

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**SUPERVISIÓN DE INSTALACION DE SISTEMAS  
DE CONTENCIÓN METALICOS USADOS EN EL  
PROYECTO CONSTRUCCION DEL PUENTE  
MANUELA Y ACCESOS, TALARA, PIURA**

INFORME TÉCNICO POR EXPERIENCIA PROFESIONAL  
CALIFICADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. RUGGIERO BANDINI FLAVIA FIORELLA

Lima – Perú

2017

## *DEDICATORIA*

*Se la dedico a mis padres por todo el apoyo,  
las enseñanzas y los buenos valores que  
siempre me dieron.*

*Por siempre estar junto a mí,  
dándome ánimo y valor  
para seguir siempre adelante.*

# ÍNDICE GENERAL

<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	6
2.2 BASES TEORICAS.....	7
2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	14
<b>CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS.....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO 4. MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>46</b>
4.1 GENERALIDADES.....	46
4.2 UBICACION DEL PROYECTO.....	47
4.3 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.....	47
4.4 PROCEDIMIENTOS DE INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE CONTENCION.....	51
4.5 REQUERIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS BARRERAS DE CONTENCION.....	73
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

# LISTA DE CUADROS

CUADRO 1.- CLASES DE CONTENCIÓN RELATIVAS AL D.M 21/06/2014 (NORM. ITALIANA) Y EN 1317. ....	19
CUADRO 2.- CLASE N2 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/N2/BL). ....	19
CUADRO 3.- CLASE H1 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H1/BL). ....	20
CUADRO 4.- CLASE H2 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H2/BL). ....	21
CUADRO 5.- CLASE H3 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H3/BL). ....	22
CUADRO 6.- CLASE H4 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H4/BL). ....	22
CUADRO 7.- CLASE H2 BORDE PUENTE (CAR/H2/BP). ....	23
CUADRO 8.- CLASE H3 BORDE PUENTE (CAR/H3/BP). ....	24
CUADRO 9.- CLASE H4 BORDE PUENTE (CAR/H4/BP). ....	24
CUADRO 10.- NIVELES DE CONTENCIÓN SEGÚN VEHÍCULO Y VELOCIDAD MÁXIMA. ....	30
CUADRO 11.- TIPO DE TRÁFICO. ....	31
CUADRO 12.- NIVELES DE CONTENCIÓN SEGÚN TIPO DE VÍA Y TIPO DE TRÁFICO. ....	31
CUADRO 13.- NIVELES DE CONTENCIÓN DE TERMINALES DE BARRERA. ....	33
CUADRO 14.- GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE BARRERAS LATERALES PARA ESCUDAR OBSTÁCULOS LATERALES. ....	35
CUADRO 15.- NIVEL DE CONTENCIÓN P3. ....	43
CUADRO 16.- ÍTEM Y UNIDAD DE PAGO. ....	45
CUADRO 17.- ENSAYOS DE IMPACTO BARRERAS DE SEGURIDAD. ....	48
CUADRO 18.- ÍNDICES DE SEVERIDAD DE IMPACTO. ....	48
CUADRO 19.- DEFINICIONES RELATIVAS A LA DEFORMACIÓN DEL SISTEMA. ....	49
CUADRO 20.- CLASES DE DEFORMACIÓN DEL SISTEMA. ....	50
CUADRO 21.- NIVELES DE CONTENCIÓN. ....	50
CUADRO 22.- INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS BARRERA DE SEGURIDAD. ....	51
CUADRO 23.- ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	53
CUADRO 24.- IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	56

# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.- SISTEMAS FLEXIBLES .....	16
FIGURA 2.- SISTEMAS SEMI-FLEXIBLES O SEMI-RIGIDO. ....	17
FIGURA 3.- CROQUIS DE PERFILES DE SISTEMAS RIGIDOS. ....	18
FIGURA 4.- COLISION RELACIONADA A TERMINALES DE BARRERA. ....	25
FIGURA 5.- TERMINAL ABATIDO SIMPLE EN UNA CARRETERA. ....	26
FIGURA 6.- ABATIDO SIMPLE. ....	26
FIGURA 7.- PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL TRANSICION TIPICA BARRERA DOBLE ONDA. ....	28
FIGURA 8.- PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL TRANSICION TIPICA BARRERA TRIPLE ONDA. ....	29
FIGURA 9.- DEFINICION DE NECESIDAD DE BARRERA LATERAL SEGUN CONDICION DE TALUD. ....	33
FIGURA 10.- RELACION DE LARGO DE NECESIDAD DE BARRERA Y TERMINAL DE BARRERA. ....	36
FIGURA 11.- PRUEBA DE CAPACIDAD DEL SUELO IN SITU. ....	39
FIGURA 12.- SECUENCIA CONSTRUCTIVA DE FUNDACION PARA TERRENOS DE BAJA RESISTENCIA. ....	40
FIGURA 13.- UBICACION DEL PUENTE MANUELA. ....	47
FIGURA 14.- RELACION ENTRE DEFLEXION DINAMICA (D), ANCHO DE TRABAJO (W) E INTRUSION VEHICULAR (VI). ....	49
FIGURA 15.- DETALLE DE BARRERAS DE CONTENCION O SEGURIDAD. ....	52
FIGURA 16.- DETALLE DE TERMINAL ABATIDO SIMPLE. ....	52
FIGURA 17.- TRAMO DE TRANSICION Y CONEXION ENTRE BARRERA DE SEGURIDAD – MURO NEW JERSEY. ....	53
FIGURA 18.- VISTA PANORAMICA DE LA ZONA DE TRABAJO. ....	54
FIGURA 19.- SISTEMA DE CONTENCION RIGIDO – MUROS NEW JERSEY. ....	54
FIGURA 20.- VISTA ISOMETRICA DEL MONTAJE DE BARRERAS DE CONTENCION O SEGURIDAD. ....	55
FIGURA 21.- LLEGADA A OBRA DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	57
FIGURA 22.- DESCARGA DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	58
FIGURA 23.- APILAMIENTO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	58
FIGURA 24.- ELEMENTO DAÑADO. ....	59
FIGURA 25.- ALMACENAMIENTO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS BARRERAS Y TERMINALES. ....	60
FIGURA 26.- LINEAMIENTOS 1, 2 Y 3. ....	61
FIGURA 27.- LINEAMIENTO 3 (EQUIPO DE HINCADO DE POSTES). ....	61
FIGURA 28.- LINEAMIENTO 3 (PROCESO DE HINCADO DE POSTE). ....	62
FIGURA 29.- LINEAMIENTO 3 (MARCA DE PROFUNDIDAD DE HINCADO DE POSTE). ....	62
FIGURA 30.- LINEAMIENTO 4 (REFUERZO RIGIDIZADOR DE POSTE). ....	63
FIGURA 31.- LINEAMIENTO 5 (MONTAJE DE ESPACIADORES INFERIORES). ....	63
FIGURA 32.- MONTAJE DE ESPACIADORES Y PRESENTACION DE VIGA INFERIOR. ....	64
FIGURA 33.- MONTAJE DE ESPACIADORES Y PLATINA PARA VIGA TRIPLE ONDA. ....	64
FIGURA 34.- MONTAJE DE VIGAS TRIPLE ONDA SIN TORQUE FINAL. ....	65

FIGURA 35.- MONTAJE DE VIGAS TRIPLE ONDA SIN TORQUE FINAL.....	65
FIGURA 36.- EMPALME DE VIGAS TRIPLE ONDA.....	66
FIGURA 37.- TORQUE FINAL DE LOS ELEMENTOS DE BARRERAS DE CONTENCION O SEGURIDAD. ....	66
FIGURA 38.- VISTA PANORAMICA DE TRENES DE TRABAJO DURANTE LA INSTALACION DE LAS BARRERAS DE CONTENCION O SEGURIDAD. ....	67
FIGURA 39.- DETALLE DE TERMINAL DE BARRERA (ABATIDO SIMPLE).....	68
FIGURA 40.- VISTA PANORAMICA TERMINAL DE BARRERA (ABATIDO SIMPLE).....	68
FIGURA 41.- PLACA DE ACERO GALVANIZADO.....	69
FIGURA 42.- SOLDEO DE POSTE A LA PLACA DE ACERO GALVANIZADO.....	69
FIGURA 43.- PERFORACION DE LA LOSA DEL ESTRIBO DEL PUENTE MANUELA.....	70
FIGURA 44.- PERFORACION DE LA LOSA DEL ESTRIBO DEL PUENTE MANUELA.....	70
FIGURA 45.- VISTA DE BARRERAS DE SEGURIDAD Y DE TRANSICION/CONEXION OPERATIVAS.....	71
FIGURA 46.- VISTA DE TERMINALES DE BARRERAS OPERATIVAS.....	71
FIGURA 47.- DIFERENCIA DE ALTURA EN ZONA DE TRANSICION Y CONEXION.....	72
FIGURA 48.- FALTA DE ELEMENTOS DE RIGIDEZ, TRANSICION Y CONEXION.....	72

# PRESENTACIÓN

El presente estudio, se ha preparado con el propósito de disponer de un documento que contenga la información básica acerca de la instalación de los sistemas de contención metálicos usados en el proyecto “Construcción del Puente Manuela y accesos”; dando a conocer, los problemas suscitados durante el proceso y las soluciones adoptadas por las entidades responsables. Finalmente con lo antes desarrollado, el autor sustenta sus conclusiones y recomendaciones.

Tiene como fuente el Roadside Design Guide de AASHTO, versión 2011 y tres normas de ensayos:

1. El National Cooperative Highway Research Report 350 del Transportation Research Board.
2. EN 1317 de la Comunidad Europea de Normas.
3. Manual for Assessing Highway Safety Hardware de AASHTO. También se consideró el Manual de Carreteras de Chile, Volumen 6, Edición 2015 y la Directiva N° 007-008 MTC-02, Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad.

Se presentan primero los conceptos básicos de los sistemas de contención, las referencias a las normativas de evaluación de estos sistemas y la certificación de los mismos.

Con esa base se procede a considerar las barreras de contención o seguridad incluyendo sistemas semi-flexibles o semi-rígidos y rígidos, terminales de barrera, transiciones y conexiones entre sistemas. Luego se desarrollará con detalle los procedimientos realizados para la instalación de los sistemas de contención metálicos, indicando los inconvenientes o impases suscitados, y la manera como han sido tratados.

# CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Según Pablo Augusto Cobeñas Silva (2012), cuando se diseña una carretera es necesario que esta sea amplia, cómoda y segura para los conductores, teniendo en cuenta siempre las limitaciones topográficas y más aún económicas del proyecto. Por lo tanto, se trata de que la vía sea lo suficientemente plana, lisa y segura, de tal modo en caso algún vehículo que transita por ella, y por algún motivo se salga de la misma, no sufra ningún tipo de accidente; o en caso ocurriese, que los daños sufridos sean mínimos. Por ello, siempre debe dejarse, desde el borde de la calzada, una zona con un ancho determinado para que el vehículo que sufra este incidente tenga algún espacio de maniobra.

El nivel de riesgo de fatalidad de un accidente que se pueda producir es el producto de tres factores: probabilidad de salir de la vía, probabilidad de que el vehículo errante intercepte a un punto duro y la probabilidad de que dicho vehículo errante produzca un daño severo al impactar con el elemento duro.

Actualmente, en nuestro país los vehículos que impactan con algún punto duro o elemento infraestructural de la carretera se encuentra en un rango del 30%-40% (Pablo Augusto Cobeñas Silva, 2012).

Según Germán Valverde González (2011), de acuerdo con las estadísticas nacionales e internacionales, los eventos conocidos como “accidentes por salida de la vía”, aquellos accidentes viales que se producen cuando un vehículo se sale de la superficie de circulación de la carretera y colisiona con algún objeto fijo, vuelca o atropella a un tercero en el margen de la carretera, producen más del 30% de las muertes en carretera. Por esta razón, mejorar y acondicionar los márgenes de la red de carreteras es una medida muy efectiva en la reducción de las víctimas de los accidentes de tránsito.



Los elementos de seguridad asociados a la infraestructura de carreteras son uno de los puntos clave para la disminución de las víctimas en caso de accidente por salida de calzada.

Para la Norma Europea EN 1317, que es aceptada en el mercado vial peruano, existen diferentes tipos de Barreras de Seguridad, cada una de ellas tiene un nivel de comportamiento distinto. Por ello es de vital importancia escoger la barrera más adecuada para los diferentes tipos de vías. Entre los factores a tener en cuenta se encuentran el tipo de carretera, su localización, el trazado, el tipo de vehículo, la velocidad límite de la vía, la presencia de estructuras vulnerables, presencia de zonas potencialmente peligrosas o de obstáculos junto a la calzada.

Según Carlos M. Chang Albitres (2010), las barreras de seguridad vial 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, y si esto no es posible minimizar el nivel de daño causado por el accidente.

El propósito de las barreras de seguridad vial es proteger a conductores, ocupantes de los vehículos usuarios de una vía, y a los transeúntes que circulan en zonas próximas a la calzada, de accidentes causados por la pérdida de control vehicular, mitigando el riesgo de colisión con obstáculos ubicados fuera de la calzada, descarrilamiento y volcadura, colisión con vehículos que circulan en la calzada opuesta, daño a transeúntes en las proximidades de la zona de riesgo.

Las características del vehículo (ligero, mediano, pesado), velocidad, y ángulo de impacto influyen en la dinámica que se produce cuando un vehículo toma contacto con la barrera de seguridad. La mayoría de las barreras de seguridad se han diseñado para vehículos ligeros de 2000 kg.

El comportamiento post-impacto de vehículos más pesados es distinto y la manera más efectiva de evaluar el desempeño de las barreras de seguridad ante sollicitaciones de carga ocasionadas por vehículos de características distintas es por medio de pruebas de colisión a escala real.

Barreras de seguridad correctamente diseñadas, evaluadas, e instaladas han probado ser muy efectivas en reducir el nivel de daño post-colisión disminuyendo el grado de severidad de lesiones personales en los ocupantes de los vehículos.

De acuerdo a pruebas realizadas, el desempeño de una barrera de seguridad es más efectivo si es que la colisión se produce a una velocidad menor a 110 km/h y con un ángulo menor a 25 grados (Carlos M. Chang Albitres, 2010).

Con lo antes mencionado, se hace necesario realizar un estudio acerca de la instalación de los sistemas de contención metálicos, que han sido usados en el proyecto “Construcción del Puente Manuela y accesos, Talara, Piura”. Para esto se ha desarrollado con detalle los procedimientos de instalación, indicando los inconvenientes o impases suscitados durante el proceso y dando a conocer como han sido tratados.

