

# USO DEL VEHICULO “BITREN” Y SUS IMPLICANCIAS



Ing. Ramón Barraza

Ing. Enrique Lascano

Ing. Rodrigo Ruiz López

Ing. Carla Sanzone

## INDICE

▶	Introducción.....	3
▶	Objetivos.....	5
▶	Experiencias internacionales en el uso de bitrenes.....	6
	■ Canadá	
	■ Australia	
	■ Europa	
■	Latinoamérica.....	7
	▶ Brasil	
	▶ Chile	
	▶ Uruguay	
▶	Concepto – Bitren.....	9
▶	Modelos Comerciales en Argentina.....	10
▶	“Beneficios del Bitren”.....	12
	1-Seguridad.....	12
	1. A Impacto sobre los accidentes viales	12
	2-Fluidez en el Transito.....	17
	2. A Análisis de la Maniobra de sobrepaso – Modelos - Conclusiones	28
	3-Consumo de Combustible.....	28
	4-Contaminación Ambiental.....	28
	5-Deterioro de Calzada y Puentes.....	29
	5. A - Peso por eje	
	5. B - Peso total	
	6 – Dimensiones.....	33
	6. B Radio de Giro	
	7 - Relación Potencia Peso.....	49
	7. A Longitud Crítica	
▶	Corredores.....	51
▶	Conclusiones.....	55
▶	Bibliografía.....	57

## Anexos:

- Anexo 1 : Decreto Presidencial 574/2014
- Anexo 2:Decreto Presidencial TO/275 -25/10/2011) a circular con este tipo de vehículos exclusivamente en el corredor (Algorta – Fray Bentos)
- Anexo 3: LEY N° VIII-0676-2009 San Luis
- Anexo 4: Listado de puentes con limitación de cargas
- Anexo 5: Bitrenes estudio AFCP 2 sollicitación en puentes
- Anexo 6: Decreto 1886-2004
- Anexo 7: Decreto Chubut 594-2014
- Anexo 8: Tratado MERCOSUR pesoedimax\_argentina

## Introducción

Mediante el decreto 574/2014<sup>1</sup> de fecha 24 de abril del año 2014, el Gobierno Nacional autorizó la circulación de camiones semirremolques biarticulados (bitrenes) en la Argentina. Un camión tipo bitren es un camión con al menos dos remolques que se articulan entre sí mediante un sistema de enganche tipo B, conocido también como “quinta rueda” que permite un aumento en la carga transportada por vehículo (en peso).

En un país de gran extensión como Argentina, la logística en el comercio de bienes y servicios juega un papel importante para lograr un transporte más eficiente, no sólo en términos de costos monetarios sino también de tiempos de traslado. Estos costos afectan directamente el precio al que se comercia en los centros de consumo, ya sean locales o en el exterior en el caso de productos de exportación.

Una economía puede tener ventajas de producción respecto a sus competidores, pero si sus costos de transporte son altos, podría perder la ventaja de esa competitividad en la producción.

En nuestro país, la mayor parte del transporte de cargas (95,5%) se realiza por carretera, en menor medida por transporte ferroviario (4,4%) y otra ínfima porción por transporte fluvial y aéreo (0,1%)<sup>2</sup>.

En la Argentina, el parque automotor está sobresaturado, debido a diversos factores entre ellos y el más importante, la insuficiencia en el transporte ferroviario con una demanda que excede a la oferta de transporte. En tiempos de cosecha, es casi imposible transitar por las Rutas Nacionales. Ello significa que se transporta en unidades que por su antigüedad y mantenimiento no deberían siquiera circular pues compromete la seguridad de los usuarios o bien se transporta en vehículos de menor tamaño generando mayores costos para igual volumen.

Debe tenerse en cuenta además, que en nuestro país los costos de transporte de cargas medidos en dólares han aumentado casi un 200% en la última década.

1. Anexo Decreto Presidencial 574/2014 -24/05/2014

2. Fuente: Universidad Tecnológica Nacional, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T)

El siguiente gráfico muestra la evolución del Mercado de cargas en el tiempo.

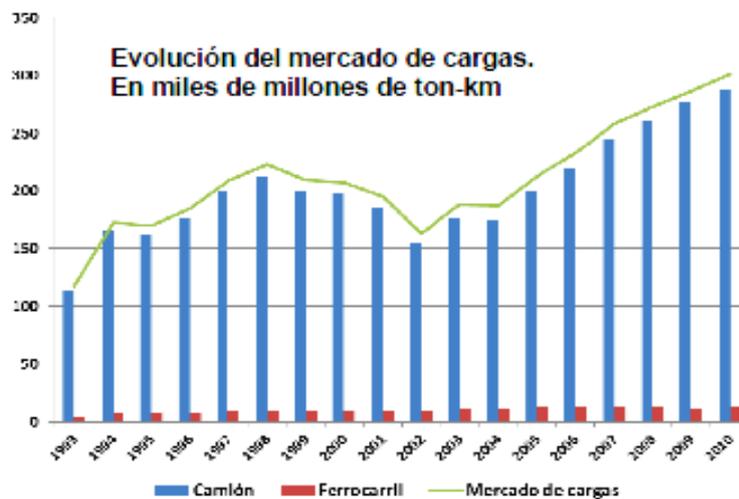


Figura 1: Fuente: BID Jorge Kohon 2011

Estos altos costos de transporte puede deberse a una falta de **modernización de equipos de transporte y al estancamiento en la infraestructura.**

Surge de lo expresado la utilización de vehículos combinados de alto rendimiento para la región del Mercosur como una manera de dar lugar al aumento en la producción y al intercambio entre los países que la región ha experimentado en los últimos años.

Al ser la Argentina un gran productor y exportador de productos agrícolas, depende en gran medida del transporte carretero por lo cual una red de caminos y camioneros que cuenten con unidades modernas y eficientes es de gran importancia para acercar la producción a los mercados consumidores y puertos para aumentar la productividad del transporte de cargas y la riqueza del país.

En síntesis, el papel que pueden cumplir los Bitrenes, como ya lo hacen en otros países, es aumentar y mantener la ventaja competitiva de nuestra economía.

## Objetivos:

- ▶ El objetivo del presente trabajo es el estudio sobre los beneficios “potenciales” y las consideraciones a tener en cuenta en el Diseño Geométrico de Carreteras desde el punto de vista de la seguridad Vial para la utilización de vehículos de alta capacidad de carga, denominados Bitrenes o B-Dobles, en concordancia con el decreto presidencial donde se aprueba el uso de los mismos en la Argentina.
- ▶ **El análisis estará enfocado a establecer la implicancia de que estos vehículos transiten por nuestras rutas, bajo la conformación actual de las mismas en pos de la reducción de los costos operativos sin arriesgar el compromiso con la comunidad en materia de seguridad y de medio ambiente.**
- ▶ Trataremos de comparar y cuantificar con los vehículos de diseño actual en qué medida se incrementan los valores en los diferentes parámetros de diseño.
- ▶ Propondremos un corredor como prueba piloto, justificando la elección del mismo bajo las premisas anteriormente analizadas.

## Experiencias Internacionales en el uso de Bitrenes

### ► **Canadá**

Canadá fue uno de los primeros países que comenzó a utilizar los vehículos llamados Bdobles, en la década de 1970. La ventaja con la que contaba Canadá es que la jurisdicción vial la tiene cada provincia y territorio, no existiendo una unificación de criterios a nivel federal. Por este motivo, a cada provincia le era posible autorizar los pesos y dimensiones de los vehículos de carga que circularían, que considerara apropiado para su territorio.

Si bien esto facilitó la introducción de estos vehículos, se generó un problema de incompatibilidades entre los territorios canadienses, por lo que en 1991, a través de un Memorándum de Entendimiento se fijaron determinados estándares federales, especialmente para los vehículos que requieran circulación interjurisdiccional.

Sin embargo, la legislación canadiense, que actualmente admite vehículos con peso bruto total de hasta 62,5 tn no se encuentra armonizada con la de los Estados Unidos, regulada a nivel federal.

Esto presenta problemas en el comercio del bloque NAFTA, ya que muchos de los camiones utilizados en Canadá (de 7 o más ejes) sólo pueden llegar hasta algunos estados fronterizos del norte de Estados Unidos, mientras que sólo los *semitrailers* de 5 ejes pueden hacerlo hasta México.

### ► **Australia**

La utilización en Australia, del primer Bitren se inició en 1979. Luego se fueron introduciendo gradualmente en cada uno de los estados australianos, hasta completar la aceptación en todo el país, 12 años después. Mientras que inicialmente la operación de estos vehículos estaba limitada a permisos individuales, actualmente lo hacen bajo una legislación general que señala las rutas permitidas para su circulación.

Para ello fue necesaria la revisión de las rutas, y la inversión en tramos donde la infraestructura no estuviera preparada para soportar el peso y la configuración de los Bdobles.

Actualmente, en Australia el éxito de estos vehículos ha llevado al uso de formaciones que transportan hasta 120 tn.

### ► **Europa**

La legislación de la Unión Europea admite que cada estado miembro tenga control sobre la regulación del transporte de carga dentro de sus fronteras. Es por esto que si bien actualmente las dimensiones límites para circular por los países miembros ronda los 18 mts y 40 tn de peso, existen dos casos, **Suecia y Holanda**, donde se permite la circulación de Vehículos Largos y Pesados

Sin embargo, no se permite la articulación con el resto de la Comunidad.

Un punto importante a tener en cuenta en la implementación de este tipo de vehículos, es la adaptación de la infraestructura vial que suele ser necesaria para permitir la óptima

circulación. En Suecia los costos asociados a este tipo de inversión en pavimentos, particularmente para puentes, llegó a EUR\$ 1,5 millones.

