

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Circular por una carretera o vía urbana que cumpla con los parámetros de seguridad y confort que se establecen en las normas debería ser una de las experiencias más gratas a experimentar al conducir por ellas, independientemente del vehículo en el que se haga. Con la finalidad de asegurar que las vialidades cumplan con un buen diseño, deben dotarse de diferentes elementos que en conjunto ofrezcan las condiciones ideales para una circulación segura. Entre ellos se encuentran las barreras de contención. Éstas se han posicionado históricamente como uno de los elementos de seguridad vial imprescindibles en el diseño de las vialidades, especialmente en las carreteras, donde, en teoría, hay mayores riesgos de los cuales proteger a los usuarios.

Para llegar bien al destino final, se necesita la sinergia de tres factores: un buen diseño geométrico de la vía, buenas condiciones mecánicas del vehículo en el que se traslada, y un buen comportamiento del usuario que maneja el vehículo en cuestión. Es por esto que en la actualidad es difícil concebir una carretera que no cuente con estos elementos. las barreras de contención cumplirán la función para las que fueron colocadas, la de evitar la salida del camino de vehículos en caso de un incidente vial, y redireccionarlos al mismo, siempre y cuando estén bien instaladas y se les dé el mantenimiento correspondiente inmediatamente después de haber sufrido una colisión.

Es por eso que este estudio pretende evaluar las barreras de contención tomando un tramo carretero de nuestra región siendo el parámetro la seguridad vial y así determinar si el tramo cumple con las normas y las capacidades necesarias a la hora de un accidente de tránsito, realizado con la ayuda de un programa de simulación explícita como ser el LS-DYNA el cual nos dará un punto de vista realista sobre el estudio a realizar.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Alrededor de 1,35 millones de personas mueren cada año como consecuencia de accidentes de tránsito, algunos de los factores de riesgo son la velocidad, conducción bajo efectos del alcohol u otras sustancias psicoactivas, no utilizar cascos cinturones de seguridad y sistemas de sujeción para niños, conducción distraída y una infraestructura vial insegura. Es por estas cuestiones que la seguridad vial tiene como propósito garantizar la máxima seguridad del transporte por carretera empleando acciones que se llevan a cabo en diferentes campos, como ser los elementos de seguridad vial que se aplican en puntos estratégicos donde los estudios muestren niveles de accidentes preocupantes, dando lugar a una toma de medidas correctivas preventivas o informativas.

Las barreras de contención son capaces de contener al vehículo, redireccionarlo y mitigar la gravedad del impacto en sus ocupantes, así mismo forman parte esencial y crítica para garantizar la seguridad vial en nuestras, un mal diseño puede empeorar la seguridad vial. La colocación de una barrera de seguridad vial debe basarse en un análisis de riesgo de accidentes en el sector en evaluación, debe representar una mejora sustancial en la seguridad vial del sector en donde se ubique, asumiendo que el daño causado por el impacto del vehículo con la barrera será menos severo que el causado por un accidente que ocurra en ausencia de la barrera.

Existen normas que regulan el diseño de las barreras de contención y para realizar un correcto diseño del mismo se utilizan softwares tal como el LS-DYNA que es un paquete software de análisis paramétrico, capaz de simular la respuesta de los materiales a cortos períodos de carga severa importantes para simular modelos complejos con control sobre todos los detalles del problema, tal es el caso de una colisión o accidente de tráfico.

El estudio de las barreras de contención dentro del marco de la seguridad vial y a nuestro medio son de vital importancia ya que un mal diseño puede agravar el daño en una colisión Este trabajo de grado diagnosticara y detectara las posibles fallas en la

ubicación, selección y diseño de las barreras de contención, pretendiendo establecer un sistema de control de calidad.

### **1.3 OBJETIVO**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Evaluar las barreras de contención en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua desde el punto de vista de la seguridad vial, determinando el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas, detectando posibles fallas en la ubicación, selección y/o diseño, utilizando la normativa LS-DYNA, así mismo proporcionar un diseño que cumpla con la seguridad vial y normas establecidas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Estudiar las propiedades, características, especificaciones y dimensionamiento de barreras de contención dentro de la seguridad vial en carreteras.
- Identificar las zonas potencialmente peligrosas o de obstáculos en un tramo departamental en estudio.
- Analizar los parámetros de tráfico desde el punto de vista de seguridad vial para su evaluación.
- Diseñar las barreras de contención con las necesidades requeridas en el tramo seleccionado.
- Seleccionar la clase y nivel de contención de las barreras.
- Realizar ensayos destructivos de los componentes de la barrera a pequeña escala.
- Realizar un redimensionamiento de barreras de contención en el tramo en estudio bajo condiciones de seguridad vial.
- Establecer conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos en el tramo en estudio.

## **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 Situación problemática**

El escaso ordenamiento de carreteras y la consecuente distracción de los conductores producen accidentes día a día. Por tanto, es de fundamental importancia implementar elementos de seguridad vial que puedan ayudar, guiar y prevenir a conductores y peatones, y si esto no es posible minimizar el nivel de daño causado por un accidente de tránsito. En este sentido, la implementación de barreras o guardavías de seguridad en las carreteras conforman elementos esenciales para un esquema de seguridad vial eficiente, pues tienen por función primordial reencauzar a los vehículos que salen de la calzada permitiendo al conductor retomar el control del vehículo y regresar al cauce normal de circulación del tránsito.

En el año 2019, según últimas estadísticas de la Autoridad de Fiscalización y Control de Pensiones y Seguros (APS), en Bolivia se registraron un total de 9.135 accidentes, es decir, 25 por día, en promedio uno cada hora. Las estadísticas de accidentalidad en el tráfico muestran que el tipo de accidente más frecuente en las carreteras son las salidas de calzada, las cuales causan todos los años entre el 35% y el 40% de las víctimas mortales. Los sistemas de contención de vehículos pueden reducir las consecuencias de estos accidentes. El índice de accidentes de tránsito en Bolivia es alarmante, no sólo por la cantidad de hechos que se producen a diario, sino por las consecuencias de estos, la cantidad de víctimas que dejan: personas fallecidas y con lesiones graves o menores

Si bien los accidentes de tráfico no pueden llegar a ser erradicados en su totalidad su severidad se atenúa con las barreras de contención protegiendo a conductores, ocupantes de los vehículos, usuarios de una vía y a los transeúntes que circulan en zonas próximas, de accidentes causados principalmente, por: la pérdida de control vehicular, descarrilamiento y volcadura, reduciendo el riesgo de colisión con obstáculos ubicados fuera de la calzada, pero si estas barreras no cuentan con el diseño, la ubicación y el mantenimiento necesario pueden resultar más perjudicial y sus efectos se reducen drásticamente

#### **1.4.1.1 Delimitación temporal**

El presente proyecto se desarrolla en tiempo presente ya que la evaluación que se dará al tramo carretero Tarija-Falda la Queñua utilizará una recopilación de datos actuales y disponibles a la fecha, actualizándose mediante se desarrolle el proyecto

Los datos que serán utilizados para la realización del proyecto de grado serán actuales con mediciones dentro del tiempo a realizar. Considerando recopilaciones de accidentes pasados y datos que ayuden a definir el tramo y sus características mejor a través de fuentes secundarias, pero que cuenten con datos que sean confiables y se utilicen de manera eficiente

#### **1.4.1.2 Delimitación espacial**

Área de trabajo. - está en el área de seguridad vial en carreteras

Base de operación. – Mediciones y estudio de tráfico, recopilación de datos en campo y posteriores pruebas en laboratorio y gabinete

Aplicación. – Un tramo carretero de la red departamental de carreteras de Tarija

El proyecto propuesto se encontrará en el tramo carretero Tarija-Falda La Queñua, ya que este tramo además de ser uno de los más concurridos cuenta con una característica que la hace propensa a zonas de potencial riesgo

#### **1.4.1.3 Delimitación Académica**

El siguiente proyecto de grado cumplirá con lo exigido por la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en torno al grado investigativo y el esquema de presentación para proyectos de tesis, se sustentará bibliografía, textos y estudios que proporcionan conceptos y teorías sobre la ubicación, selección, diseño e instalación de las barreras de contención, adicionalmente se complementara con el programa LS-DYNA como una herramienta de ayuda a la hora de corroborar la seguridad vial.

## 1.4.2 Problema

¿las barreras de contención en el tramo Tarija-Falda la Queñua están diseñadas y construidas con las especificaciones técnicas necesarias y son estas suficientes para cumplir con la seguridad vial?

## 1.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES

### 1.5.1 Variable

Variable – El cumplimiento de la seguridad vial en carreteras

### 1.5.2 Operacionalización de la variable

Tabla 1.1 Variable

Variable dependiente	Concepto	Dimensión	Indicador	Valor / acción
El cumplimiento de la Seguridad vial	Adoptar medidas más adecuadas para minimizar o eliminar los problemas de inseguridad vial en carreteras y calles	Marco legal y normativo	Normas y leyes	El cumplimiento de las leyes y normas
		Análisis y estudios de riesgo	LS-DYNA (accidentes de tráfico)	Identifica los lugares con más riesgo a un accidente
		Factor vehículo	Capacidad vehicular tipo de vehículo que circula	Medición in situ
		Barreas de contención	Diseño selección ubicación e instalación	Según las normas de diseño ya sea Norma española o americana

Fuente: Elaboración propia

## **1.6 HIPÓTESIS**

- Si las barreras de contención son ubicadas y dimensionadas de acuerdo a normas y especificaciones técnicas, estas cumplirán con la seguridad vial en carreteras

## **1.7 PROCESO METODOLÓGICO**

### **1.7.1 Tipo de investigación o estudio**

La investigación que se tomará en el presente proyecto será del tipo diseño no experimental con un enfoque descriptivo ya que se tratará de la evaluación de las barreras de contención en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua tomando como parámetro la seguridad vial

### **1.7.2 Población y muestra**

Unidad de muestra; población y muestra.

Unidad = Zona de riesgo en la seguridad vial (km)

Población = Todas las zonas de riesgo para la seguridad vial en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua (35 km.)

Muestra = Todas las zonas de riesgo para la seguridad vial en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua (35 km.)

Tamaño de muestra.

La muestra para este proyecto de grado será Todas las zonas de riesgo para la seguridad vial en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua siendo este 35 km, para esta selección se usó un criterio de muestreo no probabilístico usando un muestreo de conveniencia según el criterio del autor, ya que este tramo carretero es representativo de la red vial fundamental del departamento de Tarija y al ser la unidad las zonas de riesgo se debe tomar todo el tramo en conjunto para poder llegar a un análisis coherente y que sea representativo para el estudio

### **1.7.3 Métodos**

El tramo carretero Tarija-Falda la Queñua es parte de la ruta 1 de la Red vial Fundamental del departamento de Tarija, siendo uno de los tramos más concurridos de la región, ya que es la ruta más usada para el viaje interdepartamental, teniendo una circulación de vehículos variado, un alto volumen de tráfico y con una geometría que genera zonas de riesgo en la seguridad vial generando varios accidentes de tránsito al año.

Es por estas razones que se eligió un muestro no probabilístico por conveniencia del autor, ya que este tramo es representativo de la red vial departamental de Tarija cumpliendo con todos los requisitos para hacer una evaluación de las barreras de contención desde el punto de vista de la seguridad vial

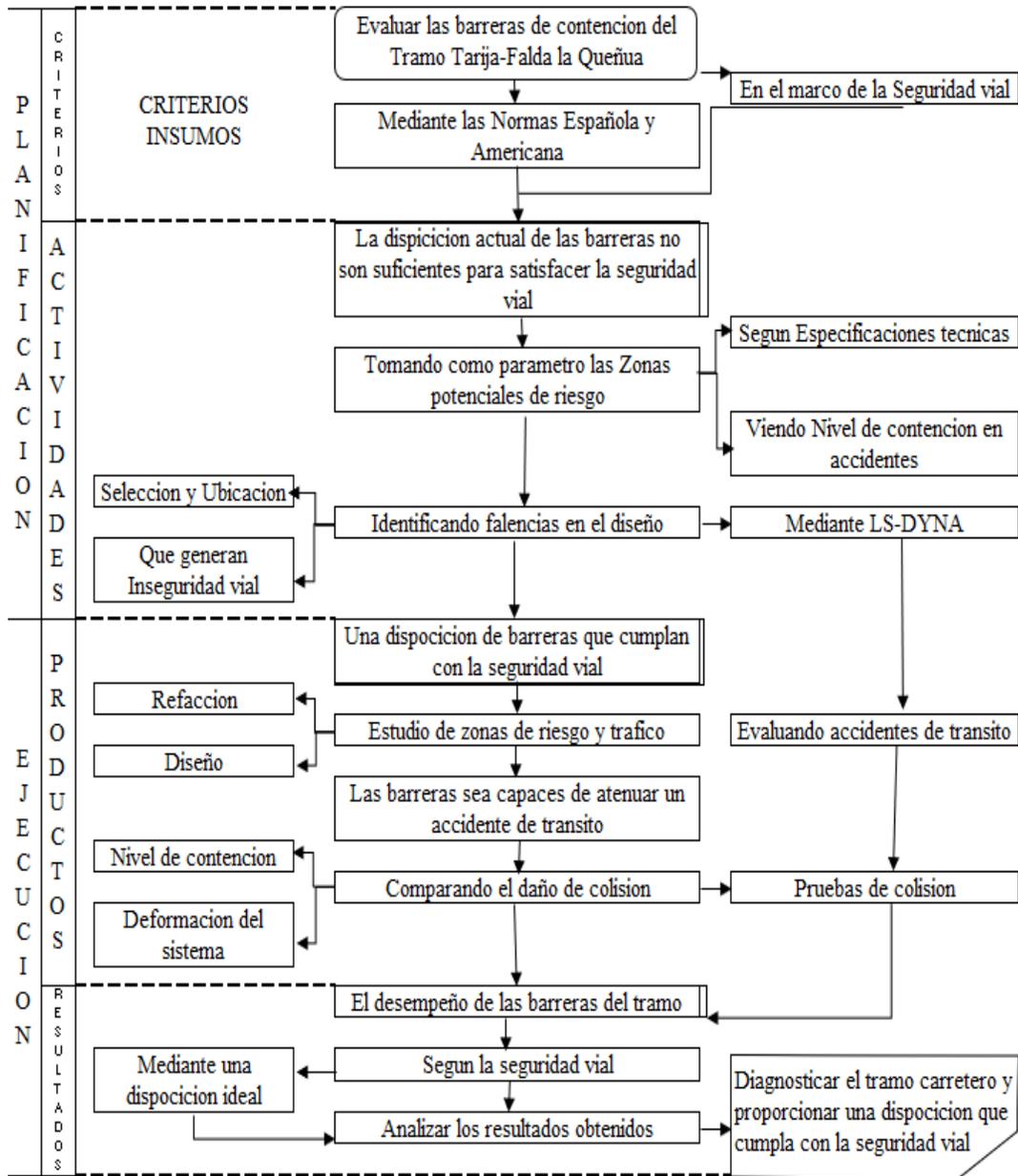
### **1.7.4 Técnicas y procedimiento**

Una de las técnicas a usar será la de campo ya que aquella propicia la observación directa del objeto de estudio en su elemento en este caso el tráfico promedio diario, que buscan extraer la mayor cantidad de información in situ, o sea, en el lugar mismo. Ya que los datos obtenidos de la observación de tráfico nos ayudasen a realizar una mejor selección y ubicación de las barreras de contención

Así mismo se tomará la observación. Ya que es fundamental en todo principio científico, la observación consiste en simplemente confrontar el fenómeno que se desea comprender y describirlo, tomar nota de sus peculiaridades, de su entorno, en fin, detallarlo. En este caso determinando las zonas de potencial riesgo

### 1.7.5 Identificación del esquema que corresponde a la perspectiva.

Tabla 1.2 Esquema de Perspectiva



Fuente: Elaboración propia

## 1.7.6 Instrumentos

Tabla 1.3 Instrumentos

Conceptos	Acciones			Productos
	Gabinete	Campo	Laboratorio	
Seguridad vial	Determina el buen funcionamiento del tránsito en el tramo carretero			Criterio de análisis
Carreteras	Especificar el tipo de suelo	Identificación del tipo de rodadura		El tipo de suelo Coeficiente de rodadura
	Planos y levantamientos de la carretera		Pruebas de ensayo de corte directo donde se necesitan las Barreras	Característica geométrica de la carretera y el suelo
Diseño	Según normas y especificaciones técnicas	Medición in situ		Caracterización de las barreras
Normas	Especificaciones técnicas			Los parámetros de control para las barreras de contención
Riesgo	Mediante una evaluación de las características geométricas	Mediante una revisión según la disposición que tome la carretera y el tráfico que circula		Identificación de las zonas de riesgo
Impacto	Realizar ensayos destructivos de los componentes de la barrera a pequeña escala		Mediante un ensayo para determinar la curva de resistencia	Nos proporciona las condiciones finales que tendría la barrera después del impacto
Accidentes	Analizar los accidentes de tránsito ocurridos en la carretera			Identificar las zonas de potencial riesgo a accidentes

Resultados	Realizar comparaciones		Comparación entre la disposición actual y la disposición ideal	Determinar si el tramo carretero cumple con la seguridad vial
LS-DYNA	Simulación de colisión		Pruebas de colisión comprobando la seguridad vial	Parámetro de control de la seguridad vial en el tramo carretero

Fuente: Elaboración propia

### 1.7.7 Medios.

#### **Tabulación y organización de los resultados de la variable.**

Según los resultados dados en por el programa LS-DYNA acerca de la seguridad vial se evaluará cada zona de riesgo independientemente y luego en conjunto para sacar un resultado del tramo y así determinar si este cumple con los parámetros establecidos de la seguridad vial

#### **Definir un tratamiento estadístico descriptivo e inferencial**

Se realiza un tratamiento estadístico inferencial usando métodos que implican el uso de datos muestrales para hacer generalizaciones o inferencias acerca de una población, en este caso la seguridad vial en el tramo Tarija-Falda la Queñua

#### **Prueba de hipótesis.**

Se pondrá a prueba la hipótesis creando un escenario ideal de la colocación y diseño de las barreras y corroborar si estas cumplen con la seguridad vial

## 1.8 ALCANCE DEL PROYECTO

La investigación que se tomará en el presente proyecto será del tipo diseño no experimental con un enfoque descriptivo ya que se tratará de la evaluación de las barreras de contención en el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua tomando como parámetro la seguridad vial el proyecto abarca y contempla los niveles de riesgo de tramo ya mencionado durante todo su recorrido.

**CAPITULO II**

**FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS  
BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL  
MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN  
CARRETERAS**

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS**

#### **2.1 SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS**

La seguridad vial es una actividad multidisciplinaria, es por ello que la elaboración, implementación y seguimiento de un Programa de acción, requiere no sólo la consideración integral del problema sino también un marco de organicidad y participación conjunta del Estado, las Organizaciones no Gubernamentales, los sectores manufactureros del transporte, los operadores del mismo y los medios de comunicación, de forma tal de atacar el problema con una estrategia común, evitando el despilfarro de esfuerzos personales y medios materiales. La Educación Vial constituye por sí misma el punto de partida de un proceso de concientización de la población que comienza desde su desarrollo intelectual, creando paulatinamente las condiciones para una mejora progresiva de las conductas en el tránsito, y coadyuva a mitigar los graves problemas que se observan en los conductores y peatones por falta, entre otras cosas, de respeto a las normas. El proceso educativo que se pueda llevar a cabo en la escuela primaria, secundaria y también universitaria contribuirá a una toma de conciencia del significado y consecuencias de esas inconductas y de la responsabilidad que cada uno de nosotros debe asumir para consigo mismo, y sus semejantes

La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, principalmente para preservar la vida y la salud de las personas cuando ocurriera un hecho no deseado en una vía o ruta. Un componente importante de la Seguridad Vial se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin. Las normas reguladoras, una infraestructura vial óptima y la responsabilidad de los usuarios de la vía pública, componen el principal punto en la seguridad vial. Sin una debida organización de las autoridades, sin el apoyo de las Normas y Reglamentos para el tránsito o sin la debida educación vial, no es posible lograr un óptimo resultado. La Seguridad Vial se compone de tres columnas: el Conductor, el Automóvil y la carretera, cada columna es crítica, si cualquiera de ellas no es seguro, entonces el resultado podría ser un desastre.

### **2.1.1 Definición**

La seguridad vial significa adoptar medidas más adecuadas para paliar o eliminar los problemas de inseguridad vial en carreteras y calles identificando los factores de riesgo que influyen en que se sufra un accidente como ser: velocidad excesiva, ingestión de alcohol, defectos de diseño trazado y mantenimiento de la vía pública, falta de visibilidad, etc.

#### **Situación Internacional**

A nivel internacional, según cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 1.3 millones de personas mueren y 50 millones resultan heridas cada año en accidentes viales (para una población mundial de alrededor de 7 mil millones en 2009). Las proyecciones indican que estas cifras aumentarán en torno al 65% en los próximos 20 años, siendo América Latina y el Caribe la región del mundo que tendrá la más alta mortalidad para esa fecha. En estos países el problema fundamental es el de la cultura, dado que las personas no fácilmente aceptan limitaciones a su libertad, por lo que el factor humano, por desobediencia a las normas, suele estar presente en la incidencia de accidentes viales más frecuentemente que en otras culturas con mayor conciencia cívica.

La real tragedia de los accidentes viales es que, en gran medida, ellos y sus consecuencias, pueden evitarse mediante una inversión adecuada y creciente para generar mejores conductores y usuarios de las vialidades, superiores estándares de diseño, fabricación y mantenimiento vehicular, y mejores estándares de diseño, construcción y mantenimiento carretero; a diferencia de otras causas de mortandad importantes como son los fallecimientos por cáncer o por enfermedades del corazón, que realmente no son tan evitables como las pérdidas en accidentes viales.

#### **Situación Nacional**

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) En Bolivia se registraron en promedio 14.921 personas heridas y 1.326 personas muertas en accidentes de tránsito desde los años 2008 a 2020. En el departamento de Tarija se registró 1.050 personas heridas y 103 personas muertas como se detalla en la siguiente tabla

Tabla 2.1 Número de personas muertas y heridas en accidentes de tránsito



Bolivia: número de personas muertas y heridas en accidentes de tránsito, según departamento y situación de la víctima, 2008 - 2019<sup>(P)</sup>

Departamento y situación de la víctima	Bolivia		Tarija	
	Personas heridas	Personas muertas	Personas heridas	Personas muertas
2008	13.309	1.248	1.327	113
2009	12.934	973	995	106
2010	13.673	1.294	1.141	85
2011	15.077	1.335	1.308	154
2012	16.747	1.557	1.030	80
2013	17.204	1.848	900	126
2014	15.362	1.581	880	70
2015	15.574	1.300	968	82
2016	15.431	1.259	952	82
2017	15.090	1.225	1.100	81
2018	15.043	1.225	1.084	81
2019	13.504	1.150	907	181
2020	15.029	1.239	1.060	92

Fuente: Policía Boliviana - Departamento de Estadística de la Policía Boliviana

Observatorio Boliviano de Seguridad Ciudadana y Lucha Contra las Drogas  
Instituto Nacional de Estadística

De la tabla 2.1 nos podemos dar cuenta que de los últimos años los accidentes de tránsito presentan alrededor de 10% de muerte esto implica un número muy elevado de decesos y de las personas de heridas, de los cuales generalmente el accidente se da por ebriedad o imprudencia del conductor, si bien se necesitan de muchos factores para aminorar los accidentes de tránsito se pueden disminuir su gravedad mediante barreras de contención, el cual es el tema que se hablara más adelante

Tabla 2.2 Accidentes de tránsito registrados según departamento



Bolivia: accidentes de tránsito registrados, según departamento y clase de accidentes, 2008 - 2019<sup>(p)</sup>  
(En número de hechos de tránsito)

Departamento y clase de accidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bolivia	39.874	41.882	39.035	39.407	39.799	36.512	31.782	30.792	20.665	25.498	20.972	20.534
Atropellos	5.779	6.041	6.084	6.000	6.520	6.027	5.035	4.757	4.273	4.032	3.609	3.666
Caída de personas - pasajeros	471	585	793	729	797	784	690	523	627	411	277	431
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	9.663	9.559	8.528	8.754	8.647	8.209	7.429	7.897	6.805	5.812	4.973	4.534
Vuelcos	1.091	1.020	989	1.002	1.723	1.143	1.044	770	689	572	455	477
Colisiones	21.484	23.279	21.259	21.594	20.977	18.800	16.356	15.213	14.169	12.445	9.842	9.325
Embarrancamiento, deslizamiento	1.355	1.368	1.330	1.312	1.076	1.439	1.138	1.376	1.013	1.400	1.197	1.471
Otros hechos de tránsito	31	30	52	16	59	110	90	256	1.089	826	619	630
Tarifa	2.353	2.825	3.147	3.092	3.012	2.727	2.170	1.328	961	1.263	985	1.101
Atropellos	304	344	322	321	279	248	253	182	147	159	155	179
Caída de personas - pasajeros	48	80	131	88	85	75	79	28	53	61	7	25
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	531	791	842	786	807	585	480	276	180	228	186	225
Vuelcos	141	128	78	103	133	80	78	61	54	36	43	38
Colisiones	1.239	1.381	1.626	1.648	1.587	1.605	1.176	646	442	595	421	451
Embarrancamiento, deslizamiento	88	99	141	141	110	127	103	123	59	124	134	157
Otros hechos de tránsito	2	2	7	5	11	7	1	12	26	60	39	26

Fuente: Policía Boliviana - Departamento de Estadística de la Policía Boliviana

Instituto Nacional de Estadística

De la tabla 2.2 se puede observar que las colisiones y los choques a un objeto físico y vehículo detenido son altos en comparación a los demás parámetros y esto indica que los choques son muy frecuentes y para mitigar ese problema es necesario utilizar barreras de contención que sean capaces de redireccionar los vehículos al camino

### **2.1.2 Elementos de seguridad vial**

Se encuadran dentro de este grupo aquellos elementos o dispositivos aplicables en puntos conflictivos, donde estudios preliminares arrojen niveles preocupantes de accidentes, lo cual hace indispensable la toma de medidas correctivas, preventivas o informativas. Estos tipos de medidas exigen una adaptación a nuestras leyes y un monitoreo permanente para evaluar su prestación, dado que importar medidas exitosas de otros países no implica que lo sean en el nuestro.

Existe una gama de medidas llamadas de ingeniería de bajo costo a las que se las puede definir como las medidas físicas tomadas especialmente para aumentar la seguridad del sistema viario que se caracterizan por tener un bajo costo económico, rápida implementación y alta tasa de rentabilidad.

Algunos elementos de seguridad son:

Segregadores de carril: Ayudan en la seguridad vial separando los carriles en general de vehículos de 4 ruedas y los vehículos de 2 ruedas

Imagen 2.1 Segregadores de Carril



Fuente: <https://www.ecosdelcombeima.com>

Protectores para rampas: Se utilizan en esquinas y comienzos de rampas

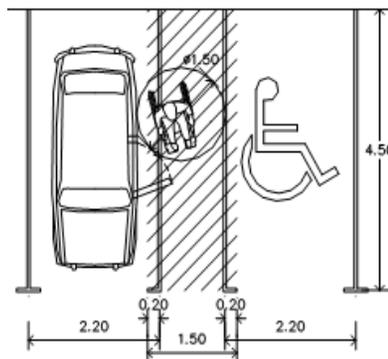
Imagen 2.2 Protectores de rampas



Fuente: Seguridad vial en carreteras

Accesibilidad en espacios públicos: generalmente en estacionamientos y accesos comunes para personas con capacidades diferente

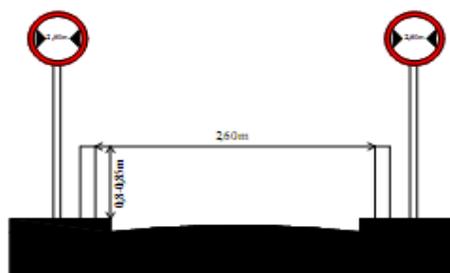
Imagen 2.3 Accesibilidad en espacios públicos



Fuente: Seguridad vial en carreteras

Restrictores de Ancho: Se utilizan para restringir el paso en calles donde se conglomeran automóviles

Imagen 2.4 Restrictores de ancho



Fuente: Seguridad vial en carreteras

Isletas peatonales son zonas comprendidas en el ancho de grandes calzadas, destinadas a la estancia de peatones con el objeto de fraccionar el tiempo de cruce.