El presente estudio consta de introducción, de tres capítulos, de conclusiones, de recomendaciones, de bibliografía y anexos con información complementaria relacionada al proyecto.

El Capítulo I está dedicado al Marco Teórico, inicia con los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

El Capítulo II está dedicado a Especificaciones Técnicas del tipo de barreras de seguridad metálicas certificadas, usadas en el proyecto.

En el Capítulo III está dedicado a la Memoria Descriptiva del proyecto, inicia con las generalidades, luego se precisa la ubicación de la zona del proyecto, se señalan las características del proyecto, se describen los procedimientos de instalación y requerimientos para el mantenimiento de los sistemas de contención, bajo las condiciones que presenta el área de trabajo.

En la parte final están las Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía utilizadas para la elaboración del presente estudio y se adjuntan los Anexos que contienen información complementaria del proyecto, el Anexo 1 (Planos del proyecto), y el Anexo 2 (Documentación técnica y certificados de calidad de los sistemas de contención).

# CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

## 2.1 Antecedentes

### Internacionales

Ministerio de obras públicas, 2000, en el Instructivo de Barreras de Seguridad: se definen los requisitos mínimos que se le deben exigir a las barreras metálicas, a su ubicación e instalación, con el fin de asegurar un adecuado comportamiento frente a las eventuales cargas a las que podrían ser expuestas.

Carlos M. Chang Albitres, 2010, en la Guía para la Ubicación, Selección, y Diseño de Barreras de Seguridad Vial: Cuya finalidad es asistir al diseñador de vías urbanas y rurales en la ubicación, selección, y diseño de las barreras de seguridad vial presentando un resumen de las metodologías propuestas por las normas americanas AASHTO y la norma europea EN 1317 (adaptada a la normatividad española). En el desarrollo de la guía se ha tratado compatibilizar términos para facilitar la interpretación y comparación de las normas. El uso de la guía debe realizarse con un adecuado juicio ingenieril, siendo el diseñador vial responsable del diseño finalmente adoptado.

Germán Valverde González, 2011, en el Manual SCV Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras: brindar pautas y procedimientos para la selección y disposición de las barreras de seguridad, los terminales de barrera y las transiciones, y otros sistemas de seguridad vial para los márgenes de carreteras.

Ministerio de obras públicas, 2014, en el Manual de Carreteras – Volumen N°6 – Seguridad Vial: analiza el tratamiento de sistemas de contención, específicamente en lo que respecta al diseño de diferentes tipos de barreras de contención. La necesidad de una barrera en un proyecto vial, su nivel de contención, su disposición en la faja vial y la

forma en que se espera que trabaje este sistema. Se incluyen criterios para determinar el emplazamiento o ubicación de los elementos de la vía, de acuerdo a las situaciones o condiciones del lugar. En ese sentido, se entregan recomendaciones de instalación lateral, longitudinal, altura, disposición de elementos terminales, etc.

### Nacionales

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008, en la Directiva N° 007-2008-MTC/02, 2008 Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad: normar el diseño, uso, instalación y mantenimiento de los sistemas de contención de vehículos del tipo barreras de seguridad.

## **2.2 Bases Teóricas**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), se puede definir un sistema de contención como un sistema diseñado con la finalidad de mantener los vehículos en la calzada y evitar la colisión con elementos de riesgo al costado de la vía de una manera que minimice los daños al vehículo y el riesgo a los ocupantes.

Típicamente, un sistema debería escudar a los usuarios de un peligro o punto duro al costado de la vía y dicho sistema consistirá de una barrera y sus terminales en ambos extremos.

La finalidad principal de un sistema de contención, como su nombre indica, es contener y redireccionar un vehículo fuera de control, siempre con la expectativa de que el daño producido durante el impacto resulte menor que las consecuencias esperadas sin este elemento.

Un sistema de contención debe evitar impactos con elementos de alto riesgo, tales como: puntos duros del entorno y accidentes geográficos o topográficos de potencial peligrosidad. Adicionalmente, es deseable que un sistema de contención, también sea un medio eficiente para proteger a otros usuarios de la vía como son los peatones y ciclistas, los que en diversas ocasiones requieren de un dispositivo que pueda mitigar los riesgos que involucra la interacción con los vehículos.

Se deberán proyectar soluciones que sean compatibles con el riesgo observado en los diversos tramos de una vía considerando la velocidad operativa anticipada y el tamaño y configuración de los vehículos; mayores riesgos se presentarán en zonas con mayor velocidad de operación.

El diseño, funcionamiento y materiales de los sistemas de contención deberían ser comprobados para diferentes niveles de contención según las normativas internacionalmente aplicadas en laboratorios acreditados para llevar a cabo estos ensayos.

Los sistemas podrán ser ensayados por pedido de una entidad pública en cual caso se trata de dispositivos no propietarios o podrán ser ensayados por un fabricante particular.

En términos generales, los sistemas de contención de vehículos se pueden clasificar en: barreras de contención, terminales de barreras, amortiguadores de impacto, transiciones, conexiones y pistas de emergencia.

### **2.2.1 Referencias Normativas y Procedimientos**

Las normativas y sus procedimientos en la actualidad son:

**Norma Europea EN 1317, Sistemas de Contención para Carreteras (Versión Vigente)**

Esta norma consta de las siguientes partes, algunas aprobadas y otras en proceso de aprobación (Nótese que “pr” indica propuesta de regla y “ENV” implica norma experimental):

- EN 1317-1 Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo.
- EN 1317-2 Sistemas de contención para carreteras. Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretilas.
- EN 1317-3 Sistemas de contención para carreteras. Parte 3: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para atenuadores de impactos.
- ENV 1317-4 Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad.
- prEN 1317-4 Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para transiciones de barreras de seguridad (en preparación: este documento anulará y sustituirá a la Norma Experimental ENV 1317-4:2001 en los capítulos relativos a transiciones).
- EN 1317-5 Sistemas de contención para carreteras. Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.
- prEN 1317-6 Sistemas de contención para carreteras. Sistemas para contención de peatones. Parte 6: Parapetos para peatones (en preparación).
- prEN 1317-7 Sistemas de contención para carreteras. Parte 7: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para terminales de barreras de seguridad (en preparación: este documento anulará y sustituirá a la Norma Experimental ENV 1317-4:2001 en los capítulos relativos a terminales).

- prEN 1317-8 Sistemas de contención para carreteras. Parte 8: Sistemas para protección de motociclistas que reducen la severidad del impacto de las colisiones de los motociclistas con las barreras de seguridad (en preparación).

### **Programa Nacional Cooperativo de Investigación Vial (NCHRP) Informe 350, Procedimientos Recomendados para Evaluar el Desempeño de Seguridad de Dispositivos Viales**

Este documento (National Cooperative Highway Research Program Report 350, Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features) se encuentra disponible en español e incluye procedimientos para ensayar choques vehiculares y evaluar los dispositivos de seguridad y/o elementos al costado de la calzada. Los dispositivos incluidos en estos procedimientos son:

- Barreras longitudinales; tales como barandas de puentes, barreras laterales, barreras de separador central, transiciones y terminales.
- Amortiguadores de impacto.
- Soportes de señales y luminarias quebradizas o flexibles.
- Postes quebradizos de servicios públicos.
- Amortiguadores de impacto montados en camión.
- Dispositivos de control de tránsito en zonas de trabajo.

### **Manual para la Evaluación de Dispositivos de Seguridad Vial (MASH)**

Existen otras normativas a nivel internacional, como el Manual For Assessing Safety Hardware de AASHTO que también podrían ser usadas como referencia; sin embargo, se considera que las normas referenciadas en los párrafos anteriores consideran vehículos que son más similares a los vehículos de la flota nacional peruana.

Dado que las normativas son bastante extensas, el lector debería acudir a estas para cualquier aclaración de conceptos ya que no corresponde repetir en este documento lo



pertinente a las especificaciones de vehículos, los daños permitidos durante un ensayo, o los criterios de aprobación de un sistema de contención de las dos normas, entre otros.

### **2.2.2 Certificación de los Sistemas de Contención**

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Todos los sistemas de contención deben ser aprobados según los requerimientos de las normativas listadas anteriormente y según se detallan en esta sección.
- Las pruebas de impacto deben ser realizadas en un laboratorio autorizado y acreditado. Los informes documentan los componentes de cada sistema, sus materiales y el nivel de contención.
- Los niveles de contención son diferentes según la normativa y no son intercambiables.
- Los criterios de aceptación son también diferentes para cada norma, pero la documentación del ensayo debería aclarar el cumplimiento de los criterios correspondientes.
- En ningún caso se debe exigir cumplimiento de un criterio de una norma cuando el ensayo se realiza acorde a otra norma. Bastará en cada caso cumplir con una sola norma.

### **Revisión de Informes de Ensayo de Sistemas de Contención**

Los criterios de aceptación de las normas NCHRP 350 y EN 1317 son diferentes y por ende no corresponde indicar en este documento un listado parcial de criterios que un especialista podría considerar como mínimo para la aprobación de un sistema particular.

Se recomienda revisar la documentación pertinente en las normas EN 1317-2 o NCHRP 350 y confirmar que los resultados descritos en los informes de ensayos y evidenciados en las fotografías y videos confirman ensayos exitosos.

Se debe tomar en cuenta que los resultados formales de los ensayos serán relevantes durante la revisión de la documentación y la eventual selección de un sistema de contención para una obra en particular.

En el caso de las barreras de contención se requieren varios ensayos para confirmar la aceptabilidad de un sistema particular ya que cada sistema debería poder contener y redireccionar no solo el vehículo de diseño, sea una camioneta, camión o bus pero también contener y redireccionar uno o más vehículos típicos de pasajeros.

Acorde a la normativa NCHRP 350, se debe ensayar para cada sistema una conexión a un sistema de mayor rigidez. Por ejemplo, una barrera de acero con una barrera de puente de hormigón. Este requerimiento está bajo consideración por la normativa europea.

En los casos de terminales de barrera y amortiguadores de impacto las normas contemplan impactos de ensayo con diferentes vehículos típicos de pasajero y a diferentes ángulos y orientaciones.

La norma NCHRP 350 requiere mostrar un ensayo documentando de una conexión con barreras ubicadas a continuación del dispositivo. Este requerimiento está bajo consideración por la normativa europea.

Conformación del Sistema de Contención.- El informe de ensayo indicará en cada caso las dimensiones, materiales, espesores, tipos de tuerca, entre otros del sistema ensayado. Durante el proceso de instalación de un sistema de contención se debería respetar rigurosamente las dimensiones indicadas en los informes de ensayo.

Deformación del Sistema de Contención Durante el Ensayo.- La deformación de las barreras de seguridad en los ensayos de impacto está caracterizada por la deflexión dinámica, el ancho de trabajo y la intrusión del vehículo. Estos valores, definidos en el informe de ensayo, sirven para definir el espacio necesario para el funcionamiento adecuado de un sistema de contención.

### **Responsabilidad Compartida de los Sistemas de Contención Certificados**

Dado que los sistemas de contención representan el último resguardo para proteger la vida y minimizar las lesiones de los usuarios viales, estas requieren un control total durante el proceso de ensayo, fabricación, instalación y mantenimiento. Las responsabilidades son compartidas entre:

- El proyectista, responsable de definir los lugares de aplicación de los sistemas y el nivel de contención requerido en cada caso. Debe considerar las características de los vehículos que van a circular por la ruta para definir el vehículo de diseño. Según los demás elementos en la vía, podrá definir el ancho de trabajo mínimo de los sistemas a usar según las características de cada tramo.
- El fabricante, responsable del diseño y ensayo de sus sistemas. Tiene que asegurar que la fabricación sea siempre según lo ensayado. Debería ayudar a asegurar la correcta instalación de los dispositivos lo cual se puede realizar por inspección directa e indirecta por documentación.
- El laboratorio, responsable de ensayar con criterio los procedimientos establecidos en la normativa correspondiente. El laboratorio debería documentar los ensayos y producir los informes que serán de apoyo durante los procesos de instalación y eventual reparación de los sistemas.
- El distribuidor, responsable de representar al fabricante de los sistemas y de asegurar la correcta instalación de los dispositivos.
- El contratista instalador, estudia la documentación pertinente y asegura que cada elemento de cada sistema cumpla con los requerimientos, materiales y dimensiones originalmente ensayadas.

- La entidad vial responsable, sea gubernamental o concesionaria debería asegurar la correcta instalación y reparación oportuna de los dispositivos usando materiales iguales a los ensayados.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Barreras de contención o seguridad**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), son elementos de contención cuya función principal es la de contener y redireccionar vehículos fuera de control, que han abandonado la calzada de circulación y se desvían hacia sectores de riesgo para los diferentes usuarios de la vía y/o el medio ambiente aledaño. Estas barreras pueden ser laterales o simétricas, capaces de ser impactadas en ambos lados y pueden formar parte de la contención dispuesta sobre puentes, pasos superiores, viaductos y túneles. Las barreras de contención se pueden clasificar según:

- a. Tiempo de uso: definitivas o provisionales
- b. Materiales: metálicas, hormigón, metal-madera, cables y otros.
- c. Capacidad de función: por uno o ambos lados.
- d. Nivel de contención

Durante su desarrollo y comprobación por ensayos a escala real se definen los parámetros de cada sistema tales como su deflexión dinámica y ancho de trabajo según los diferentes niveles de contención. Los diferentes sistemas contarán con postes de diferentes dimensiones, diferentes elevaciones, diferentes espacios entre postes, diferentes configuraciones de cables, diferentes bloques separadores, entre otros. En esta sección, el autor especifica las definiciones de las variables de estudio, asumidas como parte del trabajo de investigación. Ello indica cómo conceptuará el investigador las mismas durante todo el desarrollo del estudio.

### **2.3.2 Clasificación Tradicional de los Sistemas de Contención**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), tradicionalmente, los sistemas de contención, se han clasificado en los siguientes grupos:

- Sistemas flexibles.
- Sistemas semi-flexibles o semi-rígidos.
- Sistemas rígidos.

Cada grupo tiene ventajas y desventajas, como se explica en las siguientes secciones.

#### **Sistemas Flexibles**

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

La Figura 1, muestra algunos sistemas en el mercado:

Figura 1.- Sistemas flexibles



Fuente: Manual de Seguridad Vial – MTC (2016)

### **Sistemas Semi Flexible o Semi Rígido**

- Existen centenares de sistemas de esta clasificación. Cada uno con dimensiones diferentes, elementos diferentes, y espacio entre postes diferentes.
- Hay sistemas con nivel de contención TL2, TL3, TL4, N2, H1o L1, H2 o L2, H3 o L3, H4a o L4a, H4b o L4b.
- El ancho de trabajo puede variar entre 0,5 a 3,5 metros.
- La reparación de estos sistemas conlleva el reemplazo de cada elemento dañado durante el choque.
- Las piezas de respuesta deben ser siempre de la misma marca y modelo que el sistema original.

