los guardavías convencionales, suelen ser muy rígidos, y que en el proceso de instalación no tienen una supervisión adecuada, que lo que haces es, no contener al vehículo accidentado, si no que estos guardavías son dobladas por el impacto, y como sus parante no están profundamente bien instalados, estas son destruidas fácilmente por el vehículo, y en consecuencias, terminan por pasarse la curva, llevándose el guardavía consigo.

El sistema de barreras rodantes amortiguables, al tener entre sus elementos, cilindros rotatorios, estas trabajan girando con la misma energía de impacto, por lo que absorben dicho golpe del vehículo de convierte en algo secundarios, ya que, en ese instante, los cilindros rotatorios, trabajan en dar energía rotacional y reconducen el vehículo hacia la carretera. Su material absorbente puede contener diferente tipo de vehículos, ya que los tamaños de los cilindros amortiguables, se diseñan de acuerdo a que tipo de vía son.

2.5.3. Capacidad de amortiguamiento

La capacidad de amortiguamiento del sistema propuesto, es eficaz, porque actúa de acuerdo a la potencia del golpe y absorbe esa energía en su totalidad, a diferencia de los guardavías convencionales, que el impacto sucede si recibir un amortiguamiento correcto que haga que el vehículo pueda redirigirse hacia la carretera.

2.5.5. Resumen de los Fundamentos Teóricos

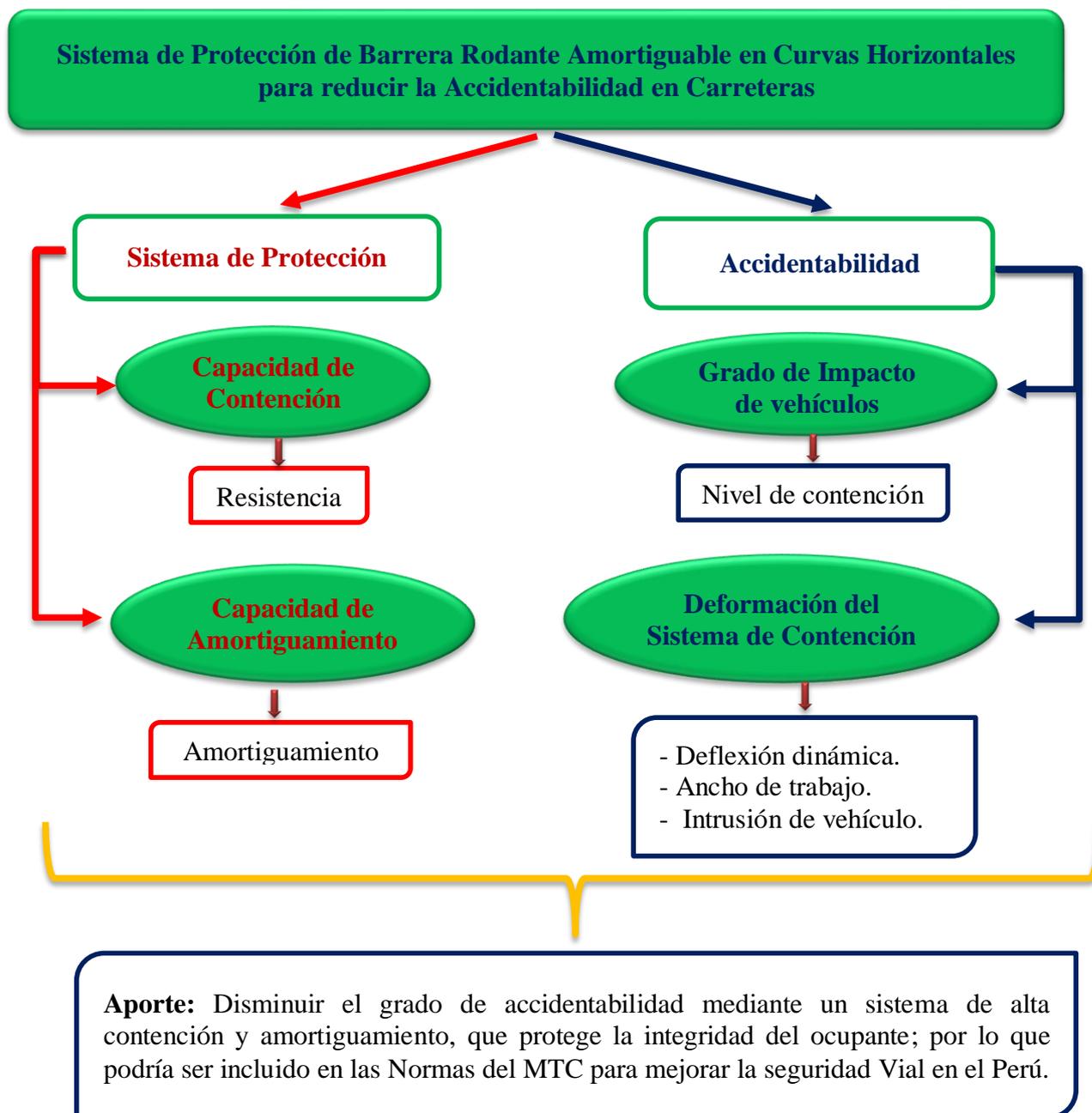


Figura 30: Fundamentos teóricos, elaboración propia

2.6. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

El Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguable, para curvas horizontales, reduce la accidentabilidad en carreteras.

2.5.2. Hipótesis Específica

- a) Mejorando la capacidad de contención de una barrera de protección en curvas horizontales se reduce el grado de impacto de vehículos en carreteras.
- b) Mejorando la capacidad de amortiguamiento de una barrera de protección, mediante barreras rodantes amortiguables, se reduce la deformación del sistema de contención.

2.6. Variables

Se considera las siguientes variables:

2.6.1. Definición conceptual de la variable

- Variable Independiente: Sistemas de protección de barrera rodante amortiguable, la cual se divide en capacidad de contención y capacidad de amortiguamiento, la misma que se comparara lo existente con la propuesta, para determinar cuál es factible técnicamente
- Variable Dependiente: Accidentabilidad, que se medirá en base a niveles de contención y grados de deflexión, la misma que conjuntamente, busca reducir dichos grados de accidentabilidad en carreteras del Perú.

2.6.2. Operacionalización de las variables

Tabla 30: Operacionalización de las Variables

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Herramientas
<u>Variable Independiente</u>	Innovación de un sistema que absorbe la energía del choque, la cual ayuda a redireccionar al vehículo mediante rodillo giratorios	Capacidad de contención de Capacidad de amortiguamiento	Nivel de contención de Niveles de deformación del sistema	Resultados de ensayos realizados	Normas Nacionales y Extranjeras
Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguable					
<u>Variable Dependiente</u>	Número proporcional de accidentes en lugar y tiempo determinado.	Grado de Accidentabilidad	Grado de impacto de vehículos. Características del vehículo de ensayo	Resultados de ensayos realizados	EN – 1317 NCHRP Report 350 Mash
Accidentabilidad					

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación

3.1.1. Por el Enfoque

Sampiere Hernandez (2003). Cuantitativo, porque se usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y en análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. (p.10).