Imagen 2.5 Isletas Peatonales



Fuente: Seguridad vial en carreteras

Rotondas es una construcción vial diseñada para facilitar el flujo de tráfico en las intersecciones entre carreteras y reducir el peligro de accidentes.

Imagen 2.6 Rotondas



Fuente: Seguridad vial en carreteras

Barreras de contención: colocado a los lados de la vía en tramos peligrosos para impedir que los vehículos se salgan de la vía o puedan chocar con elementos más peligrosos que la misma barrera

Imagen 2.7 Barreras de contención



Fuente: <https://insametal.es>

## **2.2 BARRERAS DE CONTENCIÓN**

Las barreras de seguridad son aquellos sistemas de contención de vehículos ubicados e instalados en los márgenes o en los separadores centrales de la carretera y en los bordes de los puentes (pretilos). Las barreras pueden ser flexibles, semirrígidas o rígidas. Forman parte de la seguridad vial en forma pasiva. Las barreras de contención pueden ser certificadas y no certificadas y lo que las diferencia es que las certificadas han pasado por pruebas de impacto de acuerdo a los requisitos normativos establecidos en normas siendo las más comunes la norma americana NCHRP y la EN 1317 de la comunidad europea

### **2.2.1 Definición**

Según la Directiva N° 007-2008-MTC/02 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD definen a las barreras de contención como aquellos dispositivos instalados en la carretera con la finalidad de proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control, que puede impactar contra un objeto fijo o salirse de la vía, mitigando los daños y lesiones tanto para sus ocupantes como para los otros usuarios de la carretera

Los sistemas de contención de vehículos deben cumplir con tres funciones básicas:

- Contener al vehículo
- Redireccionar el vehículo y
- Mitigar la gravedad del impacto de los ocupantes del vehículo

### **2.2.2 Tipos de barreras de contención**

Los tipos de barreras de contención según su tipo y ubicación son los siguientes

Barreras de seguridad metálicas

Imagen 2.8 Barreras de contención



Fuente: <https://insametal.es>

Barreras de seguridad de hormigón

Imagen 2.9 Barreras de contención de hormigón



Fuente: <http://www.prefabricadosalberdi.com>

Pretilos

Imagen 2.10 Pretilos



Fuente: <https://masqueingenieria.com>

## Amortiguadores de impacto

Imagen 2.11 Amortiguadores de impacto



Fuente: <https://www.signovial.pe>

### **Barreras de seguridad metálicas**

La ORDEN CIRCULAR 28/2009 SOBRE CRITERIOS DE APLICACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS nos indica que las barreras de seguridad metálicas como sistemas de contención de vehículos son elementos de las carreteras cuya función es sustituir un accidente de circulación por otro de consecuencias más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca, ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo. Las barreras de seguridad metálicas son elementos que, situados a lo largo de los márgenes exteriores y las medianas de las carreteras, proporcionan un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control y disminuyen la severidad del accidente mediante la absorción de una parte de la energía cinética del vehículo y la reconducción de su trayectoria.

El comportamiento de una barrera de seguridad metálica frente al impacto de un vehículo depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de los elementos individuales constitutivos del sistema y de su conjunto, así como del tipo de cimentación empleado. Las variables anteriores dan lugar a diferentes sistemas de barreras de seguridad metálicas, que se distinguen por los efectos y consecuencias que el impacto de un vehículo tiene sobre el propio sistema, sobre el vehículo y sobre sus ocupantes.

## **Barreras de seguridad hormigón**

Las barreras de seguridad de concreto tienen como función principal impedir que un vehículo se salga de la ruta, obteniendo por la geometría de su diseño la reducción de la velocidad y la reorientación del vehículo, con el mínimo daño, debido a la absorción de la energía por el impacto de la energía por el impacto de los neumáticos y no de los neumáticos y no de la carrocería. carrocería.

De acuerdo a su destino y ubicación las barreras de seguridad de hormigone se clasifican en los siguientes tipos:

- Barrera central, separadora de flujos de tránsito, en calzadas contiguas para evitar choques frontales.
- Barreras laterales, en casos de curvas pronunciadas luego de un tramo recto, en súbitas restricciones del ancho de la vía, calzadas con separador central o cuando se requiere proteger la circulación de peatones en la vecindad de la ruta, impiden que el vehículo se salga de la calzada.
- Barreras en obras de arte, por ejemplo, protección de estribos de estructuras, muros, túneles, parapetos de puentes, etc.
- Barreras en puntos singulares, por la presencia de obstáculos físicos, zonas de intercambio o terminales, cortes profundos o terraplenes altos cercanos a la calzada.

## **Pretil.**

Según Wikipedia el pretil, es un elemento de seguridad vial que se construye en puentes y otras estructuras para evitar caídas o delimitar una zona de tránsito; también puede encontrarse en cualquier otro lugar que presente desniveles entre diferentes planos.

Las principales características de estos pretil para puentes son:

- Tienen un desplazamiento controlado después del impacto.
- Reduce la desaceleración sobre los pasajeros (impacto plástico).
- Controla la trayectoria del vehículo después del impacto.
- No transfiere la energía del impacto a las estructuras de puente.

## **Amortiguadores de impacto.**

Un amortiguador o atenuador de impacto es como un paracaídas para su automóvil. Los Atenuadores de impactos trabajan extendiendo el tiempo del impacto, reduciendo así el nivel de desaceleración. Esto hace que la parada del automóvil sea más larga y suave para las personas que viajan dentro del vehículo.

En un primer momento los amortiguadores de impacto eran barriles de petróleo muy simples. Era un producto no probado por la entidad gubernamental y no siempre funcionaba muy bien. Luego, en los EE.UU. se decide desarrollar estándares para la evaluación del desempeño de seguridad de características de su autopista (NCHRP / MASH) para:

- Barreras longitudinales
- Transiciones
- Amortiguadores de Impacto y Terminales
- Soportes flexibles
- Postes abatibles
- Atenuadores de Impacto para camión (TMA)
- Dispositivos de Control de Tráfico en Zonas de Trabajo

Los Amortiguadores de Impacto se clasifican en 3 categorías:

Según su Rendimiento:

- No Redirectivos: (5 pruebas de impacto)
- Redirectivos Traspasables: (7 pruebas de impacto)
- Redirectivos No Traspasables: (8 pruebas de impacto)

Según la velocidad de Impacto

- TL-1 (50 km / h) – carreteras locales
- TL-2 (70 km / h) – vías colectoras / zonas de trabajo
- TL-3 (100 km / h) – carreteras

Según el Tipo de vehículo

- Vehículo Pequeño
- Camioneta

### **2.3 CRITERIOS GENERALES PARA LA COLOCACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN**

La decisión de colocar una barrera de seguridad vial debe basarse en un análisis de riesgo de accidentes en el sector en evaluación. La colocación de la barrera debe representar una mejora sustancial en la seguridad vial del sector en donde se ubique, asumiendo que el daño causado por el impacto del vehículo con la barrera será menos severo que el causado por un accidente que ocurra en ausencia de la barrera

Las barreras de seguridad son colocadas en vías urbanas y rurales. Entre los criterios de evaluación para la colocación de una barrera de seguridad vial se encuentran: la magnitud del daño o nivel de severidad del accidente, el volumen y la composición del tráfico que circula en la vía, el tipo de vía, y las condiciones topográficas y climáticas del sector.

Para este proyecto se decidió utilizar las barreras de contención metálicas ya que son las que cuentan con una norma actualizada y acorde a las necesidades de la carretera en la actualidad, cabe recalcar que las barreras se utilizan para separar carriles de circulación, guiar a los conductores y proteger las zonas de obras. Son especialmente útiles en este último caso, para separar y proteger una zona de la carretera en la que se realizan obras o labores de mantenimiento.

Su uso mejora la seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la vía evitando que los vehículos que circulan invadan la zona de trabajo en caso de accidente. Evitan el riesgo de atropello del personal operario, impactos de vehículos contra maquinaria o elementos de la vía sin proteger, posibles caídas en desniveles o zanjas, etc.

Las barreras de contención metálicas se deforman de forma conjunta en caso de choque; de esta forma frenan el vehículo y lo redirigen hacia la calzada, haciendo casi imposible la invasión en la zona de obras. Otra ventaja es que se montan y desmontan

rápidamente, lo que minimiza los riesgos en la carretera. También sirven para señalar horizontalmente y balizar la zona.

En estas barreras conforman un sistema de módulos que se unen entre sí mediante un sistema de enganches. Su funcionamiento se asegura por la inercia debida a la unión de los elementos metálicos y por la adherencia al suelo, reforzada por zapatas. Se adapta a todo tipo de tramos, rectos o curvos, y se pueden colocar en medianas o márgenes laterales.

Los componentes de la barrera metálica se fabrican a partir de bobina de acero laminada en caliente, mediante un proceso de conformación en frío y una posterior galvanización en caliente para garantizar su resistencia a la corrosión. Una de las principales ventajas de la barrera metálica respecto de otros sistemas de contención es su capacidad de adaptación a cualquier situación que se dé en el tramo de carretera donde vaya a ser instalada. Los elementos de la barrera permiten a ésta adoptar distintas disposiciones, en función del tipo de elemento que se emplee y de la forma en que se combinen. Las principales características del sistema son la reducción de la gravedad de los accidentes, su mínimo coste y su máxima rentabilidad.

El coste de la barrera metálica es inferior al 1% del total de la infraestructura correspondiente. Cuesta lo mismo construir 100 km de carretera sin proteger que 99 km protegidos con este sistema. Si consideramos que la reducida inversión en barreras metálicas que es preciso acometer es notablemente inferior al elevadísimo coste social de los accidentes por salida de calzada en España. Por otra parte, la barrera metálica resulta entre dos y tres veces más económica que cualquier otro sistema alternativo. De la misma manera que no compraríamos un automóvil sin cinturón de seguridad por ahorrar dinero, tampoco debemos prescindir en nuestras carreteras de los sistemas deformables de contención.

A las barreras de carretera, según la Federal Highway Administration (FHWA) norteamericana, les corresponde una relación Beneficio/Coste entre el 700% y el 1400%. Varios estudios efectuados establecen el período de amortización en menos de 8 meses, teniendo en cuenta, por un lado, el coste del sistema, y por otro, el ahorro de los costes sociales por accidentes. La utilización de acero galvanizado, así como el riguroso

procedimiento de control de calidad aplicado tanto a los materiales como al proceso de fabricación, aseguran una larga durabilidad a las barreras metálicas.

### **2.3.1 Estudio de trafico**

Sera responsabilidad del ingeniero especializado en el tema la elección de la barrera más conveniente para ello deberá tener en cuenta los siguientes criterios de acuerdo al estudio de trafico

Para la selección del nivel de contención primero se debe determinar mediante un estudio de tráfico los tipos de vehículos que transitan en el tramo de la vía donde será necesario la instalación de la barrera de contención, también es necesario un volumen de tráfico promedio diario ya que estos datos aportan el nivel de contención que requieren las barreras y so el primer paso para determinar una correcta selección de barreras acorde a normas

### **2.3.2 Estudio de las características geométricas de la carretera**

Se necesita saber las características geométricas de las carreteras ya que estas proporcionan datos que nos ayudaran a la hora de identificar zonas de riesgo ya sea mediante los datos de velocidad de proyecto, las pendientes, la visibilidad en curvas, el trazo y los radios de curvatura nos ayudan a identificar las zonas de riesgo

### **2.3.3 Identificación de zonas de potencial riesgo**

Las zonas de potencial riesgo se encuentran y se identifican mediante norma conociendo previamente la geometría de la carretera y el estudio de tráfico. Estas zonas se pueden definir como las zonas más probables en suceder un accidente de trafico

## **2.4 SELECCIÓN DE LA BARRERA DE CONTENCIÓN ADECUADA**

La selección de un tipo de barrera de seguridad vial depende principalmente de las características de los vehículos que circulan por la vía, y las condiciones del terreno en donde se va colocar. Otros factores complementarios a considerar en la selección son: deflexión permisible post-impacto, costos, simplicidad del diseño, El factor más importante a considerar al seleccionar una barrera de seguridad es el desempeño satisfactorio en servicio. Esa es la mejor prueba a la que puede ser sometida una barrera

de seguridad. Para decidir finalmente que tipo de barrera de seguridad es la más conveniente, es necesario realizar un estudio técnico-económico. La barrera de seguridad más conveniente es la que ofrece mayor protección al menor costo.

#### **2.4.1 Condiciones del Terreno y Medio Ambiente**

La selección del tipo de barrera es influenciada por las condiciones del terreno y medio ambiente. De acuerdo a AASHTO, la pendiente máxima recomendada para colocar una barrera de seguridad es 1V:6H. Los factores medio ambientales propios de la zona son también importantes al seleccionar el tipo de barrera de seguridad, siendo preferible colocar barreras de seguridad que tengan una apariencia natural que se mimetice con el medio ambiente. Otras características, que son propias de un determinado diseño, deben considerarse al momento de la selección, como por ejemplo barreras con presencia de un área frontal significativa que pueda acumular arena causando una situación adicional de riesgo de accidentes

#### **2.4.2 Clase y nivel de contención**

La característica principal que define el comportamiento de cualquier tipo de sistema de contención de vehículos es la capacidad del dispositivo para impedir que un vehículo que se sale de la calzada alcance el obstáculo, desnivel o elemento de riesgo del que se le pretende proteger. Esta capacidad se evalúa mediante el ensayo de los sistemas de contención ante diferentes tipos de impactos con vehículos, a partir de los cuales se define el nivel de contención del sistema. Los niveles de contención de los sistemas de contención de vehículos, se definen en la norma UNE-EN 1317, en la que se especifican asimismo las condiciones de los ensayos de impacto con vehículos a realizar y los criterios para su aceptación. Estos ensayos consisten en el impacto de un vehículo a una cierta velocidad y bajo un ángulo determinado contra el sistema de contención de vehículos.

Los niveles de contención de los sistemas de contención de vehículos se clasifican según la norma UNE-EN 1317 en:

Tabla 2.3 Clases y niveles de contención para sistemas de contención de vehículos UNE EN 1317

Clases de Contención	Nivel de contención
Normal	N1
	N2
Alta	H1
	H2
	H3
Muy alta	H4a
	H4b

Fuente: UNE EN 1317

La selección del nivel de contención de una barrera de seguridad según la OC 28/2009 se efectuará atendiendo al riesgo de accidente detectado que se indicará más adelante y se seguirán los siguientes criterios:

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 (diferenciando por tipo de vehículo pesado, rígidos, articulados, autocares) por sentido, para el año de la puesta en servicio.

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

Tabla 2.4 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	15,000	80	20
N2	TB32	Ligero	15,000	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 no articulado	38,000	65	20
	TB11*	Ligero	900	100	20

\* el ensayo TB11 tiene por objetivo verificar que la satisfacción del nivel de contención es compatible con la seguridad de los ocupantes de este tipo de vehículos

Fuente: UNE-EN 1317

### 2.4.3 Anchura de trabajo y deflexión dinámica

El comportamiento de una barrera de seguridad viene caracterizado, además de por su nivel de contención, por el desplazamiento transversal que alcanza el dispositivo durante el impacto. En los ensayos de impacto con vehículos definidos en la norma UNE-EN 1317, el desplazamiento transversal se determina mediante los parámetros de deflexión dinámica (D) y anchura de trabajo (W), producidos durante el choque del vehículo con la barrera de seguridad

La deflexión dinámica es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próxima al tráfico y la anchura de trabajo es la distancia entre la cara más próxima al tráfico antes del impacto y la posición lateral más alejada que durante el choque alcanza cualquier parte esencial del conjunto del sistema de contención y el vehículo.

Tabla 2.5 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	$0,6 \leq W \leq 0,8$
W3	$0,8 \leq W \leq 1,0$
W4	$1,0 \leq W \leq 1,3$
W5	$1,3 \leq W \leq 1,7$
W6	$1,7 \leq W \leq 2,1$
W7	$2,1 \leq W \leq 2,5$
W8	$2,5 \leq W \leq 3,5$

Fuente: según UNE-EN 1317

La importancia de la deflexión dinámica y de la anchura de trabajo radica en que estos dos parámetros determinarán las condiciones de instalación para cada sistema de barrera de seguridad metálica, pues guardan relación con las distancias mínimas a establecer delante de los obstáculos y desniveles para permitir que el sistema funcione adecuadamente en caso de impacto.

La deflexión dinámica por su parte es el máximo desplazamiento lateral producido durante el impacto, de la cara del sistema más próxima al tráfico.

#### 2.4.4 Índice de severidad

El impacto de un vehículo contra un sistema de contención implica ciertos riesgos a sus ocupantes. Por ese motivo, otra característica importante que define el comportamiento de un sistema de contención de vehículos es la severidad que el impacto supone para los ocupantes del vehículo. Se determina mediante el índice de severidad de impacto, definido en la norma UNE-EN 1317, que está relacionado con tres indicadores que se calculan a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de impacto con vehículos ligeros. Estos indicadores son el índice de severidad de la aceleración (ASI), la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV) y la deceleración de la cabeza tras el choque (PHD).

Las barreras de seguridad se clasifican según su índice de severidad de impacto en las clases A, B y C, tal como se recoge en la norma UNE-EN 1317, siendo la clase A de

menor severidad para los ocupantes del vehículo que la B y a su vez menor que la C. En la tabla se definen los índices de severidad de impacto y los valores de los indicadores ASI, THIV y PHD definidos en la norma UNE-EN 1317 para las barreras de seguridad.

Tabla 2.6 Índice de severidad del impacto para las barreras de seguridad, según 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

Fuente: según UNE-EN 1317

#### 2.4.5 Situaciones especiales

La realidad de las obras hace que, en ocasiones, se presenten situaciones no contempladas dentro del marco normativo. Se trata de casos en los que, por razones técnicas, geométricas o del terreno, no existe en el mercado ningún sistema con marcado que pueda instalarse en condiciones similares a las de ensayo para proteger al vehículo de un potencial riesgo de accidente.

A continuación, se describen algunas de las posibles situaciones especiales:

- Terrenos inadecuados: según la norma los sistemas deben instalarse en terrenos de características similares a las utilizadas en el ensayo inicial de tipo. Para determinar si el terreno es apto o no debe procederse a realizar una prueba para la evaluación de la resistencia del terreno descrita en el apartado 6.5 de la O.C. 28/2009 y además en caso de que el terreno no tenga la resistencia adecuada o sea tan duro que no permita la hincada, en la O.C. 28/2009 se proponen las soluciones a adoptar en cada caso. No obstante, quedarían sin resolver, por ejemplo, las situaciones en las que, por las características del terreno o de la plataforma, se requiera la instalación de postes de mayor longitud.

- Tramos curvos: todos los ensayos se han realizado, hasta la fecha, en tramos rectos, dada la dificultad de ensayar cada sistema con los diferentes radios que se pueden presentar.

- Glorietas: en este caso, además de tratarse de tramos curvos en su totalidad es posible que su perímetro tenga una longitud inferior a la longitud ensayada.

Cuando se haya determinado la necesidad de instalar un sistema de contención para minimizar las consecuencias de un eventual accidente y por las características de la vía o su entorno sea una situación especial, debido a la cual no exista en el mercado ningún sistema que reúna los requisitos solicitados, el proyectista elegirá y justificará en el proyecto el sistema de contención que estime tendrá un mejor comportamiento.

#### **2.4.6 Criterios de disposición de las barreras de seguridad**

##### **Criterios de disposición en los márgenes exteriores**

En los márgenes exteriores de la carretera las barreras de seguridad metálicas serán, en general del tipo simple. En particular, estará justificado el empleo de una barrera de seguridad metálica doble en los márgenes exteriores de la carretera cuando haya una calzada paralela al mismo nivel o cuando se precise un mayor nivel de contención.

##### **Criterios de disposición en medianas.**

En carreteras con calzadas separadas, cuando la barrera de seguridad metálica tenga por objeto evitar que un vehículo incontrolado alcance la calzada adyacente y se cumpla lo indicado en el apartado 2.2. b.4, se recomiendan las siguientes disposiciones:

1. En las medianas con terreno llano<sup>4</sup> en las que la distancia entre los bordes interiores de las superficies pavimentadas sea igual o inferior a la establecida en la tabla 7, se empleará preferentemente una barrera de seguridad metálica doble que se dispondrá dentro de la mediana, en la posición transversal más conveniente, según criterios de trazado (visibilidad), de conservación, etc.
2. En las medianas con terreno llano en las que la distancia entre los bordes interiores de las superficies pavimentadas y el eje de la mediana sea igual o inferior a la establecida en la tabla 8, se empleará preferentemente una barrera de seguridad metálica doble dispuesta en las proximidades del eje de la mediana.
3. En las medianas con terreno llano en las que la distancia entre los bordes interiores de las superficies pavimentadas y el eje de la mediana sea superior a la establecida en la

tabla, se dispondrán dos barreras de seguridad metálicas, que podrán ser simples o dobles.

4. En las medianas con terreno no llano se dispondrán dos barreras de seguridad metálicas, que podrán ser simples o dobles.

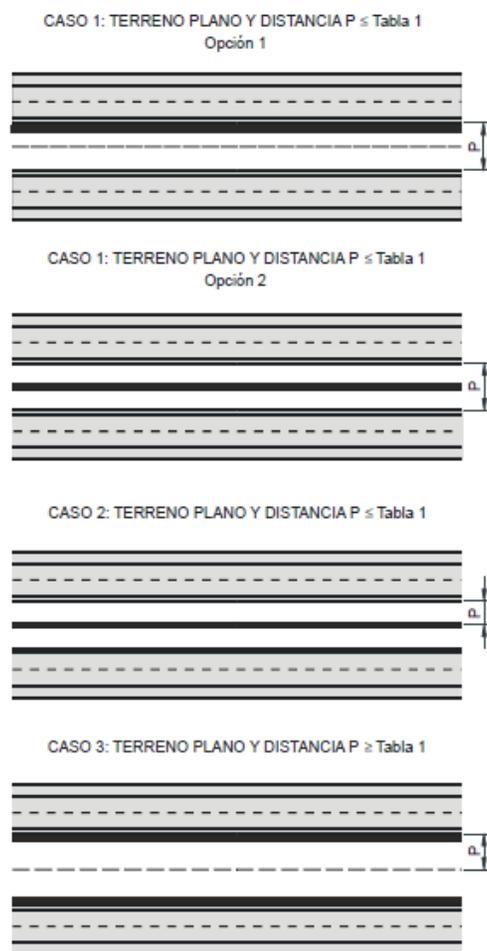
Cuando el mayor riesgo de accidente se deba a la presencia de un obstáculo o desnivel en la mediana (por ejemplo, una pila de una estructura o el propio terreno), se dispondrán dos barreras de seguridad metálicas (una en caso de que el riesgo de accidente existiese solamente en uno de los dos sentidos de circulación).

Tabla 2.7 Máxima distancia (m) entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera de seguridad metálica paralela a ella según UNE-EN 1317

Número de carriles por calzada	Velocidad de proyecto Vp (km/h)					
	50	60	70	90	100	120
1	1,5	2,8	4,5	7,5	11,0	16,8
2	0,5	0,5	1,0	4,0	7,5	13,3
3	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	9,8
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3

Fuente: UNE-EN 1317

Imagen 2.12 Secciones transversales de mediana con posibles disposiciones de barrera de seguridad.



Fuente: UNE-EN 1317

## 2.5 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN

### 2.5.1 Condiciones del terreno natural

La trayectoria de un vehículo y nivel de daño post-impacto depende de la masa del vehículo, velocidad, y ángulo de impacto. Cuando un vehículo sale de la calzada, cruza la berma, y se encuentra con el terreno natural, la elevación del parachoque frontal con respecto al terreno dista de la elevación que tiene el parachoque con respecto a la calzada en condiciones normales. La situación de mayor riesgo ocurre si la elevación

del parachoque frontal es mayor a la elevación normal. Esta situación puede ocurrir en terraplenes con una pendiente mayor a 1V:10H.

### **2.5.2 Distancia de la barrera al borde de la calzada**

Según se indica en el apartado 6.2.1 de la O.C. 28/2009 las barreras de seguridad se colocan fuera del arcén. Cuando este no exista o su anchura sea inferior a 0,50 m la barrera de seguridad se instalará al menos a 0,50 m de distancia transversal del borde de la calzada. Se recomienda, siempre que sea posible, colocar las barreras de seguridad separadas del borde pavimentado, sin superar las distancias máximas indicadas en la tabla del apartado 4.1.3 (tabla 8 de la O.C. 28/2009).

La barrera de seguridad debe colocarse tan lejos como sea posible del borde de la calzada para que el conductor tenga espacio suficiente para retomar el control del vehículo y regresar al carril de circulación. Un elemento que está muy próximo a la calzada es percibido por el conductor como un obstáculo y ocasiona cambios en la velocidad o ubicación del vehículo en los carriles de tránsito. La distancia dentro de la cual la barrera de seguridad puede percibirse como un obstáculo es la que define el “límite de riesgo percibido”. Si la barrera de seguridad se coloca fuera de este límite, el conductor no realizará ninguna maniobra defensiva

La distancia lateral medida desde el borde de la calzada a la barrera (Z) se determina tomando como referencia la distancia límite de riesgo percibido recomendada por AASHTO. Siempre que sea posible, la barrera de seguridad debe colocarse fuera de la distancia límite de riesgo percibido. Sin embargo, hay casos especiales en los que las características particulares del sector obligan a colocar la barrera dentro de la distancia límite de riesgo percibido

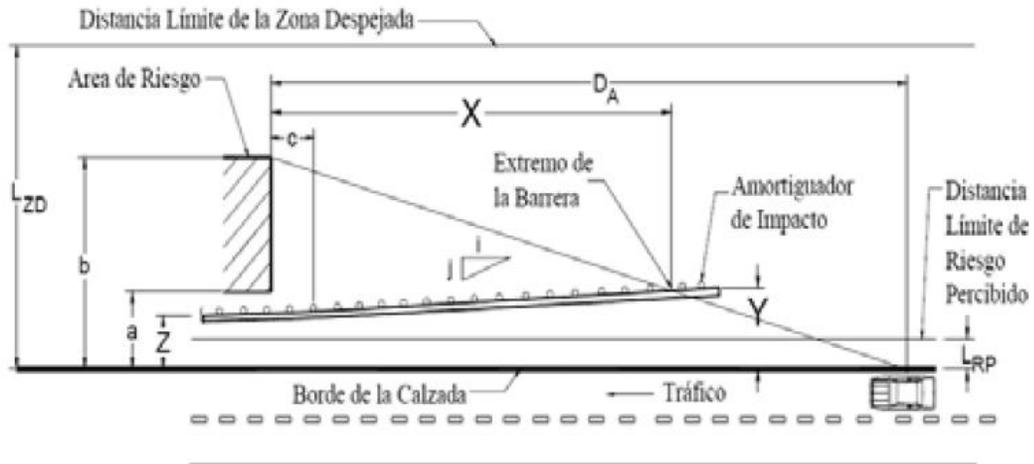
### **2.5.3 Distancia requerida del inicio de la barrera a la zona de riesgo**

La distancia requerida del inicio de la barrera a la zona de riesgo (X) se determina según AASHTO en base a los siguientes parámetros:

- Distancia lateral del área de riesgo (a)
- Distancia lateral extendida del área de riesgo (b)
- Distancia tangente a la barrera antes del área de riesgo (c)

- Distancia de aproximación al área de riesgo (DA)
- Angulo de la barrera (j:i)

Imagen 2.13 Muestra esquemáticamente los parámetros que intervienen para determinar la distancia requerida del inicio de la barrera



Fuente: UNE-EN 1317

La distancia lateral extendida del área de riesgo (a) es medida lateralmente desde el borde de la calzada hasta el punto más cercano del área de riesgo.

La distancia lateral extendida del área de riesgo (b) es medida lateralmente desde el borde de la calzada hasta el punto más alejado del área de riesgo.

La distancia tangente a la barrera antes del área de riesgo (c) es medida desde el lado externo de la zona de riesgo hasta donde finaliza el tramo en ángulo. Si no existe tramo en ángulo la distancia es cero.

La distancia de aproximación al área de riesgo (DA) es la distancia teórica que recorre un vehículo desde que sale de la calzada hasta que se detiene. El Cuadro 8 muestra los valores recomendados por AASHTO para distintas velocidades y volúmenes de tráfico (ADT: Average Daily Traffic o Tráfico Medio Diario).