La Figura 2, muestra algunos sistemas en el mercado:

Figura 2.- Sistemas semi-flexibles o semi-rígido.



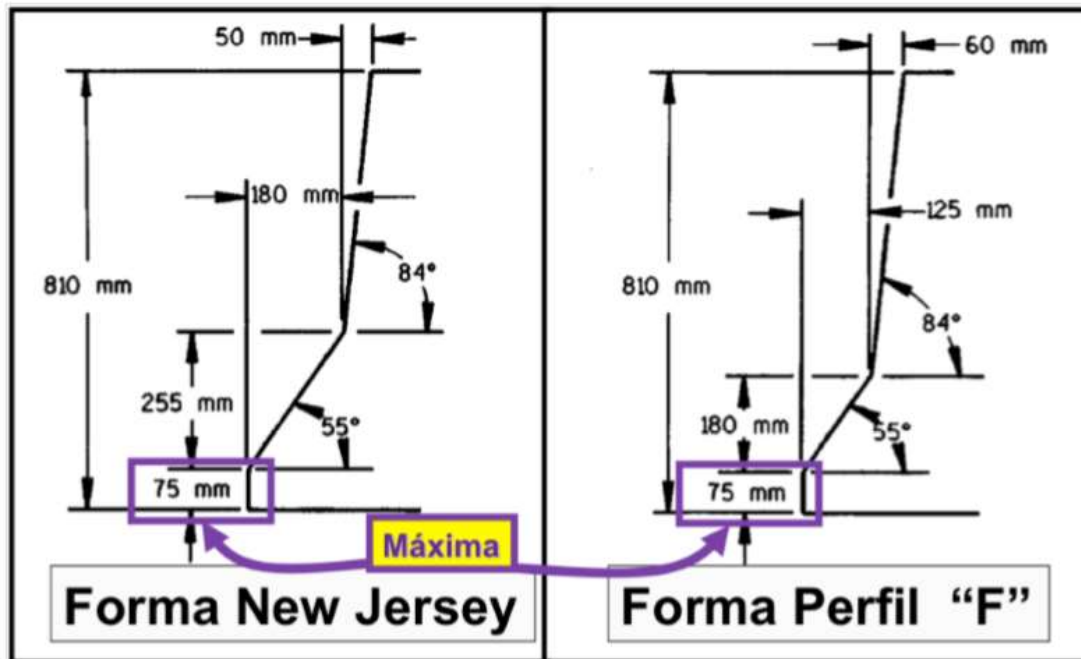
Fuente: Manual de Seguridad Vial – MTC (2016)

### Sistemas Rígidos

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

- El ancho de trabajo puede variar entre 0,0 a 0,6 m.
- Normalmente los sistemas rígidos no requieren reparación.

Figura 3.- Croquis de perfiles de sistemas rígidos.



Fuente: Manual de Seguridad Vial – MTC (2016)

### 2.3.3 Tipos comerciales de barreras de contención o seguridad metálicas

Según Car Segnaletica Stradale (2016), dispone de los siguientes tipos de barreras de contención o seguridad metálicas:

#### Borde lateral

La barrera para borde lateral sobre calles, producida y probada según la norma EN 1317, tiene que absolver el deber de contener los automóviles, evitar de hacerlos volcar y conservarlos en la calzada. Ver cuadro 1.



Cuadro 1.- Clases de contension relativas al D.M 21/06/2014 (Norm. Italiana) y EN 1317.

Clase N1: contención mínima Lc = 44 kJ		Clase H2: contención elevada Lc = 288 kJ			
Clase N2: contención media Lc = 82 kJ		Clase H3: contención muy elevada Lc = 463 kJ			
Clase H1: contención normal Lc = 127 kJ		Clase H4: contención para trechos de altísimo peligro Lc = 572 kJ			
TIPOS DE CAMINOS	Tráfico	DESTINACIÓN BARRERAS			
		Barreras Guardavías	Barreras borde lateral	Barreras borde puente	Atenuadores
Autopista y Carreteras principales	I	H2	H1	H2	TC1 ó TC2 Según velocidad <o también> di 80 km/h
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4	H2-H3	H4	
Carreteras secundarias y calles urbanas de escurrimiento	I	H1	N2	H2	
	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
calles urbanas de distritos y calles locales	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

**N2 borde lateral.-** La barrera en clase N2 es utilizada en calles en que la velocidad de vehicules es limitada y la circulación es escasa (calles urbanas de fluencia en lateral o calles locales). Es formada por bandas doble valla. Ver cuadro 2.

Cuadro 2.- Clase N2 Tipo “CAR” en relieve (CAR/N2/BL).

TIPO: CLASE N2 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/N2/BL)	
CLASE De REFERENCIA :	N2
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	82.25 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACELERACIÓN :	ASI = 1.0
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W 5
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	121.00 cm
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	134.90 cm
CENTRO TEST:	AISICO
TESTS No. :	381
DESTINACIÓN DE USO:	Borde lateral en relieve
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	<p>Constituida por:</p> <p>Postes verticales con sección a sigma de 100x55 mm, espesor 4.2 mm, largura 1719 mm con 1050 mm y sobre el suelo 669 mm , distancia de centro 3.00 m. Viga doble de largura 3320 mm, espesor 2.7 mm, de altura 307 mm.</p> <p>Entre el poste y la banda hay un separador a U con dimensiones 200 x 85 x 5 mm, de largura 70 mm.</p> <p>Pernos en acero con alta resistencia, clase 8.8, de M16 mm de largura 30 y 40 mm con arandelas y tuercas.</p> <p>Todo es galvanizado.</p>

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

H1 Borde Lateral.- La clase H1 es utilizada en carreteras con una circulación más consistente. La destinación es para carreteras extraurbanas principales con circulación leve y carreteras extraurbanas secundarias o urbanas de fluencia. Ver cuadro 3.

Cuadro 3.- Clase H1 Tipo “CAR” en relieve (CAR/H1/BL).

TIPO: CLASE H1 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H1/BL)	
CLASSE DE REFERENCIA :	H1
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	127 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACELERACIÓN :	ASI =0.9
NIVEL DE ANCHURA ÚTIL :	W6
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	88.80 cm
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	117.30 cm
CENTRO TEST:	ALSICO
TESTS No. :	267
CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN n°:	93 (D.M. 2004)
DESTINAZIONE DE USO:	Borde lateral en relieve
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	<p>Constituida por:</p> <p>Postes verticales a U de 120x80 mm, espesor 5 mm, de largura 1500 mm, con 800 mm enterrados y 700 mm sobre el suelo, distancia de centro 1.80 m.</p> <p>Doble valla de largura 3920 mm, espesor 2.85 mm, de altura 311 mm.</p> <p>Entre el poste y la banda hay un alargador unido a un separador de tipo europeo de dimensiones de 350 x 190 x 300 x 80 mm, espesor 4 mm, en acero.</p> <p>Pernos hexagonales en acero a alta resistencia, clase 8.8, galvanizado con relativas arandelas y tuercas.</p> <p>Todo es galvanizado.</p>

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

H2 Borde Lateral.- La clase H2 es la más utilizada, para carreteras extraurbanas principales y secundarias. Es utilizada también en Autopistas para los bordes laterales, donde la circulación es muy elevada. Es formada por bandas a triple honda. Ver cuadro 4.

Cuadro 4.- Clase H2 Tipo “CAR” en relieve (CAR/H2/BL).

TIPO: CLASE H2 TIPO “CAR” EN RELIEVE CAR/H2/BL)	
CLASE DE REFERENCIA :	H2
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	288 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACCELERACIÓN :	ASI =1.0
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W7
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	1.22 m
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	1.3 m
CENTRO TEST:	LIER
TESTS No. :	CAR/BSI - 03/C572 on 12/03/2002 CAR/BSI - 04/C573 on 12/03/2002
CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN No.:	97 (D.M. 2004)
DESTINAZIONE DE USO :	Borde lateral en relieve
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	<p>Conformada por:</p> <p>Postes verticales a U de 120x80 mm, espesor mm, largura 1675 mm enterrados 825 mm y sobre el suelo 850 mm, distancia de centro 2.25 m.</p> <p>Las extremidades superiores de los postes son unidos en la parte posterior a un tirante a U de dimensiones 80 x 40 mm, espesor 2.5mm, largura 4.600 mm. Viga triple onda de altura 506 mm, espesor 2.5 mm, largura 4820 mm.</p> <p>Entre el poste y la banda hay un separador DCZ1 de 309.3 x 149.4 x 120 mm, espesor 6 mm.</p> <p>Plancha para cubrir los agujeros 100x34x4 mm.</p> <p>Pernos acero a alta resistencia, clase 8.8, de 16 mm MA de largura 30 y 40 mm con arandelas y tuercas.</p> <p>Todo es galvanizado.</p>

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

H3 Borde Lateral.- La clase H3 se refiere a una barrera con resistencia elevada. Es utilizada en zonas en relieve en Autopistas y en casos de circulación elevada. Es formada por bandas a triple onda. Ver cuadro 5.

H4 Borde Lateral.- La clase H4 es referida a una barrera con resistencia muy elevada. Es utilizada en autopistas y en carreteras extraurbanas, también en caso de grande circulación. Es formada por una viga triple onda. Ver cuadro 6.

Cuadro 5.- Clase H3 Tipo “CAR” en relieve (CAR/H3/BL).

TIPO: CLASE H3 TIPO “CAR” EN RELIEVE (CAR/H3/BL)	
CLASE DE REFERENCIA :	H3
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	463 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACELERACIÓN :	ASI =1
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W8
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	2.12 m
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	2.52 m
CENTRO TEST:	GARCHING
TESTS No. :	X63.02.C03 on 07/07/1999 X63.03.C03 on 08/07/1999
CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN n°:	94 (D.M. 2004)
DESTINAZIONE DE USO:	Borde lateral en relieve
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	<p>Conformada por : Postes verticales a C de 120x80x30 mm, espesor 5 mm.</p> <p>Las extremidades superiores de los postes son unidos a un elemento de guía de sección a C.</p> <p>Viga triple onda de altura 506.1 mm, espesor 2.5 mm, de largura de 4820 mm.</p> <p>Entre el poste y la banda hay un separador a remontada de 300 x 292,3 x 120 mm, espesor entre 4 - 6 mm. Separador inferior formado por un elemento doblado de dimensiones 110 x 55 mm, espesor 3 mm, de largura 430 mm, unido a un guardacantón anterior de sección a U de dimensiones 120x50 mm, espesor 4 mm, largura 4680 mm.</p> <p>Pernos de acero a alta resistencia, de 16 mm MA, de largura 30 y 45; pernos hexagonales de 16 mm MA, de largura 50 y 160 mm; con arandelas y tuercas.</p> <p>Todo es galvanizado.</p>

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

Cuadro 6.- Clase H4 Tipo “CAR” en relieve (CAR/H4/BL).

TIPO: CLASE H4 TIPO “CAR” EN RELIEVE	
CLASE DE REFERENCIA	H4
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	739 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACELERACIÓN:	ASI =1.0
NIVEL DE ANCHURA UTIL:	W6
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	2.0 m
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	1.2 m
CENTRO TEST:	TUV
TESTS No. :	X68.05.C05 X63.06.D05
DESTINAZIONE DE USO:	Borde lateral en relieve.
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	<p>Conformada por:</p> <p>Viga triple onda 4820 x 505 x 2.5 mm en acero. Poste 60x120x 40 mm, espesor 3-4 mm</p> <p>Separador 300x190x120 mm, espesor 3-4 mm. Tirante diagonal en tubo diam. 60.3 mm de dimensiones 1500 x 1.5 mm.</p> <p>Tirante posterior 67x29x5 mm.</p> <p>Trabe de contenimiento superior 120x80x5 mm unido a dos separadores de dimensiones 186x240x80x8 mm. Separador inferior 88x232x80x8 mm.</p> <p>Perno clase 8.8</p> <p>Todo es galvanizado.</p>

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

## Barreras de puentes

Se clasifican como barreras longitudinales. Sin embargo se estudia y clasifica independientemente, debido a que su objetivo principal es evitar que el vehículo traspase dicha zona y produzca un accidente de mayores consecuencias; por esta razón, deben tener la suficiente capacidad de redirigir al vehículo. Estos pretiles son elaborados en su mayoría de metal, concreto o alguna combinación entre ellos.

H2 Borde Puente.- La barrera H2 borde puente es utilizada en puentes y viaductos que no tienen una circulación grave. Es formada por una banda triple valla y postes planchados, unidos a la plantilla con carriles y una trabe para no hacer volcar el vehículo. Ver Cuadro 7.

Cuadro 7.- Clase H2 Borde Puente (CAR/H2/BP).

TIPO: CLASE H2 BORDE PUENTE	
CLASE DE REFERENCIA:	H2
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	287.48 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACCELERACIÓN:	ASI =1.2
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W7
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	168 cm
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	186 cm
CENTRO TEST:	ASICO
CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN N° :	EN CURSO DE HOMOLOGACIÓN
DESTINAZIONE DE USO :	Borde puente
EESPECIFICACIONES TÉCNICAS :	Conformado por : Viga perfil doble onda 3320x475 mm con espesor 2.7 mm. Largura 3000 mm; postes de apoyo sección "C" 120x80x30x5 mm, H=1300 mm, plancha 250x300x10 mm anclada. Guardacantón superior formado por un tubular 100x100x3 mm, fijado con 2 tornillos al poste. Plancha para cubrir los agujeros 100x45x4 mm. Pernos clase 8.8 a y pernos hexagonal 16 mm MA con largura 30 mm. Todo es galvanizado.

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

H3 Borde Puente.- La barrera H3 borde puente es utilizada en puentes y viaductos con grande circulación. Es formada por valla perfil triple onda, a veces unido a banda doble onda y es fijada a la plantilla con carriles. Una trabe o un tubular son necesarios para no hacer volcar el vehículo. Ver Cuadro 8.

Cuadro 8.- Clase H3 Borde Puente (CAR/H3/BP).