Relacionado a la tesis, esta compara los resultados de la variable que se proponen, y adoptan como cierta la hipótesis enunciada o planteada inicialmente.

3.1.2. Por el nivel

Hernandez y Sampieri (2010). La investigación es descriptiva correlacional ya que presenta las características siguientes: puede medir y evaluar con gran precisión el grado de relación que existe entre las variables. Su gran utilidad radica enormemente en saber el comportamiento de una variable, conociendo ya el comportamiento de la otra. Porque trata de describir como presenta el problema de investigación y cómo se genera en el tiempo de estudio, lo cual nos llevara a recabar, y poder analizar la información obtenida en base de las variables. (p. 22).

Para la tesis, se realiza la relación que existe entre las variables, la misma que, tanto en lo que ya existe en la Norma, como lo que se está proponiendo, tienen el mismo objetivo, que es disminuir el grado de accidentabilidad.

3.1.3. Diseño

Es no experimental, transversal, retrospectivo; debido a que las variables están más cercanas a la realidad y no hay manipulación de los datos obtenidos.

3.1.4. Métodos

Es explicativo, ya que se investiga las causas y/o efectos que originan un fenómeno determinado. Deductivo – Hipotético, debido a que se puede crear la hipótesis para

explicar el objetivo y deducir las consecuencias con la observación de la realidad y la verificación.

3.1.5. Tipo

- De acuerdo a su orientación: Aplicada, ya que la tesis depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica. Asimismo, se puede decir que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico, sin embargo, en una investigación empírica lo que realmente sirve, son las consecuencias prácticas.
- De tipo descriptivo, porque la tesis logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalando características y propiedades

3.2. Población y muestra

3.2.1. Objeto de Estudio

Se tomó como objeto de estudio a la diferentes vías pavimentadas, nacionales, departamentales y Normas publicadas por el MTC, respecto a carreteras relacionado a Seguridad Vial; también las Normas extranjeras de países específicos y Manuales del funcionamiento de las Barreras Rodantes Amortiguables.

3.2.2. Muestra

Es determinístico, porque se recopila datos directamente, para realizar el estudio exploratorio y definir los resultados de la investigación.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica e instrumentos para recolección de datos es prolectivo.

Se tomarán datos de las variables de los manuales del MTC relacionado a la Seguridad Vial y a las propuestas técnicas del Sistema de barrera Rodante amortiguable propuesto.

3.3.1. Instrumento de recolección de datos:

Los instrumentos de recolección, son los resultados de las pruebas de choque realizados mediante la Norma UNE - EN 1317, MASH, NCHRP Report 350 y Manual de Seguridad Vial 2017 – MTC Perú.

Para los resultados de la Capacidad de Contención incluyendo los niveles, se realizan en base a los parámetros de la Tabla 1: Anexo 03 – Norma UNE-EN 1317 (Ensayos de impacto de vehículos, Tabla 2: Niveles de Contención, Tabla 3: Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad, Tabla 4: Anexo 04 – Matriz de Ensayo para Barreras Longitudinales, Tabla 5: Vehículos de ensayo de impacto y Tabla 6: Anexo 05: Matrices de prueba recomendadas para barreras longitudinales; todas estas están incluidas en el Manual de Seguridad Vial 2017 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, la misma que en su fuente de información es la Norma Europea UNE-EN 1317 y la Norma de Estados Unidos MASH.

Los instrumentos usados para determinar la capacidad de amortiguamiento, se basaron en el manual de Seguridad Vial 2017 del MTC Perú, en donde los parámetros para la evaluación están definidos en la Tabla 25: Niveles de Anchura de Trabajo normalizado, la cual es referenciado de la Tabla N°4 de la Norma Europea EN 1317-2; asimismo en la Tabla 26: Niveles de Intrusión del Vehículo Normalizada, se definen las clases de niveles de anchura de acuerdo a lo indicado en la Tabla N°5 EN 1317-2.

Para la parte económica del Trabajo de Tesis, por referirse netamente a precios de compra y mantenimiento, se tomaron datos de presupuestos de algunos expedientes técnicos, y cotizaciones actualizadas.

3.3.2. Validez del Instrumento

Los Instrumentos referenciado en la Tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 25 y 26; son las mismas que se encuentran en el Manual de Seguridad Vial 2017 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú; en este mismo Manual que se toma en cuenta, tiene como fuente las Norma Europea UNE EN 1317-2 y la de Estados Unidos MASH y NCHRP Report 350.

Todos los resultados obtenidos, fueron ensayados cumpliendo los parámetros de las normas y Manuales indicados.

3.3.3. Confiabilidad de los Instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos es garantizada por la Normativa Internacional, debido que, para el tema de Seguridad Vial, se está referenciando a Normativa Europea como es UNE EN 1317-2 y Normas Estadounidenses como MASH y NCHRP Report 350, las cuales son las más incidentes para estos temas viales. Asimismo, el Manual de Seguridad Vial 2017 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, toma como fuente de información las mismas normas Internacionales.

3.4. Descripción de procedimientos de Análisis

Con los datos obtenidos, se procederá a diseñar las características adecuadas que debe tener el sistema de protección de barrera rodante amortiguable, ya que la fuente de información primigenia, será la condicionantes para obtener el diseño del sistema de contención que se quiere proponer.

Para el análisis estadístico se usará el Microsoft Office – Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Capacidad de Contención

La capacidad de contención de las barreras convencionales de acuerdo a la Tabla 31, tienen un nivel de N2; de acuerdo a la Tabla 33, que muestra resultados de una barrera de concreto se obtienen un nivel de contención H1 para un ensayo de TB11 y TB42, en la misma tabla también se puede observar que alcanza a tener un nivel H2 para un ensayo de choque de TB11 y TB51. En estas Tablas mencionadas líneas arriba, fueron basadas de acuerdo a la NORMA EN 1317 de la Comunidad Europea.

Asimismo, de acuerdo a los resultados de las Figuras 37 y 38, que son relacionadas a l sistema de barrera rodante amortiguable, se puede ver que el Nivel de contención va desde TL4 de acuerdo a lo indicado en la Tabla 16: Selección de Nivel de Contención de una Barrera de Seguridad (MASH), con definición de un nivel muy alto de contención, según Normativa MASH , lo que quiere decir que soporta ensayos de choque de TB11 y TB51, pero con características diferente, que podrá reflejarse en los resultados de la capacidad de amortiguamiento. Estas tablas mencionadas líneas arriba, se basan en la Norma MASH de los Estados Unidos de Norteamérica.