Si bien este monto fue luego recuperado a través de impuestos a las compañías de transporte, el estudio señala la necesidad de considerar cuidadosamente la inversión necesaria, ya que podría ser superior a los beneficios económicos producidos por la implementación de estos vehículos.

Otro estudio, realizado por Verweij, Davydenko y Zomet (2010), basados en estudios técnicos de la Comisión Europea, concluye que permitir la libre circulación de LHV en la Comunidad, traería un beneficio para la sociedad en su conjunto, en términos de transporte más barato, menor congestión de camiones y menor consumo de combustible. Sin embargo, recalcan que esta modificación a la norma no debe hacerse sin primero considerar cuidadosamente los impactos en la infraestructura, especialmente en puentes, y en las medidas extras de seguridad y precaución que demandaría el uso generalizado de estos vehículos.

## ▶ **Latinoamérica**

### ■ **Brasil**

Un caso más reciente y más cercano de la implementación de Bitrenes es el de Brasil por Resolución 211 del 13 de Noviembre de 2006 del Consejo Nacional de Tránsito, Ministerio de las Ciudades. Donde permite, bajo un permiso especial, la circulación de Combinación de Vehículos de Carga con un peso bruto total de hasta 74 tn y una longitud máxima de 30 mts. En principio, la circulación de estos vehículos se encuentra restringida a las horas de luz en calzadas simples y pueden ser autorizados a circular en horario nocturno en autopistas.

### ■ **Chile**

En Chile, en el año 2008 se iniciaron discusiones para la implementación del sistema de camiones bitrenes con una capacidad de 60 tn, impulsada principalmente por la industria forestal de la región de Bio-Bio en un marco de altos precios del petróleo y necesidad de mejorar la competitividad de la industria. Sin embargo, la Federación de Camioneros de la región, a través de un informe sobre la industria en particular y la implementación de los bitrenes en el país en general, se opuso fuertemente basándose en el impacto que tendría su implementación sobre la estructura de transporte chilena, la infraestructura vial, la seguridad, etc. Además, concluyó que dado que la industria forestal chilena es de por sí una de las más competitivas del mundo, no encuentran razones para el uso de estos vehículos en el país.

### ■ **Uruguay**

Uruguay solo ha otorgado autorización (Decreto Presidencial TO/275 -25/10/2011)<sup>3</sup> a circular con este tipo de vehículos exclusivamente en el corredor (Algorta – Fray Bentos), el Ministro de Transporte y Obras Publicas explicó que una eventual extensión dependerá del estudio de los requisitos de estructuras y características geométricas de cada ruta. Advirtió que hay muchas rutas, y sobre todo puentes, que no están preparados para recibir al bitren. Además expreso que ante la ausencia de alternativas marítimas y ferroviarias, la

Llegada del bitren es un buen mensaje para el sector en la lucha por no ceder en el desarrollo ante las dificultades logísticas<sup>2</sup>.

3. Fuente: <http://www.spf.com.uy/noticias/la-llegada-del-bitren-a-uruguay/> nota 23/07/2012) - Anexo decreto Presidencial N° TO/275

## Concepto - Bitren

Un vehículo combinados de carga de alto rendimiento es un vehículo modular consistente en una unidad tractora y dos o más semirremolques enganchados entre sí por un acople tipo "A" o "B".



Acople tipo A

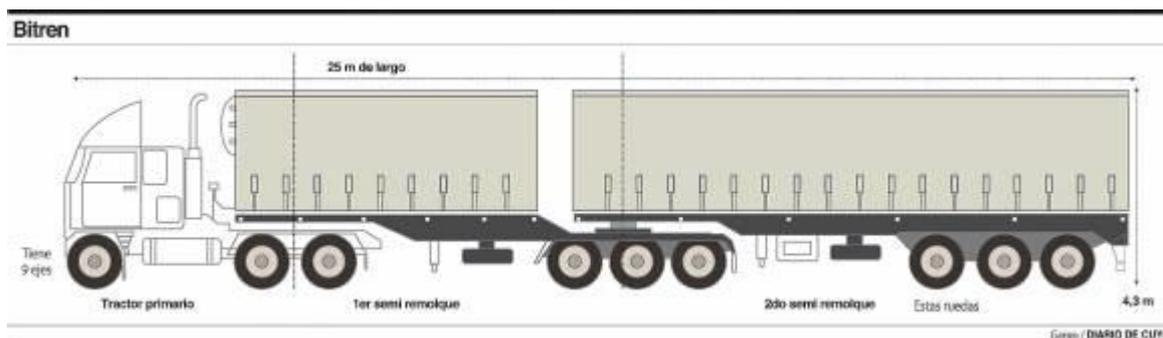


Acople tipo B

El tipo de vehículo combinado de carga más conocido es el llamado Bitren o B-doble, nombre éste último que se le dio en Australia para marcar el tipo de acople, y distinguirlo de los trenes carreteros que se utilizan en las extensiones desérticas de ese país. El tipo de articulación "B" influye fuertemente en la estabilidad y control del vehículo.

Entonces un vehículo tipo Bitren es:

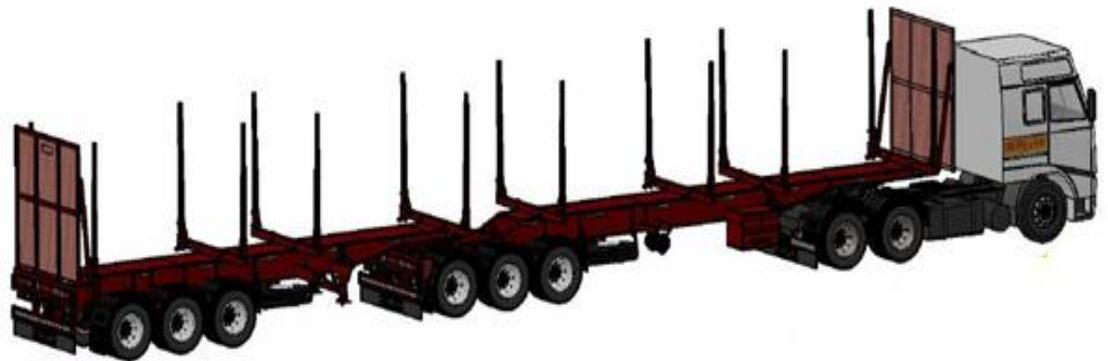
Una formación de un camión con al menos dos remolques que se articulan entre sí, mediante un sistema de enganche tipo B, conocido también como "quinta rueda." El largo de los Bitrenes puede variar, según el país, entre 19 y 30 metros de largo, con pesos entre 53 y 75 toneladas brutas, y hasta 8,5 toneladas por eje.



## Modelos Comerciales en Argentina



Bitren baranda volcable



Bitren forestal

Bitren Tanque





Bitren techo y lonas



Bitren tolva cerealera

## Beneficios del “Bitren”

A continuación vamos a mencionar los Beneficios atribuidos al vehículo Bitren los cuales se analizaran:

### 1. Seguridad

Este punto es de gran interés y los mismos deben estar dotados de las siguientes características:

Equipamiento de los Bitren:

#### ● Luces LED

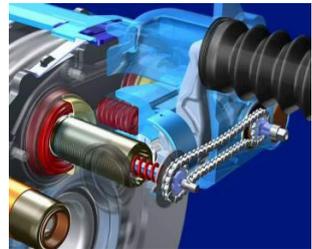
Aumenta la intensidad lumínica en un 40% con respecto al sistema de lámpara incandescente.



#### ● Frenos a disco

Ventajas del freno a disco con respecto a tambor

- Menor peso.(8%)
- Menor mantenimiento y más rápido.
- Menor transferencia de calor a las cubiertas.
- Mayor eficiencia en el frenado (30 %).
- Facilidad y sencillez en el cambio de las pastillas de freno (66%).



#### ● Equipado con unidad de control electrónico ECU que provee de:

- ABS (control de frenado antibloqueo)
- EBS (control de estabilidad mediante el frenado)
- Sistema de balanza a bordo del grupo de ejes
- ILAS (control de elevación de ejes automático en función de la carga)
- Conectividad: comunicación PC/panel de dialogo

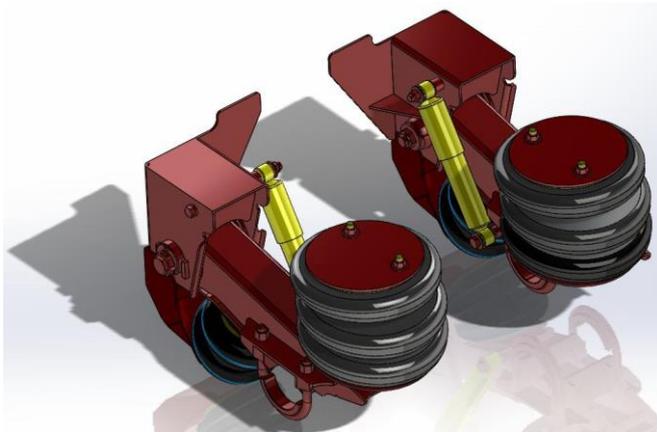


### ● Sistema WIM

La mayoría de estos vehículos poseen sistema WIM que registra el peso por conjunto de ejes del semirremolque, entre otros datos.



### ● Suspensión Neumática



Se desprende del Decreto Presidencial 574/2014 que no existen condiciones para este tipo de configuraciones aún, solo en lo referente a la longitud máxima (30,25mts.) altura máxima (4,30mts.) y la velocidad máxima de circulación ( $V=80$  Km/h).

Del Decreto de TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL 1886/2004<sup>4</sup> en su Art. 2 se desprende:

“La SECRETARIA DE TRANSPORTE del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a través de la COMISION NACIONAL DEL TRANSITO Y LA SEGURIDAD VIAL, en su carácter de Autoridad de Aplicación, queda facultada para establecer los requisitos reglamentarios que deberán cumplir las configuraciones permitidas de los trenes de vehículos”.