TIPO: CLASE H3 BORDE PUENTE (CAR/H3/BP)	
CLASE DE REFERENCIA:	H3
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	462.13 KJ
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W4
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	113.5 cm
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	119 cm
CENTRO TEST:	ASICO
TESTS N° :	269 270/Rev. 1
CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN N°:	118
DESTINAZIONE DE USO:	Borde puente
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	Formada por: Materiales: acero – Tornillos clase 8.8 Banda 3N distancia de centro 4500 mm a distancia de centro 2250 mm – poste 140x100x30x6 mm, altura 1460 mm con plancha de base fijada de dimensiones 300x350x15 mm con 3 agujeros. Separador e hundimiento gradual de dimensiones 150x322x120x6 mm. Tirante posterior 4500x70x5 mm – Trabe superior 4500x35x120x140x5x378 mm. Todo es galvanizado.

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)

H4 Borde Puente.- La barrera H4 borde puente es la más segura de la categoría, y es utilizada en puentes y viaductos muy peligrosos y con un índice de severidad elevado. Es formada por banda triple onda, a veces unido a bandas doble onda y de postes fijados a hormigón. Hay también una trabe superior para el contenimiento de vehículos. Ver Cuadro 9.

Cuadro 9.- Clase H4 Borde Puente (CAR/H4/BP).

TIPO: CLASE H4 BORDE PUENTE "CAR" (CAR/H4/BP)	
CLASE DE REFERENCIA :	H4b
NIVEL DE CONTENIMIENTO :	711.11 KJ
INDICE DE SEVERIDAD DE ACELERACIÓN :	ASI = 1.1
NIVEL DE ANCHURA UTIL :	W8
MAX DEFLEXIÓN ESTÁTICA :	62.3 cm
MAX DEFLEXIÓN DINÁMICA :	99.3 cm
CENTRO TEST:	ASICO
TESTS N° :	269 271/Rev. 1
CARTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN N°:	EN CURSO DE HOMOLOGACIÓN
DESTINAZIONE DE USO:	Borde puente
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	Formada por : Materiales: acero – Tornillos clase 8.8 Banda 3N distancia de centro 4500 mm a distancia de centro 2250 mm – poste 140x100x30x6 mm, altura 1460 mm con plancha de base fijada de dimensiones 300x350x15 mm con 3 agujeros. Separador a hundimiento gradual de dimensiones 150x322x120x6 mm – Tirante posterior 4500x70x5 mm – Trabe superior 4500x35x120x140x5x378 mm – carriles M20 (nr 3 para poste). Todo es galvanizado.

Fuente: Car Segnaletica Stradale (2016)



### 2.3.4 Terminales de barreras de contención

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), corresponden a los elementos extremos de una barrera longitudinal, no catalogados como amortiguadores de impacto, encargados del anclaje inicial y final de las barreras de contención.

El buen funcionamiento de un sistema de contención, al ser impactado, dependerá en gran medida de la eficiencia de sus terminales, debido a que éstos aportan continuidad estructural; cumpliendo además la función de reducción de severidad del impacto.

En ningún caso será permitido emplear un terminal de tipo cola de pato, cola de pez o similar ya estos facilitan la penetración del vehículo, como un arpón, que lo impacta frontalmente tal como se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 4.- Colisión Relacionada a Terminales de Barrera.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

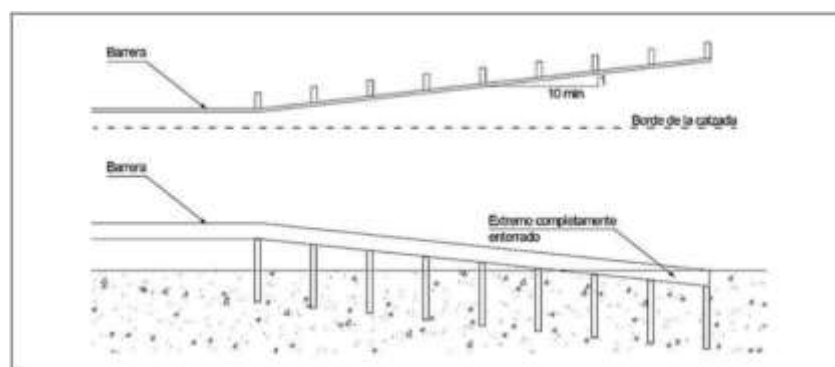
Terminal Abatido Simple.- Consisten en disminuir la altura de la barrera hasta que ésta alcance el nivel del suelo. No ofrece un elevado riesgo de penetración del habitáculo del vehículo, pero puede producir el ascenso o vuelco de los vehículos que lo impactan frontalmente. A pesar de ser una solución de bajo costo, estos diseños no son recomendados para una velocidad superior a 60 km/h. El abatimiento se puede llevar a cabo en una longitud de 4 a 12 m. y requiere, en los casos de barrera metálica, una pieza de transición para lograr el ángulo de abatimiento. Las siguientes figuras muestran la configuración de un terminal abatido. Ver Figuras 5 y 6.

Figura 5.- Terminal Abatido Simple en una Carretera.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Figura 6.- Abatido Simple.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)



### 2.3.5 Transiciones y Conexiones

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), uno de los aspectos más importantes de cualquier ruta, consiste en el empalme de sistemas de distinto ancho de trabajo, donde es necesario diseñar una transición adecuada y proveer de los elementos especiales de conexión. De esta forma, generalmente en base a una disminución de la distancia entre postes, se logrará rigidizar paulatinamente el elemento de contención más flexible, antes de que empalme con el sistema de contención más rígido. Esta transición será obligatoria en vías bidireccionales de un carril por sentido. En cambio, para rutas bidireccionales con dos o más carriles por sentido y vías unidireccionales, esta obligatoriedad se dará cuando, en el sentido de tránsito, se pasa de un elemento de mayor deflexión a uno de menor deflexión, resultando opcional en el caso contrario.

La longitud de la transición para caminos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L = (d_i - d_f) * 8 \dots \dots \dots (1)$$

La longitud de la transición para carreteras se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L = (d_i - d_f) * 12 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

L = Longitud de transición (m).

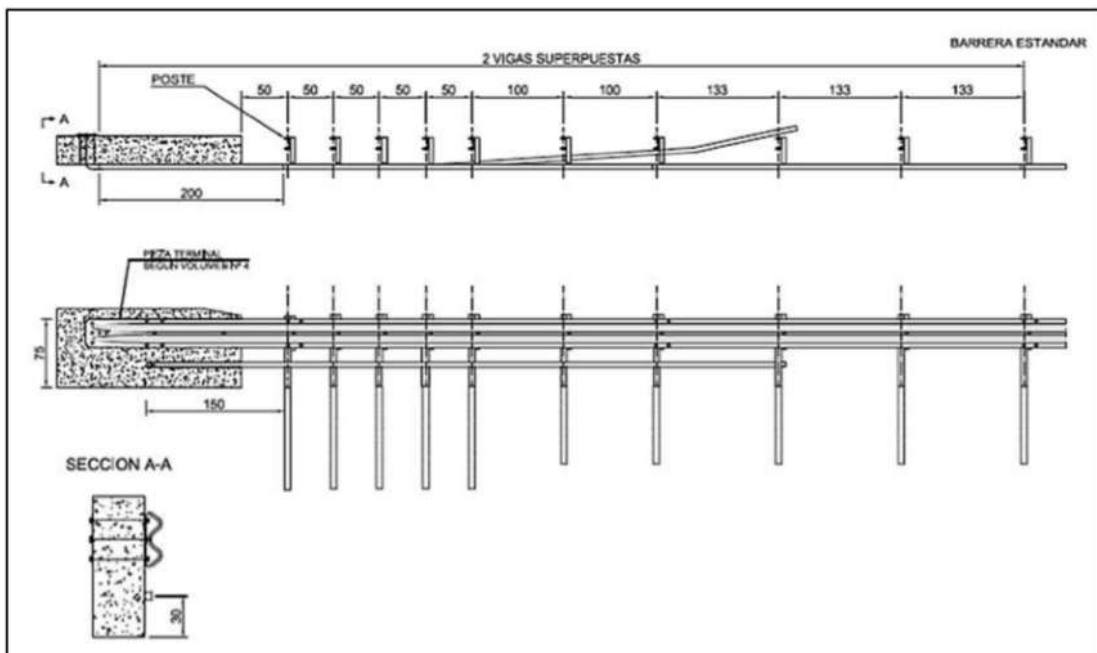
$d_i$  = Deflexión típica del primer sistema (m).

$d_f$  = Deflexión típica del segundo sistema (m).

El resultado obtenido de las fórmulas anteriores se aproximará al entero múltiplo de 4 inmediatamente superior. Otro aspecto importante es el sector de conexión entre una barrera metálica de aproximación y una barrera de hormigón de un puente o estructura.

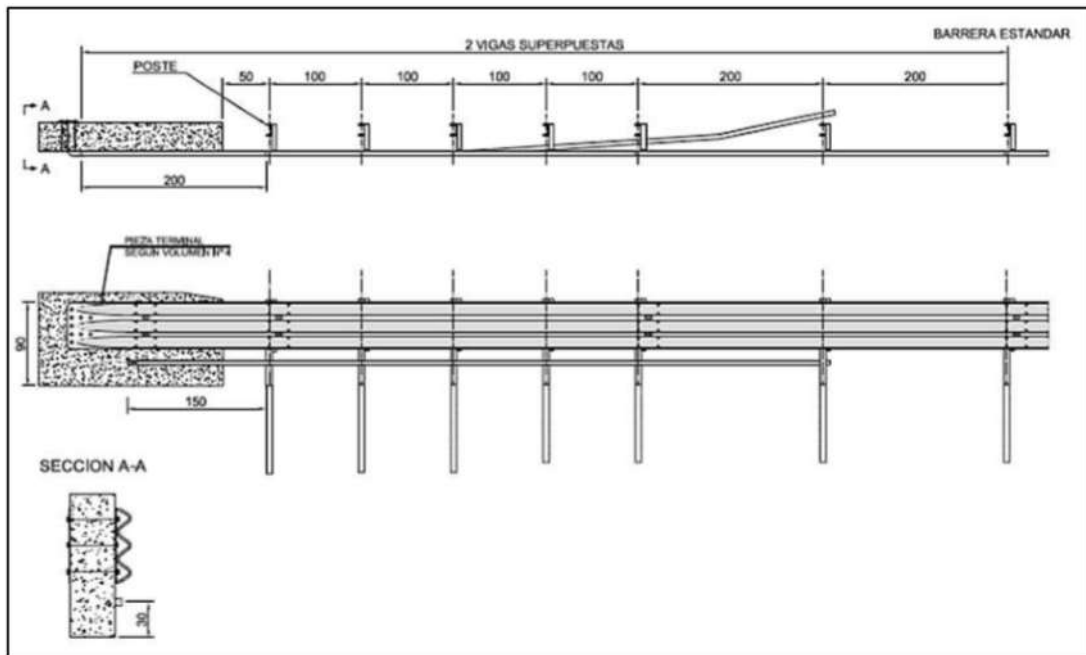
Este sector debe ser fuerte y resistente, de manera que, en condiciones de impacto, la conexión no colapse. Se deberá dar preferencia al anclaje mediante la conexión con pernos pasados en la barrera de hormigón, cuyo número y características deberán estar en correspondencia con la necesidad de asegurar el funcionamiento del sistema. Ver Figuras 7 y 8.

Figura 7.- Planta y Perfil Longitudinal Transición Típica Barrera Doble Onda.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Figura 8.- Planta y Perfil Longitudinal Transición Típica Barrera Triple Onda.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

### 2.3.6 Proceso de Diseño de los Sistemas de Contención

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), en el Manual de Seguridad Vial (MSV 2016),

Definición de Tipología de Vehículos.- Durante el diseño de cualquier vía conviene determinar los tipos de vehículo que usarán la vía y basados en el flujo y composición anticipada seleccionar un nivel de contención para las barreras, los terminales y los amortiguadores de impacto.

Nivel de Contención para Barreras.- El nivel de contención es la capacidad de una barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de re-direccionamiento del vehículo. La energía de cada impacto está en función de la masa del vehículo, velocidad del impacto, ángulo de impacto y elevación del centro de masa del vehículo. Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para su aplicación:

- a. P1 - Liviano: se utilizarán estas barreras para vías donde predominen el tránsito de vehículos livianos con velocidades menores a 70km/h.
- b. P2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de velocidades superiores a 70 km/h donde predomine el tránsito de vehículos livianos y vehículos de carga hasta 10 toneladas.
- c. P3 – Medio alto: es el nivel de contención recomendado para vías que tienen un tráfico importante de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos con pesos brutos de hasta 10 toneladas.
- d. P4 - Alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de vehículos pesados como camiones y autobuses con pesos brutos de hasta 30 toneladas.
- e. P5 - Muy alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de camiones “tráiler” y “semi tráiler”.

En el Cuadro 10, se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser aplicados por los diseñadores tomando en consideración el tamaño máximo de los vehículos y las velocidades anticipadas o presentes en la ruta. Podrán especificar sistemas de contención, ensayados según la norma NCHRP Report 350 o EN 1317.

Cuadro 10.- Niveles de Contención según Vehículo y Velocidad Máxima.

Nivel de contención	Velocidad hasta 70 km/h		Velocidad superior a 70 km/h	
	NCHRP 350	EN 1317-2	NCHRP 350	EN 1317-2
P1 - Liviano	TL2	N1, N2 o H1	TL3	N2 o L1
P2 - Medio	TL3 o TL 4	H1 o L1	TL4	L2
P3 - Medio Alto	TL3 o TL 4	H2 o H3	TL4	L2 o L3
P4 - Alto	TL5 o TL 6	H4a	TL5 o TL 6	L4a
P5 - Muy alto	TL5 o TL 6	H4b	TL5 o TL 6	L4b

Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Relación de Nivel de Contención y Tipo de Tráfico.- 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 necesaria la instalación de la barrera de seguridad, con esta información en el Cuadro 11 se designa el tipo de tráfico al que correspondería la vía.

Cuadro 11.- Tipo de Tráfico.

Tipo de tráfico	IMDA	% vehículos con masa > 18t
A	>4000	≥25
B	>4000	<25
C	350 a 4000	≥25
D	350 a 4000	<25
E	<350	≥25
F	<350	<25

Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Posteriormente, acorde al tipo de tráfico se puede seleccionar el nivel de contención de cada barrera de seguridad de acuerdo al tipo de vía y el tipo de tráfico indicado en el Cuadro 12.

Cuadro 12.- Niveles de Contención según Tipo de Vía y Tipo de Tráfico.