4.1.2. Capacidad de Amortiguamiento

En el caso del amortiguamiento, tenemos 3 indicadores, las cuales están diferenciada por la deflexión dinámica, deflexión permanente y ancho de trabajo, la misma que determina la deformación del sistema de contención, para esta variable, evaluaremos las diferencias de acuerdo a cada indicador.

- a) Deflexión Dinámica (Dm): En los ensayos para vehículos con un peso aproximado desde 900 a 1000 kg, y de acuerdo a la Tabla 41: Análisis del sistema, se puede ver que la deflexión dinámica es de 0.33m, para guardavía metálica convencional. De acuerdo a la Figura 37, del sistema de barrera amortiguable rodante propuesto, resulta una deflexión dinámica de 0.135m.

- b) Deflexión Permanente: De acuerdo la Tabla 41: Análisis del sistema, para guardavías convencionales, para ensayos con vehículos de 900kg a 1000kg, resulta una deflexión permanente de 0.20m. De acuerdo a la Figura 37 de la barrera rodante amortiguable propuesta, resulta una deflexión permanente de 0.060m.
- c) Ancho de Trabajo (Wm): En la Tabla 44: Análisis del sistema, de ensayo con vehículos de 900 a 1000 kg, resulta un ancho de trabajo de 0.85m, para guardavías convencionales. En la Figura 37, de la barrera rodante amortiguable, resulta un ancho de trabajo de 0.135m.

4.2. Análisis de los resultados o discusión de resultados

Para el análisis de los resultados, se subdivide de acuerdo a la Capacidad de Contención, Capacidad de Amortiguamiento y Costos de Protección; para lo cual, los datos obtenidos son comparados entre las diferentes Normativas usadas.

4.2.1. Capacidad de Contención

En la Tabla 31: Características de los Ensayos de Impacto, se puede ver los diferentes niveles de contención logradas de acuerdo al tipo, peso, velocidad y ángulo de impacto del vehículo de prueba, este ensayo es realizado de acuerdo a la Norma UNE – EN 1317.

Asimismo, para las comparaciones entre las barreras convencionales y la barrera propuesta, se toma en cuenta vehículo entre 900 kg. a 1000 kg., para lo que de acuerdo a la Tabla 31, resulta un nivel N2, para un tipo de vehículo ligero.

Tabla 31: Características de los Ensayos de Impacto Según La Norma UNE-EN 1317

NIVEL DE CONTENCIÓN UNE-EN 1317	DENOMINACIÓN DE LOS ENSAYOS UNE-EN 1317	TIPO DE VEHÍCULO	CONDICIONES DE LOS ENSAYOS		
			MASA DEL VEHÍCULO (kg)	VELOCIDAD (km/h)	ÁNGULO DE IMPACTO (°)
N1	TB31	Ligero	1 500	80	20
N2	TB32	Ligero	1 500	110	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H1	TB42	Pesado no articulado	10 000	70	15
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H2	TB51	Autobús	13 000	70	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H3	TB61	Pesado no articulado	16 000	80	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H4a	TB71	Pesado no articulado	30 000	65	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20
H4b	TB81	Pesado articulado	38 000	65	20
	TB11 ^(*)	Ligero	900	100	20

^(*): el ensayo TB11 tiene por objeto verificar que la satisfacción del nivel de contención es compatible con la seguridad de los ocupantes de este tipo de vehículos.

Fuente: Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas – Orden Circular 28/2009 – Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento – Gobierno de España.

En la Figura 31, se distinguen los 3 tipo de vehículo para los ensayos de choque, y determinar posteriormente el nivel de contención.



TB 11 ligero
Se obtienen los Índices de Severidad (A,B,C)

TB11 + TB 42 camión
Se obtiene el Nivel de Contención H1

TB 11 + TB 51 autocar
Se obtiene el Nivel de Contención H2

Figura 31: Tipo de vehículos para los ensayos de impacto, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR

Para las barreras convencionales tipo concreto, de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 32 y 33, y ensayados con los parámetros de la Norma Europea UNE - EN 1317-2, se puede notar una mejora, dando como nivel un H1 y H2, que es superior a

un N2, pero este tipo de barreras de concreto, no tienen un buen amortiguamiento, por lo que no se recomienda su instalación.

Tabla 32: Nivel de Contención

Contención		Ensayos de impacto	Ensayo	V Choque (km/h)	Ángulo Choque (°)	Masa vehículo (kg)	Tipo vehículo
ALTA	H1	TB11+TB42	TB11	100	20	900	Turismo
	H2	TB11+TB51	TB42	70	15	10.000	Camión
	H3	TB11+TB61	TB51	70	20	13.000	Autocar
MUY ALTA	H4a	TB11+TB71	TB61	80	20	16.000	Camión
	H4b	TB11+TB81	TB71	65	20	30.000	Camión
				TB81	65	20	38.000

Fuente: Barreras de Seguridad SAFETYBAR



TB11
Velocidad: 100 km/h
Ángulo de choque: 20°
Masa: 900 kg



TB42
Velocidad: 70 km/h
Ángulo de choque: 15°
Masa: 10.000 kg



TB51
Velocidad: 70 km/h
Ángulo de choque: 20°
Masa: 13.000 kg

Índice de severidad obtenido: B

Nivel de contención obtenido: H1

Nivel de contención obtenido: H2

Figura 32: Ensayos de Impacto, por Barreras de Seguridad SAFETYBAR

Tabla 33: Parámetros de comportamiento según la Norma UNE-EN-1317-2

Tipo de barrera	SAFETYBAR S	SAFETYBAR D	SAFETYBAR S PLUS	SAFETYBAR D PLUS
a) Nivel de contención	H1	H2	H1	H2
b) Índice de severidad de impacto	B	B	B	B
c) Anchura de trabajo	0,7 m (W2)	1,2 m (W4)	0,6 m (W1)	0,8 m (W2)
d) Deflexión dinámica	0,22 m	0,5 m	0,0 m	0,0 m
e) Intrusión vehículo normalizada	1,5 m (VI5)	1,1 m (VI4)	0,7 m (VI2)	0,7 m (VI2)
Código de ensayo de choque	TB11 TB42	TB11 TB51	TB11 TB51	TB11 TB51
Código de ensayo de choque	144414AI E-15-0080	144414AI E-15-1268	144414AI E-15-2445	144414AI E-15-2445

Fuente: Barreras de Seguridad SAFETYBAR

A continuación, se muestra los resultados de impacto para un vehículo de 1500kg., realizados con los parámetros de la Norma Europea UNE -EN 1317.

En la Tabla 34, se muestra los datos iniciales del vehículo de prueba, como son la velocidad de impacto, el ángulo de entrada en el impacto y el peso del mismo.

- Prueba de Impacto (Ciudad) 1500 kg.