Tabla 2.8 Distancia de Aproximación del área de riesgo según AASTHO

Velocidad (km/h)	Volumen de tráfico (ADT)			
	Mayor a 6.000 vehículos/día	2.000-6.000 vehículos/día	800-2.000 vehículos/día	Menor a 8000 vehículos/día
110	154 m	135 m	120 m	110 m
100	130 m	120 m	105 m	100 m
90	110 m	105 m	95 m	85 m
80	100 m	90 m	80 m	75 m
70	80 m	75 m	65 m	60 m
60	70 m	60 m	55 m	50 m
50	50 m	50 m	45 m	40 m

Fuente: según AASTHO

#### 2.5.4 Disposición en altura

Siempre que se instalen, se repongan o sea necesario recrecer las barreras de seguridad metálicas, la altura de la parte superior del sistema será la definida en los ensayos, según la norma UNE EN 1317. Si la distancia de esta al borde de la calzada no excede de 2 m, la altura de su parte superior la definirá un plano paralelo a la superficie del arcén y que pase por el extremo superior de la barrera de seguridad; en los demás casos se referirá al terreno, en que esté colocada, a 0,5 m de la cara delantera de la barrera de seguridad metálica

Cuando por obras de mantenimiento la diferencia entre la altura definida en los ensayos, según la norma UNE EN 1317, con sus tolerancias, para las barreras de seguridad metálicas y su altura real sea superior a 10 cm, estas se habrán de colocar en altura, según se ha indicado previamente.

Donde delante de una barrera de seguridad metálica, haya bordillos (disposición no recomendada), deberán ser de una altura inferior a 7 cm y tener un perfil achaflanado. Si excepcionalmente fuera preciso por otras circunstancias instalar un bordillo de altura igual o superior a 7 cm, los límites de altura mencionados se incrementarán en la altura de dichos bordillos (ver figura 15). Para las barreras de seguridad metálicas que se

hubiesen ensayado según la norma UNE EN 1317, empleando algún tipo de bordillo, dicha disposición con bordillo se mantendrá en toda circunstancia.

### **2.5.5 Inclinación**

Según se indica en el apartado 6.4 de la O.C. 28/2009 la barrera de seguridad será instalada perpendicularmente a la plataforma adyacente.

### **2.5.6 Cimentación y longitud de postes**

De acuerdo con el apartado 6.5 de la O.C. 28/2009, cuando el terreno tenga las mismas características que el empleado en el ensayo inicial de tipo, los postes se hincarán con técnicas semejantes a las empleadas en dichos ensayos. El ensayo inicial de tipo se realiza en un terreno constituido por una zahorra artificial ZA-20 compactada hasta alcanzar una densidad seca del 95% del ensayo Proctor Modificado.

Donde el terreno sea diferente al del ensayo inicial de tipo, se realizará una evaluación de su resistencia sobre un poste aislado hincado en la zona donde se vaya a instalar el sistema de contención y a la misma distancia del borde de la calzada a la que se vayan a instalar los postes.

Donde no se obtenga un terreno adecuado según las condiciones del ensayo se ejecutará un cajeadado a lo largo de la línea de cimentación de los postes, con una anchura de 50 cm y una profundidad de 15 cm, relleno posteriormente con hormigón HA-25, disponiendo al mismo tiempo una armadura de 4  $\Phi$  12, con cercos  $\Phi$  8 cada 50 cm

Evaluación “in situ” de la resistencia del terreno, si éste es diferente al del ensayo inicial de tipo (apartado 6.5 de la O.C. 28/2009):

Se realizará una evaluación de la resistencia del terreno sobre un poste aislado hincado en la zona donde se vaya a instalar el sistema de contención y a la misma distancia del borde de la calzada a la que se vayan a instalar los postes. Dicho ensayo “in situ” consistirá en aplicar una fuerza de empuje F sobre el poste, situada en el instante inicial en un plano paralelo al del terreno de referencia y a 55 cm de altura sobre el mismo, en la dirección normal al eje de la carretera y sentido hacia el exterior.

Se medirá, en primer lugar, la fuerza de empuje necesaria para un desplazamiento del punto de aplicación de 25 cm (L en la figura siguiente). Posteriormente se incrementará la fuerza de empuje hasta alcanzar un desplazamiento del punto de aplicación de 45 cm, momento en el que se medirá el desplazamiento de la sección del poste a nivel del terreno (Lo).

### **2.5.7 Tratamiento de los extremos de la barrera**

Una colisión frontal con un extremo de la barrera que no ha sido adecuadamente tratado puede tener consecuencias muy severas al detener a un vehículo en forma abrupta, o al penetrar en el interior del vehículo causando serias lesiones a sus ocupantes. Amortiguadores de impacto y otros tratamientos son aplicados para mitigar el efecto del impacto. Usualmente los amortiguadores de impacto son colocados en el extremo frontal de la barrera por esta parte la expuesta directamente al tráfico, aplicando un tratamiento al terminar la barrera.

En los Estados Unidos, los amortiguadores de impacto son también ensayados mediante pruebas de colisión a escala real con los mismos estándares utilizados para las barreras de seguridad. El Cuadro 9 muestra amortiguadores de impacto y tratamientos listados en el manual de la AASHTO. La mayoría de estos sistemas tienen patentes registradas por un determinado fabricante. Para mayores detalles sobre un determinado tipo de amortiguador de impacto tener en cuenta las especificaciones proporcionadas por cada fabricante.

Tabla 2.9 Clasificación de Amortiguadores de Impacto y Tratamiento según AASHTO

Sistema	Nivel de prueba	Ancho del sistema	Longitud del sistema
Terminal de tres cables	TL-1, TL-2, TL-3	1,2 m	N/A
Terminal final en viga tipo caja de Wyoming (WYBET-350)	TL-1, TL-2, TL-3	0,6 m	15,2 m
Barrera anclada en la pendiente posterior	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m 1,2 m	N/A
Terminal de carga excéntrica (ELT)	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m o mas 1,2 m empalme	11,4 m
Terminal de riel perforada	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m mas 1,2 m empalme	11,4 m
		o	
		0,5 m mas 1,3 m empalme	
REGENT	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m mas 1,3 m empalme	11,4 m
Terminal final de doble onda de baja velocidad de Vermont	TL-1, TL-2	1,5 m	3,4 m
Terminal de absorción de energía FLEAT	TL-1, TL-2	0,5 m mas 0,51 m - 0,81 m empalme	7,62 m
Terminal de absorción de energía FLEAT	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m mas 0,76 m - 1,2 m empalme	11,4 m
Terminal de acero BEST	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m	11,4 m o 15,2 m
Terminal de extrusión (ET-2000)	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m	11,4 m o 15,2 m
Terminal de deformación secuencial (SKT-350)	TL-1, TL-2, TL-3	0,5 m	15,2 m
QuadTrend-350	TL-1, TL-2, TL-3	0,46 m	6,1 m
NEAT	TL-1, TL-2	0,57 m	2,957 m
Amortiguador de impacto de concreto con pendiente	N/A	0,6 m	de 6 m a 12 m

Fuente: AASHTO

## 2.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BARRERA DE SEGURIDAD

### 2.6.1 Transiciones y Conexiones

La transición es un tramo de conexión entre dos barreras de seguridad de diferente sección transversal, diseño y/o comportamiento. Asimismo, las conexiones son también dispositivos que unen a la barrera de seguridad con otras estructuras como estribos de puente, muros de contención, túneles, etc. Las posibles transiciones y conexiones que se pueden presentar son:

- Triple onda a doble onda
- Doble onda a triple onda

- Barrera metálica a barrera de hormigón
- Barrera metálica con estructura de hormigón

Los principios básicos para una buena transición y conexión son:

a.- Conexión fuerte. El sector de empalme o conexión entre barreras metálicas o barrera metálica de aproximación y una barrera de hormigón o estructura de hormigón, debe ser resistente, de manera que en condiciones de impacto la conexión no colapse. Para la conexión con hormigón se deberá dar preferencia al anclaje mediante penos pasados en el hormigón, cuyo número y características deberán estar en correspondencia con la necesidad de asegurar el funcionamiento del sistema. Las perforaciones en las barreras de hormigón deberán ser consideradas durante la construcción in situ o venir de fábrica en el caso de elementos prefabricados

b.- Diseño que evite el enganchamiento. Las conexiones deben ser diseñadas para minimizar la probabilidad de enganchamiento con un vehículo fuera de control, incluyendo los que se dirijan en sentido contrario del tránsito en una vía bidireccional

c.- Una transición adecuada. Con el objeto de cambiar gradualmente la rigidez Para la transición, la diferencia de nivel de contención entre dos barreras de seguridad debe ser de un nivel, Asimismo, la compatibilidad entre los anchos de trabajos de cada barrera de seguridad se puede aceptar hasta una diferencia de dos niveles de anchura de trabajo tomando en cuenta los valores dados por la normativa europea

## **2.6.2 Materiales**

Si la barrera de seguridad es de material metálico y con protección anticorrosivo de galvanizado, estará formada por una serie continua de elementos longitudinales (vigas), soportes (postes), espaciador y accesorios (pernos, arandelas, tuercas, pieza angular, captafaros y topes), los cuales se podrá desmontar en caso de ser necesario, con el fin de proceder a su sustitución. Las barreras también pueden ser de hormigón, mixtas, o de otro material.

Las características específicas del material de cada elemento serán de acuerdo a lo estipulado en la prueba de impacto en el caso de una barrera de seguridad certificada.

Estas especificaciones deberán estar basadas de acuerdo con las normas de control de calidad americanas o europeas según corresponda la prueba de impacto

### **2.6.3 Instalación**

La instalación de las barreras de seguridad certificadas se hará con las mismas especificaciones técnicas de los materiales, suelo y lugar donde fue instalada la barrera de acuerdo a los documentos entregados por el laboratorio respectivo donde se ha realizado la prueba de impacto con su debida certificación.

El proveedor deberá hacerse responsable de su instalación y armado de la barrera de seguridad, respetando las especificaciones del fabricante y resolviendo los problemas particulares que se presentan durante la instalación.

Para las barreras metálicas el comportamiento rígido o flexible de un poste de acero depende de dos factores: el primero de estos factores corresponde a la sección del poste, el segundo factor depende de su instalación. Por ello es fundamental que dicha instalación se realice de acuerdo con las instrucciones del fabricante

Algunos de los problemas que se presentan ocurren en el borde de terraplenes o de quebradas, en esos casos se debe poner especial cuidado en que exista suelo disponible para hincar el poste, ya que, si se instala una barrera muy cerca al borde de un terraplén, ésta no tendrá suelo tras de sí para transmitirle su carga y el resultado será que la barrera al ser impactada se desplazará con el vehículo siendo incapaz de contenerlo.

## **2.7 MANTENIMIENTO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN**

Las barreras de seguridad deberán ser sometidas a labores de conservación, con la finalidad de que cumplan con su función prevista. La reposición parcial o total de los elementos de la barrera de seguridad deberá ser con el mismo material con la que fue diseñada

## **2.8 CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBLIGATORIAS PARA LAS BARRERAS DE SEGURIDAD**

Toda barrera de seguridad con marcado ha de disponer necesariamente antes de su posible instalación todos los valores obtenidos para los distintos parámetros definidos en la norma española. Para las de seguridad, el marcado supone que el producto está definido según su comportamiento a partir de los resultados de los ensayos, método que garantiza su más completa definición como sistema de contención.

Dichos parámetros, que obligatoriamente han de estar incluidos en el propio marcado según se indica en la UNE EN 1317-5, son los siguientes:

- Breve descripción de empleo del producto.
- Nivel de contención del sistema.
- Severidad del impacto.
- Anchura de trabajo.
- Deflexión dinámica.
- Condiciones de durabilidad del producto (v.g. tipo de acero y tratamiento de galvanizado con referencia a la norma empleada).

No obstante, tal como se indica en el apartado 8 (Instalación de sistemas de contención de vehículos) de la antes mencionada UNE EN 1317-5, “el fabricante debe proporcionar un manual para la instalación que permita obtener el comportamiento declarado en el ensayo inicial de prototipo (ITT)”. “En el manual de instalación se deben incluir detalles de mantenimiento e inspección”. Finalmente añade “el fabricante debe definir el uso del sistema, teniendo en cuenta el terreno y otras condiciones de instalación”. Por ello, y debido a las características de las obras ejecutadas en la red de carreteras del Estado, así como a las especiales características del tráfico de la misma, se tendrán en cuenta las siguientes circunstancias a la hora de seleccionar e instalar un determinado sistema:

- Disponer de los esquemas completos del sistema de contención (planta, alzado y sección), caracterización del material empleado en la fabricación de los elementos constituyentes del sistema, tipo y elementos de anclaje, tratamiento de los extremos

(tanto abatimiento como posibles transiciones a otros sistemas), según la descripción técnica empleada para los ensayos, según la norma UNE EN 1317-2.

- En cuanto al tipo de terreno sobre el que se sustenta el sistema, deberá ser semejante al empleado en los ensayos, según la norma UNE EN 1317-2, a fin de garantizar el comportamiento del sistema de forma semejante a la ensayada. En este sentido, recordar que, para la red de carreteras del Estado, el terreno más habitual en los bordes de la plataforma sería asimilable a la definición de zahorra artificial ZA-20 (artículo 510 del PG-3, publicado por orden FOM/891/2004, de 1 de marzo de 2004, BOE de 6 de abril de 2004), con una compactación del 95% del Proctor modificado.

- La longitud ensayada debe coincidir con el valor mínimo de longitud del sistema de contención a implantar a la hora garantizar su comportamiento característico cuando este se dispone de forma aislada. Las longitudes ensayadas, incluyen los extremos.

- Los abatimientos, uniones a otros sistemas y anclajes de los extremos coincidirán con los empleados en la instalación ensayada.

- Cuando los ensayos para la clase H2 se hubiesen realizado empleando un autobús de tipo urbano (en lugar de un autocar interurbano) se tendrá en cuenta esta circunstancia a efectos de disposición. Se ha de tomar en consideración que siendo ambos (autobús urbano y autocar interurbano) equivalentes a efectos de norma europea, su comportamiento durante el impacto no es semejante. Por tanto, debido a las características de la red de carreteras del Estado, en general se emplearán los sistemas ensayados con autocar interurbano.

- Los sistemas con anchura de trabajo W8 o deflexión dinámica superior a 2,5 metros, no deben emplearse debido a las condiciones geométricas de las secciones transversales habituales en las carreteras de la red de carreteras del Estado.

- Se tendrá una especial atención a la prescripción de que “Ninguna parte esencial de la barrera de seguridad metálica debe quedar completamente desprendida o suponer un peligro evidente para el tráfico, peatones o personal trabajando en la zona”, (apartado 4.2. de la norma UNE-EN 1317-2). En este sentido, se tomará como criterio de seguridad que garantiza que la pieza o parte de una pieza componente desprendida de la

barrera de seguridad metálica no constituye un riesgo evidente para el tráfico o para terceros, cuando su peso sea igual o inferior a:

- 0,5 kg para piezas metálicas o partes metálicas.

- 2,0 kg para piezas no metálicas o partes no metálicas.

## **2.9 LS-DYNA**

### **2.9.1 Definición**

LS-DYNA es un paquete de software de simulación multifásica de propósito general avanzado desarrollado por Livermore Software Technology Corporation (LSTC). Mientras que el paquete sigue conteniendo cada vez más posibilidades para el cálculo de muchos problemas complejos del mundo real, sus orígenes y el hallazgo de las Competencias clave en un análisis altamente no lineal del método de los elementos finitos mediante la integración de tiempo explícito.

### **2.9.2 Función**

LS-DYNA consiste en un único archivo ejecutable y utiliza comandos de línea impulsados. Por lo tanto, todo lo que se requiere para ejecutar LS-DYNA es una consola de comandos, el ejecutable, un archivo de entrada y suficiente espacio libre en el disco para ejecutar el cálculo. Todos los archivos de entrada están en formato ASCII simple y por lo tanto se pueden preparar usando cualquier editor de texto. Los archivos de entrada también se pueden preparar con la ayuda de un preprocesador gráfico. Hay muchos productos de software de terceros disponibles para preprocesamiento de archivos de entrada LS-DYNA (por ejemplo, TrueGrid). LSTC también desarrolla su propio preprocesador, LS-PrePost, que se distribuye libremente y se ejecuta sin una licencia. Los licenciarios de LS-DYNA tienen acceso automático a todas las capacidades del programa, desde el análisis de mecánica estática lineal simple hasta uno avanzado térmicamente y un flujo de métodos de resolución. Además, tienen un uso completo de LSTC software LS-OPT, una optimización del diseño independiente y un paquete de análisis probabilístico con una interfaz LS-DYNA.

### **2.9.3 Campo de aplicación**

Las aplicaciones de LS-DYNA son potencialmente numerosas y se pueden adaptar a muchos campos. LS-DYNA no se limita a ningún tipo particular de simulación. En una simulación dada, cualquiera de las muchas características de LS-DYNA se pueden combinar para modelar una amplia variedad de eventos físicos.

LS-DYNA también analiza eventos de corta duración donde las fuerzas de inercia son importantes, los usos incluyen: Accidente de automóvil (deformación del chasis, inflación del airbag, tensión del cinturón de seguridad deformación del sistema)

**CAPITULO III**

**APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS  
BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL  
MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN  
CARRETERAS**

## CAPITULO III

### APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS

#### 3.1 UBICACIÓN

Para la evaluación de este proyecto de grado se utilizó el tramo carretero Tarija-Falda la Queñua ya que es un tramo con mucho flujo vehicular y gran variedad de vehículos que transitan aparte de ser una ruta interdepartamental utilizada para exportación e importación con los demás departamentos del país, forma parte de la ruta 1 de la red fundamental de carreteras del departamento de Tarija y por su diseño geométrico y disposición actual lo hace ideal para la disposición de barreras de contención ya que el tramo cuenta con accidentes de tránsito de gran fatalidad, que año tras año cobran la vida de sus usuarios, siendo uno de los mayores problemas la seguridad vial.

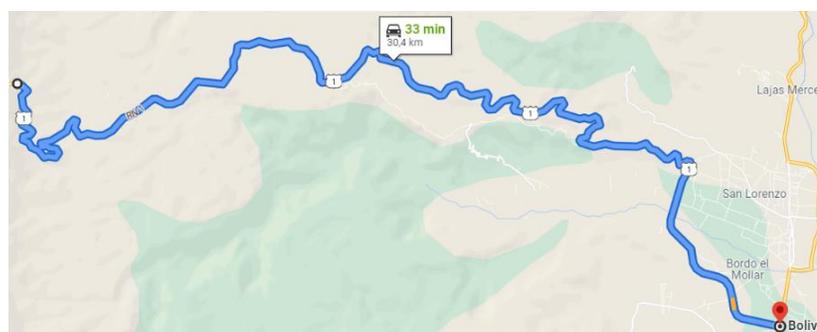
##### 3.1.1 Ubicación del tramo carretero a evaluar

Fin Evaluación (Cruce Rancho – Falda de la Queñua)

Inicio Evaluación (Túnel Falda de la Queñua)

Tramo a evaluar 35 km

Imagen 3.1 Tramo a Evaluar Cruce Rancho-Túnel Falda la Queñua según Google maps



Fuente: Google maps

El área en estudio está ubicada en el tramo Cruce El Rancho –Falda La Queñua en la provincia Méndez se encuentra localizada al Noreste del Departamento de Tarija,

geográficamente se encuentra entre los paralelos 20°56' y 21°36' de latitud sur y los 64°05' y 65°13' de longitud oeste, representan el 12.91 % del territorio departamental.

La primera sección de la provincia Méndez limita al Norte con el departamento de Chuquisaca, al Sur con la provincia Cercado y Avilés, al Este con la provincia O'Connor y Cercado, al Oeste con la Segunda sección de la provincia Méndez.

El tramo en estudio está localizado a 16 km de la ciudad de Tarija pasando por las localidades de Rancho Cochás, Lomas de Alkamari y Tres Morros, hasta llegar a El Rancho, donde sigue por una planicie formada en el margen izquierdo del río Calama, el cual se cruza con un puente.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO CARRETERO

El estudio de la Variante Falda la Queñua, su paso es a través de la Cumbre de Sama, cuya altitud actual alcanza los 3.950 m.s.n.m. Posibilitaron desarrollar un trazado a través de una variante por el faldeo del cerro de la Queñua, con mejores Características técnicas llegándose a una altitud máxima de 3.480 m.s.n.m., en el paso del referido cerro. Cruzando el cerrero La Queñua por un túnel de 1.220 m de longitud

El tramo carretero a evaluar (Cruce el Rancho-Túnel Falda la Queñua) tiene una velocidad de Diseño de 40 km/h siendo este un parámetro que muy pocos vehículos que circulan por la zona lo cumplen, ya que al hacer el análisis de tráfico que se explicara en subtítulos más adelante se observó que la velocidad de circulación promedio de los vehículos que transitan es de 55 km/h con picos de hasta 65 km/h lo cual hace más insegura la circulación y por ende se ve afectada la seguridad vial La plataforma del tramo tiene un ancho de 9 m teniendo las siguientes características

Tabla 3.1 Características de la vía

Características de la vía	
Ancho de calzada	7,30 m
Ancho de carril	3,65 m
Ancho de bermas	0,85 m

Fuente: ABC

### 3.2.1 Características geométricas

Este tramo tiene una topografía montañosa, el alineamiento planímetro y altimétrico tiene muchas restricciones que las pendientes son muy altas, longitud mínima de la curva no cumple con la fórmula siendo en ninguna de la curva esto se debe a la topografía del lugar. El tramo en estudio comienza en la progresiva 1+924,198 hasta 34+687,252 teniendo una longitud del tramo en estudio 34 km

Tabla 3.2 Topografía del tramo

Progresiva		Longitud (km)		
Desde	Hasta	Llano	Ondulado	Montañoso
0+000	3+500		3.500	
3+500	36+000			32.500
36+000	40+820		4.820	
Total		0	8.320	32.500
	%	0	20,4	79,6

Fuente: ABC

Imagen 3.2 Topografía Falda la Queñua



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Tipo de suelo

Todo el tramo a evaluar se encuentra asfaltado y en buenas condiciones, se puede evidenciar a lo largo de la carretera que no cuenta con fallas significativas para el estudio que se va a realizar en cuanto a las barreras de contención. Y si bien hay pequeños puntos en donde se evidencia deterioro de pavimento flexible no llegan a afectar los resultados ya que el tramo tiene un constante mantenimiento a lo largo de su recorrido.

Ya que la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) cuenta con un puesto de control justo antes del túnel y se encarga de su buen funcionamiento, esto se observó durante la recolección de datos de las barreras de contención ya existentes, porque la camioneta de uso oficial de la ABC dio rondas durante la recolección de datos.

Imagen 3.3 Asfaltado del tramo a evaluar



Fuente: Elaboración propia

### **3.2.3 Características de tráfico**

#### **3.2.3.1 Aforos**

Los aforos realizados se hicieron mediante la norma AASTHO, durante un mes, 3 veces por semana y 3 horas al día siendo el punto de control El cruce El rancho y en el puesto de control de “La Tranca”

El método utilizado es manual, tomando un día completo de aforo de 6:00 am a 10:00 pm, para así identificar las horas pico que existe en el tramo. Una vez identificadas las horas picos se procedió a realizar el conteo vehicular y así clasificarlo según norma,

Las horas picos que se identificaron fueron

Tabla 3.3 Horas pico

Mañana	6:00 am. a 7:00 pm.
Tarde	12:00 am. a 13:00 pm.
Noche	18:00 pm. a 19:00 pm.

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DE TRÁFICO

Los datos usados para el análisis de tránsito en esta evaluación como los aforos y conteo de vehículos se dieron en tiempo de una pandemia mundial (COVID-19) siendo este un factor a considerar ya que si bien los efectos que se viven a la hora de realizar este proyecto disminuyeron a comparación de la primera cuarentena todavía el transporte y la circulación no llegaron a ser completamente normales, siendo el transporte interdepartamental uno de los más afectados ya que en diferentes entrevistas con los encargados en el puesto de “la tranca” se evidencio un descenso en la circulación de vehículos al ser un factor nunca antes visto y no tener datos antiguos la recolección de datos se dará mediante estas medidas.

A continuación, se mostrará la tabla del conteo vehicular que se realizó en el punto seleccionado cruce el rancho, para así determinar las horas pico. Se comenzó con el conteo de vehículos a las 6:00 am. y se concluyó a las 22:00 pm. Durante este lapso de tiempo no se evidencio problemas en la circulación o alguna variable que influya de manera significativa. Cabe recalcar que la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) utiliza el cruce “El Rancho” como punto estación en el cual realiza su conteo vehicular una vez al mes Tramo TJ-05 Tarija-Camargo (Estación Rancho norte), siendo esta una de las razones por las cuales se decidió tomar el mismo lugar para su conteo

Tabla 3.4 Conteo vehicular

Formato de Conteo Vehicular

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Eje N1

Intersección Cruce El Rancho

Responsable Estudiante Paola Andrea Guerrero Ramos

Fecha 22/9/2021

Sentido	Hacia el norte	Hacia el sur	
Nombre	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	
N Carril	1	2	
Movimiento			
Hora			Total
6:00-7:00	80	50	130
7:00-8:00	135	90	225
8:00-9:00	65	62	127
9:00-10:00	65	58	123
10:00-11:00	55	65	120
11:00-12:00	55	60	115
12:00-13:00	67	72	139
13:00-14:00	55	60	115
14:00-15:00	55	47	102
15:00-16:00	50	42	92
16:00-17:00	41	42	83
17:00-18:00	63	61	124
18:00-19:00	150	95	245
19:00-20:00	78	75	153
20:00-21:00	41	50	91
21:00-22:00	32	35	67
			2.051

Fuente: Elaboración propia

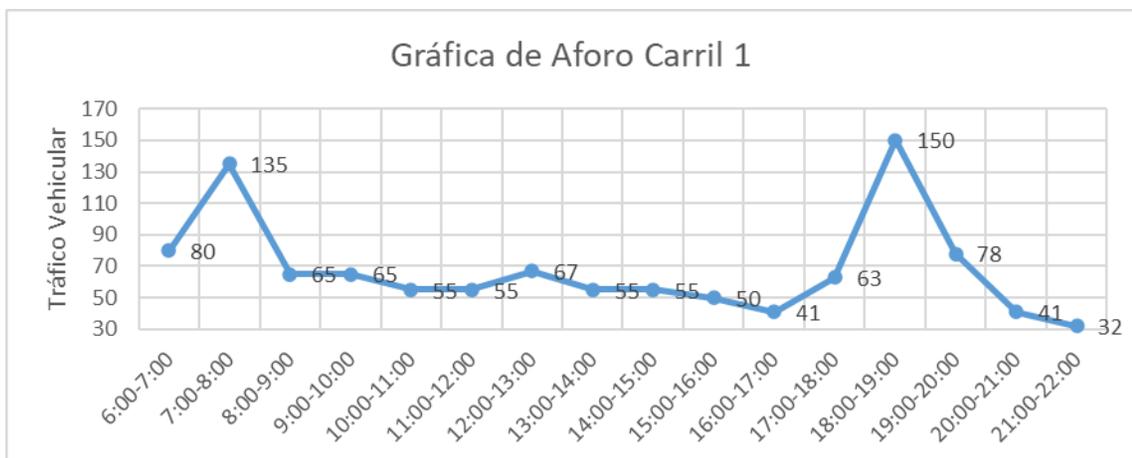
Imagen 3.4 Cruce El Rancho puesto de control de aforo



Fuente: Elaboración propia

El aforo se dio en día semana porque los vehículos que transitan lo hacen más que todo de lunes a viernes siendo los fines de semana los días donde no se percibe mucho movimiento vehicular, si bien el nivel de circulación baja no hay mucha diferencia ya que el tramo es muy concurrido, llegándose a identificar que las horas picos en donde pasa la mayor cantidad de vehículos es en la mañana de 7:00-8:00, en la tarde de 12:00-13:00 y en la noche de 18:00-19:00 tal como se muestra en el siguiente cuadro.