Tipo de vía	Tipo de Tráfico	Barrera Central*	Barrera Lateral	Barrera de Puentes
Autopista	A	P4 o P5	P3	P4 o P5
	B	P3 o P4	P3	P3, P4 o P5
Doble Calzada	A	P4	P3	P4 o P5
	B	P3	P3	P3, P4 o P5
Dos Carriles	C	N/A	P2 o P3	P3
	D	N/A	P2	P3
Bajo Volumen	E	N/A	P2	P2
	F	N/A	P1	P2

Nota: \* Selección se debe basar en separación de calzadas

Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir la barrera más conveniente de los varios que cumplen con el nivel de contención seleccionada:

- El espacio disponible para emplazar el sistema de contención.

- Compatibilidad con otros sistemas de contención en el caso de tener que conectar sistemas de diferente rigidez.
- El costo del sistema.
- El costo de su reparación.
- La disponibilidad de piezas de repuesto.
- Los sistemas en uso en la repartición.
- Las condiciones de terreno incluyendo los tipos de suelo.
- Factores de riesgo a los ocupantes incluyendo entre otros las velocidades de impacto de los ocupantes, la deceleración conjunta en el caso del NCHRP 350 o en el caso del EN 1317-2, el ASI.
- La trayectoria probable pos-impacto.

Se debe considerar que casi siempre, un factor a favor de un sistema va de la mano con otro factor en contra del mismo. Por ejemplo, un sistema con deceleración baja requiere un ancho de trabajo mayor; por lo tanto, se deben escoger factores que permitan balance del sistema en general.

Niveles de Contención para Terminales de Barrera.- Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para la aplicación de terminales de barrera:

- TB1 - Liviano: se utilizarán estos terminales en vías donde predominen el tránsito con velocidades menores a 70 km/h.
- TB2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de velocidades igual a 70 o 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000 kg.
- TB3 – Alto: es el nivel de contención para vías con velocidades superiores a 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000 kg.

En el Cuadro 13, se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser aplicados por los diseñadores tomando en consideración las velocidades anticipadas o presentes en la ruta.

Se observa que la normatividad europea, originalmente conocida como la norma experimental ENV 1317-4 está siendo considerada por la comunidad europea como propuesta de norma prEN 1317-7. Ambas versiones ensayan vehículos con dimensiones y masa muy inferiores a los vehículos en uso en Perú y por lo tanto no son considerados como solución.

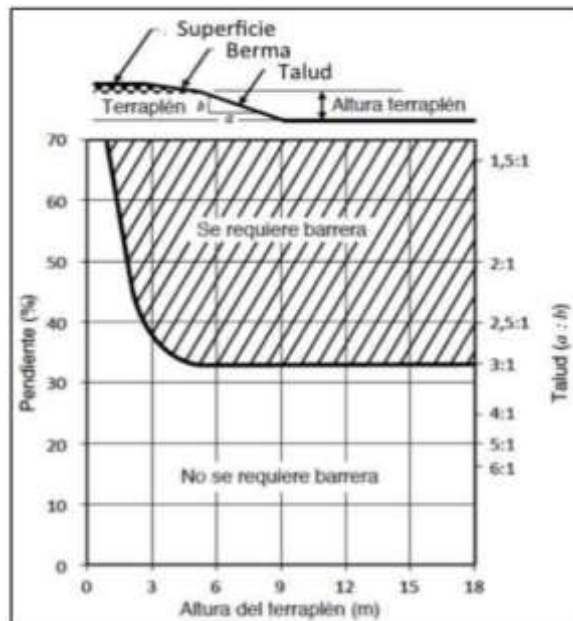
Cuadro 13.- Niveles de Contención de Terminales de Barrera.

Nivel de contención	Nivel de ensayo
TB1 - Liviano	N/A
TB2 - Medio	TL2
TB3 - Alto	TL3

Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Barreras de Contención en Terraplenes.- Los factores que determinan la necesidad de una barrera en el caso de terraplén, ya sea en tangente o en curva, son la altura y la pendiente de sus taludes, como se muestra en la Figura 9, en la que el punto definido por la altura y la pendiente, determina si se debe o no colocar la barrera. Para carreteras con velocidades de operación menores de 50 km/h y tránsito diario medio anual (IMD) menor de 1,000, la barrera es opcional.

Figura 9.- Definición de Necesidad de Barrera Lateral según Condición de Talud.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Obstáculos Laterales.- La necesidad de aplicar una barrera lateral para escudar la presencia de un obstáculo lateral dependerá del obstáculo, su rigidez, su cercanía a la calzada, entre otros factores. En cada caso, antes de colocar una barrera se debería tratar de:

- Eliminar el obstáculo.
- Alejar el obstáculo.
- Reducir la rigidez del obstáculo.
- De no ser posible lo anterior, se debería consultar el Cuadro 14.

Disposición de Barreras de Contención.- Uno de los aspectos de mayor relevancia en el funcionamiento de un sistema de contención está relacionado con la disposición o emplazamiento de éste, tanto longitudinal como transversalmente, respecto de la situación de riesgo que se debe mitigar. Siempre se deberá cuidar que el suelo bajo la barrera esté nivelado y libre de obstrucciones, tanto dentro de los espacios correspondientes a las distancias desde el borde de la calzada, como entre las separaciones de los postes y la zona del ancho de trabajo.

Paralelamente, se debe prever que la zona próxima a los postes presente características compatibles con el sistema instalado; por ejemplo, en caso de barreras con postes hincados, se debe verificar que el suelo alrededor de ellos esté en condiciones para permitir un adecuado funcionamiento ante un impacto, esto es, libre de pavimentos asfálticos o de hormigón, que pueden generar una trabazón incompatible con el desplazamiento y torsión esperadas para los postes.

Utilización de Barreras de Contención.- En general, una barrera de contención se emplazará paralela al eje central de la vía. De no ser así, el proyectista o especialista en seguridad vial deberán justificar una ubicación distinta. Se debe tener en cuenta que una barrera debe proyectarse de modo que el impacto de los vehículos sea previsiblemente en un ángulo que se encuentre dentro del rango máximo aceptable para la capacidad de contención, esto es, aproximadamente entre 15° y 25°.



Las barreras de borde se deben instalar en aquellos lugares de las carreteras o vialidades urbanas, donde exista el riesgo de que ocurra un accidente que pueda ocasionar fatalidades o lesionados graves. Como es el caso de lugares donde un vehículo puede salir del camino por pérdida de control del conductor, ya sea por la altura e inclinación de los taludes de terraplenes, la existencia de una curva horizontal, la cercanía a obstáculos laterales o para proteger a peatones o ciclistas que convivan con el tránsito vehicular bajo condiciones especiales. Ver cuadro 14.

Cuadro 14.- Guía para la Aplicación de Barreras Laterales para Escudar Obstáculos Laterales.

<b>Obstáculo Lateral</b>	<b>Recomendación</b>
Pilas, columnas, estribos u otros elementos estructurales que representen peligro	Colocar barreras laterales
Obras menores de drenaje y muros cabezales	Cuando su tamaño, forma o ubicación representen peligro, colocar barreras laterales
Obras de drenaje longitudinal	Cuando sea probable traspasarlas y ello represente peligro, colocar barreras laterales
Taludes de cortes sin irregularidades	Generalmente no se requieren barreras
Taludes de cortes y terraplenes con irregularidades	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra las irregularidades, colocar barreras laterales
Muros de contención	Cuando la forma y ubicación de un muro de contención sea tal que represente un peligro, colocar barreras laterales
Estructuras de señalamiento elevado y de iluminación	Colocar barreras laterales
Postes de servicios públicos y de semáforos	De acuerdo con las características del lugar y del tránsito, colocar barreras laterales
Árboles	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra árboles con troncos de diámetro mayor de diez (10) centímetros, colocar barreras laterales
Rocas con una magnitud tal que el costo de removerlas sea significativo	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra rocas de tal tamaño que el costo de removerlas sea significativo, colocar barreras laterales
Cuerpos de agua permanentes	Cuando su ubicación y profundidad representen peligro, colocar barreras de laterales

Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Conexión de Sistemas de Contención Cercanos.- Si dos sistemas laterales de contención se encuentran ubicados muy próximos entre sí, se deberán conectar, generando una

solución continua, salvo que existan situaciones tales como intersecciones, cruces, cruces peatonales, entre otros, que impidan su conexión.

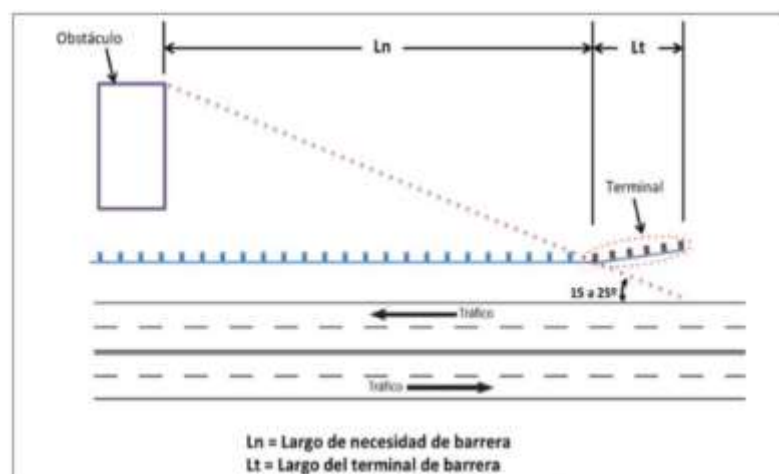
Largo de Necesidad de Barrera.- La Figura 10, muestra de manera simplificada el concepto de extender la longitud de la barrera para escudar en su totalidad el obstáculo.

El proyectista debería seleccionar en cada caso un ángulo entre 15 y 25° para poder conocer una trayectoria posible de un vehículo que deje la calzada y luego definir hasta donde debe llegar la barrera.

Cuando se trate de terminales ensayados comercialmente disponibles, algunos son redirectivos a partir del primer poste y otros a partir del tercer poste.

La Figura 10 muestra la extensión de la longitud de la barrera en una sola dirección. En cualquier caso que un vehículo pudiera llegar al Obstáculo en el otro sentido, se debería repetir el proceso en esa dirección.

Figura 10.- Relación de Largo de Necesidad de Barrera y Terminal de Barrera.



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

### **2.3.7 Criterios Generales para Colocar Barreras de Contención**

Según Carlos M. Chang Albitres (2010), 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. La colocación de una barrera de seguridad debe considerarse en los siguientes casos:

- Sectores en los que un vehículo al perder el control y salir fuera de circulación encuentre obstáculos o terreno intransitable que puedan dañar al vehículo y a sus ocupantes.
- Tramos con medidas angostas en calzadas contiguas en donde pudiese haber colisión con vehículos que circulan en sentido opuesto.
- Zonas de topografía accidentada que presentan trazo vial con curvas 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 limitaciones de visibilidad debido a condiciones climáticas.
- Zonas con tránsito de peatones en áreas próximas al borde de la calzada.

Estas consideraciones son válidas para proyectos de construcción nuevos y de rehabilitación. En el caso de los proyectos de rehabilitación, es necesario revisar el historial de accidentes en la zona de estudio y evaluar el desempeño de las barreras de seguridad colocadas anteriormente.

### **2.3.8 Fundación de Barreras Metálicas de Contención**

Según Valverde González, Germán (2011), la cimentación y el suelo son una parte integral del sistema de contención vehicular, se debe revisar detalladamente las condiciones bajo las que se realizaron los ensayos a escala real

y las recomendaciones de instalación de los fabricantes para garantizar el adecuado comportamiento del dispositivo de seguridad en campo. En los planos y especificaciones técnicas del fabricante se define cuál es el tipo de suelo requerido para la cimentación del sistema, los parámetros que lo caracterizan, los ensayos que deben efectuarse para medir la resistencia del suelo y las normativas de referencia. El Contratista del proyecto o Administrador de la carretera debe garantizar que la resistencia del suelo donde será instalado el sistema de contención vehicular sea suficiente para que el sistema tenga un comportamiento similar al que presentó el prototipo ensayado exitosamente bajo la norma EN 1317 o NCHRP Reporte 350 o las normativas que las sustituyan.

Según el Ministerio de obras públicas (2014), en beneficio de la rapidez, menor costo de instalación y en especial, del mejor funcionamiento del sistema, la fundación de postes de barreras metálicas se efectuará mediante hincado en terreno. No obstante, debido a que los terrenos presentan características variables, se entregan a continuación criterios para fundación de postes de barreras metálicas.

Terreno natural o terraplén.- Un terreno de cualquier naturaleza se considerará apto para la fundación de postes de barreras metálicas si cumple con las condiciones definidas para un terraplén.

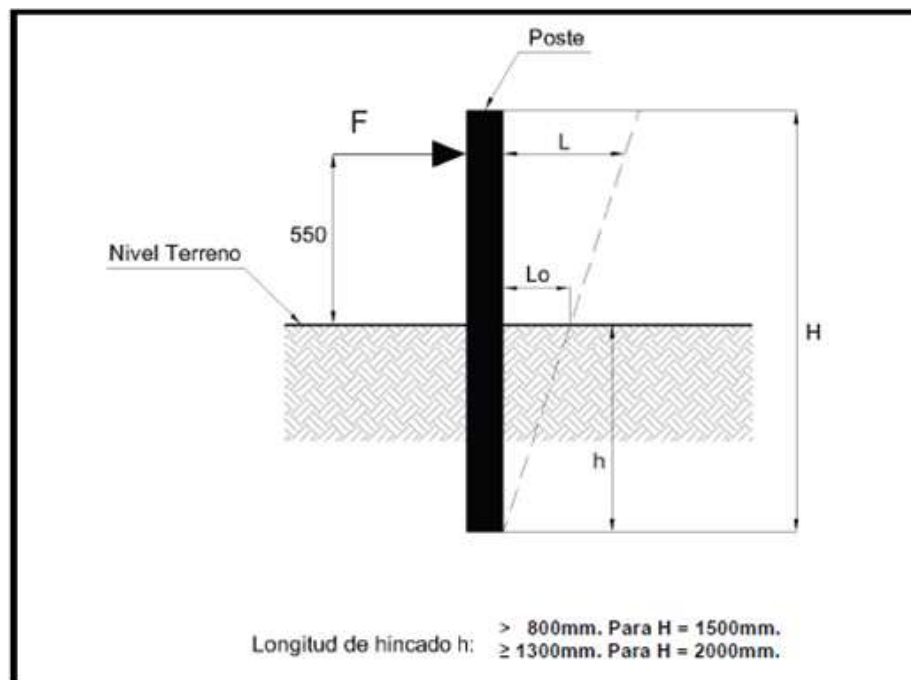
En los casos en que el suelo de fundación no cumpla con las características mínimas indicadas para la instalación de postes de barreras metálicas, se deberá efectuar la prueba in situ.