Tabla 34: Datos iniciales del ensayo (1500 kg)

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
TEST CONFIGURATION		
Velocidad nominal de impacto <i>Target impact velocity</i>	110 km/h	+7% -0%
Ángulo nominal de impacto <i>Target impact angle</i>	20 °	+1,5° -1°
Masa inercial del vehículo de ensayo <i>Target inertial vehicle mass</i>	1500 kg	±75 kg

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

En la Tabla 35, se ve el cambio que sufrió el vehículo en cuanto a velocidad, subiendo de 110 km/h a 112km/h, una diferencia de 1.8%; asimismo el ángulo de impacto varia en 0.2°.

Tabla 35: Resultados de La Prueba de Impacto Del Vehículo de 1500 Kg.

RESULTADOS DEL ENSAYO	
TEST RESULTS	
Velocidad de impacto <i>Actual impact speed</i>	112,0 km/h
Diferencia respecto de la velocidad de impacto nominal <i>Difference from nominal speed</i>	1,8 %
Ángulo de impacto <i>Actual impact angle</i>	20,2 °
Desviación respecto al ángulo de impacto <i>Difference from nominal angle</i>	0,2 °

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Realizando el análisis del sistema, se obtiene un nivel de Contención N2 de acuerdo a la figura 33; los demás datos, se basan mas que todo en la capacidad que tiene en cuanto a amortiguamiento, la misma que se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36: Análisis del sistema (1500 kg)

ANÁLISIS DEL SISTEMA SYSTEM ANALYSIS			
	Punto de impacto real <i>Actual impact point location</i>	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación <i>Positive sign towards driving direction</i>
	Longitud de contacto <i>Length of contact</i>	8,1 m	entre el poste -1 y el poste 3 <i>between post -1 and post 3</i>
	Máxima deflexión permanente <i>Maximum permanent deflection</i>	0,64 m	
D_m	Deflexión dinámica <i>Dynamic deflection</i>	0,91 m	
D_n	Deflexión dinámica normalizada <i>Normalised dynamic deflection</i>	0,89 m	
W_m	Anchura de trabajo <i>Working width</i>	1,23 m	
W_n	Anchura de trabajo normalizada <i>Normalised working width</i>	1,21 m	
	Clase de anchura de trabajo normalizada <i>Class of normalised working width</i>	W4	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier leading anchorage</i>	0,00 m	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier end</i>	0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Ensayo: La barrera BPC ha sido ensayada con éxito, en enero de 2016, en las instalaciones de CIUDAT, centro oficialmente acreditado para la realización de ensayos con barreras de seguridad para carreteras, TB11, TB31 y TB32, entre otros, situada en Valladolid.

El resultado obtenido en el ensayo TB32 (el más exigente de la gama Turismo) en el que se impacta contra la barrera de un vehículo de 1500 kg. A la velocidad de 110km/hr ha sido de:



Figura 33: Nivel de contención resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

A continuación, se muestra los resultados de impacto para un vehículo de 900kg., realizados con los parámetros de la Norma Europea UNE -EN 1317.

- PRUEBA DE IMPACTO (Ciudad) 900 kg.

Tabla 37: Datos iniciales de ensayo

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
TEST CONFIGURATION		
Velocidad nominal de impacto <i>Target impact velocity</i>	100 km/h	+7% -0%
Ángulo nominal de impacto <i>Target impact angle</i>	20 °	+1,5° -1°
Masa inercial del vehículo de ensayo <i>Target inertial vehicle mass</i>	900 kg	±75 kg

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 38: Resultados de la prueba de impacto del vehiculo de 900kg.

RESULTADOS DEL ENSAYO	
TEST RESULTS	
Velocidad de impacto <i>Actual impact speed</i>	102,3 km/h
Diferencia respecto de la velocidad de impacto nominal <i>Difference from nominal speed</i>	2,3 %
Ángulo de impacto <i>Actual impact angle</i>	20,0 °
Desviación respecto al ángulo de impacto <i>Difference from nominal angle</i>	0,0 °

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Tabla 39: Análisis del sistema

ANÁLISIS DEL SISTEMA SYSTEM ANALYSIS			
	Punto de impacto real <i>Actual impact point location</i>	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación <i>Positive sign towards driving direction</i>
	Longitud de contacto <i>Length of contact</i>	7,11 m	entre el poste -1 y el poste 3 <i>between post -1 and post 3</i>
Máxima deflexión permanente <i>Maximum permanent deflection</i>		0,20 m	
D _m	Deflexión dinámica <i>Dynamic deflection</i>	0,33 m	
D _N	Deflexión dinámica normalizada <i>Normalised dynamic deflection</i>	0,32 m	
W _m	Anchura de trabajo <i>Working width</i>	0,85 m	
W _N	Anchura de trabajo normalizada <i>Normalised working width</i>	0,84 m	
	Clase de anchura de trabajo normalizada <i>Class of normalized working width</i>	W2	
Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier leading anchorage</i>		0,00 m	
Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier end</i>		0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Ensayo: El resultado obtenido en el ensayo TB11 (el más exigente de la gama Turismo) en el que se impacta contra la barrera un vehículo de 900 kg. a la velocidad de 100 km/hr ha sido de:



Figura 34: Nivel de contención resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

4.2.2. Capacidad de Amortiguamiento

Resultados obtenidos para realizar la comparación en cuanto a la capacidad de amortiguamiento, de acuerdo a la norma europea UNE EN 1317-2.

En la Tabla 40, se muestra los resultados de las deflexiones y anchura de trabajo, para un vehículo de 1500 kg.

Tabla 40: Análisis del sistema (1500 kg)

ANÁLISIS DEL SISTEMA			
<i>SYSTEM ANALYSIS</i>			
	Punto de impacto real <i>Actual impact point location</i>	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación <i>Positive sign towards driving direction</i>
	Longitud de contacto <i>Length of contact</i>	8,1 m	entre el poste -1 y el poste 3 <i>between post -1 and post 3</i>
	Máxima deflexión permanente <i>Maximum permanent deflection</i>	0,64 m	
D_m	Deflexión dinámica <i>Dynamic deflection</i>	0,91 m	
D_N	Deflexión dinámica normalizada <i>Normalised dynamic deflection</i>	0,89 m	
W_m	Anchura de trabajo <i>Working width</i>	1,23 m	
W_N	Anchura de trabajo normalizada <i>Normalised working width</i>	1,21 m	
	Clase de anchura de trabajo normalizada <i>Class of normalized working width</i>	W4	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier leading anchorage</i>	0,00 m	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier end</i>	0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

El resultado obtenido en el ensayo TB32 (el más exigente de la gama Turismo) en el que se impacta contra la barrera de un vehículo de 1500 kg. A la velocidad de 110km/hr ha sido de:



Figura 35: Anchura de trabajo resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

En la Tabla 41, se muestra los resultados de las deflexiones y anchura de trabajo, para un vehículo de 900 kg.