**Por lo cual la Comisión Nacional del Tránsito y la Seguridad Vial deberá establecer los requisitos reglamentarios entre los cuales deberá figurar el equipamiento necesario y esta nueva configuración de carga deberán cumplimentar lo precedente.**

## 1. A - Impacto sobre los accidentes viales.

La seguridad en el transporte carretero es una combinación de varios factores: distancias recorridas, desempeño del vehículo, habilidad del chofer, controles para que se cumplan las leyes, condiciones de las rutas, mantenimiento de los vehículos, entre otros.

Considerando que un cambio en la composición de la flota de camiones que aumente el número de camiones con mayores pesos y dimensiones, no necesariamente incrementará la tasa de accidentes por km-vehículo de viaje.

Como es conocido, además de los factores humanos, la seguridad de un camión en la ruta depende de factores tales como la resistencia al vuelco y las capacidades de aceleración y mantenimiento de la velocidad.

Otros factores de diseño del vehículo son el ancho de ejes, la suspensión y las propiedades de los neumáticos.

También influyen en el riesgo de vuelco del camión, **el diseño de la carretera y la capacidad de manejo del conductor.**

Además, los vuelcos pueden ocurrir cuando un camión multi-trailer viaja a alta velocidad y el conductor realiza una maniobra abrupta para esquivar algún obstáculo imprevisto en el camino y el remolque trasero se desplaza hacia los carriles contiguos o bien cuando muerde la banquina.

Si bien resulta complejo establecer una propensión a este tipo de accidente de acuerdo al peso y tamaño del vehículo, puede afirmarse que un aumento en el largo del remolque tiende a reducir esta propensión mejorando su estabilidad dinámica (Luskin y Walton 2001)

Además, la estabilidad dinámica mejora con los puntos de articulación que conectan a las partes del vehículo combinado. Esto se ve reforzado por el tipo de acople con el que cuentan los camiones tipo bitrenes, denominado "quinta rueda", lo que los torna más estables y reduce el desplazamiento lateral del semirremolque.

Otros factores de seguridad son la capacidad de aceleración y mantenimiento de la velocidad. Sin que se verifiquen cambios en estos factores, un aumento de los pesos y dimensiones de los vehículos de carga posiblemente aumente la tasa de accidentes por km recorrido. Por lo tanto, los vehículos de mayor peso y dimensión cuya circulación pudiera autorizarse deberán aumentar la capacidad de aceleración y mantenimiento de la velocidad en relación a los de menor peso y dimensión. Sin embargo, buenos resultados pueden alcanzarse con adecuados sistemas de propulsión y frenado y mayores potencias de los motores.

Considerando el factor humano como causa de los accidentes viales, se reconoce que una mejor selección y entrenamiento de los conductores puede contrarrestar los posibles riesgos de vehículos con mayores pesos permitidos y dimensiones.

En EEUU, entre 1985 y 1995, estos factores contribuyeron a lograr una disminución de accidentes fatales en los que estuvieran involucrados camiones como resultado de la introducción de una licencia nacional uniforme para conductores de camiones y mejoras en los programas de entrenamiento de los conductores.

Si se entiende a la seguridad como la tendencia de un camión a evitar accidentes, fatales o no, frente a las diferentes maniobras a las que pudiera ser sometido durante su manejo, se torna difícil aislar el impacto que tiene el peso y las dimensiones del vehículo. Por ello, los estudios e informes son generalmente resultados de pruebas y comparaciones entre los distintos vehículos.

Por ejemplo,

- El primero, conocido como el “**umbral estático de vuelco**” (en inglés, Static Roll Threshold o **SRT**), se refiere a la aceleración normal límite que una unidad puede soportar al tomar un camino con radio de curvatura no infinito, tomando en consideración únicamente factores estáticos. Es función del peso de la unidad (cargada), su geometría y las características de la carga. Se mide como una porción de la aceleración gravitacional (g). **Se considera segura una unidad, con valores mayores a 0.38g.**

- El segundo índice se denomina “**Amplificación Trasera**” (en inglés Rearward amplification o **RA**), y se refiere al fenómeno que se presenta cuando una unidad tiene más de un punto de articulación y éste esquivado, de manera relativamente brusca, un obstáculo. Se ha detectado un fenómeno que consiste en que el último semirremolque experimenta las mismas aceleraciones que la unidad tractora al seguir su curso, pero considerablemente amplificadas. Este efecto le confiere a la formación inestabilidad para su manejo y, en un caso extremo, puede provocar el despiste o vuelco. El RA es un indicador adimensional y **se considera un valor de RA menor a 2 como seguro para el manejo estable.**

- El tercer índice se denomina “**Radio de Transferencia de Carga Dinámica**” (en inglés, Dynamic Load Transfer Ratio o **DLTR**). Mide la tendencia que tiene un camión a solicitar, más un lado de un eje que el otro, frente a un cambio en el curso de la unidad, y se mide como el porcentaje extra de carga que recibe un lado del eje en detrimento del otro. En este sentido, una transferencia de carga nula daría un índice de 0.5 (50% de la carga en cada lado del eje), mientras que un valor de 1 implicaría que la totalidad de la sollicitación reposa sobre uno solo de los lados del eje (100% de un lado y 0% del otro). **Valores de DLTR menores a 0.6 son considerados seguros.**

En todos los estudios y pruebas la combinación denominada Bitren, fue la que mejor comportamiento tuvo. Por ejemplo, la Administración Federal de Carreteras del Ministerio de Transporte de los Estados Unidos, realizó un estudio comparando 18 vehículos articulados de carga pesados, con diferentes dimensiones, pesos máximos y características en su combinación. El Bitren superó a los otros 17 vehículos.

La Tabla 1 muestra una comparativa a partir de ese estudio, pero con sólo tres vehículos.

COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SEGURIDAD PARA 3 TIPOS DE VEHÍCULOS							
	Peso Bruto tn.	Largo trailers m.	Tipo Artic .	Como se ve	SRT vs $\geq$ 0,38	RA vs $\leq$ 2	DLTR vs $\leq$ 0,6
<b>Tractor y semi</b>	40	14,6	A		0,36	1,244	0,544
<b>STAA doble</b>	40	15,4	A		0,37	2,15	0,919
<b>Bitren</b>	58,5	19,2	B		0,406	1,13	0,271

En Australia, el Centro Nacional para la Investigación de Accidentes de Camiones realiza desde 1998 evaluaciones cuantitativas que las transforma en un informe bianual.

El último informe concluye, de manera similar a los previos, que el Bitren es el vehículo de carga carretero con mayor seguridad, o mejor dicho, la “alternativa segura”.

Transportando el 48% de las toneladas por kilómetro, los Bitrenes estuvieron involucrados en sólo 28% de los accidentes, mientras que el camión con semirremolque transportando 36% de la carga por kilómetro, representa el 60% de los accidentes.

## 2. Fluidez en el Tránsito

La elevada Potencia/Peso permite que los Bitrenes no generen obstáculos para la circulación de automotores, evitando las consecuentes maniobras imprudentes por impaciencia.

Para ello analizaremos la Maniobra de sobrepaso

### 2. A Analisis de la Maniobra de sobrepaso

Al viajar por nuestras rutas, uno de los principales inconvenientes es realizar la maniobra de sobrepaso, sobre todo si son vehiculos de carga, debido a su gran dimension. A esto se suman los camiones de motor chico que llevan mucho peso y por eso circulan a velocidades bajas, todo esto ocasionando filas largas y peligrosas.

El adelantamiento es, sin duda alguna, la maniobra más complicada. El conductor se ve sometido a procesar gran cantidad de información y a decidir en milésimas de segundo. Un error en un adelantamiento puede derivar, con mucha probabilidad, en un accidente.

Herman y Lam<sup>5</sup> ya apuntaron hace años que el conductor se puede ver envuelto en un dilema: adelantar o abortar el adelantamiento.

Cuando para las dos maniobras existe la distancia suficiente, no suele haber ningún problema, el problema se presenta cuando no hay ni tiempo ni distancia suficiente ni para adelantar ni para abortar la maniobra.

Dado que el conductor es incapaz de calcular tanto el tiempo o distancia requerida para finalizar el adelantamiento como el tiempo que le separa del vehículo que circula en sentido opuesto, es muy probable que la decisión inicial adoptada determine el desenlace de la maniobra. Además, hay que considerar que los conductores no siempre podrán analizar de un modo correcto el entorno que les rodea, ya que en ellos influirán otros muchos factores, como son por ejemplo la frustración acumulada por llevar varios kilómetros detrás de un camión a una velocidad bastante reducida, etc.

Como sabemos nuestra norma de diseño geometrico se basa para el calculo de la distancia de sobrepaso en premisas que no consideran la longitud del vehiculo a sobrepasar y sigue los lineamientos de AASHTO sobre Diseño Geométrico de Carreteras.

Estos criterios se han mantenido prácticamente sin cambios, ya que fueron incorporadas en la versión de 1954, basados en un informe de síntesis de numerosas observaciones de campo de maniobras de paso realizadas entre 1938 y 1941 para la AASTHO y que nuestras normas han adoptado como valederas. Mientras que el parque automotor ha cambiado drásticamente en los últimos 50 años, la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento de ahora en mas DVA, se mantienen sin cambios.

Los criterios que utiliza la Norma de Diseño Geometrico de Carreteras de la DNV es tal que asegure en el proceso de diseño, que la distancia de visibilidad de sobrepaso esté disponible en un porcentaje suficiente de la longitud de la carretera. Sin embargo, no especifica sobre qué porcentaje de la longitud de la calzada mínima debe estar disponible. Esta es una decisión en manos de los proyectistas considerando una gama de factores tales como, volumen de tránsito, el nivel de servicio deseado, terreno, los factores ambientales, y el costo de la construcción.