Prueba de Capacidad de Suelo In Situ.- Se empleará para verificar si el suelo presenta las condiciones mínimas para el hincado de postes de barreras metálicas:

- Esta prueba se realizará cada 250 metros o tramo de barrera, si es menor.

- Sobre un poste hincado aislado se aplica una fuerza paralela al terreno y perpendicular a la dirección de la circulación del tránsito adyacente, dirigida hacia el exterior de la vía.
- El punto de aplicación de la fuerza estará a 55 cm de altura con respecto al nivel del terreno y se medirá el desplazamiento lateral de dicho punto y de la sección del poste a nivel de terreno. Esta fuerza se irá incrementando hasta que el desplazamiento del punto de aplicación alcance los 45 cm.
- Se considerará que la resistencia del terreno es adecuada si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones: la fuerza que produce un desplazamiento “L” de su punto de aplicación igual a 25 cm es superior a 8 kN, y que para un desplazamiento “L” del punto de aplicación de la fuerza igual a 45 cm, el del poste “Lo” es inferior a 15 cm. Ver Figura 11.

Figura 11.- Prueba de capacidad del suelo In Situ.



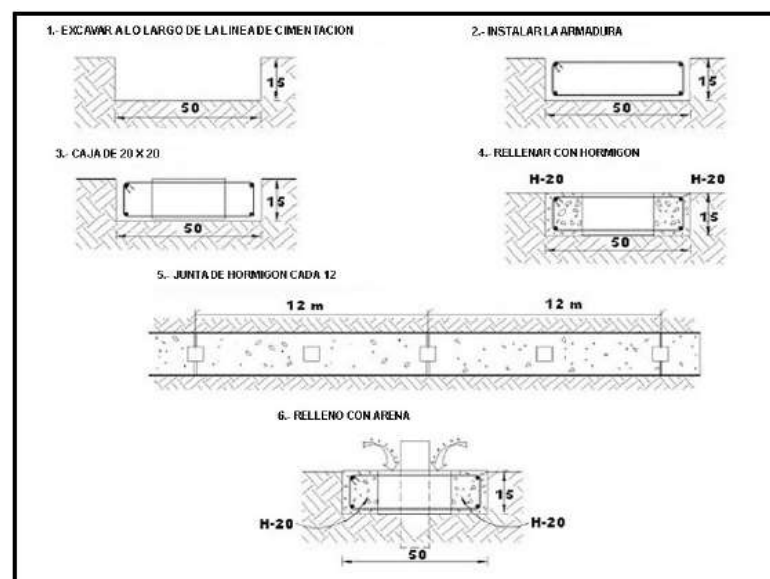
Fuente: Ministerio de obras públicas (2014)

Suelos de Baja Resistencia.- Si el terreno no tiene la resistencia estipulada, se considera que no cuenta con la capacidad de fundación para un poste de barrera metálica. En dicho

caso, para la instalación de las barreras se considerará en una primera instancia el uso de postes de 2.0 metros de longitud, reduciendo su separación a la mitad del diseño original. Si durante la construcción se observan deficiencias con este método, se procederá a reforzar el suelo mediante un sistema de viga armada, debiendo seguirse el siguiente procedimiento:

- Realizar una zapata corrida de 50 cm de ancho por 15 cm de profundidad a lo largo de la línea de cimentación de los postes.
- Luego, se dispondrá dentro de la zapata una armadura longitudinal  $4 \phi 12$  con estribos  $\phi 8$  a 50 cm, de acero A63-42H.
- Después se instalarán moldajes tipo caja de 20 cm de lado en el eje de la excavación, y con un distanciamiento igual al espaciamiento entre postes, los que posteriormente se hincarán en este lugar.
- Luego se hincan los postes y se rellena con hormigón H-20 la zona entre el terreno natural y la caja de 20 cm, dejando libre este espacio.
- El espacio vacío entre el poste y la caja, se rellena con arena y se impermeabiliza superficialmente.
- Finalmente, deben construirse juntas de hormigonado cada 12 m. Ver figura 12

Figura 12.- Secuencia constructiva de fundación para terrenos de baja resistencia.



Fuente: Ministerio de obras públicas (2014)

### En Conclusión:

Las pruebas para la homologación de barreras laterales son generalmente ejecutadas en terrenos planos (con un espacio detrás de la barrera que, con respecto a las dimensiones de la misma puede considerarse como indefinido) hincadas en terrenos aptos para la fundación de barreras metálicas. Tales condiciones no se dan en la práctica (en particular en lo que respecta a la posibilidad de tener un espacio de ancho indefinido detrás de la barrera) no solo en obras nuevas, sino sobre todo en el caso de instalación de las barreras de borde lateral en un terraplén existente, donde, además de tener anchos de trabajo muy reducidos, se tiene generalmente, materiales con características mecánicas inferiores a aquellas consideradas en las pruebas de impacto.

Por lo expuesto, en el presente estudio el espacio detrás de las barreras laterales es limitado con respecto al ancho de la barrera y el terreno de fundación generalmente es terraplén con material de base granular afirmado compactado, que según el Ministerio de obras públicas (2014) es considerado apto para el hincado de postes para barreras metálicas.

## CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Según el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción del MTC (2008), en la Directiva N° 007-2008-MTC/02, Sección 820.B – Barrera de Seguridad Borde Lateral (Nivel de contención P3):

Descripción.- Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de sistemas de contención de vehículos a lo largo de los bordes de la vía o en puentes, en los tramos indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

Barreras de Seguridad.- Se definen como barreras de seguridad a 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. Las barreras pueden ser flexibles, semirrígidas o rígidas.

La barrera de seguridad seleccionada para el presente proyecto, tomando en cuenta los criterios de diseño bajo la Directiva N° 007-2008-MTC/02, de acuerdo a la velocidad, IMDA y tipo de tráfico.

Una barrera de seguridad certificada es aquella que ha pasado por pruebas de impacto de acuerdo a los requisitos normativos establecidos por la EN 1317 de la comunidad Europea. Mediante las pruebas de impacto a la barrera de seguridad se obtienen los siguientes parámetros:

- Nivel de contención. Ver Cuadro 15.



Cuadro 15.- Nivel de Contención P3.

NIVEL DE CONTENCIÓN	EN 1317	W (ancho de trabajo)	ASI
P3 - MEDIO ALTO	H3	$W \leq 1.7$	$A \leq 1.0$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

- Nivel de severidad del impacto.
- Deformación del sistema.
- Capacidad de redireccionamiento del sistema.

Las pruebas de impacto son realizadas en un laboratorio autorizado autenticada por el organismo normativo del país en donde se desarrolló la prueba. En el informe de la prueba de impacto debe estar indicado el nivel de contención, nivel de severidad del impacto, deformación del sistema, los componentes de la barrera de seguridad, planos del diseño de la barrera, tipo de suelo donde fue instalada la barrera, e incluir los videos del funcionamiento de la barrera durante el impacto del vehículo y toda la documentación solicitada en la normativa internacional.

Materiales.- 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 concreto, 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 calidad

europas según corresponda la prueba de impacto. La ubicación de las barreras de seguridad se determina en los planos del proyecto que se adjuntan en el Anexo 1.

Requerimientos de Instalación.- La instalación de las barreras de seguridad certificadas se hará con las mismas especificaciones técnicas de los materiales, 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.

De acuerdo al tipo de terreno en la zona, la cimentación de la barrera se realizará por hincado o mediante un cimiento corrido de concreto armado de  $f'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  de 0.50 x 0.50 m de sección, con 4 fierros de  $\frac{3}{4}$ " estribados cada 20 cm con fierro de  $\frac{3}{8}$ ", indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

La estructura de la barrera de seguridad estará ligada al cimiento por medio de un perno de anclaje en cada poste según indique el fabricante. El proveedor deberá hacerse responsable de su instalación y armado de la barrera de seguridad, respetando las especificaciones del fabricante.

Medición.- La unidad de medida para las barreras de seguridad certificadas será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), para toda barrera de seguridad instalada de acuerdo con los planos y certificación, que haya sido recibida a satisfacción por el Supervisor. Los captafaros están incluidos dentro de la partida.

- 820.B Barrera De Seguridad Borde Lateral..... (m).

Pago.- El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda barrera de seguridad certificada suministrada e instalada a satisfacción del Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, captafaros, transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios e instalación de los postes, láminas, y demás accesorios requeridos; la excavación, su relleno, cemento, la carga, el transporte; la señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados. Ver Cuadro 16.

Cuadro 16.- Ítem y unidad de Pago.

ITEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
820.B Barrera De Seguridad Borde Lateral Tipo P3	Metro Lineal (m)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

## CAPÍTULO 4. MEMORIA DESCRIPTIVA

Proyecto: “Construcción del Puente Manuela y Accesos”

Ubicación: Km 1065+100 de la carretera Panamericana Norte (Ruta PE-1N). Costa Norte, provincia de Talara, departamento de Piura.

Propietario: Provias Nacional – Consorcio de Puentes.

Contratista: El 05 de noviembre del 2014, se suscribió el Contrato N° 120-2014 - MTC/20, con la empresa Constructora Aterpa M. Martins S.A. Sucursal del Perú, por el monto de su propuesta económica ascendente a S/. 9'445,035.03.

Supervisor: El 15 de diciembre del 2014, se suscribió el CONTRATO N° 148-2014 - MTC/20, con la empresa Acruta Tapia Ing. SAC, por S/. 486,483.78.

Presupuesto estimado del proyecto: S/. 8'826,233.60.

Plazo de ejecución de obra: 180 días.

### **4.1 Generalidades**

El presente estudio forma parte del proyecto “Construcción del Puente Manuela y Accesos”, correspondiente a la Inversión de la red vial nacional del departamento de Piura; que con fecha 27 de febrero del 2013, mediante R.D.N°111-2013-MTC/20, aprueba el estudio definitivo a nivel de Expediente Técnico.

Este capítulo contempla la recopilación de información para el diseño y selección de las barreras de contención adecuada. Y a la vez desarrolla los procedimientos para su instalación y los requerimientos para su mantenimiento.

## 4.2 Ubicación del proyecto

El puente Manuela está ubicado en la carretera Panamericana Norte (Ruta PE-1N) Km 1065+100. A una altitud de 30 msnm, específicamente en la Costa Norte, provincia de Talara, región Piura, a 1,065 Km de Lima. Ver figura 13

Figura 13.- Ubicación del puente Manuela.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

## 4.3 Características del proyecto

### 4.3.1 Características generales de la superestructura

Luz	: 50.00 m.
Número de carriles	: 02
Ancho de Carril	: 5.70 m.
Ancho de Calzada	: 11.70 m.
Ancho de vereda	: 1.20 m.
Ancho Total	: 14.90 m.
Carga Viva	: HL-93 Manual MTC 2003

### 4.3.2 Características estructurales de la losa

Concreto	: $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
Acero Corrugado	: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Espesor	: $e = 0.20 \text{ m.}$

### 4.3.3 Definiciones y cuadros técnicos acerca de las barreras de seguridad.

Ver cuadro 17, 18, 19, 20 y 21.

Ver figura 14

Cuadro 17.- Ensayos de impacto barreras de seguridad.

ENSAYO	VELOCIDAD DE CHOQUE (km/h)	ANGULO DE CHOQUE (°)	MASA DEL VEHICULO (kg)	TIPO DE VEHICULO
TB11	100	20	900	Turismo
TB21	80	8	1.300	Turismo
TB22	80	15	1.300	Turismo
TB31	80	20	1.500	Turismo
TB32	110	20	1.500	Turismo
TB41	70	8	10.000	Camión
TB42	70	15	10.000	Camión
TB51	70	20	13.000	Autocar
TB61	80	20	16.000	Camión
TB71	65	20	30.000	Camión
TB81	65	20	38.000	C. Articulado

Fuente: NORMA UNE EN 1317 (2011)

Cuadro 18.- Índices de severidad de impacto.

CLASE	VALORES DE LOS INDICES DE SEVERIDAD		
A	$ASI \leq 1,0$	y	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$
B	$ASI \leq 1,4$		
C	$ASI \leq 1,9$		

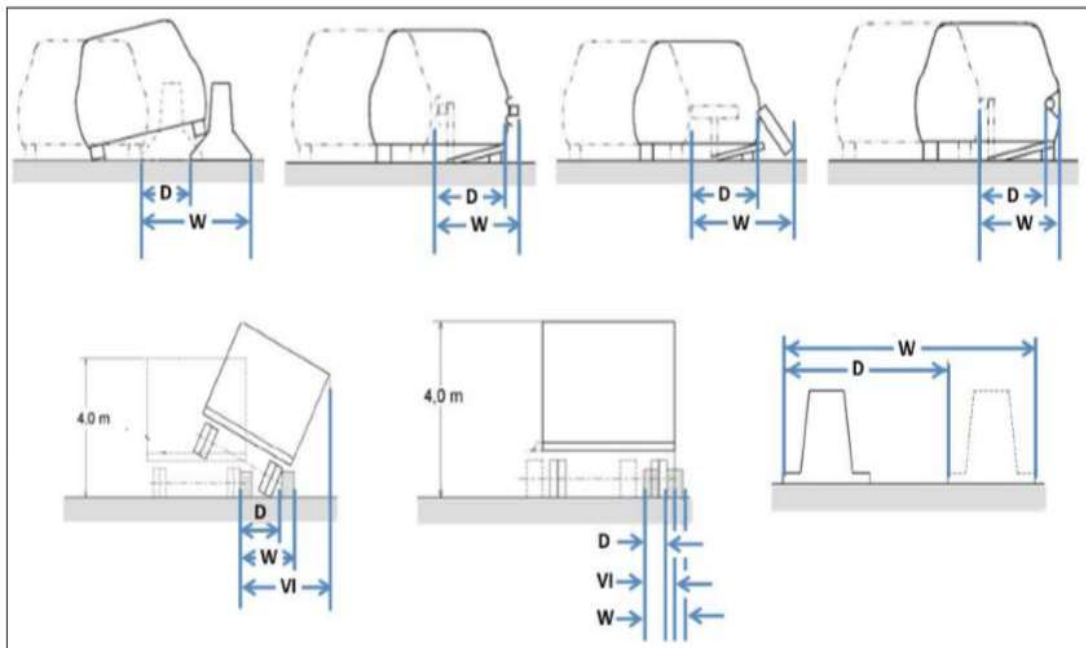
Fuente: NORMA UNE EN 1317 (2011)

Cuadro 19.- Definiciones relativas a la deformación del sistema.