Tabla 41: Análisis del sistema

ANÁLISIS DEL SISTEMA SYSTEM ANALYSIS			
	Punto de impacto real <i>Actual impact point location</i>	0,1 m	Positivo en el sentido de circulación <i>Positive sign towards driving direction</i>
	Longitud de contacto <i>Length of contact</i>	7,11 m	entre el poste -1 y el poste 3 <i>between post -1 and post 3</i>
	Máxima deflexión permanente <i>Maximum permanent deflection</i>	0,20 m	
D _m	Deflexión dinámica <i>Dynamic deflection</i>	0,33 m	
D _N	Deflexión dinámica normalizada <i>Normalised dynamic deflection</i>	0,32 m	
W _m	Anchura de trabajo <i>Working width</i>	0,85 m	
W _N	Anchura de trabajo normalizada <i>Normalised working width</i>	0,84 m	
	Clase de anchura de trabajo normalizada <i>Class of normalized working width</i>	W2	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo inicial de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier leading anchorage</i>	0,00 m	
	Desplazamiento permanente del anclaje extremo final de la barrera <i>Permanent displacement of the barrier end</i>	0,00 m	

Fuente: Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

Ensayo: El resultado obtenido en el ensayo TB11 (el mas exigente de la gama Turismo) en el que se impacta contra la barrera un vehículo de 900 kg. a la velocidad de 100 km/hr ha sido de:



Figura 36: Anchura de trabajo resultante, por Informe industrial y comercial del Sistema de barrera para la seguridad vial – Barrera Tubular S.L

En la figura 37; se muestran los resultados de los ensayos de impacto, realizado con los parámetros de la Normativa MASH, desarrollados con el sistema de protección de barrera rodante propuesta, con vehículo de 900 a 1000 kg.; en donde existe una diferencia notable en cuanto al amortiguamiento que este sistema ofrece en comparación con laas guardavías convencionales.

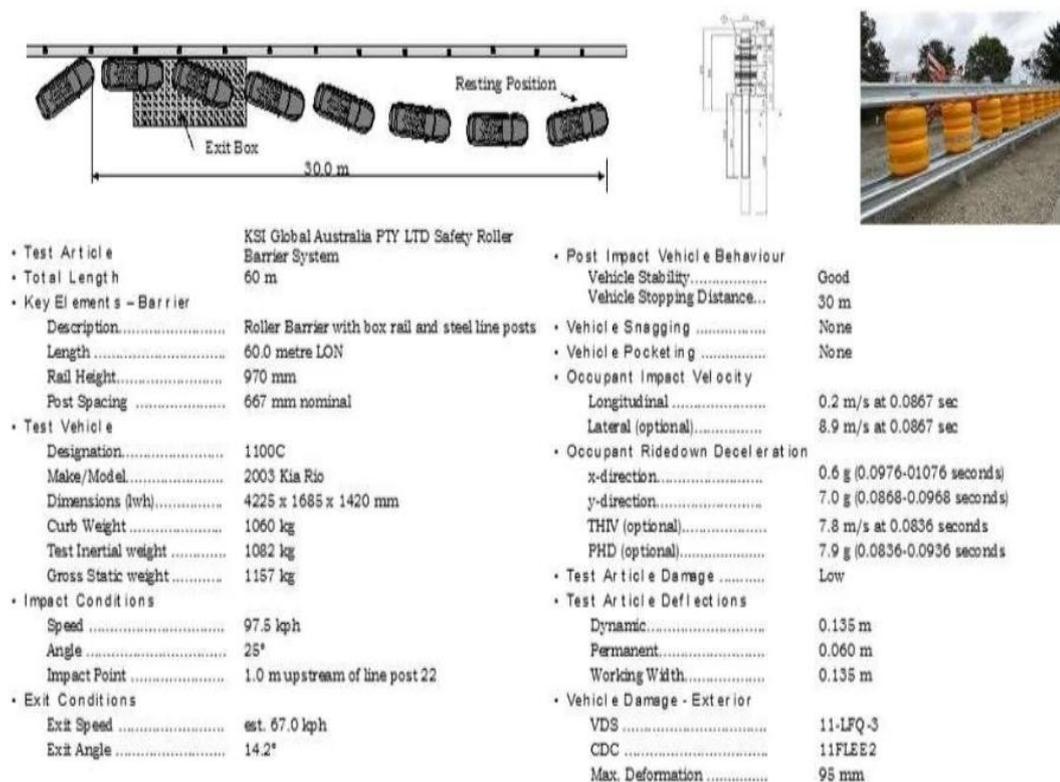


Figura 37: Resultados de prueba de contención, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

En la figura 38; se muestran los resultados de los ensayos de impacto desarrollados con los parámetros de la Normativa MASH, con el sistema de protección de barrera rodante propuesta, con vehículo de 1500 a 2000 kg; en donde el amortiguamiento es de un nivel superior que las guardavías convencionales

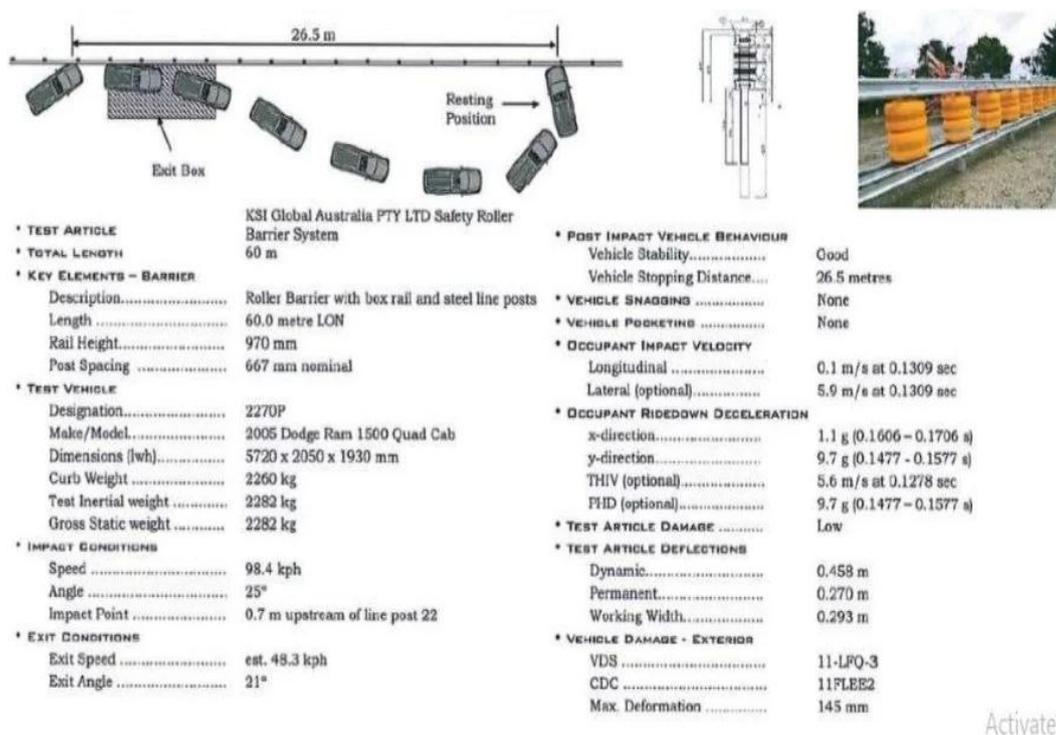


Figura 38: Resultados de Prueba de contención con vehículo Pick Up, por “Presentación de estudio de caso sobre sistema de barrera rodante” por Academy of Engineering (2017)

En la figura 39 se muestra el ensayo para un tipo de vehículo de mayor carga de aproximadamente 10 toneladas, que de acuerdo a la Norma UNE-EN 1317, vendría a ser un vehículo pesado no articulado, considerado como un tipo de ensayo TB 42.