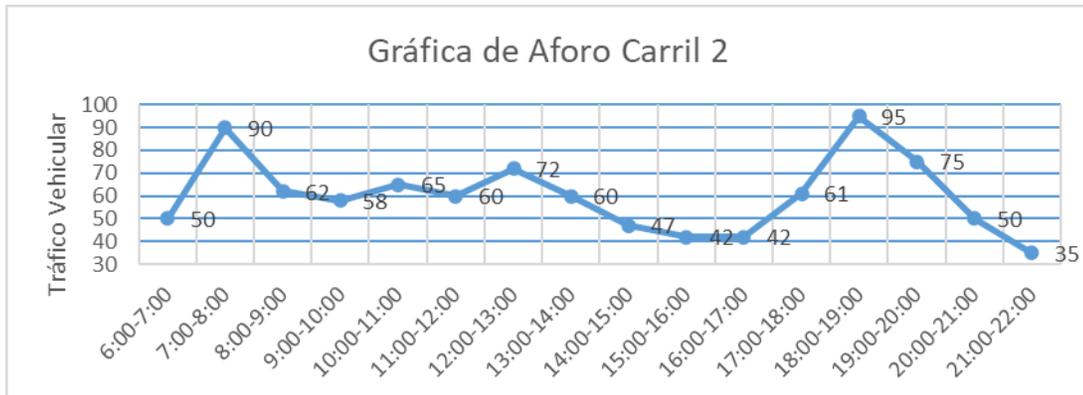
Gráfica 3.1 Aforo carril 1



Fuente: Elaboración propia

Para el aforo del carril 1 que es el que va hacia el sur del túnel Falda la Queñua al cruce el Rancho se puede observar que el pico más alto del día se da en la mañana, con un total de 115 vehículos, siendo el pico de noche el segundo con 99 vehículos y el de medio día es el más bajo, teniendo baja diferencia con las demás horas, siendo las horas menos transitadas la tarde de 14:00 a 17:00

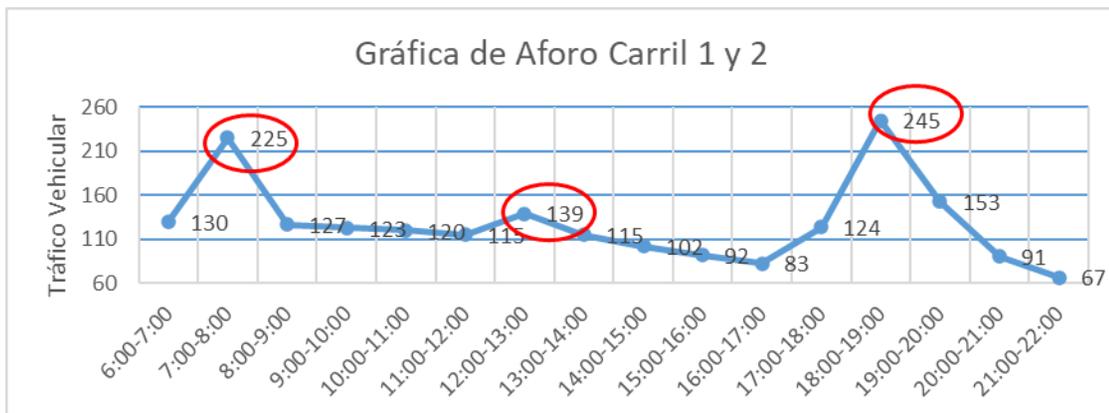
Gráfica 3.2 Aforo carril 2



Fuente: Elaboración propia

Para el aforo del carril 2 que es el que va hacia el norte del cruce el Rancho al túnel Falda la Queñua se puede observar que el pico más alto del día se da en la noche con un total de 85 vehículos, siendo el pico de la mañana el segundo con 83 vehículos y el de medio día es el más bajo con 72, teniendo baja diferencia con las demás horas, siendo las horas menos transitadas la tarde de 14:00 a 17:00

Gráfica 3.3 Aforo carril 1 y 2



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la gráfica 3 se observa los picos más altos en las diferentes horas ya mencionadas siendo la mañana y la noche las horas de mayor tráfico, esto se debe a que el transporte de mercancía y las flotas que hacen los recorridos interdepartamentales lo hacen es estos horarios

Una vez determinadas las horas pico se procedió según norma a escoger 2 días de semana y 1 día de fin de semana siendo estos los días jueves viernes y sábados respectivamente. Se realizó este control durante un mes, empezando el jueves 26 de agosto y concluyendo el sábado 18 de septiembre de 2021, no se presentaron inconvenientes o alguna dificultad a la hora de realizar el conteo vehicular se respetó los horarios y se designó la clasificación de los vehículos motorizados según la norma española que es la cual nos basaremos para la selección de las barreras de contención

Se clasifico a los vehículos en:

Autos: Automóvil de eje sencillo de 4 llantas

Micros: Automóvil concebido y construido para el transporte de más de 9 personas incluido el conductor, cuya masa máxima autorizada no exceda de 3.500 kg.

Flotas: Vehículo con tracción propia, fabricado para el transporte de pasajeros.

Camión Simple: Automóvil destinado al transporte de mercancías cuya cabina está integrada en el resto de la carrocería con masa máxima autorizada igual o inferior a 3.500 kg.

Camión F12: Vehículo de dos o más ejes o grupo de ejes sin tracción propia, cuyo peso total incide sobre sus ejes.

Tráiler: Vehículo motorizado utilizado para remolcar y soportar la carga que le transmite un semirremolque, a través de un acople para tal fin.

Motocicletas: Automóvil de dos ruedas o con sidecar.

Cabe recalcar que la ley N 441 “LEY DE CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES VEHICULARES EN LA RED VIAL FUNDAMENTAL” clasifica a los vehículos de

circulación según la configuración y grupo de ejes tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3.5 Peso máximo permitido por eje

Tipos de Configuración de eje y grupos de ejes vehiculares	Peso bruto máximo permitido por eje o grupo de ejes (toneladas)
Eje sencillo (direccional o fijo) de 2 llantas	7,0
Eje sencillo de 2 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática	7,7
Eje tipo tándem de 4 llantas	10,0
Eje sencillo de 4 llantas	11,0
Eje tipo tándem de 4 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática	12,0
Eje tipo tándem de 6 llantas	14,0
Eje tipo tándem de 6 llantas con un eje con cubierta extra ancha y suspensión neumática	16,0
Eje tipo trídem de 6 llantas	17,0
Eje tipo tándem de 8 llantas	18,0
Eje tipo trídem de 6 llantas con cubierta ancha y suspensión neumática	18,0
Eje tipo trídem de 10 llantas	21,0
Eje tipo trídem de 10 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática	22,0
Eje tipo trídem de 12 llantas	25,0

Fuente: LEY N.º 441 ley de 25 de noviembre de 2013

A continuación, se presentará un resumen de todos los datos obtenidos al largo del mes, para observar los datos tomados a las horas picos y los días designados se encontrarán en anexos

Tabla 3.6 conteo vehicular hora pico

Formato de Conteo Vehicular

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Eje N1

Intersección Cruce El Rancho

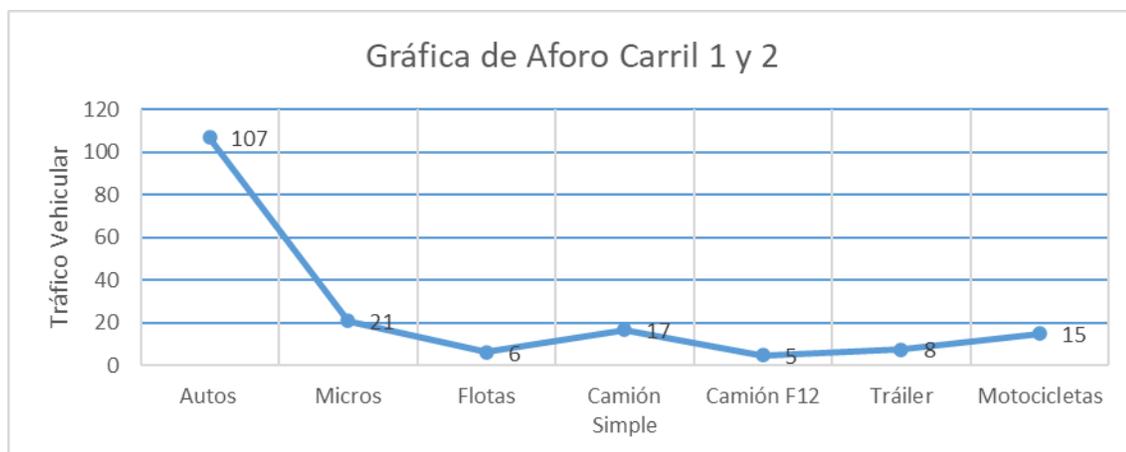
Responsable Estudiante Paola Andrea Guerrero Ramos

Fecha 1 mes

Hora Pico	7:00-8:00 am.	1 mes	
Sentido	Hacia el norte	Hacia el sur	
Nombre	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	
N Carril	1	2	
Movimiento	↓	↑	Total
Autos	56	51	107
Micros	13	8	21
Flotas	5	1	6
Camión Simple	8	9	17
Camión F12	2	3	5
Tráiler	4	4	8
Motocicletas	11	4	15
			179

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.4 conteo vehicular hora pico



Fuente: Elaboración propia

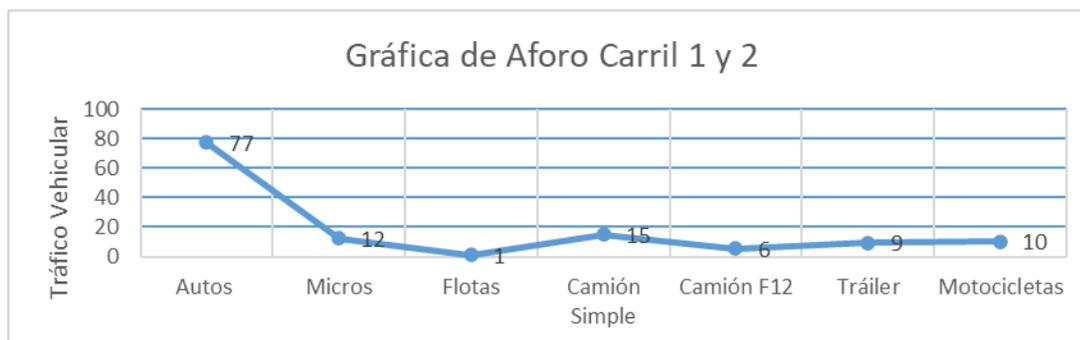
Tabla 3.7 Conteo vehicular hora pico  
 Formato de Conteo Vehicular  
 Universidad Autónoma Juan Misael Saracho  
 Eje N1

Intersección Cruce El  
 Rancho  
 Responsable Estudiante Paola Andrea Guerrero Ramos  
 Fecha 1 mes

Hora Pico	12:00-13:00 pm.	1 mes	
Sentido	Hacia el norte	Hacia el sur	
Nombre	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	
N Carril	1	2	
Movimiento	↓	↑	Total
Autos	39	39	77
Micros	6	7	12
Flotas	1	0	1
Camión Simple	4	11	15
Camión F12	2	4	6
Tráiler	4	5	9
Motocicletas	4	6	10
			131

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.5 Conteo vehicular hora pico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Conteo vehicular hora pico

Formato de Conteo Vehicular

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Eje N1

Intersección Cruce El  
Rancho

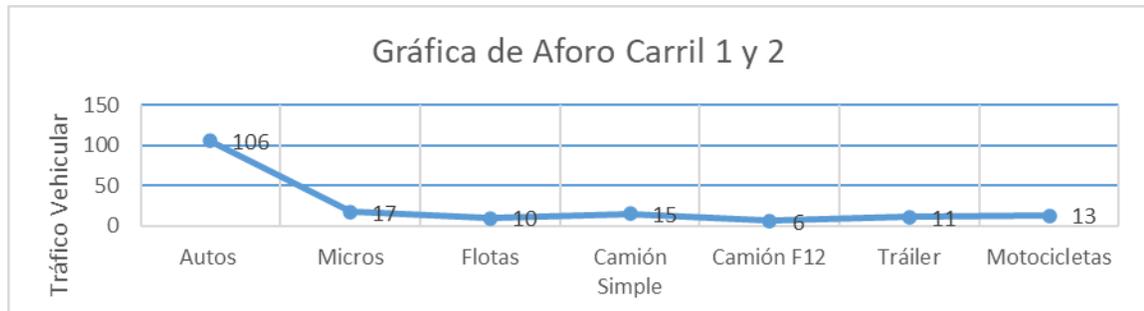
Responsable Estudiante Paola Andrea Guerrero Ramos

Fecha 1 mes

Hora Pico	18:00-19:00 pm.	1 mes	
Sentido	Hacia el norte	Hacia el sur	
Nombre	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	
N Carril	1	2	
Movimiento	↓	↑	Total
Autos	55	51	106
Micros	7	10	17
Flotas	2	8	10
Camión Simple	8	8	15
Camión F12	3	3	6
Tráiler	5	5	10
Motocicletas	6	7	13
			177

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.6 Conteo vehicular hora pico



Fuente: Elaboración propia

Una vez teniendo los datos se puede realizar una correcta clasificación de los vehículos y la norma española nos indica que hay que observar el tránsito promedio diario y la cantidad de vehículos pesados que circulan por la carretera

Siendo el tráfico promedio diario 2051 vehículos de circulación tal como se mostró en la figura del conteo vehicular y los vehículos que circulan

Tabla 3.9 Conteo vehicular hora pico

Formato de Conteo Vehicular

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Eje N1

Intersección Cruce El  
Rancho

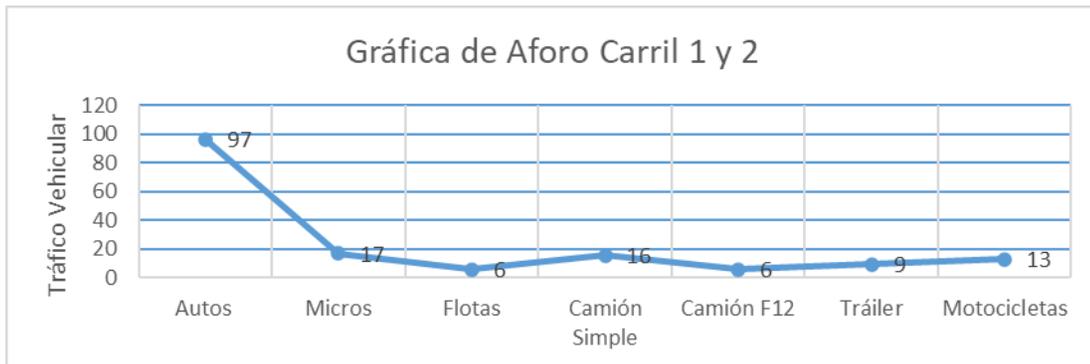
Responsable Estudiante Paola Andrea Guerrero Ramos

Fecha 1 mes

Sentido	Hacia el norte	Hacia el sur	
Nombre	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	
N Carril	1	2	
Movimiento	↓	↑	Total
Autos	50	47	97
Micros	8	8	17
Flotas	3	3	6
Camión Simple	7	9	16
Camión F12	2	3	6
Tráiler	5	5	10
Motocicletas	7	6	13
			163

Fuente: Elaboración propia

Grafica 3.7 Conteo vehicular hora pico



Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se puede separar los vehículos que circulan entre vehículos livianos medianos pesados, como se observa en el cuadro 84 se tiene un promedio de 579 vehículos pesados lo cual hace que la carretera sea un tramo muy concurrido

Tabla 3.10 Conteo vehicular

Tipo	Hora Pico	IMD	%
Vehículos Livianos	110	1752	67.4
Vehículos Medianos	17	270	10.4
Vehículos Pesados	36	579	22.2
Total	163	2.601	100

Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuenta este estudio de tráfico, se puede proceder hallar las velocidades reales las que circulan los vehículos ya designados

### 3.3.1 Velocidad de proyecto

La Velocidad de recorrido de proyecto del tramo carretero a estudiar es de 40 km/h y si bien esta fue la velocidad de diseño los autos que circulan no la cumplen ya que al hacer el conteo de vehículos se observó que los vehículos pesados como flotas y tráileres transitan a un promedio de 45 a 60 km/h y los vehículos livianos van a una velocidad superior siendo los 50 a 65 km/h

Hay numerosos procedimientos para determinar la velocidad de los vehículos en circulación. Están los que podríamos denominar de “base fija” y los de tipo radar. Los primeros son siempre sistemas fijos. Los segundos pueden ser sistemas fijos o sistemas portátiles. Los sistemas de “base fija” consisten en dos sensores de ejes colocados en el suelo a una distancia conocida (cronómetro, a fibra óptica, tubos neumáticos, y con ciertas limitaciones, hasta lazos inductivos) y medir el tiempo que una misma rueda tarda en pasar por encima de ellos. También se pueden utilizar dos rayos (infrarrojos, laser, visibles) y determinar de igual manera el tiempo que tardan en ser interrumpidos por el frente del vehículo los sistemas tipo radar se basan en emitir una radiación electromagnética sobre un vehículo y analizar la onda reflejada.

Midiendo una distancia sobre la vía, se calcula con un cronómetro el tiempo que emplea el vehículo en recorrerla. La longitud de la línea base se determina por la visibilidad, características físicas de la vía y la velocidad general de los vehículos que se observan.

Cuando el tránsito es muy intenso, no es posible medir la velocidad de cada vehículo y hay que hacer una selección al azar; por ejemplo, observando un vehículo cada 2 minutos – 3 minutos, etc. o cada 15 a 20 seg.

### **3.3.2 Volumen de recorrido real**

Para la recolección de la velocidad real se tomó 9 curvas representativas del tramo y un tramo recto con una distancia de 20 metros se separó en dos grupos siendo livianos y medianos un grupo y le siguiente solo de vehículos pesados donde se observó que la mayoría supera la velocidad de proyecto especialmente los vehículos livianos y medianos con un promedio de 70 km/h siendo 30 km más que la velocidad permitida y en los vehículos pesados fue de 66 km/h más bajo que el primer grupo pero sigue siendo más alto que la velocidad de circulación

Tabla 3.11 Planilla de conteo de velocidades

Descripción		El Rancho-Falda la Queñua		Falda la Queñua-El Rancho	
		Liviano-Medio	Pesado	Liviano-Medio	Pesado
		Velocidad Promedio (km/h)		Velocidad Promedio (km/h)	
Curva N 1	Punto N 1	49,57	29,95	50,60	31,72
	Punto N 2	49,26	24,49	47,10	21,71
	Punto N 3	47,48	24,55	46,26	20,48
	Punto N 4	48,77	26,04	48,26	21,76
Curva N 2	Punto N 1	49,37	26,81	47,23	21,76
	Punto N 2	47,52	21,89	41,39	26,05
	Punto N 3	45,08	26,08	50,90	21,81
	Punto N 4	40,68	25,13	48,56	23,49
Curva N 3	Punto N 1	44,37	22,04	49,39	23,56
	Punto N 2	46,87	23,13	47,92	21,14
	Punto N 3	47,49	21,12	45,75	19,71
Curva N 4	Punto N 1	39,12	18,68	45,44	14,76
	Punto N 2	43,51	22,28	42,55	20,79
	Punto N 3	37,77	21,43	40,50	19,03
Curva N 5	Punto N 1	41,56	29,77	49,89	33,87
	Punto N 2	47,75	31,76	51,97	30,81
	Punto N 3	46,15	32,67	51,35	27,13
Curva N 6	Punto N 1	48,90	23,89	50,45	24,09
	Punto N 2	48,10	27,05	47,31	30,24
	Punto N 3	44,49	27,85	46,35	26,49
	Punto N 4	48,54	31,57	45,76	27,94
Curva N 7	Punto N 1	43,10	28,46	50,09	23,83
	Punto N 2	44,69	20,58	48,44	26,09
	Punto N 3	41,83	30,99	51,01	28,69
	Punto N 4	49,01	35,32	47,67	31,51
	Punto N 5	48,57	34,36	49,82	37,66
Curva N 8	Punto N 1	47,63	37,19	46,20	33,48
	Punto N 2	46,56	31,22	45,71	34,77
	Punto N 3	46,39	31,78	45,71	34,71
	Punto N 4	50,73	38,32	50,96	35,38
Curva N 9	Punto N 1	47,17	34,12	46,78	35,38
	Punto N 2	45,74	33,13	45,71	35,60
	Punto N 3	49,92	37,34	48,20	35,31
Recta		92,42	56,06	83,15	53,13
Distancia de recorrido		20 m			

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se promedió las velocidades de tramo y las velocidades promedio son las siguientes

Tabla 3.12 Planilla de promedio de velocidades

Descripción		El Rancho-Falda la Queñua		Falda la Queñua-El Rancho	
		Liviano-Medio	Pesado	Liviano-Medio	Pesado
		Velocidad Promedio (km/h)		Velocidad Promedio (km/h)	
Curva	Promedio	47,53	29,03	48,66	28,06
Recta	Promedio	92,42	56,06	83,15	53,13
Tramo	Promedio	69,98	42,55	65,90	40,59

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro los vehículos exceden el límite de velocidad en el recorrido de tramo y esto se debe a que no existe el control suficiente en la carretera y esto genera inseguridad vial ya que el tramo no fue diseñado para ese tipo de velocidad de recorrido y si se da un accidente de tránsito las consecuencias serían graves y esto se ve reflejado en la cantidad de vehículos que sufren accidentes de tránsito en tramos específicos de la carretera lo cual genera zonas de riesgo las cuales serán el siguiente punto a tomar en cuenta a la hora de realizar este proyecto de grado.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO

Las zonas de riesgo como se detalló en el capítulo dos se identificarán con la tabla proporcionada por la norma española y esta establece los elementos o situaciones de riesgo que generara el tramo de la carretera y por ende la inseguridad vial que existe y las posibles zonas de accidentes de tránsito. Según el tramo y la norma las zonas de potencial riesgo son las siguientes:

Sectores en los que un vehículo al perder el control y salir fuera de la calzada de circulación encuentre obstáculos o terreno intransitable que puedan causar daño al vehículo y a sus ocupantes.

Tramos con medianas angostas en calzadas contiguas en donde exista riesgo de colisión con vehículos que circulan en sentido opuesto.

Zonas con limitaciones de visibilidad debido a condiciones climáticas.

Zonas de topografía accidentada que presentan trazo vial con curvas cerradas en tramos relativamente cortos, cortes profundos o terraplenes altos con pendiente pronunciada cerca al borde de la calzada.

Tramos con estrangulamiento en el ancho de la vía que obliguen al conductor a cambios de velocidad o maniobras defensivas bruscas ocasionando pérdida de control del vehículo.

Zonas con tránsito de peatones en áreas próximas al borde de la calzada.

- Las dotaciones viales que excedan del terreno, tales como báculos de iluminación, elementos de sustentación de carteles, pórticos y banderolas, postes SOS, pantallas acústicas, etc.
- Postes de señales de tráfico, otros postes, elementos o árboles, cuando tengan más de 15 cm de diámetro medio medido a 50 cm de altura desde la superficie de rodadura.
- Las carreteras o calzadas paralelas.
- Los muros, tablestacados, edificios, instalaciones, cimentaciones y elementos del drenaje superficial (arquetas, impostas, etc.) que sobresalgan del terreno más de 7 cm.
- Los accesos a puentes, túneles y pasos estrechos.
- Los elementos estructurales de los pasos superiores.
- Las cunetas que no sean suficientemente tendidas. Se podrá considerar que una cuneta es suficientemente tendida si la relación H: V de sus taludes es superior o igual a 6:1 y sus aristas están redondeadas. En este tramo de autovía se dispuso de una cuneta de talud 6:1.
- Los desmontes cuyos taludes (H: V) sean inferiores al 3:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado, o al 2:1, si están redondeados.

- Los terraplenes de altura superior a 3 m y aquellos de altura inferior pero cuyos taludes (H: V) sean inferiores al 5:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado, o al 3:1, si están redondeados.

Una vez identificadas las zonas con elementos o situaciones potenciales de riesgo, se plantearán las soluciones alternativas que se han comentado anteriormente, todas ellas preferibles en lo que a seguridad vial se refiere a la instalación de una barrera de seguridad.

En nuestro caso evaluamos únicamente la disposición de barrera metálica para lo cual deberemos de tener en cuenta aspectos como la existencia de calzadas separadas, la pendiente de la berma de la mediana, el talud de la cuneta en mediana o, por supuesto, la presencia de pilas de pasos superiores. Con los planos proporcionados por la ABC y yendo a realizar una inspección al tramo se detallaron las siguientes zonas de riesgo

Tabla 3.13 Elementos o situaciones potenciales de riesgo

Elementos o situaciones potenciales de riesgo	II		ID		Riesgo de accidente
	D.O. inicial	D.O. final	D.O. inicial	D.O. final	
Dotaciones viales que sobresalgan del terreno (*):					
- Báculos de iluminación sin fusible estructural ( $V_p > 80$ km/h)					Normal c.2)
- Elementos de sustentación de carteles ( $V_p > 80$ km/h)					Normal c.2)
- Elementos de sustentación de pórticos y banderolas ( $V_p > 60$ km/h)			002+025	002+050	Grave b.2)
			024+330	024+481	
			024+874	024+945	
			025+474	025+609	
- Postes SOS ( $V_p > 80$ km/h)					Normal c.2)
- Pantallas antirruído ( $V_p > 60$ km/h)					Grave b.2)
Elementos o árboles con más de 15 cm de diámetro medio medido a 50 cm de altura desde la superficie de rodadura (**)					Normal c.2)
Carreteras o calzadas paralelas, cuando la distancia entre ellas sea inferior a la	006+887	007+111	003+330	003+426	Grave b.4)
	007+478	007+664	003+476	003+521	
			006+874	007+111	

establecida en la tabla 1 de la O.C. 28/2009 (ver apartado 4.1)			007+475	007+656	
			008+270	008+390	
			021+976	022+025	
			022+782	022+889	
Muros, tablestacados, edificios, instalaciones, cimentaciones y elementos del drenaje superficial (arquetas, impostas, etc.) que sobresalgan del terreno más de 7cm (Vp>80 km/h) (*)					Normal c.2)
Muro de sostenimiento con Vp>60 km/h y terreno accidentado o muy accidentado (*)	003+678	003+689	002+178	002+219	Normal c.4)
	010+953	011+032	005+453	005+493	
Accesos a puentes, túneles y pasos estrechos (Vp>80 km/h) (*)					Grave b.3)
Elementos estructurales de pasos superiores u otras construcciones (Vp>60 km/h) (*)	003+698	003+763	004+631	004+680	Grave b.2)
Cunetas que no sean de seguridad (inclinación de taludes inferior a 6:1 y aristas sin redondear) (Vp>80 km/h e IMD > 1500 vehículos) (*)					Normal c.2)
Desmontes cuyos taludes sean inferiores al 3:1 (cambios de inclinación sin redondear), o al 2:1 (cambios de inclinación redondeados)	022+265	022+288	004+446	004+547	Normal c.2)
Terraplenes de altura superior a 3 m (Vp>80 km/h) (*)					Normal c.2)
Terraplenes de altura inferior a 3 m. pero cuyos taludes sean inferiores al 5:1, si los cambios de inclinación no se han redondeado, o bien 3:1			010+668	010+829	Normal c.2)
Paso sobre una vía férrea de alta velocidad					Muy grave a.1)
Paso sobre una vía férrea por la que circulen, de media anual, más de 6 trenes por hora					Muy grave a.1)
Paso sobre una vía férrea por la que circulen, de media anual, más de 6 trenes por semana, que contenga al menos un vagón cargado con gases inflamables o tóxicos, o líquidos inflamables					Muy grave a.1)

Existencia de una vía férrea paralela a una distancia inferior a la indicada en la tabla 1 de la O.C. 28/2009 para accidente muy grave y situada a más de 1 m por debajo del nivel de la carretera					Muy grave a.2)
Existencia a nivel inferior de instalaciones contiguas a una obra de paso, permanentemente habitadas o utilizadas para almacenamiento de sustancias peligrosas, o que presten servicio público de interés general, previamente autorizadas a tal fin y situadas dentro de la zona de afección de la carretera	006+193	006+210	005+614	005+756	Muy grave a.3)
	006+213	006+508	031+343	031+605	
	031+953	032+011			
Existencia a nivel inferior de una vía férrea, autopista, autovía o carretera convencional, y que en el emplazamiento de la carretera concurren curvas horizontales o acuerdos verticales de dimensiones inferiores a las admisibles					Muy grave a.4)
Ríos, embalses y otras masas de agua con corriente impetuosa o profundidad superior a 1 m					Muy grave a.3)
Barrancos o zanjas profundas ( $V_p > 80$ km/h) (*)					Muy grave a.3)
Emplazamientos singulares (con justificación):	015+692	015+732	004+700	004+981	Normal c.5)
	016+208	016+388	014+513	014+633	
	016+866	016+982	014+513	014+633	
	019+211	019+384	014+888	014+952	
	019+736	019+869	015+586	015+750	
	019+999	020+121	017+141	017+365	
			017+904	018+119	
			019+737	019+866	
- Nudos complejos.	005+100	005+140	002+764	002+835	
	030+920	030+937	026+297	026+360	
	030+969	030+980	030+969	030+989	
- Intersecciones próximas a obras de paso.			003+925	003+946	
			023+981	024+063	
- Emplazamientos con una accidentalidad anormalmente elevada.	006+775	006+810	006+553	006+621	
	008+866	008+896	010+022	010+095	
	012+813	012+914	011+231	011+283	

	026+416	026+496	011+541	011+598	
	026+590	026+703	011+656	011+869	
	027+009	027+152	011+904	011+970	
	027+170	027+243	012+084	012+350	
			012+813	012+914	
- Narices en salidas asociadas a una divergencia o bifurcación.			023+511	023+567	
			023+695	023+751	
Casos en los que falte alguno de los requisitos para ser considerado como riesgo de accidente muy grave, con IMD por calzada >1.000 vehículos.	023+126	023+344	009+070	009+510	Grave b.1)
	023+818	023+920	028+516	028+771	
	025+554	025+647			
	025+704	026+062			
	026+016	026+136			
	028+516	028+704			
	029+395	029+537			
Casos en los que falte alguno de los requisitos para ser considerado como riesgo de accidente grave	004+340	004+400	003+593	003+814	Normal c.1)
	005+220	005+360	005+131	005+168	
	016+029	016+100	015+863	015+878	
	021+559	021+593	015+876	015+901	
	028+076	028+123	028+078	028+123	
	028+136	028+175	028+136	028+175	
Obras de paso, cuando no se den los requisitos para que el riesgo de accidente sea grave o muy grave	021+675	021+821	005+935	006+074	Normal c.3)
	023+415	023+464	010+608	010+666	
	028+401	028+421	016+208	016+385	
			021+078	021+236	
			028+401	028+421	
			028+779	028+867	

(\*) A distancia inferior a la indicada en la tabla 1 de la O.C. 28/2009 para accidente grave. Asimismo, se podrá considerar que un obstáculo o desnivel está próximo si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Está situado entre las dos plataformas de una divergencia de salida o bifurcación de la calzada, a una distancia inferior a 60 m a partir del punto de apertura de los carriles completos.
- Está situado en la mediana y a menos de 60 m del comienzo de la misma, en el paso de calzada única a calzadas separadas.