- **Anchura de Trabajo (W)**  
Máxima distancia entre la cara del sistema más próxima al tráfico antes del impacto y la posición lateral más desplazada alcanzada por cualquier parte esencial del sistema durante el impacto.
- **Deflexión Dinámica (D)**  
Máximo desplazamiento lateral dinámico de la cara del sistema más próxima al tráfico, durante el impacto.
- **Intrusión del vehículo (VI)**  
Máximo desplazamiento lateral dinámico del vehículo respecto a la cara más próxima al tráfico de la barrera sin deformar (aplicable sólo para ensayos con autobuses o camiones).

Fuente: NORMA UNE EN 1317 (2011)

Figura 14.- Relación entre Deflexión Dinámica (D), Ancho de Trabajo (W) e Intrusión Vehicular (VI).



Fuente: Manual de Seguridad Vial - MTC (2016)

Cuadro 20.- Clases de deformación del sistema.

CLASES DE ANCHURA DE TRABAJO NORMALIZADA	VALOR MÁXIMO DE $W_N$ (m)	CLASES DE INTRUSIÓN DEL VEHÍCULO NORMALIZADA	VALORES DE $VI_N$ (m)
W1	0,6	VI1	$VI_N \leq 0,6$
W2	0,8	VI2	$VI_N \leq 0,8$
W3	1,0	VI3	$VI_N \leq 1,0$
W4	1,3	VI4	$VI_N \leq 1,3$
W5	1,7	VI5	$VI_N \leq 1,7$
W6	2,1	VI6	$VI_N \leq 2,1$
W7	2,5	VI7	$VI_N \leq 2,5$
W8	3,5	VI8	$VI_N \leq 3,5$
		VI9	$VI_N > 3,5$

Fuente: NORMA UNE EN 1317 (2011)

Cuadro 21.- Niveles de contención.

CONTENCION	NIVEL DE CONTENCION	ENSAYOS
Baja	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 + TB21
Normal	N1	TB31
	N2	TB32 + TB11
Alta	H1	TB42 + TB11
	L1	TB42 + TB32 + TB11
	H2	TB51 + TB11
	L2	TB51 + TB32 + TB11
	H3	TB61 + TB11
	L3	TB61 + TB32 + TB11
Muy Alta	H4a	TB71 + TB11
	L4a	TB71 + TB32 + TB11
	H4b	TB81 + TB11
	L4b	TB81 + TB32 + TB11

Fuente: NORMA UNE EN 1317 (2011)



#### 4.3.4 Características técnicas de la barrera de contención o seguridad

Ver cuadro 22

Cuadro 22.- Información técnica de las barrera de seguridad.

##### Evaluación:

La información técnica alcanzada, luego de su revisión, hace constar que la Barrera de Seguridad modelo CARH3BL3-S1, cuenta con Certificado de Conformidad "CE" N° 364/2131/CPD/2013 y Certificado de Prestación CE 364/2131/CPR/2014, de acuerdo a la Norma EN1317, cuyas referencias están detalladas en su respectivo Anexo. Los resultados de las pruebas de impacto a que fueron sometidos el sistema, son

Prueba de impacto N°	981	977
Tipo de prueba	TB11	TB 61
Velocidad (km/h)	100.3	81.6
Masa de vehículo (kg)	901	15903
Angulo de impacto (Grados)	20	20
ASIS 1.4		SI
Índice de severidad de impacto		A
THIV $\leq$ 33 km/h		SI
PHD $\leq$ 20g		SI
Dentro de la caja de salida		SI
El vehículo se vuelca		NO
Índice de VCDI(escala)		LF0211100
El vehículo cruza la barrera		NO
Desprendimiento de barrera > 1.5 kg		NO
Ancho de trabajo (m)		1.7
Deflexión Dinámica		1.5
Peso de la barrera (kg/m)		50.60
Nivel de contención		H3
Longitud de barrera instalada. Incluye terminales		72 m

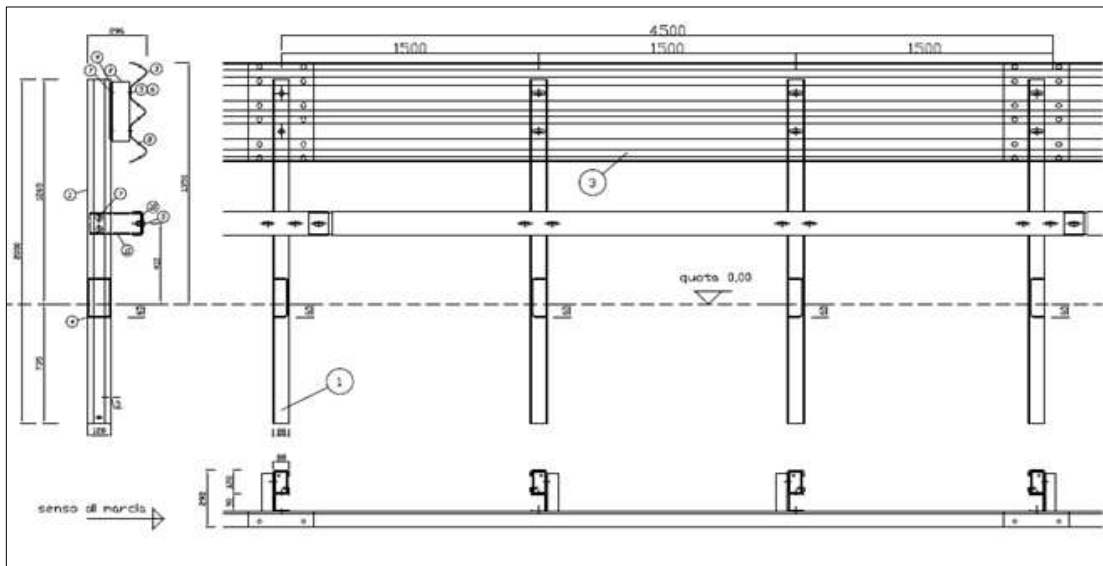
Fuente: Informe N°002 – 2015 – MTC/14.04.jac (2015)

#### 4.4 Procedimientos de instalación de los sistemas de contención

Según el plano N° 1013 -10-SÑ-03, que se adjunta en el Anexo 1, los sistemas de contención a instalar son metálicos, están clasificados como semi-flexibles o semi-rígidos y presentan un nivel de contención P3. Se instalarán antes y después del puente Manuela, empalmándose en el tramo del puente, con sistemas rígidos formados por muros New Jersey.

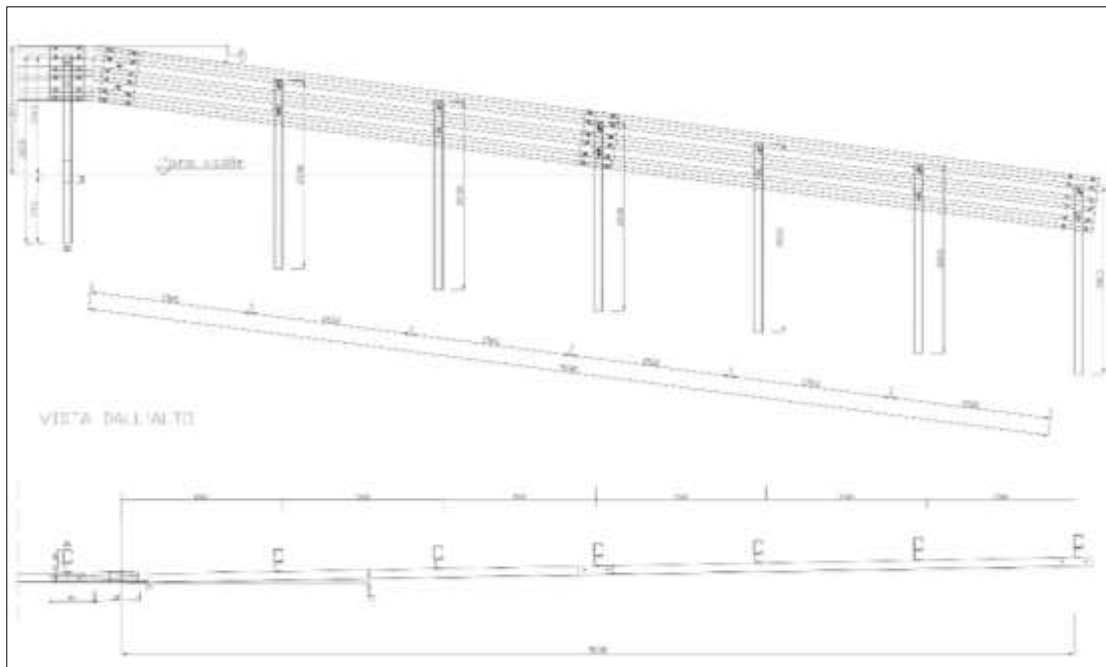
Los sistemas de contención metálicos tienen una longitud total de 486.00 m y están conformados por barreras de contención o seguridad, terminales abatidos simples, y un tramo de transición y conexión. Ver Figuras 15, 16 y 17.

Figura 15.- Detalle de barreras de contención o seguridad.



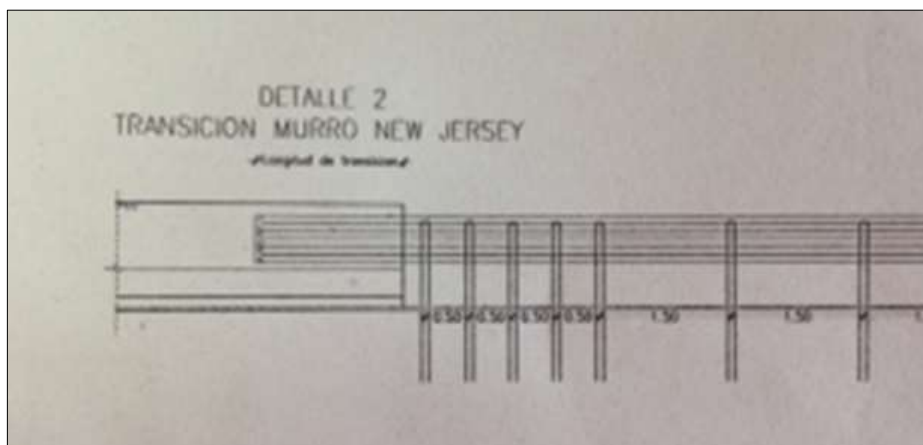
Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 16.- Detalle de terminal abatido simple.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 17.- Tramo de transición y conexión entre barrera de seguridad – muro New Jersey.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

De acuerdo al Cuadro 17, el modelo comercial del proveedor Car Segnaletica Stradale SRL para las barreras de seguridad, es CARH3BL3-S1. El proveedor además suministra los planos de detalle de las barreras de contención o seguridad y de los terminales abatidos simples, Ver Anexo 1.

En el Cuadro 23, se detallan los elementos que conforman las barreras de contención o seguridad y de los terminales abatidos simples.

Cuadro 23.- Elementos que conforman las barreras y terminales.

Descripción	Cantidad
Beam 750x4500x2.5 mm	108
Plate 45x100 th. 4 mm	664
Screw 16x30 round head complete	1,488
Screw 16x40 hexagonal head complete	1,620
Lower rail U 50x120x4.8 L=4600mm	108
Lower spacer C 108x54x4 L=255mm	332
U Spacer 90x60x5 L=306mm	332
Registration plate 280x40x1mm	332
Reinforcing element U 64x197x5 L=104mm	332
Screw 16x45 round head complete	1,112
C Shape post 120x80x30x5 H=2000mm	332
Trapezoidal reflector White/red	44
Terminal for lower rail	8
Mitred 3W	8

Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

#### 4.4.1 Inspección de la zona de trabajo

Se realizó la visita al campamento de la empresa Constructora Aterpa M. Martins S.A. Sucursal del Perú; realizando todas las coordinaciones con los ingenieros encargados del proyecto, para inspeccionar la zona donde se instalarán los sistemas de contención metálicos. Ver Figura 18.

Figura 18.- Vista panorámica de la zona de trabajo.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Se constató que en el tramo del puente Manuela, ya estaban instalados los muros New Jersey (altura de muro 0.97 m). Ver Figura 19.

Figura 19.- Sistema de contención rígido – Muros New Jersey.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)



Cuadro 24.- Identificación de elementos que conforman las barreras y terminales.

Identificación de elemento	N° de plano	Material	Tratamiento
Poste de soporte C120x80x30x5mm H=2000 mm	Plano 2	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Vigas 3N, distancia entre centros 4500 mm, espesor 2.5 mm	Plano 4	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Espaciador 90x60x5 mm, L= 306 mm	Plano 3	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Refuerzo U64x197x5 mm L= 104 mm	Plano 5	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Tornillos TT M16x30	Plano 6	Calidad 8.8	Galvanizado
Tornillos TT M16x45			
Tornillos TE M16x40	Plano 8	Calidad 8.8	Galvanizado
Placa cumbre ojal 100x45x4mm	Plano 7	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Placa de registro 280x40x1 mm	Plano 9	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Viga inferior U120x50x4.8 mm	Plano 11	Acero SR 235 JR	Galvanizado
Espaciador para la viga inferior de sedimento gradual	Plano 12	Acero SR 235 JR	Galvanizado

Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

#### 4.4.3 Medidas de seguridad

En la hipótesis que los trabajos de colocación se tengan que llevar a cabo en las condiciones más críticas; es decir, en presencia de tráfico, obviamente, antes de proceder a la puesta en obra de las barreras, se deberá proceder a la señalización vial para reducir la calzada o desviar el tráfico, de manera que se establezca un área de trabajo protegida del flujo de vehículos.

Con respecto a las normas de seguridad, el personal deberá ser dotado de equipos de protección personal (traje protector, zapatos, guantes etc.) y todo lo previsto por la normativa vigente en materia de seguridad.

#### 4.4.4 Descarga, apilamiento y almacenamiento de materiales

Cuando la unidad de transporte de materiales llegó al almacén del contratista, se monitoreó la descarga del material, dando las indicaciones necesarias para el correcto apilamiento de los diferentes elementos que conforman las barreras y terminales. Ver figura 21.

Figura 21.- Llegada a obra de elementos que conforman las barreras y terminales.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Al momento de descargar el material de la plataforma, hizo falta un montacargas, maquinaria adecuada para el correcto desembarque del material. Para solucionar este inconveniente, se tuvo que utilizar un cargador frontal y sujetar la carga con eslingas. Esto generó tiempos muertos y por ende retrasos en la descarga de la plataforma, poniendo en riesgo la seguridad del personal. Ver Figuras 22 y 23.