Si bien se utilizan los criterios de las Normas de Diseño Geometrico (NDG) de la Dirección Nacional de Vialidad en lo que respecta a la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DVA) en el diseño de carreteras de dos carriles, no se utilizan directamente en el señalamiento horizontal. Este ultimo sigue los lineamientos del Manual de Señalamiento recientemente aprobado que justifica la zona de prohibicion de sobrepaso en menor medida que la resultante del calculo de la DVA utilizados en el diseño.

Las NDG y el Manual de Señalamiento Horizontal que marcan los criterios de DVA se basan en diferentes supuestos sobre adelantamientos críticos.

Investigación que esta fuera del alcance de este trabajo y se podria evaluar si estos dos conjuntos de criterios necesitan un reemplazo o modificación y si hay una necesidad de racionalizar o reconciliar estos dos conjuntos de criterios.

### **Actual Criterio para el cálculo de la Distancia de Adelantamiento**

Se presenta una revisión y crítica de la DVA actual, consideración de los criterios de diseño de la NDG . La revisión aborda el modelo conceptual, los criterios y los supuestos en los que el modelo se basa, y la comparación de este modelo con otros que consideran la longitud del vehículo a sobrepasar, para poder establecer la DVA para un Bitren y comparar con la actual NDG y entre un camión convencional.

#### **Definicion:**

Un camino de 2 carriles tiene distancia de visibilidad de sobrepaso suficiente para que esta maniobra pueda ejecutarse con toda seguridad, cuando el conductor de un vehículo puede adelantar a otro que circula por su misma trocha sin peligro de interferir con la trayectoria de un tercer vehículo que avance en dirección contraria por la trocha opuesta y se haga visible al iniciarse la maniobra.

$$DVA = d1 + d2 + d3$$

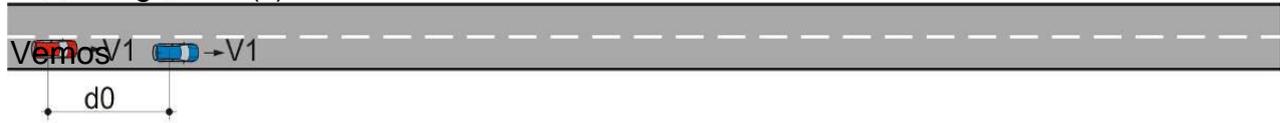
$V1 = VMM$  (km/h) donde  $VMM =$  Velocidad media de Marcha

$$V2 = VMM + 15 \text{ (km/h)}$$

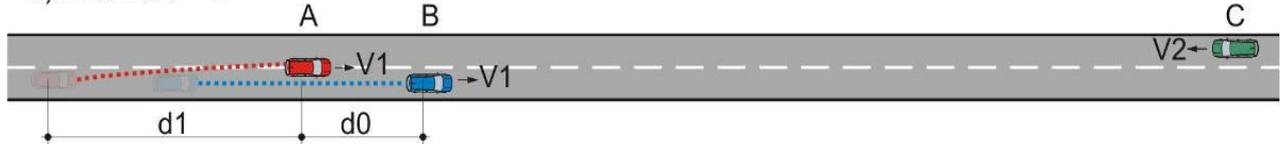
$$d_0 = 0,2 V_1 + 8 \text{ (m)}$$

a) Instante t

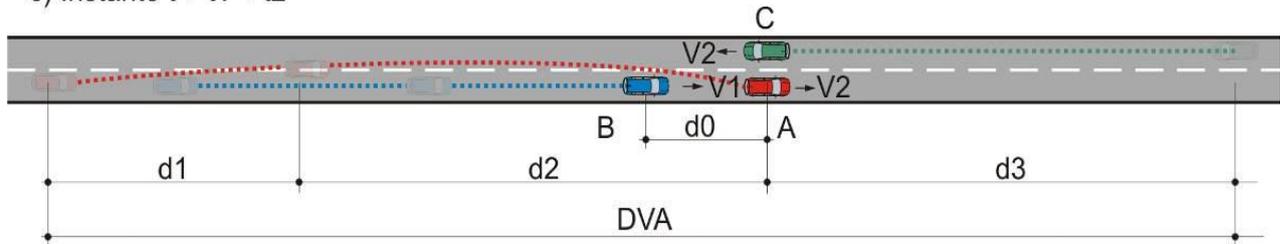
t1 A 4 segundos (s)



b) Instante t + t1



c) Instante t + t1 + t2



Las consideraciones claves en el criterio actual y que deberían incluirse son:

3. El criterio de NDG de la DNV se basa en los criterios de la ASSTHO que en gran medida, se obtuvieron de los datos de campo que son de más de 50 años de edad. Estos estudios de campo consideran únicamente los vehículos livianos y no considera camiones.
4. Se basa en Modelos que tienen premisas cuestionables (por ejemplo, supuestos relativos a los tipos de maniobras y velocidades de sobrepaso)
5. **No contiene un término en referencia a la longitud del vehículo que permita la consideración de diferentes tipos de vehículos** (por ejemplo, los vehículos de pasajeros y camiones)
6. El modelo asume que, el conductor se ha comprometido a pasar, donde la observación de las carreteras de dos carriles muestra que con frecuencia abortan antes de completar la maniobra.

## Modelo 1: Propuesto

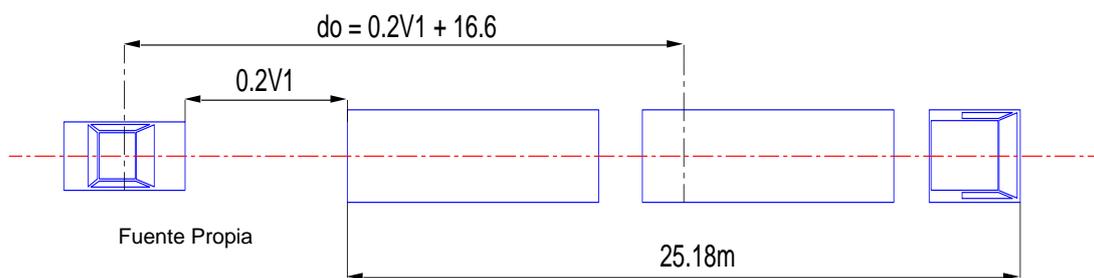
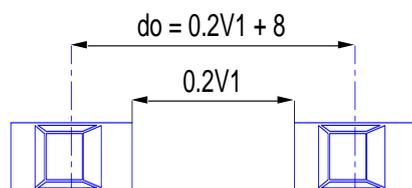
### Vehículo de Diseño

Si consideramos la premisa de la distancia entre el vehículo A y B suponiendo que los 8 metros de separación entre ambos vehículos surge de considerar la longitud de un vehículo tipo (ya que se considero un vehículo liviano s/AASTHO libro verde)

Consideramos en nuestro supuesto una distancia  $d_o = 0,2 V1 + L$

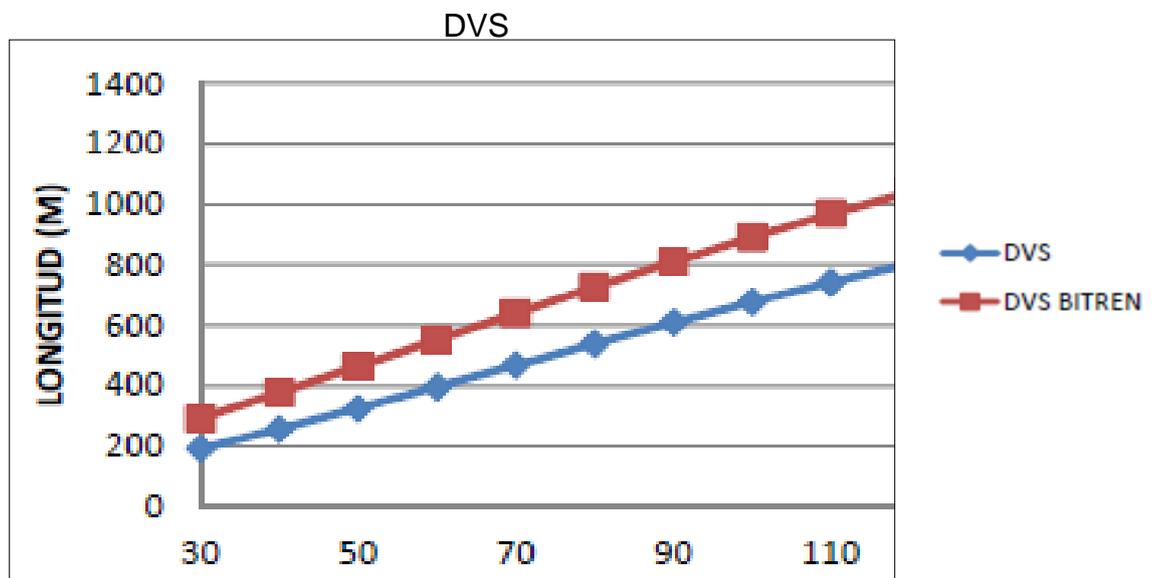
Siendo L en metros, es igual a la sumatoria de las longitudes medias del vehículo que sobrepasa y del que es sobrepasado. Suponiendo la maniobra de sobrepaso entre un vehículo liviano y un vehículo pesado "Bitren" de 25,18m (largo obtenido de los modelos adjuntos de Hermans), surge que:

$$\begin{aligned} D_o &= 0,2 V1 + 4m + 25,18/2 \\ &= 0,2 V1 + 16,60 \text{ m} \end{aligned}$$



De lo expuesto surge la siguiente tabla de comparación entre la DVA obtenida por las NDG de la DNV actuales y la que resulta de considerar el supuesto de la distancia entre vehículos de mayor longitud.