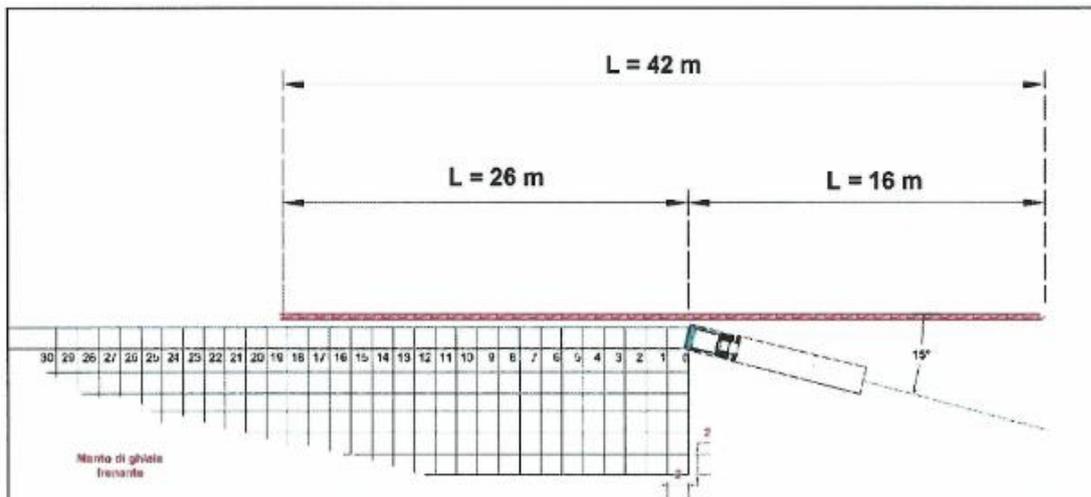


Figura 39: Trayectoria de impacto del vehículo, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

Tabla 42: Descripción del vehículo a ensayar

VEHICLE TECHNICAL SPECIFICATIONS	
VEHICLE TYPE	Single Unit Truck
VEHICLE NUMBER	1177
MODEL	MAN FL 18
PRODUCTION YEAR	2001
VEHICLE IDENTIFICATION NUMBER	WNAN023515Y025874
BALLAST TYPE	# 1 Concrete steel element
BALLAST POSITION (above ground)	1630 mm

Fuente: Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

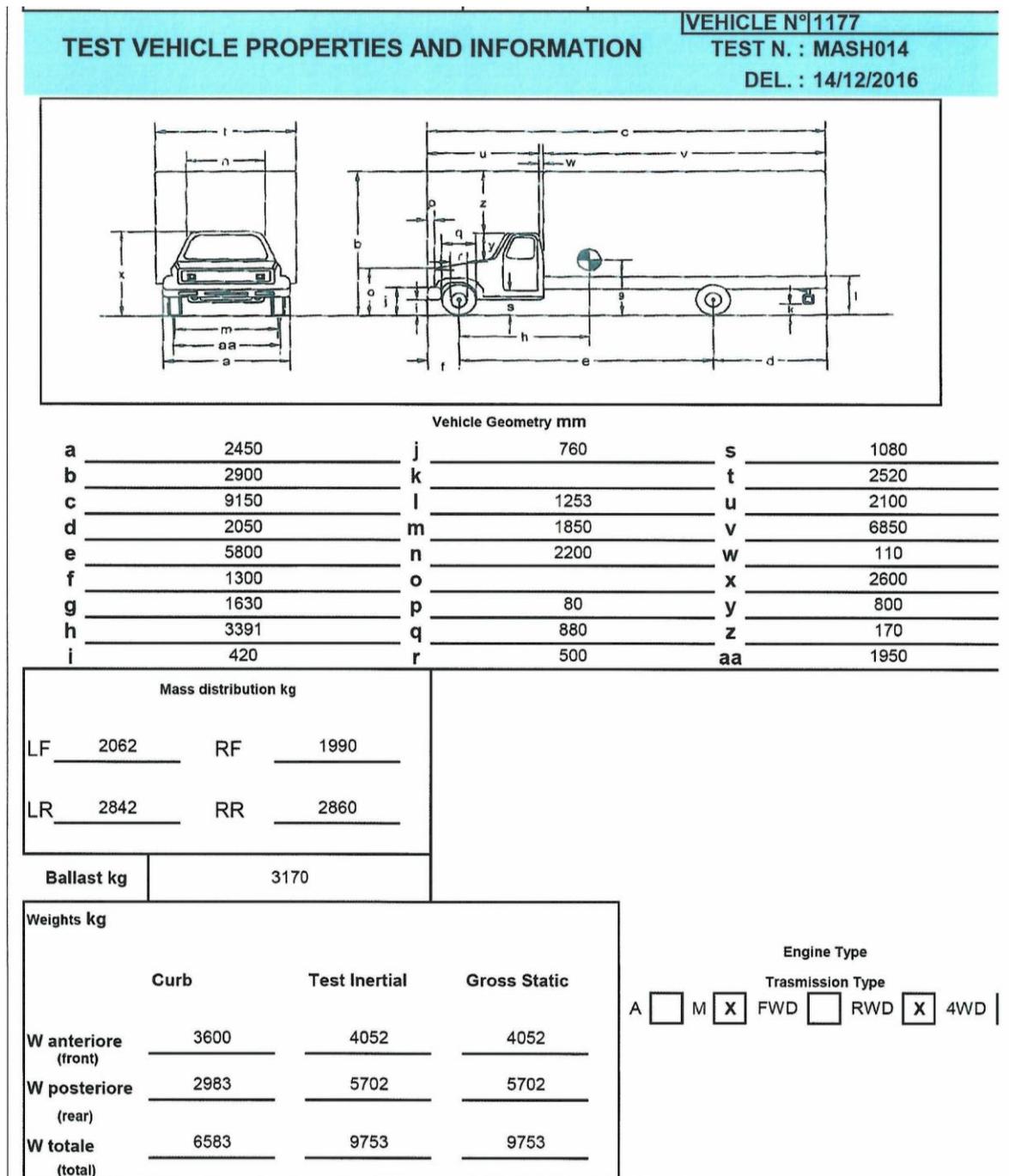


Figura 40: Dimensiones del vehículo, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016



Figura 41: Vehículo antes del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