(\*\*) Para diámetros mayores de 15 cm el proyectista valorará si la robustez del tronco y de la copa del árbol aconseja elevar el riesgo de accidente por encima del Normal.

Fuente: Elaboración propia

Del siguiente cuadro podemos afirmar que existen 97 situaciones de riesgo que generan inseguridad vial a lo largo del tramo de las cuales 5 zonas se encuentran entre las muy graves siendo estas las de mayor cuidado ya que generan una inseguridad mayor y los accidentes de tránsito son casi inevitables si no se realiza un sistema de contención, dentro de las zonas de riesgo grave se encuentran 24 tramos de los cuales 6 son de grado b.2, 9 son de grado b.4 y 9 son de grado b.1 las cuales necesitan barreras de contención,

y por último se encuentran las zonas de riesgo normal que son 68 siendo las zonas c.1 12, c.2 2, c.3 9, c.4 5, c.5 40, siendo estas necesarias pero no indispensables a la hora de escoger la ubicación de las barreras de contención.

Con las siguientes zonas de riesgo identificadas se puede realizar la ubicación de las barreras de contención en este caso se tomarán todas las zonas de riesgo ya que estas representan y aumentan considerablemente la inseguridad vial, siendo este el tema de estudio de este proyecto.

Según la norma española la ubicación de las barreras de contención si bien se determinan mediante parámetros dados en la tabla de arriba, es el ingeniero encargo el que toma el criterio en su colocación ya que algunas zonas de riesgo pueden ser contenidas de distintas maneras. Tomando las zonas de riesgo grave y muy grave las únicas que necesariamente precisan barreras de contención.

Siendo la disposición final 97 barreras de las cuales en total se suman 10.525 km, siendo un 31% de la totalidad del tramo esto nos indica que el tramo cuenta con muchos elementos que generan inseguridad vial, ya que el tramo por sus características topográficas es muy accidentado siendo este el factor decisivo para la ubicación de las barreras. El tramo con más barreras es el tramo de Cruce 2Rancho-Falda la Queñua ya que este cuenta con 6.133 km. de elementos o situaciones de riesgo y el tramo Falda la Queñua-Cruce el Rancho cuenta con 4.192 km. de zonas de potencial riesgo.

Tabla 3.14 Barreras Según su nivel de riesgo

Muy Grave	a.3	5
Grave	b.2	6
	b.4	9
	b.1	9
Normal	c.4	5
	c.3	9
	c.2	2
	c.1	12
	c.5	40

Fuente Elaboración propia

### 3.5 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN YA EXISTENTES

Se identificaron 94 barreras de contención a lo largo del tramo las cuales se clasificaron y caracterizados de acuerdo al cuadro siguiente

Tabla 3.15 Identificación de las barreras ya existentes

Identificación de las barreras de contención ya existentes									
N	Cruce-Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce	Longitud (m)	Progresivas		Tipo	Material	Estado	Observaciones
1	x		25	002+025	002+050	Viga W	Metálica	Bueno	
2	x		41	002+178	002+219	Viga W	Metálica	Bueno	
3	x		71	002+764	002+835	Viga W	Metálica	Bueno	
4	x		96	003+330	003+426	Viga W	Metálica	Malo	
5	x		45	003+476	003+521	Viga W	Metálica	Bueno	
6	x		221	003+593	003+814	Viga W	Metálica	Bueno	
7		x	11	003+678	003+689	Viga W	Metálica	Regular	
8		x	65	003+698	003+763	Viga W	Metálica	Bueno	
9	x		21	003+925	003+946	Viga W	Metálica	Regular	
10		x	101	004+446	004+547	Viga W	Metálica	Bueno	
11		x	49	004+631	004+680	Viga W	Metálica	Bueno	
12		x	281	004+700	004+981	Viga W	Metálica	Regular	
13		x	37	005+131	005+168	Viga W	Metálica	Bueno	
14	x		37	005+291	005+328	Viga W	Metálica	Bueno	
15		x	40	005+453	005+493	Viga W	Metálica	Bueno	
16		x	142	005+614	005+756	Viga W	Metálica	Bueno	
17		x	139	005+935	006+074	Viga W	Metálica	Regular	
18	x		17	006+193	006+210	Viga W	Metálica	Malo	
19	x		295	006+213	006+508	Viga W	Metálica	Regular	
20		x	68	006+553	006+621	Viga W	Metálica	Malo	
21		x	237	006+874	007+111	Viga W	Metálica	Malo	
22	x		224	006+887	007+111	Viga W	Metálica	Malo	
23		x	181	007+475	007+656	Viga W	Metálica	Regular	
24	x		186	007+478	007+664	Viga W	Metálica	Regular	
25		x	120	008+270	008+390	Viga W	Metálica	Malo	
26	x		30	008+866	008+896	Viga W	Metálica	Bueno	
27		x	440	009+070	009+510	Viga W	Metálica	Regular	
28		x	73	010+022	010+095	Viga W	Metálica	Regular	barrera simple

29		x	58	010+608	010+666	Viga W	Metálica	Regular	barrera simple
30		x	161	010+668	010+829	Viga W	Metálica	Malo	
31	x		79	010+953	011+032	Viga W	Metálica	Bueno	
32		x	52	011+231	011+283	Viga W	Metálica	Bueno	
33		x	57	011+541	011+598	Viga W	Metálica	Bueno	
34		x	213	011+656	011+869	Viga W	Metálica	Bueno	
35		x	66	011+904	011+970	Viga W	Metálica	Bueno	
36		x	266	012+084	012+350	Viga W	Metálica	Bueno	
37		x	101	012+813	012+914	Viga W	Metálica	Bueno	
38	x		101	012+813	012+914	Viga W	Metálica	Regular	
39		x	120	014+513	014+633	Viga W	Metálica	Regular	
40		x	120	014+513	014+633	Viga W	Metálica	Regular	
41		x	64	014+888	014+952	Viga W	Metálica	Regular	
42		x	164	015+586	015+750	Viga W	Metálica	Malo	barrera simple
43	x		40	015+692	015+732	Viga W	Metálica	Regular	
44		x	15	015+863	015+878	Viga W	Metálica	Regular	barrera simple
45		x	25	015+876	015+901	New Jersey	Concreto	Regular	
46	x		71	016+029	016+100	Viga W	Metálica	Malo	barrera simple
47		x	177	016+208	016+385	Viga W	Metálica	Malo	barrera simple
48	x		180	016+208	016+388	Viga W	Metálica	Malo	barrera simple
49	x		116	016+866	016+982	Viga W	Metálica	Regular	
50		x	224	017+141	017+365	Viga W	Metálica	Malo	
51		x	215	017+904	018+119	Viga W	Metálica	Bueno	
52	x		173	019+211	019+384	Viga W	Metálica	Regular	
53		x	129	019+737	019+866	Viga W	Metálica	Bueno	
54	x		133	019+736	019+869	Viga W	Metálica	Bueno	
55	x		122	019+999	020+121	Viga W	Metálica	Regular	
56		x	158	021+078	021+236	Viga W	Metálica	Bueno	
57		x	34	021+559	021+593	Viga W	Metálica	Malo	
58	x		146	021+675	021+821	Viga W	Metálica	Regular	
59		x	49	021+976	022+025	Viga W	Metálica	Malo	barrera simple
60	x		23	022+265	022+288	Viga W	Metálica	Bueno	barrera simple
61		x	107	022+782	022+889	Viga W	Metálica	Bueno	
62	x		218	023+126	023+344	Viga W	Metálica	Bueno	
63	x		49	023+415	023+464	Viga W	Metálica	Regular	
64		x	56	023+511	023+567	Viga W	Metálica	Bueno	
65		x	56	023+695	023+751	Viga W	Metálica	Malo	
66	x		102	023+818	023+920	Viga W	Metálica	Regular	
67		x	82	023+981	024+063	Viga W	Metálica	Malo	
68		x	151	024+330	024+481	Viga W	Metálica	Malo	

69		x	71	024+874	024+945	Viga W	Metálica	Malo	Caseta tranca
70		x	135	025+474	025+609	Viga W	Metálica	Malo	
71	x		93	025+554	025+647	Viga W	Metálica	Malo	
72	x		358	025+704	026+062	Viga W	Metálica	Malo	
73	x		120	026+016	026+136	Viga W	Metálica	Malo	
74		x	63	026+297	026+360	Viga W	Metálica	Malo	
75	x		80	026+416	026+496	Viga W	Metálica	Malo	
76	x		113	026+590	026+703	Viga W	Metálica	Regular	
77	x		143	027+009	027+152	Viga W	Metálica	Malo	
78	x		73	027+170	027+243	Viga W	Metálica	Malo	Final subida
79		x	45	028+078	028+123	Viga W	Metálica	Malo	
80	x		47	028+076	028+123	Viga W	Metálica	Regular	
81		x	39	028+136	028+175	Viga W	Metálica	Bueno	
82	x		39	028+136	028+175	Viga W	Metálica	Bueno	
83		x	20	028+401	028+421	Viga W	Metálica	Malo	
84	x		20	028+401	028+421	Viga W	Metálica	Malo	
85		x	255	028+516	028+771	Viga W	Metálica	Malo	
86	x		188	028+516	028+704	Viga W	Metálica	Malo	
87		x	88	028+779	028+867	Viga W	Metálica	Malo	
88	x		142	029+395	029+537	Viga W	Metálica	Malo	
89		x	21	030+916	030+937	Viga W	Metálica	Regular	
90	x		17	030+920	030+937	Viga W	Metálica	Regular	
91		x	20	030+969	030+989	Viga W	Metálica	Bueno	
92	x		11	030+969	030+980	Viga W	Metálica	Malo	
93		x	262	031+343	031+605	Viga W	Metálica	Regular	
94	x		58	031+953	032+011	Viga W	Metálica	Regular	

Fuente: Elaboración propia

Para la identificación y caracterización de las barreras de contención ya existentes en el tramo se realizó una inspección en el lugar tomando como punto de referencia el túnel falda la Queñua para ello se utilizó equipos del laboratorio de topografía siendo un GPS y la wincha los seleccionados ya que al ser un tramo muy amplio y teniendo en cuenta que había que evaluar más de 34 km de carretera una Estación total que si bien es el equipo más preciso y que arroja resultados más confiables hubiera sido la mejor opción pero también hubiera sido la más morosa y por eso se escogió el GPS ya que nos da el mismo resultado con menos precisión y la wincha se usó para medir la longitud de las barreras de contención.

Se clasifico a las barreras ya existentes según el carril en el que se encontraban, el tipo de barrera, el material que está hecho y su estado; en la clasificación del estado se tomó 3 estados

- Bueno: las barreras que se encuentran instaladas correctamente que no cuentan con deformaciones en la forma de la barrera ni hendiduras a lo largo de la estructura.
- Regular: las barreras que cuentan con una instalación correcta, pero tienen algunas deformaciones o hendiduras, pero no afectan al funcionamiento y el objetivo de la barrera
- Malo: las barreras que se encuentran mal instaladas y tienen hendiduras y deformaciones y afectan al funcionamiento y objetivo de la barrera

Cabe recalcar que las barreras denominadas en estado malo son barreras que necesitan ser retiradas y cambiadas por unas nuevas ya que según norma cualquier barrera que cuente con deformaciones que afecten el bien funcionamiento de la barrera necesitan ser remplazadas para más fotos y referencias dirigirse a anexos.

### **3.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN**

Las barreras de contención identificadas en el tramo se dan de la siguiente manera:

De las 94 barreras existentes 42 pertenecen al carril 1 que se designó al carril Cruce el rancho - Tunes Falda la Queñua de estas la barrera más larga cuenta con 358 m. de longitud y se encuentra entre las progresivas 025+704 y 026+062 y la más corta cuenta con 11 m. y se encuentra dentro de las progresivas 030+969 y 030+980. Esta diferencia se da debido a la longitud de las zonas de riesgo, así mismo para el carril 2 que va del Túnel Falda la Queñua-Cruce el Rancho son 52 barras a lo largo del tramo siendo la más larga la barrera de la progresiva 009+070 a 009+510 con una longitud de 440 m. y la barrera más corta cuenta con 11 m. de longitud y está en las progresivas 003+678 y 003+689.

Se observo que el tramo tiene casi en toda su totalidad barreras metálicas siendo la única excepción una barrera de concreto tipo New Jersey en la progresiva 015+876 y 015+901 con una longitud de 25 m. teniendo la particularidad de ser esta superpuesta con otra

barrera metálica en las progresivas 015+863 y 015+878 de 15 m. de longitud donde se traslapan por 2 m.

Así mismo se clasifico a 31 barreras en estado bueno de las cuales la mayoría se encuentra al principio del tramo seguida de 29 barreras en estado regular si bien son barreras que siguen cumpliendo su función estas tienen pequeñas fallas en su estructura y por último se clasifico a 34 barreras en estado malo ya que estas se encuentran totalmente deformadas o ya cumplieron su función y no fueron reemplazadas se encuentran más que todo al final del tramo.

Tabla 3.16 Reporte de las barreras

Reporte	
Barreras	Numero
Carril 1	42
Carril 2	52
Tipo Viga W	93
Tipo New Jersey	1
Estado Bueno	31
Estado Regular	29
Estado Malo	34
Barreras Simples	9
Barreras Dobles	85

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran fotografías de las barreras y su estado asignado

Imagen 3.5 Barreras en buen estado



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.6 Barreras en mal estado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede evidenciar las barreras en estado malo necesitan ser reemplazadas porque generan un peligro en la carretera ya que su estado las hace más propensas a generar prejuicios que si no hubiera ninguna. En la parte de anexos se pueden observar más fotos e ilustraciones.

### **3.7 SELECCIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN**

Una vez teniendo las barreras ya existentes y caracterizadas según los parámetros ya antes mencionados se comenzará a realizar una disposición ideal en la carretera tomando

en cuenta la planilla de las zonas de potencial riesgo, los volúmenes de tráfico tomados en el tramo y demás datos que sean necesarios según normas.

### 3.8 UBICACIÓN DE LA BARRERA DE CONTENCIÓN SELECCIONADA

Según la identificación de las zonas de riesgo se tomará cada tramo identificado ya que éstas representan según la norma tramos con inseguridad vial y deben contar con barreras de contención para atenuar los posibles accidentes de tránsito. Se pudo observar que en el tramo son muy pocas las zonas de riesgo que no fueron consideradas para la colocación de las barreras de contención y si bien estas zonas representan un riesgo menor o leve y especulando puede ser que las hayan descartado por presupuesto ya que la norma dice que las zonas que cuentan con un riesgo de accidente leve pueden ser descartadas a criterio del proyectista, al ser esta una disposición ideal se tomaran todas las zonas teniendo la siguiente disposición

Tabla 3.17 Disposición ideal de las barreras de contención

Disposición ideal de las barreras de contención

N	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	Longitud (m)	Progresivas		Tipo	Material
1	x		25	002+025	002+050	Viga W	Metálica
2	x		41	002+178	002+219	Viga W	Metálica
3	x		71	002+764	002+835	Viga W	Metálica
4	x		96	003+330	003+426	Viga W	Metálica
5	x		45	003+476	003+521	Viga W	Metálica
6	x		221	003+593	003+814	Viga W	Metálica
7		x	11	003+678	003+689	Viga W	Metálica
8		x	65	003+698	003+763	Viga W	Metálica
9	x		21	003+925	003+946	Viga W	Metálica
10		x	60	004+340	004+400	Viga W	Metálica
11		x	101	004+446	004+547	Viga W	Metálica
12		x	49	004+631	004+680	Viga W	Metálica
13		x	281	004+700	004+981	Viga W	Metálica
14	x		40	005+100	005+140	Viga W	Metálica
15		x	37	005+131	005+168	Viga W	Metálica
16	x		140	005+220	005+360	Viga W	Metálica
17		x	40	005+453	005+493	Viga W	Metálica
18		x	142	005+614	005+756	Viga W	Metálica

19		x	139	005+935	006+074	Viga W	Metálica
20	x		17	006+193	006+210	Viga W	Metálica
21	x		295	006+213	006+508	Viga W	Metálica
22		x	68	006+553	006+621	Viga W	Metálica
23	x		35	006+775	006+810	Viga W	Metálica
24		x	237	006+874	007+111	Viga W	Metálica
25	x		224	006+887	007+111	Viga W	Metálica
26		x	181	007+475	007+656	Viga W	Metálica
27	x		186	007+478	007+664	Viga W	Metálica
28		x	120	008+270	008+390	Viga W	Metálica
29	x		30	008+866	008+896	Viga W	Metálica
30		x	440	009+070	009+510	Viga W	Metálica
31		x	73	010+022	010+095	Viga W	Metálica
32		x	58	010+608	010+666	Viga W	Metálica
33		x	161	010+668	010+829	Viga W	Metálica
34	x		79	010+953	011+032	Viga W	Metálica
35		x	52	011+231	011+283	Viga W	Metálica
36		x	57	011+541	011+598	Viga W	Metálica
37		x	213	011+656	011+869	Viga W	Metálica
38		x	66	011+904	011+970	Viga W	Metálica
39		x	266	012+084	012+350	Viga W	Metálica
40		x	101	012+813	012+914	Viga W	Metálica
41	x		101	012+813	012+914	Viga W	Metálica
42		x	120	014+513	014+633	Viga W	Metálica
43		x	120	014+513	014+633	Viga W	Metálica
44		x	64	014+888	014+952	Viga W	Metálica
45		x	164	015+586	015+750	Viga W	Metálica
46	x		40	015+692	015+732	Viga W	Metálica
47		x	15	015+863	015+878	Viga W	Metálica
48		x	23	015+878	015+901	Viga W	Metálica
49	x		71	016+029	016+100	Viga W	Metálica
50		x	177	016+208	016+385	Viga W	Metálica
51	x		180	016+208	016+388	Viga W	Metálica
52	x		116	016+866	016+982	Viga W	Metálica
53		x	224	017+141	017+365	Viga W	Metálica
54		x	215	017+904	018+119	Viga W	Metálica
55	x		173	019+211	019+384	Viga W	Metálica
56		x	129	019+737	019+866	Viga W	Metálica
57	x		133	019+736	019+869	Viga W	Metálica
58	x		122	019+999	020+121	Viga W	Metálica
59		x	158	021+078	021+236	Viga W	Metálica
60		x	34	021+559	021+593	Viga W	Metálica
61	x		146	021+675	021+821	Viga W	Metálica
62		x	49	021+976	022+025	Viga W	Metálica
63	x		23	022+265	022+288	Viga W	Metálica

64		x	107	022+782	022+889	Viga W	Metálica
65	x		218	023+126	023+344	Viga W	Metálica
66	x		49	023+415	023+464	Viga W	Metálica
67		x	56	023+511	023+567	Viga W	Metálica
68		x	56	023+695	023+751	Viga W	Metálica
69	x		102	023+818	023+920	Viga W	Metálica
70		x	82	023+981	024+063	Viga W	Metálica
71		x	151	024+330	024+481	Viga W	Metálica
72		x	71	024+874	024+945	Viga W	Metálica
73		x	135	025+474	025+609	Viga W	Metálica
74	x		93	025+554	025+647	Viga W	Metálica
75	x		358	025+704	026+062	Viga W	Metálica
76	x		120	026+016	026+136	Viga W	Metálica
77		x	63	026+297	026+360	Viga W	Metálica
78	x		80	026+416	026+496	Viga W	Metálica
79	x		113	026+590	026+703	Viga W	Metálica
80	x		143	027+009	027+152	Viga W	Metálica
81	x		73	027+170	027+243	Viga W	Metálica
82		x	45	028+078	028+123	Viga W	Metálica
83	x		47	028+076	028+123	Viga W	Metálica
84		x	39	028+136	028+175	Viga W	Metálica
85	x		39	028+136	028+175	Viga W	Metálica
86		x	20	028+401	028+421	Viga W	Metálica
87	x		20	028+401	028+421	Viga W	Metálica
88		x	255	028+516	028+771	Viga W	Metálica
89	x		188	028+516	028+704	Viga W	Metálica
90		x	88	028+779	028+867	Viga W	Metálica
91	x		142	029+395	029+537	Viga W	Metálica
92		x	21	030+916	030+937	Viga W	Metálica
93	x		17	030+920	030+937	Viga W	Metálica
94		x	20	030+969	030+989	Viga W	Metálica
95	x		11	030+969	030+980	Viga W	Metálica
96		x	262	031+343	031+605	Viga W	Metálica
97	x		58	031+953	032+011	Viga W	Metálica

Fuente: Elaboración propia

Esta disposición a comparación de la disposición real toma en cuenta 3 zonas de riesgo leve siendo los tramos 004+340 a 004+400 con una longitud de 70 m y va del del túnel al cruce el rancho y dos tramos que van del cruce el rancho hacia el túnel siendo las progresivas 005+100 a 005+140 siendo una longitud de 40 m. y la segunda de 006+775 a 006+810 siendo 35 m. la longitud y viendo un tramo el cual necesita más longitud de barrera que es el tramo 005 + 220 a 005+360 siendo una longitud de 140 m. a

comparación de los 37 m. de barreras que tiene la disposición real de 005+291 a 005+328 según su progresiva. Siendo en total 97 barreras a lo largo del tramo todas siendo barreras de contención metálicas.

### 3.8.1 Ubicación de las barreras de riesgo muy grave

Para tener una ubicación precisa de las barreras de contención en los puntos más críticos de la zona de riesgo como ser las zonas muy graves se realizó una geolocalización que se expresó en la siguiente tabla

Tabla 3.18 Geolocalización de las barreras de contención muy graves

N	Longitud (m)	Progresivas		Coordenadas			
				Inicio	Final	Inicio	Final
1	142	005+614	005+756	301844.00 m E	7632570.00 m S	301938.00 m E	7632642.00 m S
2	17	006+193	006+210	302191.00 m E	7632926.00 m S	302203.00 m E	7632939.00 m S
3	295	006+213	006+508	302208.00 m E	7632942.00 m S	302308.00 m E	7632845.00 m S
4	262	031+343	031+605	318067.00 m E	7628579.00 m S	318328.00 m E	7628521.00 m S
5	58	031+953	032+011	318346.00 m E	7628531.00 m S	318402.00 m E	7628517.00 m S

Fuente: Elaboración propia

Se realizo la referencia de los puntos donde empiezan y terminan las berreras de alto riesgo ya que son las zonas donde si se llegara a suscitarse un accidente, por el tipo de obstáculos, elementos o situaciones que tiene el tramo las consecuencias llegarían a ser fatales. Si bien en todo el tramo carretero contamos con 97 barreras solo son 5 las barreras muy graves de las cuales 2 de ellas superan los 200 metros, 1 supera los 100 metros y 2 están por debajo de los 60 metros, dándonos una longitud total de 774 metros de barrera

### 3.9 DISEÑO PRELIMINAR SEGÚN NORMA

#### 3.9.1 Nivel de contención

Para la selección del nivel de contención se utilizó la tabla número 6 de la norma española con los datos ya recolectados se llevó a la siguiente disposición del nivel de contención, tomando en cuenta la información del riesgo de accidente y la intensidad media de vehículos pesados por sentido. Llegando a la siguiente conclusión

Tabla 3.19 Selección del nivel de contención recomendado para barreras de seguridad metálicas 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
Gave	Alta	$IMD_p \geq 5.000$	H2 - H1
		$400 \leq IMD_p \leq 5.000$	H1
		$IMD_p < 400$	H1 - N2
Normal	Normal		H1 - N2

Fuente: Norma Española

Tabla 3.20 Selección del nivel de contención para barreras de seguridad metálicas según el riesgo de accidente

Riesgo de Accidente	Numero de barreras	IMD	Nivel de contención Asignado
Muy Grave	5	2601	H1
Grave	24	2601	N2
Normal	68	2601	N2

Fuente: Elaboración propia

Al tomar en cuenta todos los aspectos de los datos tomados y los que se tenían en tabla se llegó a la conclusión que la mejor disposición para el nivel de contención sería asignar a los riesgos de accidente muy grave el nivel de contención H1 ya que es el más apropiado para las 5 barreras y tomar el resto de barreras de riesgo grave y normal un nivel de contención y N2 ya que la intensidad de vehículos pesados sigue siendo alta y supera los 400 vehículos si bien en el riesgo de accidente normal se podría asignar el nivel de contención N1 es preferible utilizar el nivel N2 porque nos da una mayor

protección y se busca la seguridad vial. Si bien se dispararía el coste de las barreras esta es una disposición ideal.

### **3.9.2 Ancho de trabajo y deflexión dinámica**

El comportamiento de una barrera de seguridad metálica viene caracterizado, además de su nivel de contención, por el desplazamiento transversal que alcanza el dispositivo durante el impacto. En los ensayos de impacto con vehículos definidos en la norma UNE-EN 1317, el desplazamiento transversal se determina mediante los parámetros de deflexión dinámica (D) y anchura de trabajo (W), producidos durante el choque del vehículo con la barrera de seguridad metálica.

La deflexión dinámica es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próxima al tráfico y la anchura de trabajo es la distancia entre la cara más próxima al tráfico antes del impacto y la posición lateral más alejada que durante el choque alcanza cualquier parte esencial del conjunto del sistema de contención y el vehículo.

La importancia de la deflexión dinámica y de la anchura de trabajo radica en que estos dos parámetros determinarán las condiciones de instalación para cada sistema de barrera de seguridad metálica, pues guardan relación con las distancias mínimas a establecer delante de los obstáculos y desniveles para permitir que el sistema funcione adecuadamente en caso de impacto.

Cuando una barrera de seguridad metálica tenga por objeto proteger al vehículo del impacto con un obstáculo, se seleccionará la clase de anchura de trabajo de la barrera de seguridad metálica a disponer en los márgenes de la carretera, para lo cual se tendrá en cuenta lo establecido en la tabla 7 en función de la distancia transversal al obstáculo a proteger (do). La clase de anchura de trabajo deberá ser alguna de las indicadas en la citada tabla.