PARA BITREN													
V	V1	V2	t1	t2	d0	d1	d2	DVD	t2	d0	d1	d2	DVD
30	28.8	43.8	4	6.60	13.76	32.00	80.36	193	10.73	22.36	32.00	130.58	293
40	37.4	52.4	4	7.43	15.48	41.56	108.15	258	11.56	24.08	41.56	168.24	378
50	45.5	60.5	4	8.21	17.1	50.56	137.94	326	12.34	25.7	50.56	207.31	465
60	53.1	68.1	4	8.94	18.62	59.00	169.07	397	13.07	27.22	59.00	247.16	553
70	60.2	75.2	4	9.62	20.04	66.89	200.93	469	13.75	28.64	66.89	287.16	641
80	66.8	81.8	4	10.25	21.36	74.22	232.97	540	14.38	29.96	74.22	326.76	728
90	72.8	87.8	4	10.83	22.56	80.89	264.10	609	14.96	31.16	80.89	364.78	810



Velocidad Directriz

Fuente Propia

De lo cual concluimos que la distancia necesaria para sobrepasar a vehículo aumenta con la longitud del vehículo y a mayor velocidad Media de Marcha menor es esa distancia.

## Modelo 2: Modelo de Cálculo de DVA – Alternativo propuesto

En el presente modelo se distinguen el movimiento de tres vehículos en una ruta de dos carriles indivisos, un vehículo que será sobrepasado (Vehículo B), un vehículo que realiza una maniobra de adelantamiento (Vehículo A) y un tercer vehículo que circula como una condición de máximo peligro, en el sentido opuesto (Vehículo C).

La operación se lleva a cabo desde que el vehículo A se encuentra a una distancia  $D_0$  del vehículo B y ambos desarrollan una velocidad igual, o sea, la del vehículo más lento ( $V_B$ ) esto a través de un tiempo determinado, considerado en  $T_1$  igual a 4 segundos. El movimiento del vehículo A es uniforme y a velocidad constante ( $V_B$ ), cambiando de carril, pero sin aumentar de velocidad, en un intento de obtener visibilidad y poder decidir si se puede realizar la maniobra de adelantamiento con seguridad. Entonces, al alcanzar  $T_1$ , el vehículo A habrá recorrido una distancia  $D_1$ :

$$D_1 = V_B \cdot T_1$$

A partir de ese momento, el conductor considerando segura la maniobra, acelera hasta colocarse a la par del vehículo B, pasando a ser su velocidad desde  $V_B$  a  $V_A$  en un tiempo  $T_{21}$ .

Como hipótesis se considera que el vehículo A acelera en forma constante en el tiempo  $T_{21}$  para pasar de  $V_B$  a  $V_A$  hasta que se reduce la distancia  $D_0$  a cero, o sea, hasta estar ambos vehículos a la par. En este caso, se considera que el vehículo B tiene una longitud determinada, por lo que la hipótesis es que el vehículo A se encuentra justo a la par de la parte trasera del vehículo B.

El tiempo  $T_{21}$  se puede calcular como:

$$T_{21} = \frac{2D_0}{V_A - V_B}$$

La velocidad del vehículo A se la puede calcular en forma instantánea como (para  $T_1 < t < T_{21}$ ):

$$V'_A = V_B + \left( \frac{V_A - V_B}{T_{21}} \right) (t - T_1)$$

Como se puede observar, la expresión anterior representa una variación lineal de la velocidad a lo largo del tiempo.

Una vez que el vehículo A alcanza la velocidad A ( $V_A$ ) y la mantiene en forma constante hasta completar el adelantamiento en un tiempo  $T_{22}$ :

$$T_{22} = \frac{D_B + D_0}{V_A - V_B}$$

A este punto, el adelantamiento finalizaría cuando el vehículo B es sobrepasado por el vehículo A una distancia  $D_0$  y su propia longitud  $D_B$ .

De esta forma, el tiempo total de adelantamiento considera dos partes, tanto el tiempo en el que el vehículo que sobrepasa acelera hasta su máxima velocidad, como el tiempo en el que se desarrolla el adelantamiento propiamente dicho manteniendo la velocidad constante, este tiempo total es  $T_2$ .

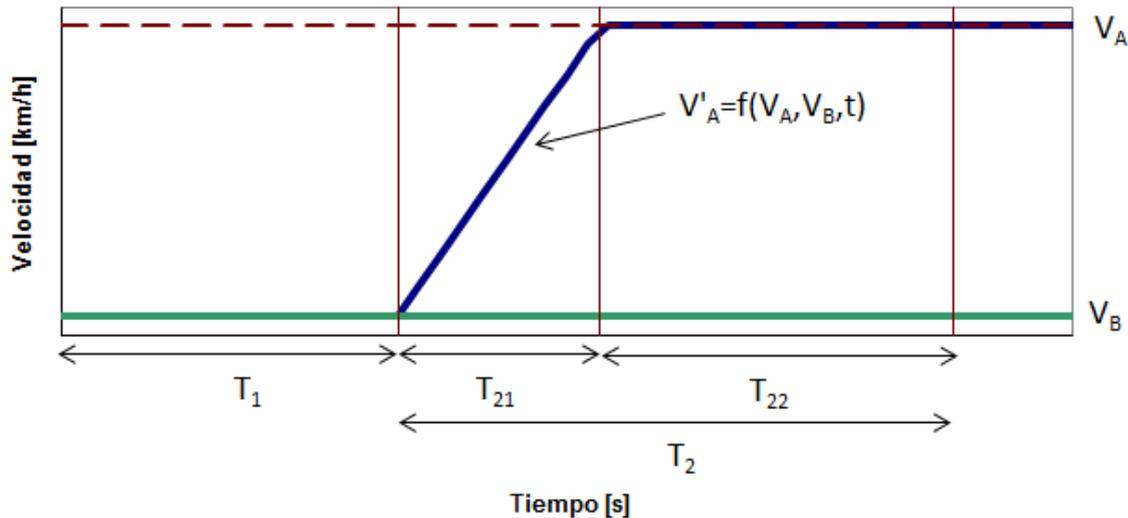
$$T_2 = T_{21} + T_{22}$$

Como situación extrema, se considera un vehículo que circula en sentido opuesto a la misma velocidad del vehículo A, y en forma constante. El mismo está alejado una distancia  $D_3 + D_2$  del vehículo A al momento de comenzar el adelantamiento. Entonces  $D_3$ , es la distancia que recorre el vehículo C durante la maniobra de adelantamiento del vehículo A en el tiempo  $T_2$ , o sea:

$$D_3 = V_A \cdot T_2$$

Finalmente, la distancia total de adelantamiento necesaria para llevar a cabo la maniobra es  $D_{tot}$ .

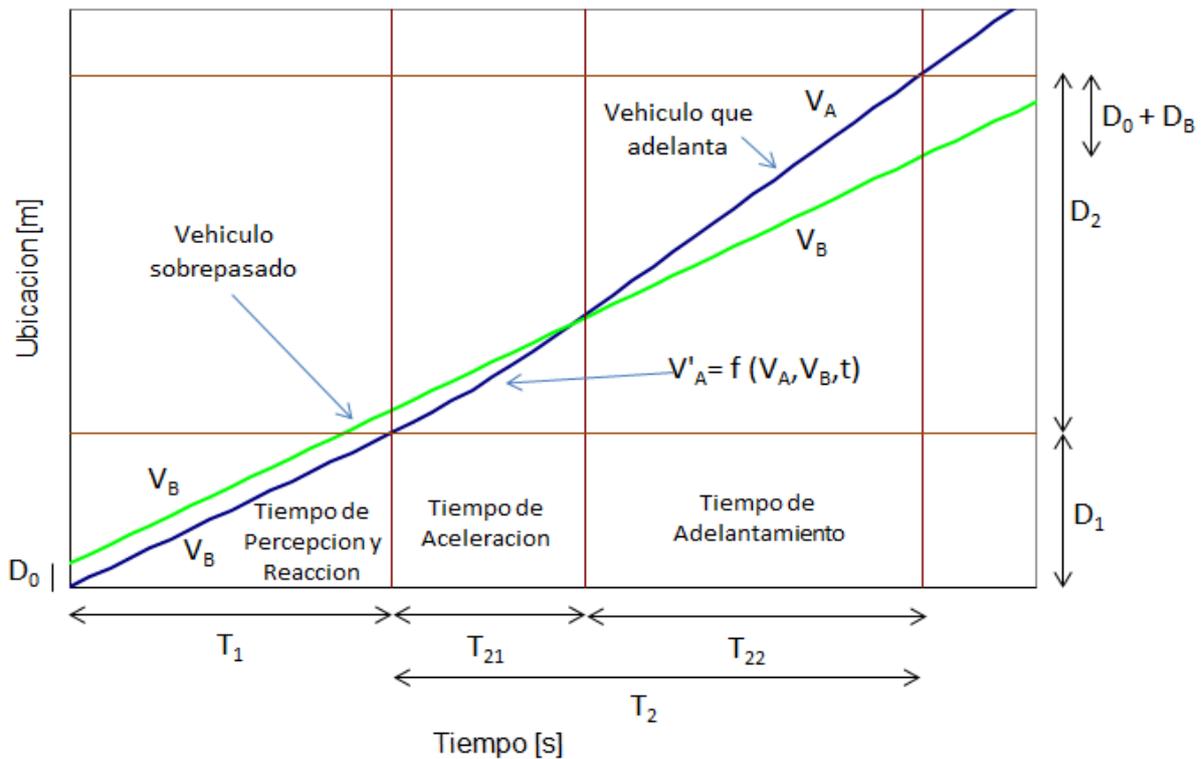
$$D_{Tot} = D_1 + D_2 + D_3$$



Surge:

A				Vehículo que sobrepasa
B				Vehículo sobrepasado
C				Vehículo que circula en el sentido contrario
$V_A$	90	105	km/h	Velocidad del vehículo que sobrepasa
$V_B$	60	90	km/h	Velocidad del vehículo sobrepasado
$V_C$	105	105	km/h	Velocidad del vehículo que circula en sentido contrario
$t_1$	4	4	s	Tiempo reacción
$t_{21}$	2,4	12,48	s	Tiempo de aceleración
$t_{22}$	4,2	12,24	s	Tiempo de sobrepaso
$t_2$	6,6	24,72	s	Tiempo total de sobrepaso y aceleración
$D_0$	10	26	m	Distancia entre vehículo A y B
$D_B$	25	25	m	Longitud del vehículo sobrepasado
$D_1$	66,6666667	100	m	
$D_2$	155	695	m	Distancia total de sobrepaso
$D_3$	165	721	m	Distancia a la que se encuentra el vehículo que circula en dirección contraria
$D_{Tot}$	386,666667	1516	m	Distancia total necesaria para sobrepasar un vehículo

Fuente Propia



### Modelo 3: Glennon – NCHRP 650

$$PSD = 2V_d \left( 2.93 + \frac{L_p - \Delta_c}{m} \right) \quad (21)$$

$$\Delta_c = L_p + 1.47m \left\{ \frac{(2.93m + L_i + L_p)}{1.47(2V_d - m)} - \left[ \frac{5.87V_d(2.93m + L_i + L_p)}{1.47d_a(2V_d - m)} \right]^{1/2} \right\} \quad (22)$$

where

$V_d$  = design speed (mph);

$L_p$  = length of passing vehicle (ft);

$L_i$  = length of passed vehicle (ft); and

$\Delta_c$  = relative position of the front bumpers of  
and passed vehicles at the critical position;

$\Delta_c$  means that passing vehicle is behind passed

Método Glennon - NCHRP 650											
V	Vd	DA	Lp	DB	Li	$\Delta v$	m	da	$\Delta c$	PSD	DVA
km/h	mph	m	ft	m	ft	km/h	mph	f/s <sup>2</sup>	ft	ft	m
64,38	40	4,864	16	16,72	55	19,31	12	8	-63,75	766,1	232,9
111	68,97	3,89	12,8	2,89	9,5	16	9,942	8	-37,56	1103	335,3
112	69,59	4,89	16,09	3,56	11,7	17	10,56	8	-40,93	1159	352,4

Fuente Propia

### Modelo 4: Yongji Wang y M.P. Cartmell<sup>6</sup>

Este modelo es capaz de calcular la distancia de visibilidad necesaria de adelantamiento y determinar la trayectoria óptima para realizar el adelantamiento en calzadas de dos carriles con dos sentidos de circulación.

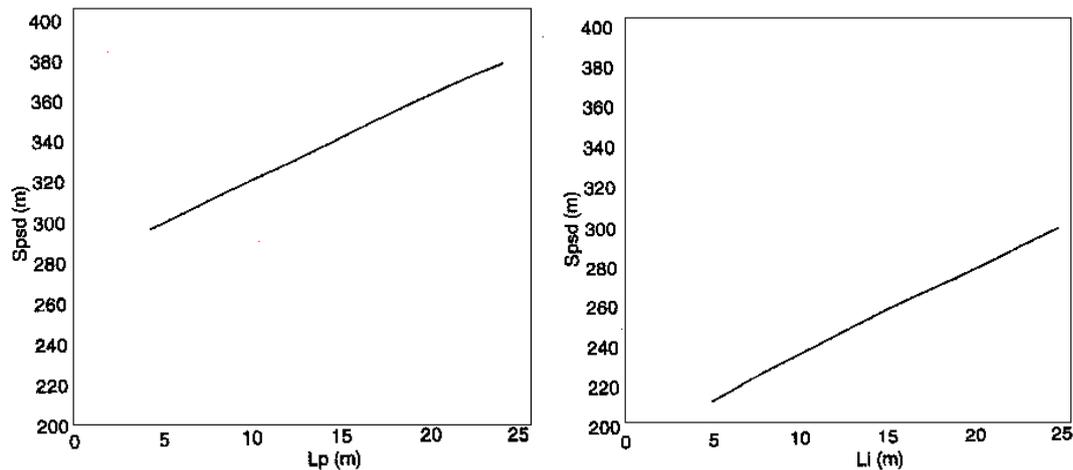
Para ello utiliza once parámetros, entre los que **incluye la longitud del vehículo adelantado**. Así mismo, analiza el efecto que tiene sobre la distancia de visibilidad de adelantamiento la variación de cada uno de los parámetros.

Donde los parámetros que considera son:

- $V_{ps}$ : Velocidad inicial del vehículo que se dispone a efectuar la maniobra de adelantamiento. (Km/h)
- $V_{pmax}$ : Máxima velocidad que el vehículo que adelanta puede adquirir. (Km/h)
- $V_1$ : Velocidad a la que circula el vehículo adelantado. (Km/h)
- $V_0$ : Velocidad de diseño de la vía. (Km/h)
- $A_{pmáx}$ : Máxima aceleración que adquiere el vehículo que adelanta. (Km/h/s)
- $G_s$ : Distancia entre el vehículo que adelanta y vehículo que va a ser adelantado al principio de la maniobra. (m)
- $G_e$ : Distancia entre el vehículo que ha adelantado y el vehículo que ha sido adelantado al final de la maniobra. (m)
- **$L_i$ : Longitud del vehículo adelantado. (m)**
- **$L_p$ : Longitud del vehículo que adelanta. (m)**
- $C$ : Distancia entre el vehículo que ha efectuado la maniobra de adelantamiento y el vehículo que circula en sentido opuesto al final del adelantamiento. (m)
- $Y$ : Ancho del carril. (m)

Uno de los aspectos más interesantes del estudio que realizaron Wang y Cartmell fue el de analizar la variabilidad que experimentaba la distancia de visibilidad de adelantamiento al variar cada uno de los once parámetros que intervienen en su modelo.

En nuestro análisis nos interesa ver en qué medida se incrementa la DVA la distancia de Sobrepasso en función de **Li** o **Lp**.



La simulación mostrada en cada una de las figuras se obtuvo cambiando un único parámetro, mientras los diez restantes quedaban fijos.

Se puede apreciar el efecto de la longitud del vehículo que realiza el adelantamiento en la distancia de visibilidad de adelantamiento.

La relación es prácticamente lineal, siendo la pendiente aproximadamente igual a 4.

La figura arriba mostrada denota la repercusión que tiene en la obtención de la distancia de visibilidad de adelantamiento la longitud del vehículo adelantado. La relación es similar a la obtenida en la figura anterior. La relación vuelve a ser lineal, y análogamente a antes la pendiente es aproximadamente de 4. Este resultado va acorde con la intuición, ya que es lógico pensar que al adelantar a un camión necesitaremos más distancia de visibilidad de adelantamiento que al adelantar a un vehículo liviano, eso sí, siempre que el automóvil circule a la misma velocidad que el camión.

Los conductores de camiones tienen alturas oculares sustancialmente más altas que los automóviles. Esto proporciona a los conductores de camiones una ventaja sobre los conductores de vehículos de pasajeros en las limitaciones de visión vertical, pero no existe ventaja para los conductores de camiones en lo que respecta a la vista horizontal. Un camión puede pasar con seguridad un vehículo liviano en cualquier curva vertical a diferencia, un vehículo liviano no puede pasar con seguridad a un camión.

## **Conclusión DVA**

**De esta evaluación podemos concluir que el examen en el establecimiento de la DVA, como criterio para abordar las NDG debería evaluarse como premisa sustancial. Y a nuestro entender falta afrontar este tema al respecto. Los modelos propuestos son un indicio de lo alejado que estamos de la realidad.**

**Debemos considerar que nuestras rutas poseen a diferencia de lo que ocurre en otros países un alto porcentaje de vehículos pesados en su composición. Y nosotros como proyectistas debemos resguardar la seguridad de todos los usuarios y esto, puede resultar de buen juicio considerar estos camiones en la DVA con las formulaciones propuestas.**

**Es decir, en el diseño de DVA, proponemos, el aumento del porcentaje de la longitud del camino con DVA adecuada, en todas las rutas estableciendo una longitud mínima de DVA en carreteras de dos carriles indivisos con alto porcentaje de camiones o bien analizando la implementación de carriles de adelantamiento para estos sectores, en función de los volúmenes sustanciales de los mismos. Y sobretodo deberá reverse y modificar en los corredores propuestos para la implementación de los Bitrenes.**

### 3. Consumo de Combustible:

Utiliza mucho menos combustible por tonelada transportada, es decir, puede transportar más carga con menos combustible en comparación. Si se supone que un camión clásico en las rutas argentinas, del tipo Mercedes Benz 1112, tomado como patrón de comparación, consume 0,35 litros de combustible por cada kilómetro recorrido, mientras que un Bitren con ejes tandem (60 t) consume en el orden de los 0,38 l/km y un Bitren con ejes tridem (75 t) unos 0,42 l/km, se puede realizar el siguiente análisis para la hipótesis de transportar las 160 millones de toneladas de granos en un año, desde un punto situado a una distancia media de 800 km (1600 km contabilizando el recorrido completo).

Camión tipo	Cant. de camiones para transp. 160 Mt	Litros de combustible para transp. 160 Mt	Ahorro en Dólares suponiendo a 1 USD cada litro de combustible
1112	5.800.000	3.250.000.000	
Bitren tandem 60 t	3.960.000	2.410.000.000	838.500.000*
Bitren tridem 75 t	3.160.000	2.120.000.000	1.100.000.000*

\* El ahorro deducido se realizó en relación al camión patrón.