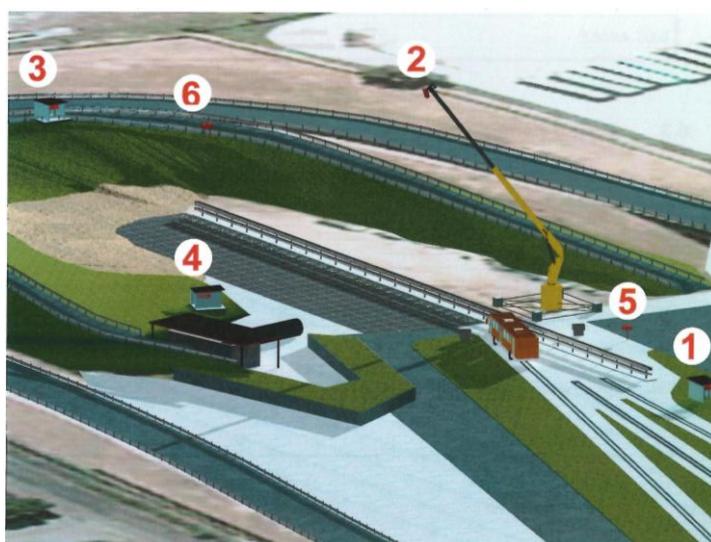


Figura 42: Diseños de cámaras, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

Tabla 43: Condiciones del ensayo

IMPACT SPEED	56,48 mph – (90,9 km/h)
DIFFERENCE FROM NOMINAL SPEED	+ 0,55 mph – (+ 0,9 km/h) (+ 1,0 %)
IMPACT ANGLE	15°
DIFFERENCE FROM NOMINAL ANGLE	0° (0%)
EXIT ANGLE	5°

Fuente: Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

Tabla 44: Resultados en base a variables

TEST ARTICLE BEHAVIOR	
TEST ARTICLE DYNAMIC DEFLECTION	1,64 ft – (0,5 m)
TEST ARTICLE PERMANENT DEFLECTION	1,31 ft – (0,4 m)
WORKING WIDTH	2,29 ft – (0,7 m)

Fuente: Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016



Figura 43: Barrera después del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016



Figura 44: Vehículo después del choque, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

En la figura 45, se muestran los resultados de la prueba de impacto, en donde el amortiguamiento, sigue siendo de un nivel superior a los guardavías convencionales.

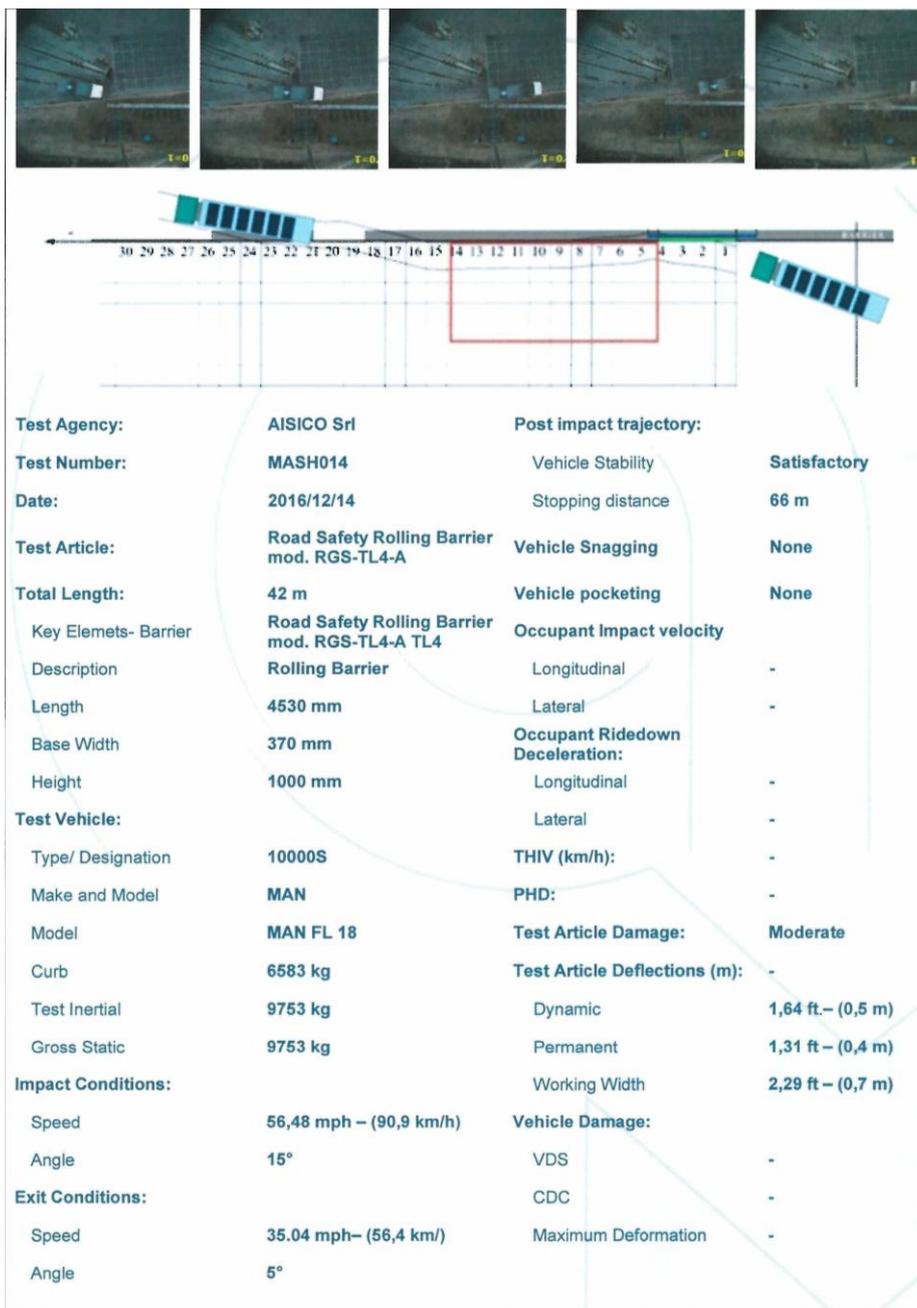


Figura 45: Resumen de los resultados, por Crash Test Report # Mash 014– Centro Prove Aisico 2016