Figura 22.- Descarga de elementos que conforman las barreras y terminales.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 23.- Apilamiento de elementos que conforman las barreras y terminales.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Al no contar con la maquinaria adecuada para descargar las barreras, se dañó un de las vigas al momento de soltarse una de las eslinga. Ver Figura 24.



Figura 24.- Elemento dañado.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Se asignó un área en el almacén, para la colocación de los todos elementos; de tal manera, que permita realizar el conteo y verificación de que el material llegara de acuerdo a las guías. Ver Figura 25.

Figura 25.- Almacenamiento de elementos que conforman las barreras y terminales.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

#### 4.4.5 Instalación de sistemas de contención metálicos

Desde el almacén se realizó la selección del material que sería utilizado para la instalación de los sistemas de contención. Durante la instalación se ha tenido en cuenta los siguientes lineamientos:

1. Se destinó una cuadrilla de obreros para el trazo, nivel y replanteo; mediante tendido de cuerdas para la alineación y ubicación de los postes, las vigas de la barrera de seguridad, terminales de barrera y tramos de transición. Ver Figura 26.
2. Se destinó una furgoneta con capacidad de carga de 1.50 ton y una cuadrilla de obreros, para la movilización interna de los elementos, que nos permita descargar y posicionar en el suelo las vigas de triple onda con sus espaciadores a lo largo del trazado, teniendo presente el sentido del tráfico. Se ha tenido presente que los traslapes de las vigas deben ser colocados, con respecto al sentido del tráfico, de manera que el borde visible no se oriente hacia el tráfico que viene, y de esta manera no se presente al vehículo desviado ningún punto de ataque o enganche que le impida seguir “deslizándose”. Ver Figura 26.
3. Se destinó un equipo de hincado de postes con una cuadrilla de obreros, para colocar los postes a la altura de los ojales de las vigas alineadas en tierra, y por ende, según la distancia entre ejes requerida. Esta operación debe realizarse comprobando la alineación, la distancia recíproca, la verticalidad de los postes, la profundidad; así

como, la distancia desde el pavimento según las indicaciones dadas en el diseño del proyecto. Ver Figuras 26, 27, 28, y 29.

4. Una vez hincados los postes, se colocó dentro de cada uno de estos, una pieza denominada “refuerzo”; el cual se coloca a 6.50 cm dentro del terreno. Esta pieza le brinda mayor rigidez al poste al momento del impacto. Ver Figura 30.

Figura 26.- Lineamientos 1, 2 y 3.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 27.- Lineamiento 3 (equipo de hincado de postes).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 28.- Lineamiento 3 (proceso de hincado de poste).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 29.- Lineamiento 3 (marca de profundidad de hincado de poste).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 30.- Lineamiento 4 (refuerzo rigidizador de poste).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

5. Se destinó una cuadrilla de obreros para realizar la presentación de las vigas inferiores y montaje de sus respectivos espaciadores al poste; sujetos por dos tornillos M16x40 cabeza hexagonal por cada poste; tomando en cuenta, los ojales y la altura prevista en el diseño. Ver Figuras 31 y 32.

Figura 31.- Lineamiento 5 (montaje de espaciadores inferiores).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

6. Se destinó una cuadrilla de obreros para realizar el montaje de los espaciadores en forma de U de 90x60x5mm para las vigas triple onda, sujetos por dos tornillos



M16x45 cabeza redonda por cada poste; tomando en cuenta, los ojales, la altura prevista en el diseño y la platina de 100x45x4mm. Ver Figuras 32 y 33.

Figura 32.- Montaje de espaciadores y presentación de viga inferior.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 33.- Montaje de espaciadores y platina para viga triple onda.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

7. Se destinó una cuadrilla de obreros para montar las vigas triple onda traslapada sin torque final, que previamente se habían depositado en tierra, sujetadas por dos tornillos M16x40 cabeza hexagonal. Ver Figura 34 y 35.

Figura 34.- Montaje de vigas triple onda sin torque final.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 35.- Montaje de vigas triple onda sin torque final.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

- Se destinó una cuadrilla de obreros para empalmar las vigas triple onda en dirección del sentido del tránsito; para ello, se utilizaron 12 tornillos M16x40 cabeza hexagonal por empalme. Cuando los orificios de las vigas no coincidan, se puede utilizar un punzón para hacerlos coincidir y colocar posteriormente los tornillos. Ver Figura 36.

Figura 36.- Empalme de vigas triple onda.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

- Se destinó una cuadrilla con apropiados destornilladores neumáticos calibrados o llaves de torsión, para dar el torque final de los tornillos, para la fijación de los diversos elementos mencionados; previa comprobación de todos sus empates y alineación, en función de los diseños del proyecto. Ver Figura 37 y 38.

Figura 37.- Torque final de los elementos de barreras de contención o seguridad.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)



Figura 38.- Vista panorámica de trenes de trabajo durante la instalación de las barreras de contención o seguridad.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

10. Se destinó una cuadrilla para colocar los terminales de barrera (terminales de anclaje abatido simple), con el ángulo necesario para que puedan enterrarse, de acuerdo a los planos de diseño del proyecto que se adjuntan en el Anexo 1. Teniendo en cuenta que la viga inferior comienza donde se coloca el abatimiento de la viga triple onda. Ver Figuras 39 y 40.

Figura 39.- Detalle de terminal de barrera (abatido simple).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 40.- Vista panorámica terminal de barrera (abatido simple).



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

11. En la zona de transición y conexión (entre muro New Jersey con la barrera de seguridad), se destinó una cuadrilla para colocar el primer poste de la barrera de seguridad, que involucró realizar las siguientes actividades: cortar el primer poste hasta una altura terminada de 1.265 m, luego soldar una placa de acero galvanizado (ver Figura 41) a la plancha metálica del puente; finalmente, soldar el poste cortado a la placa de acero galvanizado (ver Figura 42).

Figura 41.- Placa de acero galvanizado.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 42.- Soldeo de poste a la placa de acero galvanizado.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

12. Para colocar el segundo y tercer poste de la barrera de seguridad, en la zona del estribo o apoyo del puente, se destinó una cuadrilla que realizó las siguientes actividades: con ayuda de un martillo neumático, se perforó la losa del estribo hasta llegar a la dimensión requerida por los postes. Luego se siguieron los lineamientos 4, 5, 6, 7, 8 y 9 descritos anteriormente; para finalmente, fijar los postes con mortero de cemento, previamente se usó aditivo epóxico sikadur 32 para pegar concreto antiguo con concreto nuevo. Ver Figuras 43 y 44.

Figura 43.- Perforación de la losa del estribo del puente Manuela.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 44.- Perforación de la losa del estribo del puente Manuela.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

13. Vista de barreras. Ver figura 45 y 46

Figura 45.- Vista de barreras de seguridad y de transición/conexión operativas.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 46.- Vista de terminales de barreras operativas.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

#### **4.4.6 Observaciones de sistemas de contención metálicos instalados**

Durante la instalación de los sistemas de contención, se observó una diferencia de alturas entre el muro New Jersey y las barreras de contención o seguridad de aproximadamente 38 cm, en la zona de transición. Ver Figura 47.

No existen elementos de transición ni de conexión entre la barrera de contención o seguridad metálica con la barrera de hormigón o muro New Jersey. Ver Figuras 47 y 48.



Figura 47.- Diferencia de altura en zona de transición y conexión.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

Figura 48.- Falta de elementos de rigidez, transición y conexión.



Fuente: Elaboración propia del autor (2016)

## **4.5 Requerimientos para el mantenimiento de las barreras de contención**

Antes que nada realizar un plan de seguridad vial y señalización, dirigido al mantenimiento o conservación vial, de sistemas de contención.

El personal designado por la entidad administradora de la carretera, aprovechará las operaciones cotidianas de monitoreo de los tramos para posibles imperfecciones que pudieran aparecer (presencia de óxido, deformación o daños de uno o varios componentes, etc.) y/o cambios en las características de las presentaciones (grado de ajuste de los pernos, daños, etc.) de las barreras de seguridad instaladas.

Dicho personal debe presentar particular atención a las partes de las barreras dañadas por golpes más o menos grave; las cuales, si no son retiradas, se constituyen en disconformidades de la barrera respecto de las prestaciones originales garantizadas por el fabricante.

Luego de la detección correspondiente, y dado que no se admiten reparaciones, personal idóneo sustituirá las partes dañadas. El personal, procederá, a las operaciones de restauración en cinco fases:

- Fase 1: Desmontaje manual de los elementos longitudinales / transversales de fácil remoción de la barrera dañada como consecuencia del impacto.
- Fase 2: Amarre y extracción con el carro grúa de los postes hincados, o si no fuera posible, corte con soplete a ras del suelo.
- Fase 3: Relleno de los espacios vacíos y nueva compactación.
- Fase 4: Hincado de los nuevos postes.
- Fase 5: Montaje manual de los nuevos elementos longitudinales y transversales para la restauración completa de la barrera.

# CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las Figuras 47 y 48; se evidencia que, las zonas de transición y conexiones no son fuertes ni resistentes. En el caso que se produjera un impacto cercano a esta zona, existe la posibilidad que el vehículo sea penetrado por el muro New Jersey.
2. Por lo anterior mencionado; se deriva que, no se ha cumplido con la normativa del Manual de Seguridad Vial (MSV 2016), específicamente en lo que se refiere al artículo 2.4.9. Transiciones y Conexiones. Puesto que, no existe la cantidad suficientes de postes que brinden la fuerza y la resistencia necesaria, no existe conexión entre la barrera New Jersey con la barrera de seguridad metálica. No se ha dado la preferencia de anclar mediante conexión con pernos; los cuales, deberían pasar la barrera New Jersey.
3. La diferencia de altura mostradas en las Figuras 47 y 48, entre los sistemas de contención en el sector de transiciones y conexiones, evidencia una mala planificación del proyecto. Esto ha provocado que las entidades encargadas de ejecutarla, tengan que dar soluciones inconsistentes.
4. Las pruebas para la homologación de barreras laterales son generalmente ejecutadas en terrenos planos (con un espacio detrás de la barrera que, con respecto a las dimensiones de la misma puede considerarse como indefinido) hincadas en terrenos de buena calidad (generalmente de clase A1). Tales condiciones no se dan en la práctica (en particular en lo que respecta a la posibilidad de tener un espacio de ancho indefinido detrás de la barrera) no solo en obras nuevas, sino sobre todo en el caso de instalación de las barreras de borde lateral en un terraplén, existente donde, además de tener anchos de trabajo muy reducidos, se tiene, generalmente, materiales con características mecánicas inferiores a aquellas consideradas en las pruebas de impacto.
5. Por lo expuesto, las barreras laterales son usualmente sometidas a pruebas en terrenos planos de extensión substancialmente indefinida con respecto al ancho de la barrera y en un suelo generalmente de clase A1.



# RECOMENDACIONES

1. Para la diferencia de alturas que existe entre la barrera de seguridad y la barrera New Jersey se recomienda la colocación de una pieza denominada abatimiento con un terminal plano como protección.
2. Se recomienda que para la zona de transición y conexión de la figuras 47 y 48, se coloquen postes cada 1.00 m como se indica en el manual de seguridad vial (MSV 016), las perforaciones que se realicen en la barrera de seguridad para la unión con los postes, debe ser protegidas con un anticorrosivo.
3. En las zonas de transición, en los lados de las barrera de seguridad, se recomienda realizar un vaciado insitu, dándole la forma de muro New Jersey, pero con la suficiente altura para anclar con pernos la barrera, en una distancia de 1.50 m, manteniendo un acabado adecuado.
4. En la instalación se recomienda respetar una distancia mínima de 1.30 m detrás de la barrera, siempre y cuando la parte frontal se encuentre libre de obstáculos; en caso contrario, el proyectista deberá realizar las evaluaciones técnicas pertinentes sobre el ancho de trabajo necesario para el correcto funcionamiento de la barrera.
5. Se recomienda implementar lo señalado por el Ministerio de obras públicas (2000, p. 19) en lo referente a la sección 7.3. Ensayo de suelo, a manera de protocolo de calidad del suelo donde se hincarán los postes; ya que, el grado de contención del sistema no sólo depende del diseño de la barrera, sino que también de las características del suelo y del método utilizado en su instalación.
6. En caso que el terreno no sea apto para el hincado de postes para barreras metálicas, se recomienda implementar lo señalado por el Ministerio de obras públicas (2014, p. 575) en lo referente a la sección 6.502.14. Fundación de Barreras Metálicas, donde nos muestra las condiciones mínimas para el hincado de postes mediante la “Prueba de Capacidad de Suelo In Situ”, o en condiciones inferiores a estas para la fundación de postes en “Suelos de Baja Resistencia”; ya que, el grado de contención del sistema no sólo depende del diseño de la barrera, sino que también de las características del suelo y del método utilizado en su instalación.

## BIBLIOGRAFIA

- Chang Albitres, Carlos M. (2010). “Guía para la Ubicación, Selección, y Diseño de Barreras de Seguridad Vial”. Lima – Perú: ASOCEM.
- Cobeñas Silva, Pablo Augusto (2012). “Sistemas de contención vehicular”. Lima – Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Directiva N° 007-2008-MTC/02 (2008). “Sistema de Contención de Tipo Barreras de Seguridad”. Lima – Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de obras públicas (2014). “Manual de Carreteras – Volumen N°6 – Seguridad Vial”. Chile: Dirección de vialidad.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”. Lima – Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). “Manual de Seguridad Vial (MSV 2016)”. Lima – Perú: Instituto de la Gerencia y Construcción ICG.
- Unidad Técnica de Normalización y Seguridad de la CGC (2000), “Instructivo de Barreras de Seguridad”. Chile: Ministerio de obras públicas.
- Valverde González, Germán (2011). “Manual SCV Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras”. Costa Rica: Universidad de Costa Rica / Vicerrectoría de investigación.

# ANEXOS

## Anexo 1: Planos del proyecto.

- Plano de replanteo – Dispositivos de seguridad barrera de viga simple. Plano N° 103-10-SÑ-03.
- Planos de detalle suministrados por el proveedor. Talova desde el 1 hasta el 12.

## Anexo 2: Documentación técnica y certificados de calidad de los sistemas de contención.

- Reporte de prueba de impacto N°977 – Centro de prueba Aisico.
- Informe N°002-2015-MTC14.04.jac. Homologación de barreras de seguridad de acero para contención lateral nivel H3, modelo CARH3BL3-S1.
- Certificado de conformidad CE\_364\_CARH3BL3-S1.
- Certificado de performance PR-364-CARH3BL3-S1.
- Experiencia profesional.

- CD con video de pruebas de impacto.