Fuente: Asoc. Arg. de Logística empresarial /revista oficial/ Número 3 - Noviembre de 2012

### 4. Contaminación Ambiental:

El menor consumo de combustible por tonelada neta transportada, logra disminuir las emisiones de CO2 producto de la combustión.

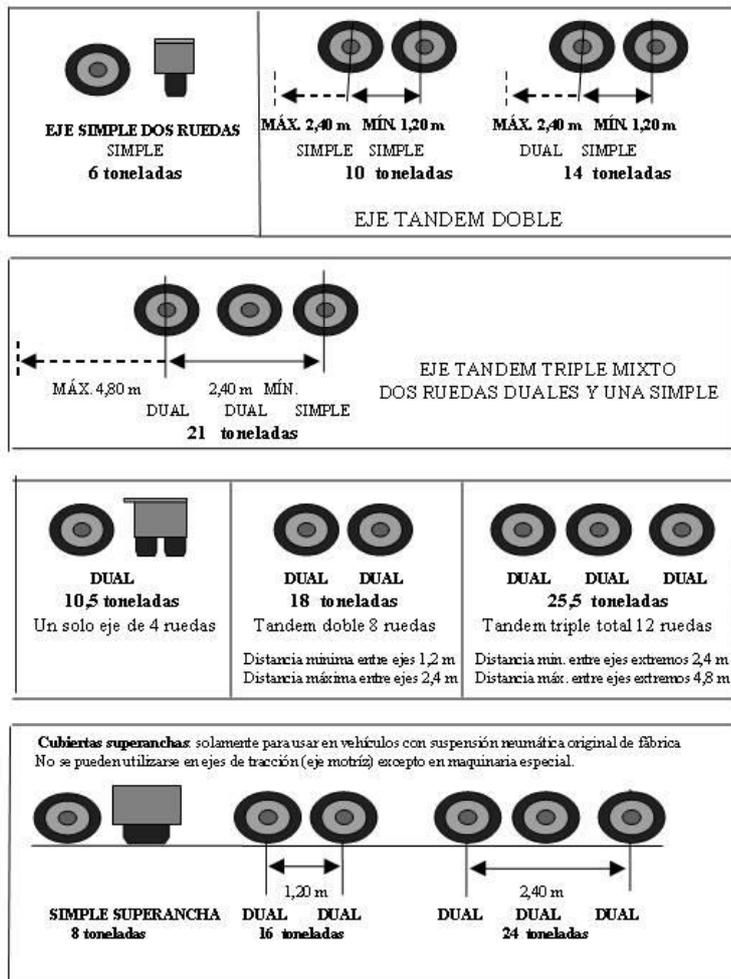
Utiliza tractores con mucha mayor potencia, que se caracterizan por utilizar de manera eficiente el combustible y por ende ser menos contaminantes

## 5. Deterioro de Calzada y Puentes

De la página de la DNV<sup>8</sup> se obtiene:

5. A –“Peso por eje: Los pavimentos están diseñados o calculados, para los pesos legales. Un aumento de un 20 % en el peso por eje, equivale a que un pavimento que debería durar 10 años dure solo 5. Los vehículos deben cumplir además las reglamentaciones de peso total, relación LEY 24.449-DECRETO 779/95-DECRETO 79/98-RES. S.T. 497/94”

### PESO MAXIMO PERMITIDO POR EJE O CONJUNTO DE EJES



Los vehículos o semirremolques que se fabriquen dotados de ejes móviles (ejes levadizos), deben construirse de forma tal que, el vehículo pueda girar estando todos sus ejes apoyados sobre el suelo, es decir que sean direccionales y que la transmisión de peso al pavimento sea invariablemente la misma, estando el vehículo cargado. Los vehículos que cuenten con ejes que puedan levantarse, deben contar con un dispositivo (no accionable desde la cabina), que automáticamente baje el eje cuando el vehículo esta cargado.

8. [http://www.vialidad.gov.ar/transporte\\_cargas/introduccion\\_cargas.php](http://www.vialidad.gov.ar/transporte_cargas/introduccion_cargas.php)

## **Daños sobre el pavimento de las rutas o autopistas.**

Si bien existen una gran cantidad de factores que afectarán el comportamiento del pavimento, puede afirmarse que el principal daño, cualquiera sea el material del pavimento, tiene su origen en el paso de las cargas de los vehículos (pesados) que circulan por la misma. Donde la carga de cada vehículo está formada por el peso propio del vehículo (o tara) más la carga neta que transporta.

En general se considera que el daño generado se produce por la acumulación de la fatiga ocasionada por las cargas rodantes (conocida como Ley de Minner), hasta llegar al momento de que la capacidad estructural del pavimento llega a agotarse, en principio al final de su vida útil para la cual fue diseñada. Generalmente se reconoce que el tránsito de los vehículos pesados causa daños estructurales a las carreteras, los que varían exponencialmente de acuerdo con el peso por eje de los vehículos. Por lo tanto, los daños en el pavimento derivados del tránsito de vehículos de carga dependen fundamentalmente del número de ejes que transitan sobre el mismo y de los pesos por eje. Un aumento en el peso de un vehículo determinado aumentará el daño en el pavimento aumentando el peso por eje, sin embargo, si se permite un aumento en el peso de un vehículo unido a un aumento del número de ejes, el daño sobre el pavimento puede ser neutral o incluso benéfico, disminuyendo los costos de inversión y de mantenimiento en infraestructura vial.

Sobre este punto es de considerar que deberá existir una normativa acorde al máximo tolerable y se deberá ejercer un control exhaustivo al respecto. Ya que como es sabido, si bien actualmente existe una configuración de carga máxima por eje permitida, los transportistas exceden estos valores, y el control ejercido por la DNV en los puestos de Control de Cargas y Dimensiones no se encuentra implementado en todas las Rutas Nacionales.

Además se deberá invertir en básculas verificadas por el INTI, es decir reemplazar las existentes por modelos de 5 módulos y 10 celdas de carga de 30 toneladas cada una, con capacidad total de 80.000 kg, y de longitud de más de 30 metros de largo ya que debe entrar toda la longitud del camión en la dársena de pesaje, para no quedar parte de él en la subida de la misma, arrojando de esta manera un pesaje erróneo..





Este punto será analizado más adelante cuando verifiquemos las condiciones a cumplimentar en los corredores con posibilidades de ser circulados por los Bitrenes

#### **5. B - “Peso total: Del peso total depende la duración de los puentes.”**

- *Daños sobre puentes*

Lo que si resultaría un mayor impacto en los costos de inversión en infraestructura vial relacionada a los puentes, aceptándose generalmente que los costos de infraestructura asociados al aumento de los pesos y límites máximos de carga permitidos corresponden principalmente a los costos de inversión en puentes.

A tal fin se adjunta como Anexo el estudio realizado por el Ing. Civil Tomas A. del Carril del estudio Del Carril –Fazio<sup>9</sup>, donde estudia comparativamente los esfuerzos derivados de la carga típica para el cálculo de la superestructura de puentes (Aplanadora de 30 Tn) dado por la Subgerencia de Puentes y Viaductos de la DNV y un camión tipo Bitren para tres casos típicos:

9. Anexo Bitrenes estudio AFCP 2 solicitud en puentes

Puentes Isostáticos - Hiperestáticos y Tableros Típicos utilizados como por ejemplo en la Autopista Rosario – Córdoba.

Las conclusiones resultantes es que los esfuerzos producidos son menos severos a los calculados bajo la normativa actual.

Pero habrá que tener en cuenta en la definición de los Corredores donde se implementará, ya que en las Rutas Nacionales la DNV se han identificado puentes que se encuentran con limitación de carga<sup>10</sup>.

Al igual que en el punto anterior cada uno de estos limitantes se analizarán puntualmente para cada corredor en particular.

Además deberá considerarse que los lineamientos generales para la presentación de la documentación necesaria para solicitar el transporte de cargas extraordinarias en las Obras de Arte que están bajo la jurisdicción de la DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD contempla, que aquella carga extraordinaria cuyo peso supere la carga máxima de reglamento de 45 toneladas de peso total, deberá presentar una Declaración Jurada y en lo concerniente a los puentes, solo es de competencia para la Subgerencia la verificación estructural de los mismos a partir de las 76 toneladas totales y las restricciones, en líneas generales, a tener en cuenta son:

■ **Restricciones generales por Tipo de estructuras:**

- ▶ Puentes metálicos: tipo Bailey y/o provisorios.
- ▶ Puentes de madera.
- ▶ Puentes de mampostería.
- ▶ Puentes mixtos (metálico/hormigón).

■ **Restricciones generales por Geometría:**

- ▶ Ancho de calzada menores a 6 metros.
- ▶ Pendientes, curvas.
- ▶ Puente ensanchado.
- ▶ Túneles con gálibos menores a 4.5 m.
- ▶ Velocidades máximas igual a 20 km/h

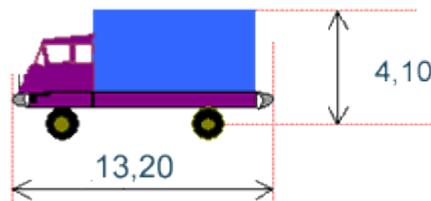
Por último quedará a criterio de la Subgerencia solicitar: la verificación estructural, refuerzos, pruebas de carga, ensayos no destructivos y toda documentación necesaria para considerar a las obras de arte como aptas para la circulación de vehículos con cargas extraordinarias, todos esos estudios correrán por cuenta de la empresa transportista. Además solicita para estos casos, que los vehículos sean hidráulicos, para distribuir mejor las cargas en la calzada.