Tabla 3.21 Clase de anchura de trabajo

Distancia al obstáculo $d_o$ (m)	Clase de anchura de trabajo necesaria
$d_o \leq 0,6$	W1
$0,6 \leq d_o \leq 0,8$	W2 a W1
$0,8 \leq d_o \leq 1,0$	W3 a W1
$1,0 \leq d_o \leq 1,3$	W4 a W1
$1,3 \leq d_o \leq 1,7$	W5 a W1
$1,7 \leq d_o \leq 2,1$	W7 a W1
$2,1 \leq d_o$	W7 a W8

Fuente: Norma española

Para esta disposición se utilizó una distancia al obstáculo de 0.5 m que según en tabla sería una anchura necesaria de trabajo de W5 esta clase de trabajo se utilizara para todas las barreras ya que entre el obstáculo y la disposición de las barreras de 1 metro de distancia es la mejor opción y al ser un tramo muy largo se uniforma el tramo

### 3.9.3 Índice de severidad aceptable

A efectos de seleccionar el índice de severidad de las barreras de seguridad metálicas, serán preferibles, a igualdad de contención y desplazamiento transversal durante el impacto, las de índice de severidad A sobre las del B. No se admitirá el empleo de barreras de seguridad metálicas de severidad C ( $1,4 < ASI \leq 1,9$ ), salvo casos excepcionales que se justifiquen adecuadamente y requiriéndose autorización expresa de la Dirección General de Carreteras, que deberá solicitarse para cada obra o actuación concreta.

Tabla 3.22 Índice de severidad del impacto

Índice de severidad del impacto	valores de los indicadores		
	ASI	THIV (km/h)	PHD (g*)
A	$ASI \leq 1,0$	$\leq 33$	$\leq 20$
B	$1,0 \leq ASI \leq 1,4$	$\leq 33$	$\leq 20$
C	$1,4 \leq ASI \leq 1,9$	$\leq 33$	$\leq 20$

Fuente: Norma Española

Por este efecto se tomará un índice de severidad de impacto tipo A ya que es más recomendado por la norma por ende es el que se utilizara

### 3.9.4 Geometría preliminar de las barreras de contención

La distancia máxima entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera se tomarán de acuerdo a la tabla 8 de la norma española siendo esta de 0.5 metros ya que la velocidad de proyecto es de 40 km/h y el número de carriles por calzada es 2

Tabla 3.23 Máxima distancia entre el pavimento y una barrera

Número de carriles por calzada	Velocidad de proyecto Vp (km/h)					
	50	60	70	90	100	120
1	1,5	2,8	4,5	7,5	11,0	16,8
2	0,5	0,5	1,0	4,0	7,5	13,3
3	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	9,8
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3

Fuente: Norma Española

Disposición longitudinal. - Las barreras de seguridad metálicas se situarán como norma general paralelas al eje de la carretera (aunque en curvas se podrán adoptar otras disposiciones para reducir el ángulo de impacto), de forma que intercepten la trayectoria de los vehículos fuera de control que, de no estar aquellas, llegarían a alcanzar los desniveles u obstáculos.

Anticipación del comienzo. – Como se recomienda en la norma española se tiene que tener una anticipación de la longitud antes de llegar a la zona de riesgo o a la zona de obstáculo sin embargo la norma toma un nivel de longitud mínima muy grande por lo cual se contempló en la identificación de las zonas de riesgo.

Tabla 3.24 longitud mínima

Velocidad de proyecto (km/h)	Longitud mínima (m)
≤70	28
70 a 100	48
>100	60

Fuente: Norma Española

Disposición transversal. - Distancias al borde de calzada Las barreras de seguridad metálicas se colocarán siempre fuera del arcén de la carretera y cuando la anchura de este sea inferior a 0,50 m o no haya arcén, la barrera de seguridad metálica se colocará a una distancia transversal del borde de la calzada de, al menos, 0,50 m. Se recomienda,

en cualquier caso, colocar las barreras de seguridad metálicas siempre que sea posible separadas del borde pavimentado, sin rebasar las distancias máximas

Disposición en altura. - Siempre que se instalen, se repongan o sea necesario recrecer las barreras de seguridad metálicas, la altura de la parte superior del sistema será la definida en los ensayos, según la norma UNE EN 1317. Si la distancia de esta al borde de la calzada no excede de 2 m, la altura de su parte superior la definirá un plano paralelo a la superficie del arcén y que pase por el extremo superior de la barrera de seguridad metálica; en los demás casos se referirá al terreno, en que esté colocada, a 0,5 m de la cara delantera de la barrera de seguridad metálica

Cimentación. - La maquinaria a emplear para la cimentación por hinca cumplirá las condiciones que se definen en la norma UNE 135124. Se considerará que la resistencia del terreno es adecuada si se cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- a) La fuerza que produce un desplazamiento  $L$  de su punto de aplicación igual a 25 cm es superior a 8 kN.
- b) Para un desplazamiento  $L$  del punto de aplicación de la fuerza igual a 45 cm, el del poste a nivel del terreno ( $L_0$ ), es inferior a 15 cm.

Si no se cumpliese alguna de las dos condiciones anteriores (resistencia insuficiente del terreno), se cajeará a lo largo de la línea de cimentación de los postes, en una anchura de 50 cm y una profundidad de 15 cm; dicho cajeo se rellenará con hormigón HA25, disponiendo una armadura de 4 diámetro 12, con cercos diámetro 8 cada 50 cm. Se dejarán cajetines cuadrados, de 20 cm de lado, en el centro de la viga armada así formada, para hincar los postes a través de ellos. Se dispondrán juntas transversales de hormigonado a intervalos de 12 m, en correspondencia con un cuarto de una valla. Los cajetines se rellenarán de arena con una capa superior impermeabilizante.

En terrenos duros no aptos para la hinca, el poste se alojará en un taladro de diámetro adecuado (140 mm para C120 y poste tubular) y 500 mm de profundidad mínima. Este taladro podrá ser obtenido por perforación en macizos pétreos, o moldeando un tubo en un macizo cúbico de hormigón HM25, de 50 cm de lado, en los demás casos. El poste se

ajustará con cuñas y los huecos se rellenarán con arena con una capa superior impermeabilizante, y en ningún caso con hormigón.

Extremos. Los extremos de la barrera de seguridad serán de manera simple y con terminación en punta según la norma lo indica con una separación de 2 metros

### 3.9.5 Análisis de eficiencia

En resumen, las barreras seleccionadas se darán de la siguiente disposición y modelo según se clasifica en informa la norma española

Tabla 3.25 Barreras a utilizar y su modelo

Riesgo de Accidente	Numero de barreras	Nivel de contención Asignado	Modelo de Barrera	Ancho de trabajo	Deflexión dinámica	Índice de severidad
Muy Grave	5	H1	BMSNC2/C	W5	1.1	A
Grave	24	N2	BMSNA2/C	W4	1.1	A
Normal	68	N2	BMSNA2/C	W4	1.1	A

Fuente: Elaboración propia

El análisis de eficiencia de las barreras se tomará con la ayuda del programa LS-DYNA tomando en cuenta la seguridad vial ya que la norma exige una colisión que asegure que las barreras sean probadas y que comprueben su efectividad en la seguridad vial

### 3.9.6 Velocidad Aceptable

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 siguiente tabla.

Tabla 3.26 Características de los ensayos de impacto

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	15,000	80	20
N2	TB32	Ligero	15,000	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 no articulado	38,000	65	20
	TB11*	Ligero	900	100	20

\* el ensayo TB11 tiene por objetivo verificar que la satisfacción del nivel de contención es compatible con la seguridad de los ocupantes de este tipo de vehículos

Fuente: Norma Española

Para la realización de las pruebas de colisión se tomará una muestra para realizar los ensayos de esta manera se tomó las 97 barreras colocadas como una población un nivel de confianza del 95%, siendo el tipo de población finita y con un muestreo estratégico para medias proporcionales siendo la mejor opción

Donde:  $N = 97$        $\sigma^2 = 0.1$        $Z = 1.96$        $e = 0.05$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N \left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N}}$$

Tabla 3.27 Numero de pruebas de colisión a realizar

Riesgo de accidente	Nivel de contención	Numero de barreras	$\Sigma^2$	$Ni\sigma^2$	Fi	Ni	Fa
Muy grave	H1	5	0.1	0.5	0.05	2	2
Grave	N2	24	0.1	2.4	0.25	9	2
Normal	N2	68	0.1	6.8	0.70	22	3
						Total	33

Fuente: Elaboración propia

Habiendo hecho los respectivos cálculos para tener resultados confiables y teniendo en cuenta que 33 es el número ideal de pruebas, se pasó a calcular la fracción de afijación llegando una designación de las siguientes barreras siendo igual las seleccionadas las que se muestran en los cuadros de abajo.

Gráfica 3.8 Fracción de afijación y distribución

Barreras seleccionadas para las pruebas de colisión														
Muy grave	Grave					Normal								
	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7
3	4	6	7	8	9	10	9	10	11	12	13	14	15	16
5	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	
	16	17	18	19	20	25	26	27	28	29	30	31	32	
	21	22	23	24	33	34	35	36	37	38	39	40		
						41	42	43	44	45	46	47	48	
						49	50	51	52	53	54	55	56	
						57	58	59	60	61	62	63	64	
						65	66	67	68					

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas de colisión se harán en las siguientes barreras

Tabla 3.28 Disposición de las pruebas de colisión

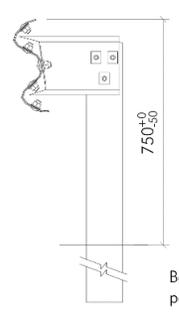
Disposición prueba de colisión de las barreras de contención						
N	Cruce el rancho - falda la Queñua	Falda la Queñua - cruce el rancho	Longitud (m)	Progresivas		Tipo
1	x		221	003+593	003+814	Normal
2		x	65	003+698	003+763	Grave
3		x	60	004+340	004+400	Normal
4	x		40	005+100	005+140	Normal
5		x	40	005+453	005+493	Normal
6	x		17	006+193	006+210	Muy grave
7	x		35	006+775	006+810	Normal
8		x	237	006+874	007+111	Grave
9		x	181	007+475	007+656	Grave
10		x	120	008+270	008+390	Grave
11		x	58	010+608	010+666	Normal
12		x	52	011+231	011+283	Normal
13		x	66	011+904	011+970	Normal
14	x		101	012+813	012+914	Normal
15		x	64	014+888	014+952	Normal
16		x	15	015+863	015+878	Normal
17		x	177	016+208	016+385	Normal
18		x	224	017+141	017+365	Normal
19		x	129	019+737	019+866	Normal
20		x	158	021+078	021+236	Normal
21		x	49	021+976	022+025	Grave
22	x		23	022+265	022+288	Normal
23	x		218	023+126	023+344	Grave
24		x	56	023+695	023+751	Normal
25		x	151	024+330	024+481	Grave
26		x	135	025+474	025+609	Grave
27	x		358	025+704	026+062	Grave
28	x		80	026+416	026+496	Normal
29	x		73	027+170	027+243	Normal
30		x	39	028+136	028+175	Normal
31	x		20	028+401	028+421	Normal
32	x		17	030+920	030+937	Normal
33		x	262	031+343	031+605	Muy grave

Fuente: Elaboración propia

### **3.10 PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DEL DISEÑO PRELIMINAR**

A continuación, se mostrará las planillas presentadas por la norma, la cual indica si las barreras certifican una buena ejecución de prueba. Para observar un mayor detalle de los resultados se encontrarán en anexos

Prueba Numero 1 (Progresiva 003+593 003+814)

Barrera metálica simple: BMSNA2/C		Definición	Ficha 1 de 1
 <p>Barrera metálica simple con postes C-120 cada 2m</p>		Clase y nivel de contención: Normal N2	
		Ancho de Trabajo: W4	
		Deflexión dinámica (m): 1.1	
		Índice de severidad: A	
Empleo e instalación: Barrera de metálica de seguridad de empleo permanente.		Extremos y elementos finales: Abatimiento en 3 vallas y 1 valla	
Materiales (tipo y caracterización): 235 JR según UNE EN 10025 con limitaciones de silicio y fósforo siguientes: Si ≤0.03% y SI + 2.5P ≤ 0.09%		Acero tipo S	
Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación): Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70 μm de espesor y 505gr/m2 de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.			
Observaciones adicionales: Sistema no sujeto a propiedad industrial.			
Caracterización de los ensayos realizados según la UNE-EN 1317			
Ensayo TB32 226-287-BE10		Fecha: 05/04/2022	Ensayo en LS-DYNA
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Ford Scorpio	longitud total ensayada: 221 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.
			NO
Ensayo TB11 226-337-BA02		Fecha: 05/04/2022	Ensayo en LS-DYNA
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Opel Corsa	longitud total ensayada: 221 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.
			NO

Después de haber realizado todas las pruebas se pudo observar que todas cursaron con éxito el choque lo cual nos indica que se dio una buena selección ubicación y colocación.

### **3.11 REDIMENSIONANDO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN**

Tras la primera conclusión de las pruebas de colisión entre vehículo y barrera de contención mediante el programa de simulación explícita LS-DYNA y siendo estas exitosas y satisfactorias en cuanto al punto de vista de la seguridad vial que es el tema importante a tratar en la realización de este proyecto no es necesario un redimensionamiento en el tramo. Ya que al realizarse la prueba a nuestra muestra de la población y esta ser significativa para todo el tramo no se necesita realizar más pruebas ni tampoco hacer un cambio de modelo o nada que afecte a la colocación y disposición que tiene ahora las barreras de contención

### **3.12 DISEÑO FINAL DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN SEGÚN NORMA**

#### **3.12.1 Nivel de contención**

El nivel de contención para las barreras a lo largo de Tramo es de clase normal y alto según la norma y la disposición de le dimos siendo 5 de las 97 barreras de contención tipo H1 alta y el resto siendo N2 Normal, dando la satisfacción al vehículo y usuario en todo el tramo en caso de impacto

#### **3.12.2 Ancho de trabajo**

El ancho de trabajo de las barreras de contención a lo largo del tramo es de W4 para el modelo BMSNA2/C estando en el rango de 1 a 1.3 y W5 BMSNC2/C en el rango 1.3 a 1.7 metros para los 2 tipos de modelo con el que contamos en el tramo

#### **3.12.3 Índice de severidad aceptable**

Los índices de severidad que tenemos para los dos modelos de barreras de contención a lo largo del tramo son de tipo A lo cual nos indica que el índice de severidad de la aceleración ASI debe ser menor o igual a 1, la velocidad de impacto de la cabeza THIV debe ser menor o igual a 33 km/h y la desaceleración de la cabeza tras el choque debe ser menor o igual a 20 aceleración de la gravedad

#### **3.12.4 Velocidad Aceptable**

La velocidad aceptable del impacto es de 100 km/h siendo este el parámetro que se tomó al realizar las pruebas, tomando en cuenta que la velocidad de proyecto es 40 km/h y tras el estudio de velocidad real aplicado en curvas y tramos rectos nos dio que los vehículos ligeros recorren a una velocidad de 70 km/h y los vehículos pesados lo hacen a una velocidad de 43 km/h se puede concluir que los vehículos se encuentran en el rango de velocidad aceptable a impacto.

#### **3.12.5 Análisis de eficiencia**

Tras concluidas las pruebas de colisión y habiendo analizado los resultados podemos concluir que los modelos seleccionados de barreras son suficientes y satisfacen eficientemente con la función a la cual fueron puestas

#### **3.12.6 Geometría final de las barreras de contención**

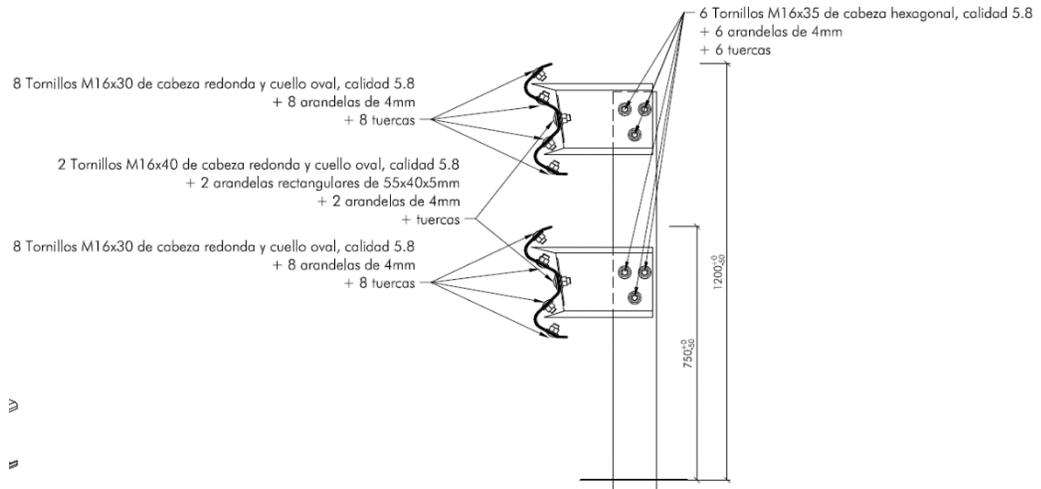
##### **Espesores de los componentes**

Todos los materiales serán Acero C 120 de espesor 3 mm con tornillos M16

Se mostrarán imágenes que indican el espesor y longitud de cada componente para mayor detalle revisar anexos

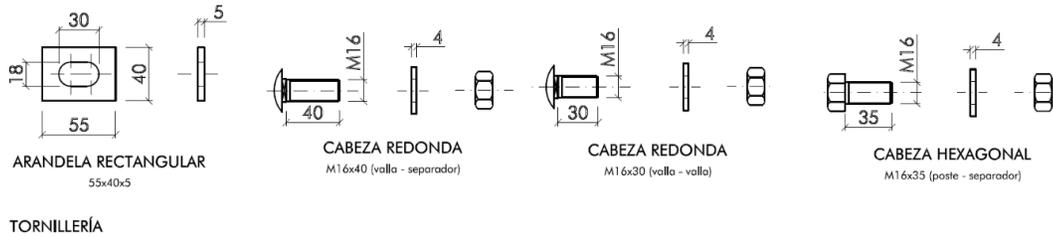
Para el Modelo BMSNA2/C y BMSNC2/C

Imagen 3.7 Espesores de la barrera



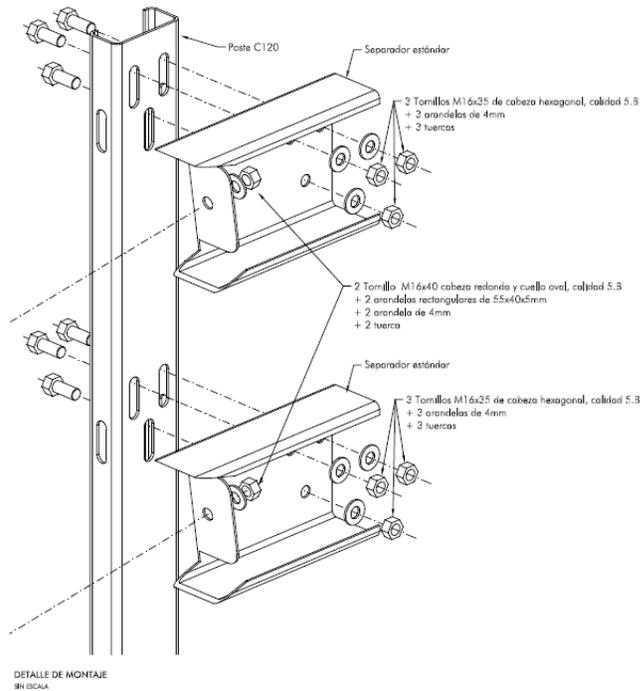
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.8 Tornería



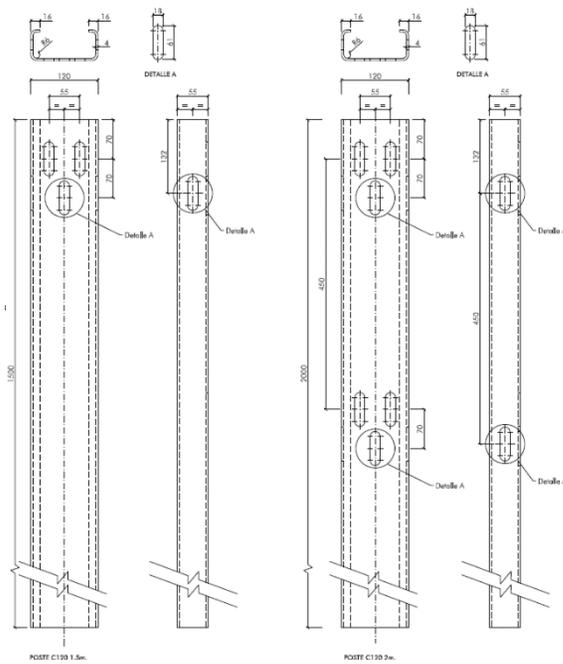
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.9 Detalle de montaje



Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.10 Detalle Postes

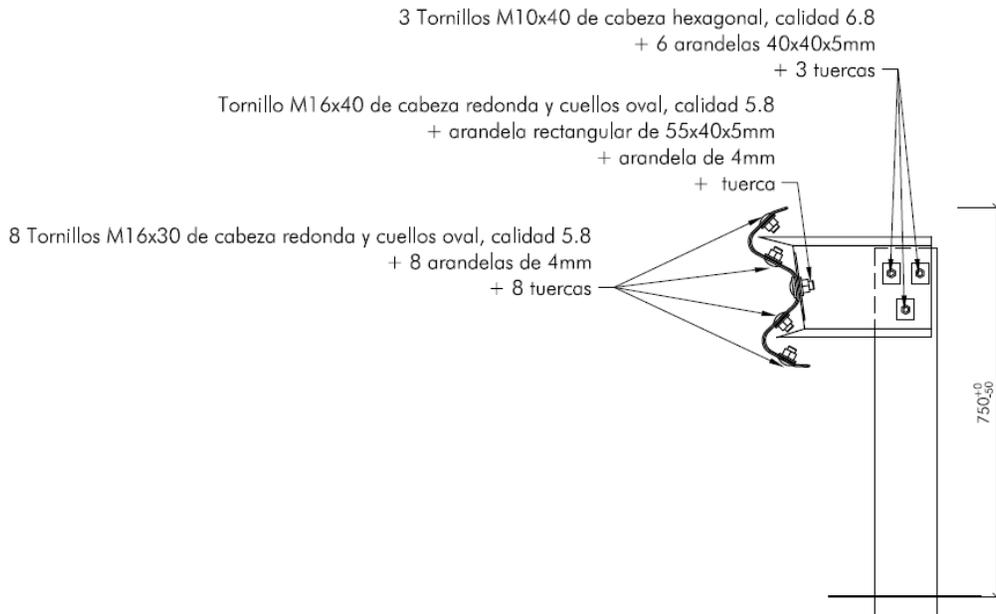


Fuente: Ficha técnica norma Española



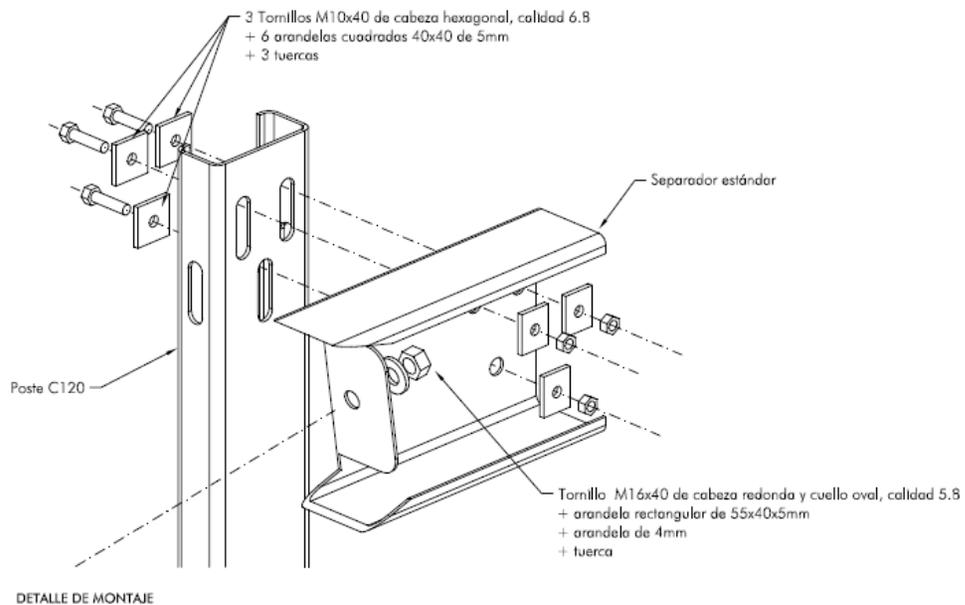
Para el modelo BMSNA2/C

Imagen 3.13 Disposición de barrera



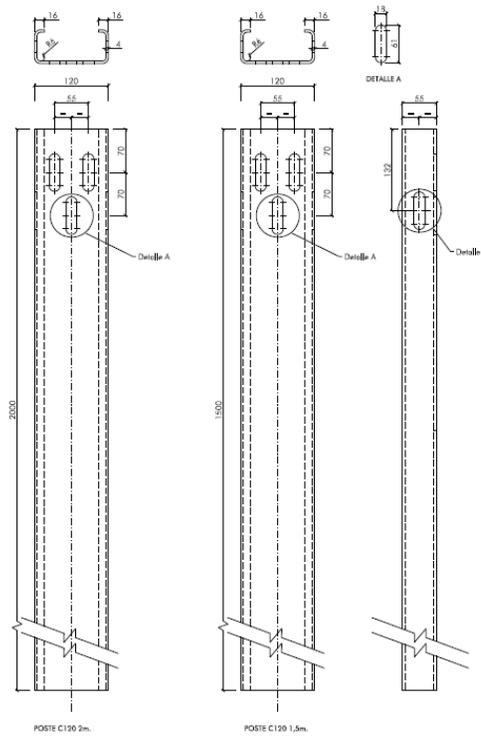
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.14 Detalle de montaje



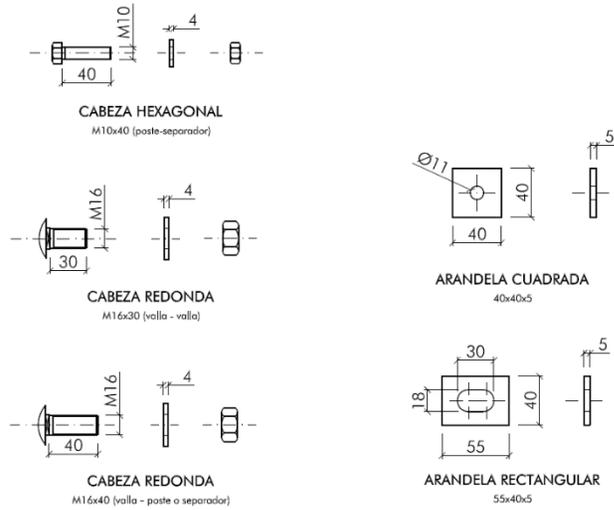
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.15 Postes



Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.16 Tornillería



TORNILLERÍA

Fuente: Ficha técnica norma Española

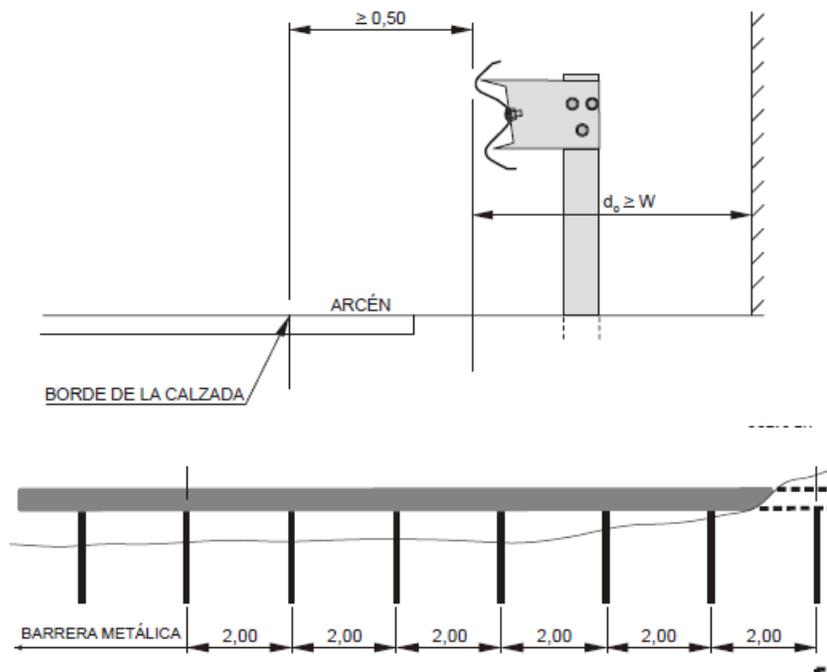
### Materia prima y tolerancias

La materia prima a utilizar es acero estructural C120 en postes viga W metálica de 3 mm de espesor tipo S 235JR con limitaciones de silicio y fósforo siguientes:  $Si \leq 0.03\%$  y  $SI + 2.5P \leq 0.09\%$  Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación): Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70  $\mu\text{m}$  de espesor y 505gr/m<sup>2</sup> de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.