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La barrera de protección rodante amortiguable, mejora la capacidad de contención, porque de acuerdo a la Normas MASH, tiene un nivel muy alto de contención que es el TL4, que es similar a un Nivel H2 de acuerdo a la Norma UNE EN 1317, reduciendo así el grado de impacto de vehículos de hasta 10,000 kg. Asimismo, el nivel de contención de las barreras convencionales actuales permitidas por el MTC, alcanzan un nivel de N2, que soporta vehículos tipo TB11 y TB32, la misma que abarca vehículos tipo turismo (ligero) desde 900 kg hasta autobuses de 1 500 kg.
2. El sistema de protección propuesto, mejora la capacidad de amortiguamiento, reduciendo la deformación del sistema de contención, ya que la deflexión dinámica y permanente, es casi 3 veces menor que la barrera convencional; asimismo el ancho de trabajo de la barrera rodante amortiguables es más de 6 veces menor que la barrera convencional.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda obtener más resultados de los ensayos de la barrera rodante amortiguable, en base a la NORMA UNE EN – 1317, para poder realizar el comparativo con la Norma del MTC, y poder obtener resultados comparativos más exactos.
2. Para la instalación de las barreras rodantes amortiguables, se tendría que diseñar de acuerdo al tipo de carreteras, ya que las velocidades y tamaños de los vehículos varían.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

- Academy of Engineering. (2017). *Case study presentation on Rolling barrier System*.
- Nagadarshan Rao B J, . *An Alternative Method for Barrier: Rolling Barrier Systeem*. Bangalore, Karnataka, India.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Seguridad Vial, Peru*.
- Kew Vlc. (2016). *Manual and Product Operational Manual*.
- The National Academies of Science, Engineering, medicine. (2016). *Roadside Safety Conference*.
- Akshay Wadekar, Neeraj Tilekar, Chinway sawalkar, Nagadarshan Rao, Nagaraja bhagav, Naimish G Jagani, Jaydeep N Maravia. (2017). *An Alternative Method for Barriers: Rolling Barrier system, International Journal of Latest Engineering And Management research (IJLEMR), ISSN: 2455 - 4847, vol 02 - issue 02, PP.37-41*.
- B. Mahendra Reddy, M. Sri Priya. (2017). *New Roller Barrier System Management And Efficiency on Highways, International Journal of Engineering Science and Computing (IJESC), vol. 07- issue no. 08, PP.14415-14418, August 2017*.
- Kyung-Whan Kim and Bu-Yong Shin. (2004). *A study on the characteristics of rolling barriers, KSCE Journal of Civil Engineering, vol 8, no.1, pp.135-139, January 2004*.
- AASHTO, 2010. *Highway Safety Manual*. Washington, D.C. American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO.

- Lee, J., Mannering, F., 1999. *Analysis of roadside accident frequency and severity and roadsidesafety management, Research Project T9903, Washington State Transportation Center (TRAC), Washington*
- Viner, J. G., 1995. *Rollovers on side slopes and ditches , Accident Analysis and Prevention, Vol27, No. 4, 483-491.*
- Zegeer, C. V., Forrest, M., 1995. *Council Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements , Transportation Research Record 1512, 29-36.*
- RSI, 2012. *Road Safety Inspection Guideline For Safety Checks of Existing Roads, World Road Association (PIARC), France Cafiso, S., La Cava, G., Montella, A., Pappalardo, G., 2006. Operative Procedures for Safety Inspections on Two – Lane Rural Roads, IASP, Catania, Italy.*
- RSI, 2012. *Road Safety Inspection RVS 02.02.34 Bundesministerium für Verkehr, Innovationund Technologie, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße- Schiene – Verkehr.*

ANEXOS

ANEXO A :	DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	89
ANEXO B :	MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	90
ANEXO C :	CUADRO DE OBJETIVOS Y VARIABLES PRINCIPALES	91

ANEXO A : DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Escuela de Posgrado
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO		
DECLARACIÓN DEL GRADUANDO		
Por el presente, el graduando: (Apellidos y nombres)		
en condición de egresado del Programa de Posgrado:		
deja constancia que ha elaborado la tesis intitulada:		
<p>Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.</p>		
<p>Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.</p>		
<p>Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.</p>		
<p>En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.</p>		
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> Firma del graduando	<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> Fecha	

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE		METODOLOGIA
PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE X	VARIABLE Y	TIPO DE INVESTIGACION
¿La propuesta del Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguables en curvas horizontales, reducirá el grado de accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documentario?	Proponer un sistema de protección de barrera rodante amortiguable en curvas horizontales para reducir el grado accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documentario.	El Sistema de Protección de Barrera Rodante Amortiguable, para curvas horizontales, reduce la accidentabilidad en carreteras.	Sistema de protección	Grado de Accidentabilidad.	Aplicada: Busca o modifica una realidad problemática. Cualitativa: Porque es a través de la recolección y análisis de datos. No Experimental, transversal, retrospectivo.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	DIMENSION X	DIMENSION Y	NIVEL DE INVESTIGACION
¿La propuesta del Sistema de Barrera Rodante Amortiguable mejorará la capacidad de contención a fin de reducir el grado de impacto de vehículos en carreteras?	a) Mejorar la capacidad de contención de una barrera de protección en curva horizontales, a fin de reducir el grado de impacto de vehículos en carreteras.	Mejorando la capacidad de contención de una barrera de protección en curva horizontales se reduce el grado de impacto de vehículos en carreteras.	X1: Capacidad de contención X2: Capacidad de Amortiguamiento.	Y1: Grado de Impacto de vehículos. Y2: Características de vehículo de diseño.	Correlacional: Tiene la finalidad de conocer el comportamiento de una variable a través del conocimiento de otras variables.
¿La propuesta de lineamientos para mejorar la capacidad de amortiguamiento , mediante Barreras rodantes amortiguables, reducirá la deformación del sistema de contención?	b) Mejorar la capacidad de amortiguamiento de una barrera de protección, mediante barreras rodantes amortiguables, a fin de reducir la deformación del sistema de contención .	Mejorando la capacidad de amortiguamiento de una barrera de protección, mediante barreras rodantes amortiguables, se reduce la deformación del sistema de contención .	INDICADOR X X11: Resistencia. X21: Nivel.	INDICADOR Y X11: Resistencia. X21: Nivel.	

ANEXO B : MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

ANEXO C : CUADRO DE OBJETIVOS Y VARIABLES PRINCIPALES

OBJETIVO	VARIABLES PRINCIPALES	
	Variable Independiente	Variable Dependiente
Objetivo General Proponer un sistema de protección de barrera rodante amortiguable en curvas horizontales para reducir la accidentabilidad en carreteras, a través de un análisis documentario	X: Sistema de Protección	Y: Accidentabilidad
	Dimensiones de X	Dimensiones de Y
	X1: Capacidad de contención X2: Capacidad de Amortiguamiento	Y1: Grado de Impacto de vehículos. Y2: Deformación del sistema de contención
	Indicadores X	Indicadores Y
	X11: Resistencia. X21: Amortiguamiento	Y11: Nivel de Contención Y21: Deflexión dinámica, ancho de trabajo y la intrusión del vehículo.
Objetivo Especifico 1	Mejorar la capacidad de contención de una barrera de protección en curva horizontales, a fin de reducir el grado de impacto de vehículos en carreteras	
Objetivo Especifico 2	Mejorar la capacidad de amortiguamiento de una barrera de protección, mediante barreras rodantes amortiguables, a fin de reducir la deformación del sistema de contención .	