### Distancia optima entre postes

La distancia optima entre postes es de 2 metros para los dos tipos de modelos empleados de barreras y su distancia al borde de calzada es de 0.5 metros tal como se demuestra en la siguiente imagen

Imagen 3.17 Distancia entre postes



Fuente: Norma Española

### Altura de postes

La longitud de postes a instalar ser de 0.75 metros. para el modelo BMSNA2/C teniendo una longitud total de 2 metros Para las barreras de seguridad metálicas ensayadas en un terreno asimilable a una zahorra artificial ZA-20 (artículo 510 del PG-3), compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95% del ensayo Proctor Modificado, con poste tipo C-120 de 2000 mm de longitud, cuyos elementos constituyentes se describen en las normas UNE 125 121, UNE 135 122 y UNE 135 123, los postes se cimentarán por hinca en el terreno. La maquinaria a emplear para la cimentación por hinca cumplirá las condiciones que se definen en la norma UNE 135124. Si no se cumpliese alguna de las dos condiciones anteriores (resistencia insuficiente del terreno), se cajeará a lo largo de la línea de cimentación de los postes, en una anchura de 50 cm y una profundidad de 15 cm; dicho cajeo se rellenará con hormigón HA25, disponiendo una armadura de 4, 12, con cercos 8 cada 50 cm. Se dejarán cajetines cuadrados, de 20 cm de lado, en el centro de la viga armada así formada, para hincar los postes a través de ellos. Se dispondrán juntas transversales de hormigonado a intervalos de 12 m, en correspondencia con un cuarto de una valla. Los cajetines se rellenarán de arena con una capa superior impermeabilizante.

### Longitud a instalar

La longitud a instalar estará dada en la siguiente tabla

Tabla 3.29 Longitud de las barreras de contención

Longitud de las barreras de contención					
N	Cruce el Rancho - Falda la Queñua	Falda la Queñua - Cruce el Rancho	Longitud (m)	Progresivas	
1	x		25	002+025	002+050
2	x		41	002+178	002+219
3	x		71	002+764	002+835
4	x		96	003+330	003+426
5	x		45	003+476	003+521
6	x		221	003+593	003+814
7		x	11	003+678	003+689
8		x	65	003+698	003+763
9	x		21	003+925	003+946
10		x	60	004+340	004+400
11		x	101	004+446	004+547

12		x	49	004+631	004+680
13		x	281	004+700	004+981
14	x		40	005+100	005+140
15		x	37	005+131	005+168
16	x		140	005+220	005+360
17		x	40	005+453	005+493
18		x	142	005+614	005+756
19		x	139	005+935	006+074
20	x		17	006+193	006+210
21	x		295	006+213	006+508
22		x	68	006+553	006+621
23	x		35	006+775	006+810
24		x	237	006+874	007+111
25	x		224	006+887	007+111
26		x	181	007+475	007+656
27	x		186	007+478	007+664
28		x	120	008+270	008+390
29	x		30	008+866	008+896
30		x	440	009+070	009+510
31		x	73	010+022	010+095
32		x	58	010+608	010+666
33		x	161	010+668	010+829
34	x		79	010+953	011+032
35		x	52	011+231	011+283
36		x	57	011+541	011+598
37		x	213	011+656	011+869
38		x	66	011+904	011+970
39		x	266	012+084	012+350
40		x	101	012+813	012+914
41	x		101	012+813	012+914
42		x	120	014+513	014+633
43		x	120	014+513	014+633
44		x	64	014+888	014+952
45		x	164	015+586	015+750
46	x		40	015+692	015+732
47		x	15	015+863	015+878
48		x	23	015+878	015+901
49	x		71	016+029	016+100
50		x	177	016+208	016+385
51	x		180	016+208	016+388
52	x		116	016+866	016+982
53		x	224	017+141	017+365
54		x	215	017+904	018+119
55	x		173	019+211	019+384
56		x	129	019+737	019+866

57	x		133	019+736	019+869
58	x		122	019+999	020+121
59		x	158	021+078	021+236
60		x	34	021+559	021+593
61	x		146	021+675	021+821
62		x	49	021+976	022+025
63	x		23	022+265	022+288
64		x	107	022+782	022+889
65	x		218	023+126	023+344
66	x		49	023+415	023+464
67		x	56	023+511	023+567
68		x	56	023+695	023+751
69	x		102	023+818	023+920
70		x	82	023+981	024+063
71		x	151	024+330	024+481
72		x	71	024+874	024+945
73		x	135	025+474	025+609
74	x		93	025+554	025+647
75	x		358	025+704	026+062
76	x		120	026+016	026+136
77		x	63	026+297	026+360
78	x		80	026+416	026+496
79	x		113	026+590	026+703
80	x		143	027+009	027+152
81	x		73	027+170	027+243
82		x	45	028+078	028+123
83	x		47	028+076	028+123
84		x	39	028+136	028+175
85	x		39	028+136	028+175
86		x	20	028+401	028+421
87	x		20	028+401	028+421
88		x	255	028+516	028+771
89	x		188	028+516	028+704
90		x	88	028+779	028+867
91	x		142	029+395	029+537
92		x	21	030+916	030+937
93	x		17	030+920	030+937
94		x	20	030+969	030+989
95	x		11	030+969	030+980
96		x	262	031+343	031+605
97	x		58	031+953	032+011

Fuente: Elaboración propia

### 3.13 EJECUCIÓN A RESISTENCIA DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN

Si bien los resultados arrojados en el programa LS-DYNA son confiables y nos dan una idea realista de cómo se desarrollaría una simulación de choque en la vida real, se necesita tener una muestra y ensayo en laboratorio para constatar que los resultados son certeros, en anexos se encuentra el procedimiento a detalle del ensayo

#### 3.13.1 Ensayos destructivos de los componentes a pequeña escala en laboratorio

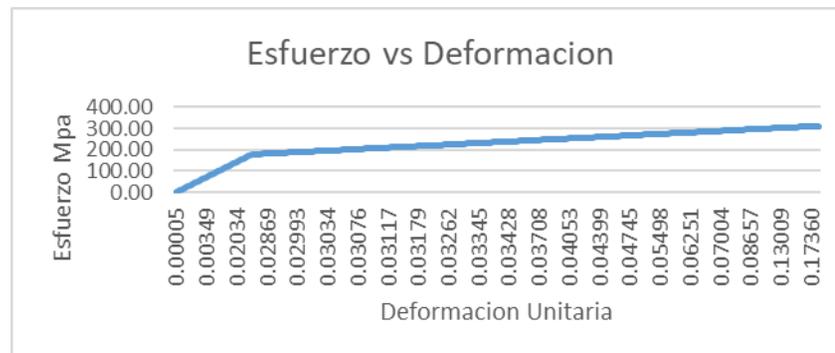
##### Ensayo a tracción viga triple onda

Tabla 3.3 Ensayo a tracción

Ensayo a tracción		
Tabla de datos y resultados		
Material: acero estructural		Procedencia
		Tramo falda la Queñua
Longitud de barra (mm)		Longitud de ensayo (mm)
452		290
Peso de la muestra (gr)	Área transversal de la barrera (mm <sup>2</sup> )	Espesor de la muestra (mm)
400	112.5	3
Longitud final (mm)	Espesor final estricción (mm)	
498	1.75	

Fuente Elaboración propia

Gráfica 3.9 Esfuerzo Des formación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30 Resultados

Resultados				
Esfuerzos (Mpa)	Esfuerzo de proporcionalidad	Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo ultimo	Esfuerzo de rotura
		178.77	198.78	308.44
Módulo de elasticidad (Gpa)		65.2		
Resiliencia		Tenacidad (Mpa)		
1.1		0.0000023		
Longitud final (mm)		$\Delta L$ (mm)		
498		48		
Área de estricción (mm <sup>2</sup> )		56.875		
(% $\Delta$ )		(% de Área)		
9.639		49.44		

Fuente: Elaboración propia

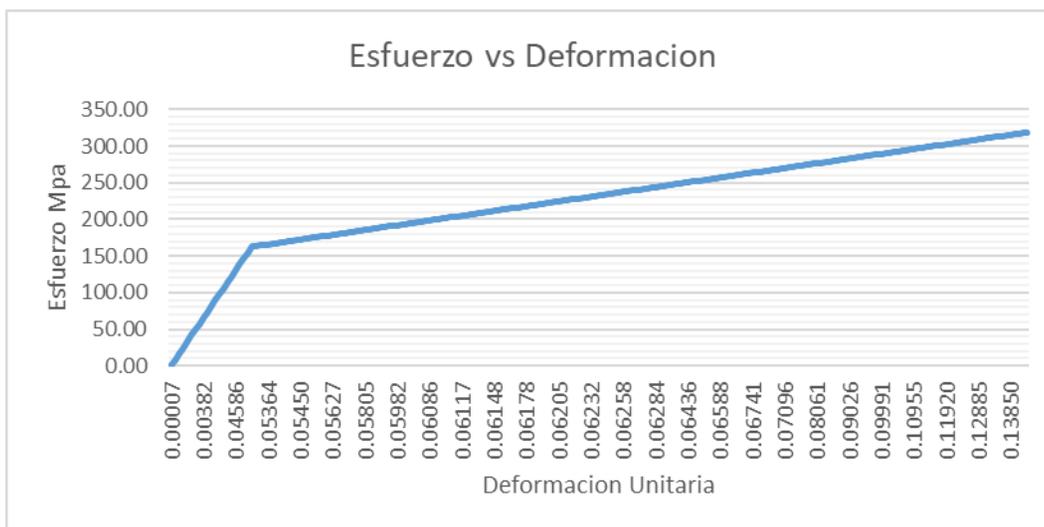
### Ensayo a tracción separador

Tabla 3.31 Ensayo a Tracción

Ensayo a tracción		
Tabla de datos y resultados		
Material: acero estructural	Procedencia	
		Tramo falda la Queñua
Longitud de barra (mm)	Longitud de ensayo (mm)	
455	296	
Peso de la muestra (gr)	Área transversal de la barrera (mm <sup>2</sup> )	Espesor de la muestra (mm)
410	1230	3
Longitud final (mm)	Espesor final estricción (mm)	
508	1.5	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.10 Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32 Resultados

Resultados				
Esfuerzos (Mpa)	Esfuerzo de proporcionalidad	Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo ultimo	Esfuerzo de rotura
		162.8	199.87	310.8
Módulo de elasticidad (Gpa)		65.2		
Resiliencia		Tenacidad (Mpa)		
1.1		0.0000023		
Longitud final (mm)		$\Delta L$ (mm)		
508		5.8		
Área de estricción (mm <sup>2</sup> )		58.625		
(% $\Delta$ )		(% de Área)		
10.000		47.663		

Fuente: Elaboración propia

### **3.13.2 Recopilación de los datos tomados según cada componente**

Después de realizar las respectivas pruebas de tracción a los componentes de la barrera se llegó a determinar que las piezas cumplen con el estándar que pide la Norma, así como son semejantes a los resultados arrojados por el programa ya que se pudo observar que tiene la misma curva de resistencia, lo que nos permite decir que los resultados arrojados son coherentes con la realidad

### **3.14 PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DEL DISEÑO FINAL DE LAS BARRERAS**

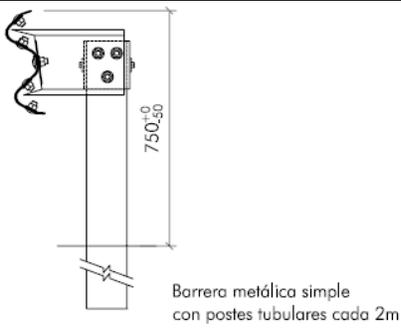
Las pruebas de colisión del diseño final serán las mismas que las del diseño preliminar ya que no se vieron afectadas por un cambio de modelo ya que todas pasaron la prueba exitosamente, por ende, no es necesario una nueva prueba de colisión.

Asimismo, podemos decir que nuestro primer dimensionamiento fue correcto y suficiente para resistir un accidente de tránsito dentro de las normas establecidas y los parámetros que esta nos da. Lo cual nos indica que seguimos un buen criterio e hicimos una buena selección y en caso de no existir las pruebas en LS-DYNA se podría llegar a satisfacer los requisitos que nos pide la seguridad vial solo con seguir los pasos de la norma

### **3.15 PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DE LAS BARRERAS YA EXISTENTES**

A continuación, se mostrará las planillas presentadas por la norma, la cual indica si las barreras certifican una buena ejecución de prueba. Para observar un mayor detalle de los resultados se encontrarán en anexos

Prueba Numero 1 (Progresiva 003+593 003+814)

Barrera metálica simple: BMSNA2/T		Definición	Ficha 1 de 1
		Clase y nivel de contención: Normal N2	
		Ancho de Trabajo: W5	
		Deflexión dinámica (m): 1.3	
		Índice de severidad: A	
Empleo e instalación: Barrera de metálica de seguridad de empleo permanente.		Extremos y elementos finales: Abatimiento en 3 vallas	
Materiales (tipo y caracterización): Acero tipo S 235 JR según UNE EN 10025 con limitaciones de silicio y fosforo siguientes: Si ≤0.03% y SI + 2.5P ≤ 0.09%			
Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación): Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70 μm de espesor y 505gr/m2 de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.			
Observaciones adicionales: Sistema no sujeto a propiedad industrial.			
Caracterización de los ensayos realizados según la UNE-EN 1317			
Ensayo TB32 226-287-BE18	Fecha: 22/04/2022	Ensayo en LS-DYNA	
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Ford Scorpio	longitud total ensayada: 221 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.
			NO
Ensayo TB11 226-287-BA08	Fecha: 22/04/2022	Ensayo en LS-DYNA	
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Opel Corsa	longitud total ensayada: 221 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.
			NO

### **3.16 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN TOMANDO EN CUENTA EL VEHÍCULO MÁS PESADO**

Para esta evaluación se escogió dentro de los vehículos más pesados el vehículo clasificado como flota ya que está dentro del rango y es el vehículo que más tránsito tiene dentro del tramo, sin mencionar que los accidentes de tránsito más graves se dan en este motorizado

#### **3.16.1 Diseño preliminar según norma**

##### **Nivel de contención**

Para la selección del nivel de contención se utilizó la tabla número 28, con los datos ya recolectados se llevó a la siguiente disposición del nivel de contención, tomando en cuenta la información del riesgo de accidente y la intensidad media de vehículos pesados por sentido. Llegando a la siguiente conclusión, teniendo una asignación H2

Al tomar en cuenta todos los aspectos de los datos tomados y los que se tenían en tabla se llegó a la conclusión que la mejor disposición para el nivel de contención sería asignar a los riesgos de accidente muy grave el nivel de contención H1 ya que es el más apropiado.

##### **Ancho de trabajo y deflexión dinámica**

La clase de anchura de trabajo deberá ser alguna de las indicadas en la citada tabla.

Para esta disposición se utilizó una distancia al obstáculo de 0.5 m que según en tabla sería una anchura necesaria de trabajo de W4 esta clase de trabajo se utilizara para todas las barreras ya que entre el obstáculo y la disposición de las barreras de 1 metro de distancia es la mejor opción y al ser un tramo muy largo se uniforma el tramo

##### **Índice de severidad aceptable**

A efectos de seleccionar el índice de severidad de las barreras de seguridad metálicas, serán preferibles, a igualdad de contención y desplazamiento transversal durante el impacto, las de índice de severidad A sobre las de B. No se admitirá el empleo de barreras de seguridad metálicas de severidad C ( $1,4 < ASI \leq 1,9$ ), salvo casos excepcionales que se justifiquen adecuadamente y requiriéndose autorización expresa de

la Dirección General de Carreteras, que deberá solicitarse para cada obra o actuación concreta.

Por este efecto se tomará un índice de severidad de impacto tipo A ya que es más recomendado por la norma por ende es el que se utilizara

### **3.16.2 Geometría preliminar de las barreras de contención**

La distancia máxima entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera se tomarán de acuerdo a la tabla 8 de la norma española siendo esta de 0.5 metros ya que la velocidad de proyecto es de 40 km/h y el número de carriles por calzada es 2 tal como lo muestra en el siguiente cuadro

Disposición longitudinal. - Las barreras de seguridad metálicas se situarán como norma general paralelas al eje de la carretera de forma que intercepten la trayectoria de los vehículos fuera de control que, de no estar aquellas, llegarían a alcanzar los desniveles u obstáculos.

Anticipación del comienzo. – Como se recomienda en la norma española se tiene que tener una anticipación de la longitud antes de llegar a la zona de riesgo o a la zona de obstáculo sin embargo la norma toma un nivel de longitud mínima muy grande por lo cual se contempló en la identificación de las zonas de riesgo.

Disposición transversal. - Distancias al borde de calzada Las barreras de seguridad metálicas se colocarán siempre fuera del arcén de la carretera y cuando la anchura de este sea inferior a 0,50 m o no haya arcén, la barrera de seguridad metálica se colocará a una distancia transversal del borde de la calzada de, al menos, 0,50 m. Se recomienda, en cualquier caso, colocar las barreras de seguridad metálicas siempre que sea posible separadas del borde pavimentado, sin rebasar las distancias máximas

Disposición en altura. - Siempre que se instalen, se repongan o sea necesario recrecer las barreras de seguridad metálicas, la altura de la parte superior del sistema será la definida en los ensayos, según la norma UNE EN 1317. Si la distancia de esta al borde de la calzada no excede de 2 m, la altura de su parte superior la definirá un plano paralelo a la superficie del arcén y que pase por el extremo superior de la barrera de seguridad

metálica; en los demás casos se referirá al terreno, en que esté colocada, a 0,5 m de la cara delantera de la barrera de seguridad metálica

Cimentación. - La maquinaria a emplear para la cimentación por hinca cumplirá las condiciones que se definen en la norma UNE 135124.

Extremos. Los extremos de la barrera de seguridad serán de manera simple y con terminación en punta según la norma lo indica con una separación de 2 metros

### 3.16.3 Análisis de eficiencia

En resumen, las barreras seleccionadas se darán de la siguiente disposición y modelo según se clasifica en la norma española

Tabla 3.33 Barreras a utilizar y su modelo

Riesgo de Accidente	Numero de barreras	Nivel de contención Asignado	Modelo de Barrera	Ancho de trabajo	Deflexión dinámica	Índice de severidad
Muy Grave	1	H2	TVH2W4A-2	W4	1.2	A

Fuente: Elaboración propia

El análisis de eficiencia de las barreras se tomará con la ayuda del programa LS-DYNA tomando en cuenta la seguridad vial ya que la norma exige una colisión que asegure que las barreras sean probadas y que comprueben su efectividad en la seguridad vial

### 3.16.4 Velocidad Aceptable

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 de ensayos en este caso serian de 70 km/h y 100 k/h

### 3.16.5 Prueba de colisión mediante LS-DYNA del diseño preliminar

A continuación, se mostrará las planillas presentadas por la norma, la cual indica si las barreras certifican una buena ejecución de prueba. Para observar un mayor detalle de los resultados se encontrarán en anexos

Prueba Numero 1 (Progresiva 031+343 031+605)

Barrera metálica simple: BMSNA2/C		Definición	Ficha 1 de 1		
		Clase y nivel de contención: Normal H2	Ancho de Trabajo: W4		
		Deflexión dinámica (m): 1.2	Índice de severidad: A		
		Empleo e instalación: Barrera de metálica de seguridad de empleo permanente.		Extremos y elementos finales: Abatimiento en 3 vallas y 1 valla	
		Materiales (tipo y caracterización): Acero tipo S 235 JR según UNE EN 10025 con limitaciones de silicio y fosforo siguientes: $Si \leq 0.03\%$ y $SI + 2.5P \leq 0.09\%$			
Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación): Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70 $\mu\text{m}$ de espesor y 505gr/m <sup>2</sup> de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.					
Observaciones adicionales: Sistema no sujeto a propiedad industrial.					
Caracterización de los ensayos realizados según la UNE-EN 1317					
Ensayo TB51 226-287-BE10	Fecha: 05/09/2022	Ensayo en LS-DYNA			
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Ford Scorpio	longitud total ensayada: 262 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.		
			NO		
Ensayo TB11 226-337-BA02	Fecha: 05/09/2022	Ensayo en LS-DYNA			
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.	Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero Opel Corsa	longitud total ensayada: 262 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0.5 kg.		
			NO		

### **3.16.6 Redimensionando de las barreras de contención**

Tras la primera conclusión de las pruebas de colisión entre vehículo y barrera de contención mediante el programa de simulación explícita LS-DYNA y siendo estas exitosas y satisfactorias en cuanto al punto de vista de la seguridad vial que es el tema importante a tratar en la realización de este proyecto no es necesario un redimensionamiento en el tramo. Ya que al realizarse la prueba a nuestra muestra de la población y esta ser significativa para todo el tramo no se necesita realizar más pruebas ni tampoco hacer un cambio de modelo o nada que afecte a la colocación y disposición que tiene ahora las barreras de contención

### **3.16.7 Diseño final de las barreras de contención según norma**

#### **Nivel de contención**

El nivel de contención para la barrera deberá ser de alto riesgo ya que se está trabajando con el vehículo más pesado y de mayor circulación es por eso que se escogió un nivel H2

#### **Ancho de trabajo**

El ancho de trabajo de las barreras de contención a lo largo del tramo es de W4 para el modelo seleccionado estando en el rango de 1 a 1.3

#### **Índice de severidad aceptable**

Los índices de severidad que tenemos para los dos modelos de barreras de contención a lo largo del tramo son de tipo A lo cual nos indica que el índice de severidad de la aceleración ASI debe ser menor o igual a 1, la velocidad de impacto de la cabeza THIV debe ser menor o igual a 33 km/h y la desaceleración de la cabeza tras el choque debe ser menor o igual a 20 aceleración de la gravedad

#### **Velocidad Aceptable**

La velocidad aceptable del impacto es de 100 km/h siendo este el parámetro que se tomó al realizar las pruebas, tomando en cuenta que la velocidad de proyecto es 40 km/h y tras el estudio de velocidad real aplicado en curvas y tramos rectos nos dio que los vehículos

ligeros recorren a una velocidad de 70 km/h y los vehículos pesados lo hacen a una velocidad de 43 km/h se puede concluir que los vehículos se encuentran en el rango de velocidad aceptable a impacto.

### **Análisis de eficiencia**

Tras concluidas las pruebas de colisión y habiendo analizado los resultados podemos concluir que los modelos seleccionados de barreras son suficientes y satisfacen eficientemente con la función a la cual fueron puestas

### **3.16.8 Geometría final de las barreras de contención**

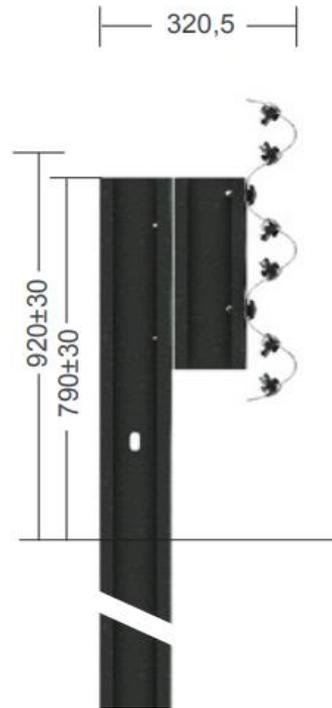
#### **Espesores de los componentes**

Todos los materiales serán Acero C 120 de espesor 3 mm con tornillos M16

Se mostrarán imágenes que indican el espesor y longitud de cada componente para mayor detalle revisar anexos

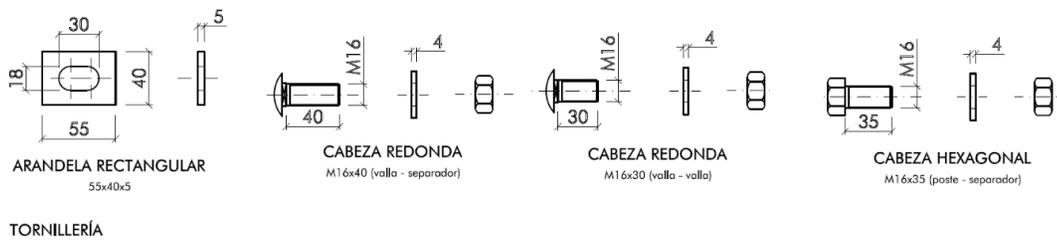
Para el Modelo TVH2W4A-2

Imagen 3.18 Espesores de la barrera



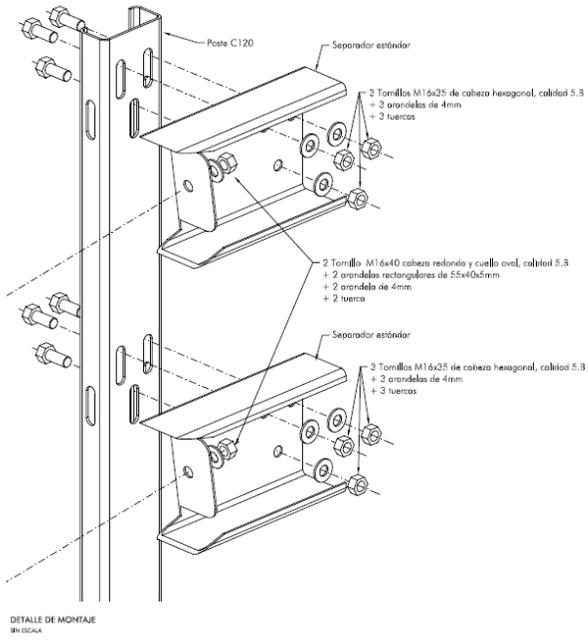
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.19 Tornería



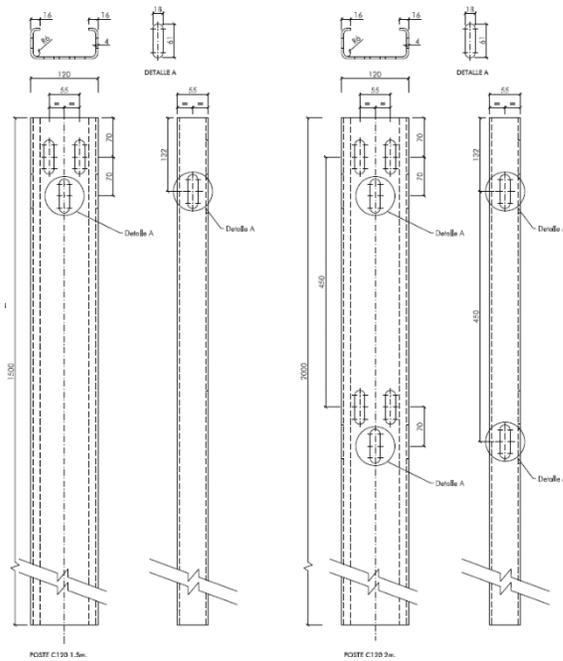
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.20 Detalle de montaje



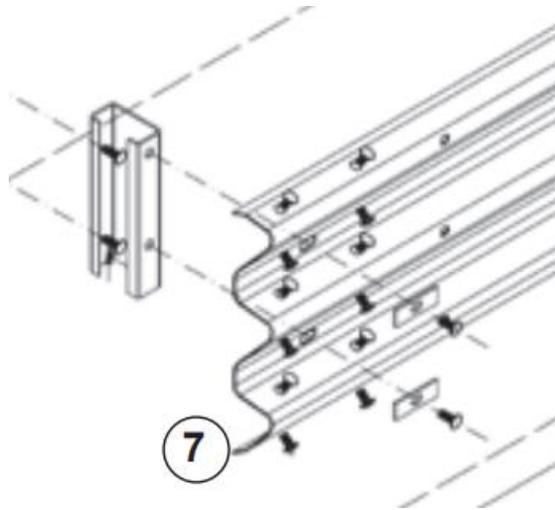
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.21 Detalle Postes



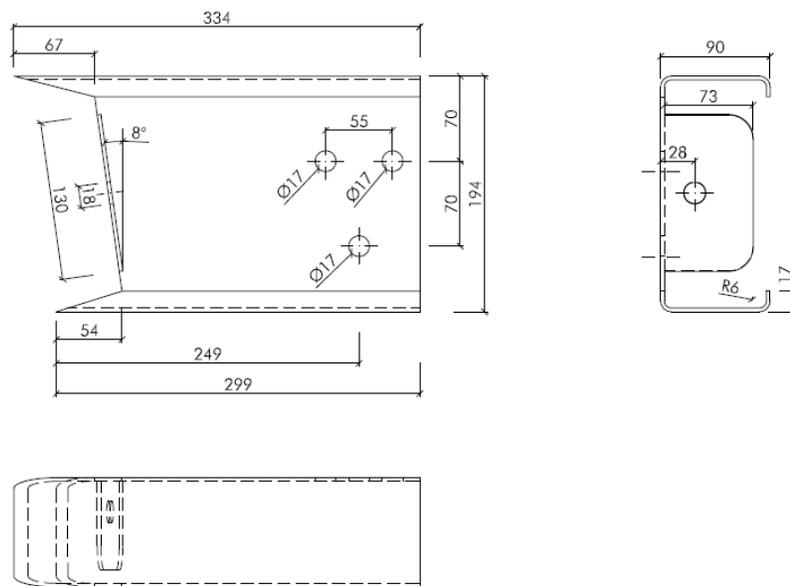
Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.22 Viga triple onda



Fuente: Ficha técnica norma Española

Imagen 3.23 Separador



SEPARADOR ESTÁNDAR

Fuente: Ficha técnica norma Española

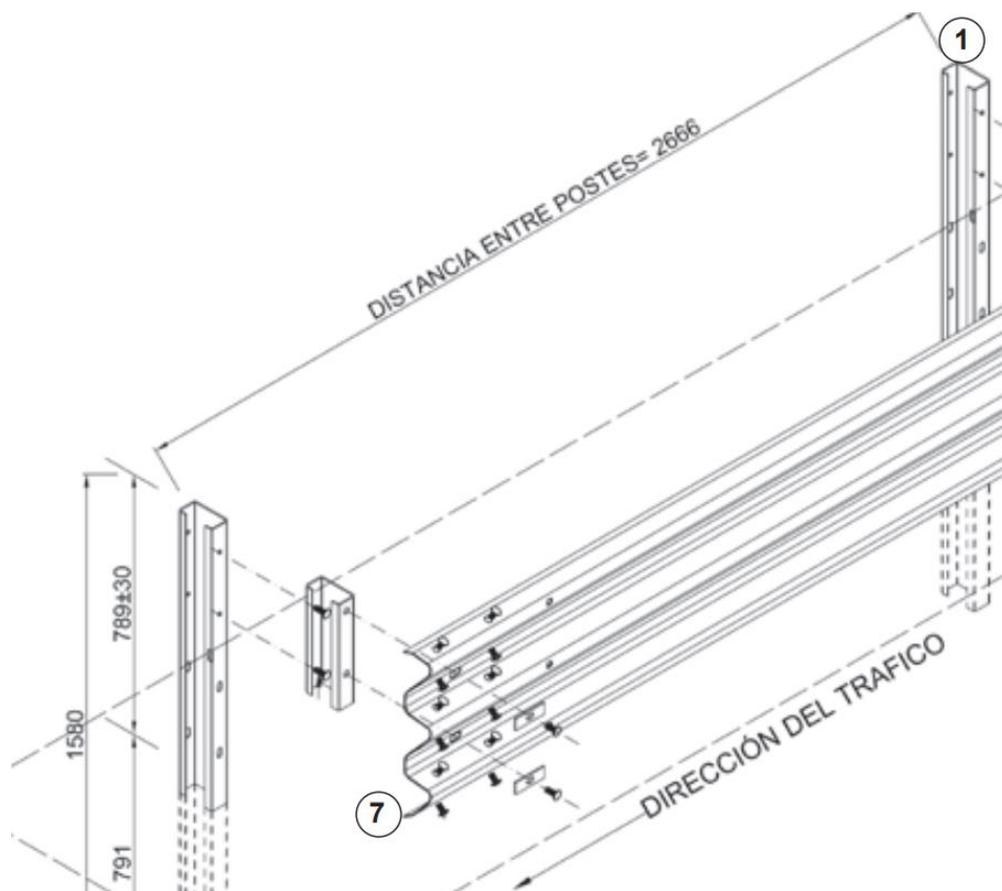
### 3.16.8.1 Materia prima y tolerancias

La materia prima a utilizar es acero estructural C120 en postes viga W metálica de 3 mm de espesor tipo S 235JR con limitaciones de silicio y fósforo siguientes:  $Si \leq 0.03\%$  y  $SI + 2.5P \leq 0.09\%$  Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación) : Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70  $\mu\text{m}$  de espesor y 505gr/m<sup>2</sup> de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.

### 3.16.8.2 Distancia optima entre postes

La distancia optima entre postes es de 2.66 metros para los dos tipos de modelos empleados de barreras y su distancia al borde de calzada es de 0.5 metros tal como se demuestra en la siguiente imagen

Imagen 3.24 Distancia entre postes



Fuente: Norma Española

### **3.16.8.3 Altura de postes**

La longitud de postes a instalar ser de 0.789 metros. para el modelo seleccionado teniendo una longitud total de 1.580 metros Para las barreras de seguridad metálicas ensayadas en un terreno asimilable a una zahorra artificial ZA-20 (artículo 510 del PG-3), compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95% del ensayo Proctor Modificado, con poste tipo C-120 de 2000 mm de longitud, cuyos elementos constituyentes se describen en las normas UNE 125 121, UNE 135 122 y UNE 135 123, los postes se cimentarán por hincas en el terreno.

**CAPITULO IV**  
**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE**  
**RESULTADOS**

## **CAPITULO IV**

### **EVALUACIONES DE LOS RESULTADOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL**

#### **4.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLISIÓN CON LA DISPOSICIÓN DE LAS BARRERAS IDEALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL**

Los accidentes de tránsito son sucesos imprevistos ocurridos por la interacción inadecuada de diferentes factores, por lo que deben ser bien controlados para influir en la seguridad vial de manera positiva. Es importante, como punto de partida para la realización de este proyecto de grado, entender la función que cumplen las barreras de contención. Al respecto se puede mencionar que son barreras laterales colocadas según criterios técnicos, con la finalidad de contener y redireccionar al vehículo que, habiendo perdido el control, abandone la vía. Así, el objetivo final de la instalación de una barrera de contención no es evitar los accidentes, sino minimizar sus consecuencias.

Si bien se habló en el capítulo 2 de este proyecto que el diseño y construcción de una carretera debe basarse en criterios que eviten la instalación de elementos de contención, en el caso de nuestro tramo de Tarija-Falda la Queñua es inevitable su uso ya que por el terreno y el tipo de disposición que tiene esta la hace muy propensa a zonas de riesgo y por ende a una inseguridad vial en las zonas ya mencionadas, lo cual nos dice que debemos satisfacer en cada zona la seguridad al usuario.

La decisión de colocar una barrera de seguridad vial debe basarse en un análisis de riesgo de accidentes en el sector en evaluación. La colocación de la barrera debe representar una mejora sustancial en la seguridad vial del sector en donde se ubique, asumiendo que el daño causado por el impacto del vehículo con la barrera será menos severo que el causado por un accidente que ocurra en ausencia de la barrera.

Para lo ya mencionado y viendo los resultados arrojados por el estudio de tráfico tomando como punto de aforo el cruce El Rancho y el estudio de velocidades tomando curvas y rectas del tramo se concluyó que es una zona de basta circulación

vehicular llegando a un promedio diario de 2601 vehículos que recorren a una velocidad promedio de 70 km/h siendo que la carretera fue diseñada para ser recorrida a una velocidad de 40 km/h dando nos un aumento muy significativo de velocidad, mencionando que la carretera de por si cuenta con un disposición muy accidentada llena de curvas cerradas pendientes altas y una topografía difícil siendo este uno de los factores que incrementan los accidentes de tránsito en la zona, por eso al identificar las zonas de riesgo según tabla la proporcionada por la norma se identificó 97 zonas de riesgo de accidente siendo 5 zonas de riesgo de accidente muy grave, 24 zonas de riesgo de accidente grave y 68 riesgo de accidente normal

Obteniendo un total de 4.192 kilómetros de zona de riesgo en el carril Falda la Queñua-Tarija y 6.333 en el carril Tarija-Falda la Queñua dando un total combinado de 10.525 kilómetros y como se mencionó anteriormente toda zona de riesgo será seleccionada para su colocación de barrera de seguridad lo cual nos da que en el tramo total de estudio que es 35 km se colocara 10.525 kilómetros de barreras repartidas según la disposición mencionada antes, solo por estos resultados podemos concluir que el tramo carretero cuenta con muchas zonas altas de riesgo ya que cubre el 15.04% de su totalidad y el 30.07% si tomamos en cuenta la cantidad total de barreras a colocar.

Una vez establecida las zonas de riesgo de nuestro proyecto se pasó a realizar la selección de las barreras de contención a utilizar para ello necesitábamos el tipo de vehículos que circulaban en el tramo lo cual se concluyó que el tramo circula autos, micros, flotas, camión simple, camión f12, tráiler y motocicletas cada uno con la definición de automóvil dada por el gobierno LEY N.º 441 LEY DE 25 DE NOVIEMBRE DE 2013.

Para la selección de las barreras se siguieron los pasos y la secuencias según norma llegando a seleccionar 2 tipos para las 97 barreras de seguridad que necesita el tramo que nos dio un total de 5 barreras de tipo BMSNC2/C que es una barrera de clase y nivel de contención H1 un ancho de trabajo W5 y una deflexión dinámica de 1.1 metros y con un índice de severidad A con abatimientos cada 2 metros lo cual la hace perfecta para el tipo de impacto que pueda recibir estas se colocaron en el lugar donde más inseguridad causaba ya que las curvas eran muy pronunciadas y tenían un talud muy pequeño que la

hacía más propensa a que sucedan vuelcos y derrumbes de movilidad el metal es de acero tipo C reglamentado por norma.

Para las otras 92 barreras se utilizaron BMSNA2/C de las cuales son 24 de nivel grave y 68 de nivel normal ambas teniendo una clase y nivel de contención normal N2 un ancho de trabajo W4 una deflexión dinámica de 1.1 metros y un índice de severidad A contando con un abatimiento de 2 m siendo acero C120 establecido por norma, la razón de la cual las zonas de riesgo normal y grave tienen la misma barrera y no otra es porque la norma recomienda esta barrera para los dos tipos de riesgo que existe por el índice de severidad es por eso al no haber mucha distinción y dejarlo al criterio del diseñador se escogieron estas barreras.

Las pruebas de colisión TB11 y TB32 realizadas en el programa de simulación explícita LS-DYNA de las 33 muestras de barreras de contención de nuestro tramo en estudio nos indican que los modelos seleccionados según norma son suficientes y proporcionan la garantía de poder contener, redireccionar y reducir la severidad del impacto de choque en el automóvil que se realizaría en un accidente de tráfico sin causar un mayor agravante a la seguridad vial.

Si bien no hay ninguna falla en la colocación el tipo de barrera seleccionada y el vehículo usado las barreras con el modelo BMSNC2/C resistieron mejor que las barreras BMSNA2/C, y esto se debe a que las primeras barreras mencionadas tienen un mayor ancho de trabajo y cuentan con una doble viga W que les da una mayor resistencia al impacto del vehículo. Generando una seguridad mayor.

Las barreras cumplen una única función y solo pueden ser usadas una vez, lo que significa que en caso de realizarse un choque o impacto en las barreras estas deben ser reemplazadas con otras del mismo modelo ya que de dejarlas así a las barreras harían más daño ante un posible nuevo impacto.

Las barreras BMSNC2/C demostraron estar a la altura de una barrera sin daño solo sufriendo una deformación es los postes y vigas, dejando a los tornillos y uniones intactos lo cual solo requeriría un pequeño cambio y mantenimiento de las piezas afectadas, siendo estas las que se ponen en contacto con el vehículo al momento del

choque que en las 2 pruebas realizadas fueron de 5 metros y 17.87 metros respectivamente ya que siendo la primera barrera tomada en cuenta con una longitud total de 17 metros y la segunda de 262 metros nos da un mejor ahorro de materiales y una mayor rentabilidad en cuanto al modelo y su uso.

Las barreras BMSNA2/C demostraron tras las pruebas realizadas que son capaces de redireccionar y amortiguar el choque del vehículo y sufrir una deformación severa es los postes y vigas, dejando a los tornillos y uniones intactos, pero incapaces de volver a ser usados teniendo una mayor zona de contacto y necesitando un cambio de toda la zona afectada sin la capacidad de usar las piezas como en la prueba del otro modelo de barreras, lo cual la hace menos rentable a largo plazo ya que si bien son barreras más económicas en caso de sufrir un accidente de tránsito se debe hacer un cambio en casi toda su totalidad en especial a las barreras que cuentan con 35 metros de longitud.

Tras las pruebas realizadas con éxito se puede asegurar que la disposición colocación y modelo seleccionados cumplen con aminorar los daños causados en caso de existir un accidente de tránsito.

Ninguna de las pruebas realizadas desprendió elementos de peso superior a 0.5 kg. Ni hubo un accidente mayor con el vehículo si bien al tratarse de un accidente de tránsito no se puede asegurar una total seguridad, ya que hay muchos aspectos más a cubrir como el estado del usuario y los pasajeros que lleva encima, la calidad del vehículo, el clima y visibilidad que existiera en la carretera en ese preciso momento, en caso de haber impacto. Podemos decir que las barreras con modelos BMSNA2/C y BMSNC2/C son suficientes para resistir un choque en caso de suceder uno,

La función que cumple un sistema de estos es básica en la seguridad de la vía, y de ella dependen las vidas de todos aquellos usuarios que, por diversos motivos, tuvieron que valerse de las barreras de contención para evitar accidentes trágicos, incluyendo sus vidas. Las barreras de contención o guardavías, no son sustitutos o complementos de algún plan de señalamiento vial, no cumplen la función delineadora que, a manera de ejemplo, brindan los llamados delineadores tipo “Chevron”. Su función es otra, consistente en mitigar los efectos de un posible abandono de la vía de un vehículo fuera de control.

Se pudo constatar que el procedimiento seguido para el análisis integral del comportamiento de la seguridad vial, valorado a partir de la evaluación de las barreras de contención mediante LS-DYNA realizada de cada uno de las 33 pruebas es satisfactorio. Luego de la evaluación integral y el análisis de la post colisión en el tramo, se estableció una comparación favorable entre este y el modelo simulado por el programa por los accidentes de tránsito para demostrar la factibilidad de su uso en posibles futuras interacciones, para graficas más ilustrativas ver anexos.

#### **4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COLISIÓN DE LAS BARRERAS REALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL**

En vista de la importancia que para la seguridad vial de las carreteras tienen las barreras de contención lateral, se consideró necesario una evaluación de la construcción y colocación de este tramo, encontrándose una serie de deficiencias en campo, todas las cuales implican que los vehículos y sus conductores están expuestos a una serie de riesgos, la mayoría de los cuales no son percibidos por ellos.

Con relación a la colocación de barreras de contención en nuestro tramo carretero, es muy poca la información existente en cuanto al grado de eficiencia que este tipo de infraestructura ofrece durante su vida útil, por lo que no se acumula experiencia que sirva para desarrollar normativa referida a la planificación, diseño y construcción de las barreras.

Los guardavías existentes han sido, en el mejor de los casos, construidos bajo las indicaciones del manual “Normas y Diseños para la Construcción de Carreteras” de ABC, en ediciones que datan desde 1964 o aún más viejas tomando algunos detalles generales sobre este tipo de infraestructura, pero sin entrar en detalles específicos sobre su diseño y colocación adecuada en campo.

En uno de los pocos aspectos técnicos, se indica que el material de los postes de las barreras de contención es de, acero y hormigón. En el Anexo de este proyecto, se presentan algunas definiciones más técnicas de los principales elementos

componentes de un sistema de barreras de contención, extraídas del sitio en internet de uno de los principales fabricantes de Europa.

Por otro lado, no existe una distancia de retiro entre el carril de circulación y la viga de la barrera de contención. Si estos dos aspectos no se respetaron según las indicaciones y estándares del fabricante de la barrera, el sistema no funcionará según las premisas usadas en su evaluación y posterior certificación internacional.

Otra prueba de la ausencia de estudios preliminares del suelo y del diseño mismo de los guardavías, es el hecho de que prácticamente todos los postes observados son objeto de un empotramiento en concreto, cimiento que rigidiza el sistema como un todo, no dejando opción al comportamiento flexible esperado bajo ciertas circunstancias del tránsito y de la franja de terreno lateral a la calzada.

Un ejemplo de esta situación se muestra en la Fotografía siguiente, en donde el tipo de poste usado pareciera débil, sin embargo, su empotramiento en un cimiento de concreto lo “rigidizaría”, quedando en duda cuál diseño corresponde a la barrera usada, si uno flexible (postes débiles) o uno semirrígido. En países como España, Chile y Estados Unidos, es común ver la hincada de postes como solución básica, y sólo bajo la presencia de ciertas condiciones desfavorables en el suelo, se acepta el empotramiento de estas piezas en concreto, previo análisis y confección de planos constructivos del sistema, con los detalles pertinentes.

Imagen 4.1 Cimentación



Fuente: Elaboración propia

Diversas giras al campo y después de realizar una disposición ideal del tramo han dejado en evidencia la cantidad de tramos de carretera, que no disponen de sistemas de contención laterales, siendo evidente su necesidad. Estos tramos de carretera presentan, de forma permanente, un alto riesgo para los usuarios de la vía, quienes viajan, en muchos casos, totalmente ignorantes de esos riesgos, ya que la administración no ha colocado ni siquiera algún tipo de señal de aviso referida a la condición peligrosa existente en la carretera siendo este caso 3 disposiciones donde debería existir barreras y no hay.

También es evidente que no existen criterios uniformes de diseño de las barreras de contención, ya que en el tramo se comprobó la existencia de secciones de carretera a las cuales se les colocó Barreras, sin embargo, en secciones posteriores de la misma carretera, se encontraron otros tramos bajo condiciones de riesgo muy similares o incluso peores a las anteriores donde se necesitaría un modelo con un mayor nivel de contención, pero todas las barreras son uniformes a lo largo del tramo, por lo que surge la duda de cuáles son las políticas o criterios que privan para la selección de los sitios en donde se colocan estos dispositivos viales.

Un aspecto que preocupa mucho es la deficiente colocación de las barreras a los lados de la carretera, debido a que en múltiples casos y no obstante la importante función que cumplen, éstos se constituyen más bien en otro obstáculo más para el tránsito, ante su incorrecto emplazamiento, ante la ausencia de tratamientos típicos como el de esviaje y el de abatimiento, muy usados en otros países, como España y Estados Unidos.

Otro aspecto técnico que tiene que ver con deficiencias en la colocación de los guardavías, lo constituye su retiro lateral con respecto al carril externo de circulación de la vía, ya que su excesiva cercanía podría traer consecuencias para el conductor que, al perder el control del vehículo por cualquier motivo, podría colisionar lateralmente con él, de forma innecesaria.

En múltiples secciones de distintas carreteras se encontraron guardavías en pésimo estado o simplemente, nunca se repusieron cuando fueron golpeados, por lo que no estarían cumpliendo la función para la cual fueron colocados, dejando expuestos a los usuarios a los riesgos que precisamente se pretendían evitar.

Resulta evidente que no existe un plan de mantenimiento de este tipo de infraestructura vial, sin el cual no es posible brindar a los usuarios de las carreteras del nivel mínimo de seguridad requerido.

Se ha detectado en algunas secciones de carretera, la colocación de Barreras con materiales no aptos para tal efecto o faltando partes como los separadores y tornillos, sobre todo en lo que respecta a los postes verticales usados

#### **4.3 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS DOS PRUEBAS DE COLISIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL**

Teniendo todas las pruebas de colisión y las herramientas necesarias para realizar la evaluación procederemos a dar nuestra opinión de las barreras de contención, Si bien se pudo observar muchas deficiencias en torno a la ubicación y colocación de las barreras de contención ya existentes en el tramo su mayor conflicto en cuanto a la seguridad vial es el mantenimiento, ya que no se pudieron realizar pruebas de colisión con el programa porque las barreras ya habían cumplido su vida de uso y necesitaban un reemplazo.

Los modelos existentes en el tramo si bien cumplen con la función de contener y redireccionar un accidente de tránsito, pasaron apenas las pruebas indicando que para una mayor seguridad se necesitaría un cambio de modelo de preferencia los utilizados en la disposición ideal.

En pocas palabras el tramo carretero necesita una mejor disposición de barreras y un mantenimiento

Tabla 4.1 Evaluación

Pruebas de colisión ideal y real							
N	Cruce el rancho - falda la queñua	Falda la queñua - cruce el rancho	Longitud (m)	Progresivas		Barreas de contención ideales que satisfacen la seguridad vial	Barreas de contención real que satisfacen la seguridad vial
1	x		221	003+593	003+814	Si	No
2		x	65	003+698	003+763	Si	No
3		x	60	004+340	004+400	Si	No
4	x		40	005+100	005+140	Si	No
5		x	40	005+453	005+493	Si	Si
6	x		17	006+193	006+210	Si	No
7	x		35	006+775	006+810	Si	No
8		x	237	006+874	007+111	Si	No
9		x	181	007+475	007+656	Si	Si
10		x	120	008+270	008+390	Si	No
11		x	58	010+608	010+666	Si	Si
12		x	52	011+231	011+283	Si	Si
13		x	66	011+904	011+970	Si	Si
14	x		101	012+813	012+914	Si	Si
15		x	64	014+888	014+952	Si	Si
16		x	15	015+863	015+878	Si	Si
17		x	177	016+208	016+385	Si	No
18		x	224	017+141	017+365	Si	No
19		x	129	019+737	019+866	Si	Si
20		x	158	021+078	021+236	Si	Si
21		x	49	021+976	022+025	Si	No
22	x		23	022+265	022+288	Si	Si
23	x		218	023+126	023+344	Si	Si
24		x	56	023+695	023+751	Si	No
25		x	151	024+330	024+481	Si	No
26		x	135	025+474	025+609	Si	No
27	x		358	025+704	026+062	Si	No
28	x		80	026+416	026+496	Si	No
29	x		73	027+170	027+243	Si	No
30		x	39	028+136	028+175	Si	Si
31	x		20	028+401	028+421	Si	No
32	x		17	030+920	030+937	Si	Si
33		x	262	031+343	031+605	Si	Si

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro mostrado se puede observar las falencias de las barreras reales en comparación con las barreras ideales teniendo un 54% de barreras que no cumplen con la seguridad vial y solo el 46% cumple con la seguridad vial suficiente para el usuario.

La mayoría de las barreras de contención no pasaron la prueba porque necesitan una remodelación, ya que las barreras fueron ya servidas y cumplieron su función, el cambio de barreras de contención implica un costo económico en lo que es el mantenimiento de la carretera, pero nos asegura que en caso de suceder un accidente de tránsito se tendrá una barrera que ayude a aminorar las consecuencias de un accidente de tránsito.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Una carretera debe estar provista con todos los elementos necesarios para garantizar la seguridad de sus usuarios, la cual no se circunscribe únicamente a mejorar la superficie de rodamiento.

No obstante, una evaluación más detallada de las condiciones prevalecientes a los lados de la carretera, sobre todo en las zonas de conflicto se logró determinar condiciones de alto riesgo en múltiples secciones que, por su condición topográfica específica, presentan taludes laterales con pendientes fuertes contiguo a la superficie de rodamiento, pero sin protección alguna para los vehículos que circulan por ellas.

Se encontró que, para el caso de varios puentes y alcantarillas ubicadas transversalmente a la carretera, no se colocaron de buena manera pretilos o sistemas de contención lateral que aseguren el paso normal de los vehículos, o que, ante la pérdida del control de un vehículo, se minimicen las consecuencias de un posible accidente.

A la fecha de elaboración de este proyecto, no existía claridad en las normas para diseño y colocación de las barreras de contención, hecho que se refleja en la serie de hallazgos encontrados y enmarcados como deficiencias de diseño y colocación.

Las deficiencias surgen desde la etapa misma de diseño, ya que no se realizan en forma adecuada estudios que justifiquen, en primer término, el uso de barreras como una solución adecuada a los problemas de seguridad de la vía, y en segundo lugar, no se evalúa tampoco, mediante un proceso de estudio del suelo y de las condiciones locales geométricas y del tránsito vehicular, cuál sistema de barrera de contención es el más apropiado, ya que para este tipo de infraestructura, no es válido el uso de planos prototipo.

No obstante, lo comúnmente encontrado en el tramo y construido en los últimos años, obedece a un tipo de diseño o plano estándar, el cuál obviamente no toma en cuenta las particularidades propias de cada zona de riesgo.

Por el contrario, en aspectos aparentemente de menor relevancia, como los representa el sistema de anclaje de la viga metálica a los separadores y a los postes, se encontraron múltiples variantes en su sistema de fijación, lo que denota un desconocimiento de la forma específica en que se deben emplazar los componentes del sistema de contención, los cuales obedecen a criterios muy específicos del fabricante, según ensayos estandarizados realizados a su producto.

La conclusión evidente es que, al no existir planos detallados, ni estudios específicos del sistema de contención por emplazar, priva entonces el criterio subjetivo del profesional responsable del guardavía por colocar, o bien del constructor de turno, sin una adecuada supervisión profesional.

Por este motivo, muchas de las terminales de los sistemas de contención analizados, representan más un peligro para los usuarios de la vía, que una solución efectiva al riesgo de la carretera.

A estas deficiencias expuestas anteriormente, habría que adicionarles la ausencia típica de señalamiento vial, como forma de advertencia a los riesgos presentes en la vía, así como la ausencia casi generalizada de iluminación en los tramos viales críticos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

En materia de construcción y colocación de barreras de contención, la administración deberá reorientar sus políticas de diseño y construcción, ya que son múltiples las deficiencias encontradas, y todas enmarcadas en un ámbito muy delicado de la seguridad vial. Nos referimos a los dispositivos usados para salvar vidas humanas en zonas críticas de las carreteras, en aquellos casos en que los conductores pierdan el control de sus vehículos. Asimismo, la correcta definición y diseño de las barreras de contención pueden minimizar las pérdidas materiales en casos de colisiones fuertes, o aún más relevante, salvar vidas humanas.

Urge una definición de normativa que oriente a los diseñadores y a los constructores en cuanto al correcto diseño y colocación de estos dispositivos, de tal forma que se brinden condiciones de seguridad comprobadas para los usuarios de la vía.

Hasta tanto La ABC no defina o elabore una guía actualizada para el diseño e implementación de guardavías, se debe exigir rigurosidad en los procesos de contratación para la colocación de guardavías, solicitando estudios y planos de previo a su colocación, así como incrementar los controles en el proceso de colocación de estos sistemas, y finalmente, implementar criterios técnicos para la verificación de la calidad de los materiales, a fin de garantizar el producto colocado.

La ABC, a través de las instancias correspondientes, deberá realizar un estudio de las zonas más críticas, en términos de estadísticas de vehículos que al salirse de la vía sufren aparatosas colisiones o se vuelcan a los lados del camino.

Con base en este estudio, se deberá empezar con un plan de provisionamiento de barreras de contención, cuando se haya demostrado plenamente su necesidad. En función de los hallazgos encontrados, sería conveniente que la ABC empezara un programa de revisión de los guardavías colocados en los últimos años, con el fin de corroborar su cumplimiento a los distintos requerimientos expuestos en este informe. Caso contrario, el usuario de la vía sufrirá las consecuencias de las deficiencias presentes en los guardavías que, descuidadamente y sin control, fueron colocados en sitios de alto riesgo, bajo la premisa falsa de que ellos garantizan la seguridad del usuario ante el surgimiento de algún imprevisto que le provoque salirse de la vía.

De forma similar, se debería empezar un programa para sustitución y reparación de todos aquellos tramos de guardavías en mal estado, priorizando según las necesidades percibidas, de conformidad con el tipo e importancia de las rutas.