10. Anexo LISTADO DE PUENTES con limitación de Carga de la DNV.

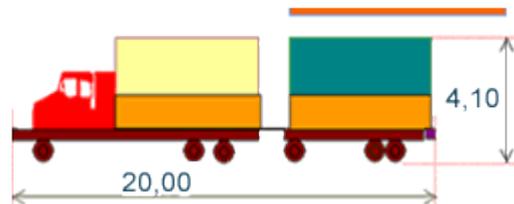
## 6. Dimensiones

“Las dimensiones están relacionadas con los anchos de camino, con las curvas, con los sobrepasos, con la altura libre de los puentes. Cuando mayor es la dimensión queda menos margen de seguridad porque estamos más cerca de los demás vehículos.”

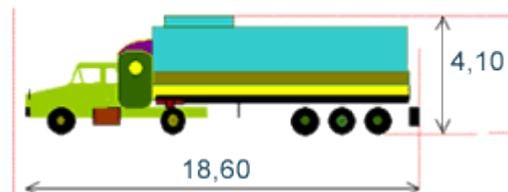
*Camión Simple*



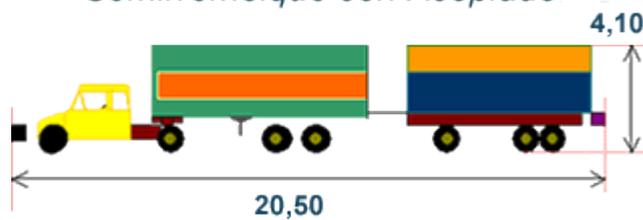
*Camión con Acoplado*



*Semirremolque*



*Semirremolque con Acoplado*



La tabla siguiente muestra una comparación entre los diferentes países del Mercosur, en lo que respecta a dimensiones

DIMENSIONES CAMIONES Y BUSES	MERCOSUR	ARGENTINA	BRASIL	PARAGUAY	URUGUAY	PERU	BOLIVIA	CHILE
Ancho camión	2.6 m	2.6 m		2.6 m	2.6 m	2.6 m	2.6 m	2.6 m
Alto camión	4.3 m	4.1 m 4.3 m		4.1 m	4.1 m	4.1 m	4.1 m	4.2 m 4.3 m
Largo camión rígido (1, 2, 3 ejes posterior)	14 m	13.2 m		10.5 m	13.2 m	13.2 m	12.2 m	11.0 m
Largo camión + semirremolque	18.6 m	18.6 m	18.6 m	18.15 m	18.6 m	20.5 m	18.5 m	18.6 m
Largo remolque	8.6 m	8.6 m	8.6 m	8.6 m		10.0 m	10.0 m	
Largo semi remolque						14.6 m	13.0 m	14.4 m
Largo camión + remolque	20.0 m	23.0 m	18.5 m	20.5 m				
Largo camión + semirremolque + remolque	20.5 m	20.5 m	20.5 m	20.5 m				
Largo Bitren		30,25m	30 m	22.4 m		23.0 m		
Largo con Dolly			30 m			23.0 m		
Separación para ejes compuestos	Min 1.2m Max 2.4m	Min 1.2m Max 2.4m	Min 1.2m Max 2.4m	Min 1.3m Max 2.4m	Min 1.2m Max 2.4m			

<b>PESOS CAMIONES</b>	<b>MERCOSUR</b>	<b>ARGENTINA</b>	<b>BRASIL</b>	<b>PARAGUAY</b>	<b>URUGUAY</b>	<b>PERU</b>	<b>BOLIVIA</b>	<b>CHILE</b>
<b>Eje trasero simple rodado simple (2r)</b>	6.0 t	6.0 t	6.0 t	6.0 t	6.0 t	7.0 t	6.0 t	7.0 t
<b>Eje trasero simple rodado doble (4r)</b>	10.5 t	10.5 t	10.0 t	10.5 t	10.5 t	11.0 t	11.0 t	11.0 t
<b>Eje trasero doble rodado simple (4r)</b>	10.0 t (5+5)	10.0 t (5+5)	12.0 t	10.0 t (5+5)	10.0 t (5+5)	12.0 t		14.0 t
<b>Eje trasero doble 1 rodado simple y 1 doble (6r)</b>	14.0 t (9+5)	14.0 t (9+5)	13.5 t	14.0 t (9+5)	14.0 t (9+5)	16.0 t		16.0 t
<b>Eje trasero doble rodado doble (8r)</b>	18.0 t (9+9)	18.0 t (9+9)	17.0 t	18.0 t (9+9)	18.0 t (9+9)	18.0 t	18.0 t	18.0 t
<b>Eje trasero triple rodado simple (6r)</b>	14 t	-	25.5 t		15.0 t	16.0 t		19.0 t
<b>Eje trasero triple 1 rodado simple y 2 dobles (10r)</b>	21.0 t	21.0 t	27.0 t	21.0 t	22.0 t	23.0 t		23.0 t
	(8.5+8.5+4)	(8.5+8.5+4)		(8.5+8.5+4)	(9+9+4)			
<b>Eje trasero triple 3 rodado dobles (12r)</b>	21.0 t	21.0 t	30.0 t	25.5 t	25.5 t	25.0 t		25.0 t
	(8.5+8.5+8.5)	(8.5+8.5+8.5)	(10+10+10)	(8.5+8.5+8.5)	(8.5+8.5+8.5)			
<b>Peso Bruto Total admitido</b>	45.0 t	45.0 t	45.0 t	45.0 t	45.0 t	48.0 t	45.0 t	45.0 t
<b>Peso Bruto Bitrenes</b>		75 t	74 t	56.5 t		72.0 t	24.0 t	
<b>Tolerancias de peso</b>								
Relación potencia/peso		<b>4.25CV DIN/t</b>	<b>6.0CV DIN/t</b>		<b>4.5CV DIN/t</b>	<b>4.85 kd/t</b>		<b>4.5CV DIN/t</b>

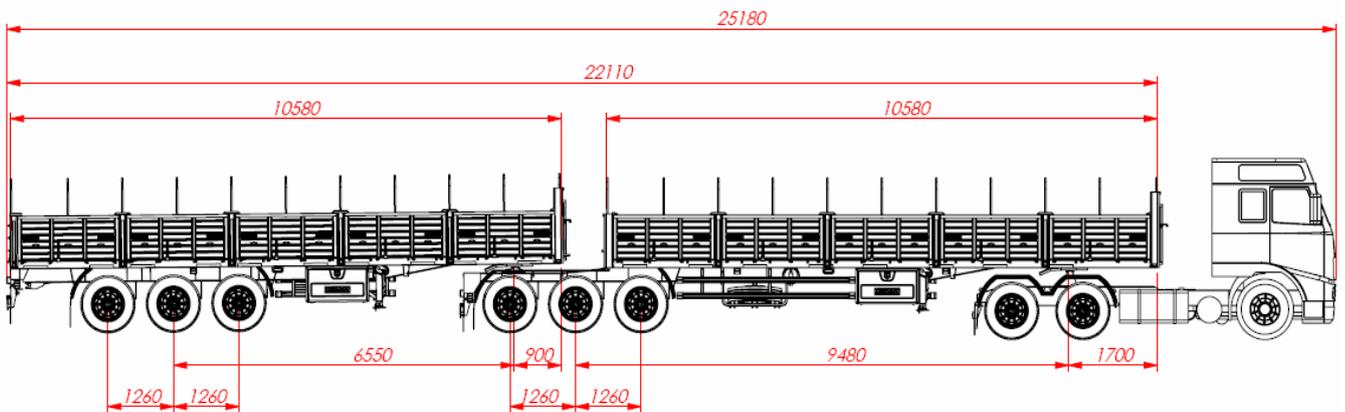
Fuente Propia

Comparativamente

Los modelos expuestos por las firmas posibles según nuestra investigación, de la fabricación de los Bitrenes son Hermans y Vulcano, adjuntando diferentes dimensiones dependiendo de la carga transportada.

## Modelos de la firma Hermans

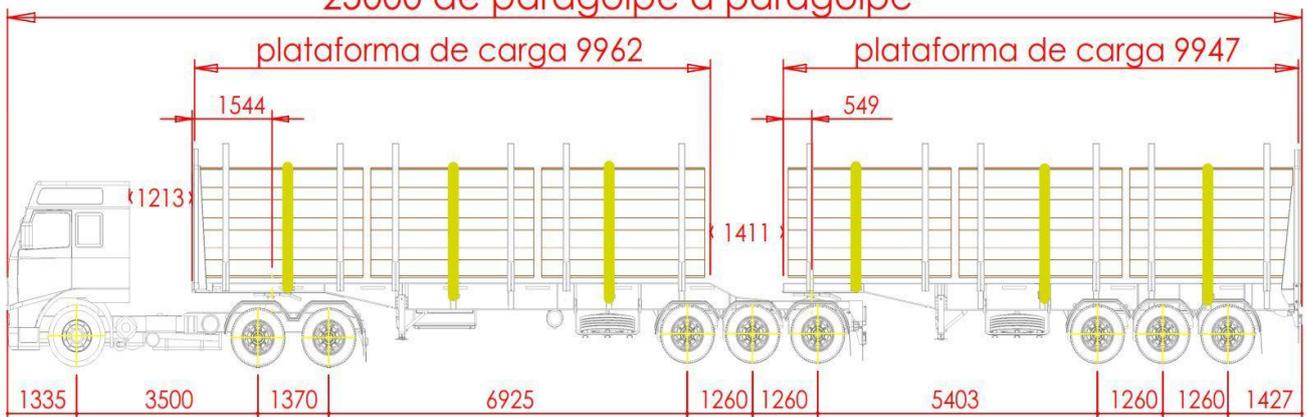
### Modelo Baranda Volcable



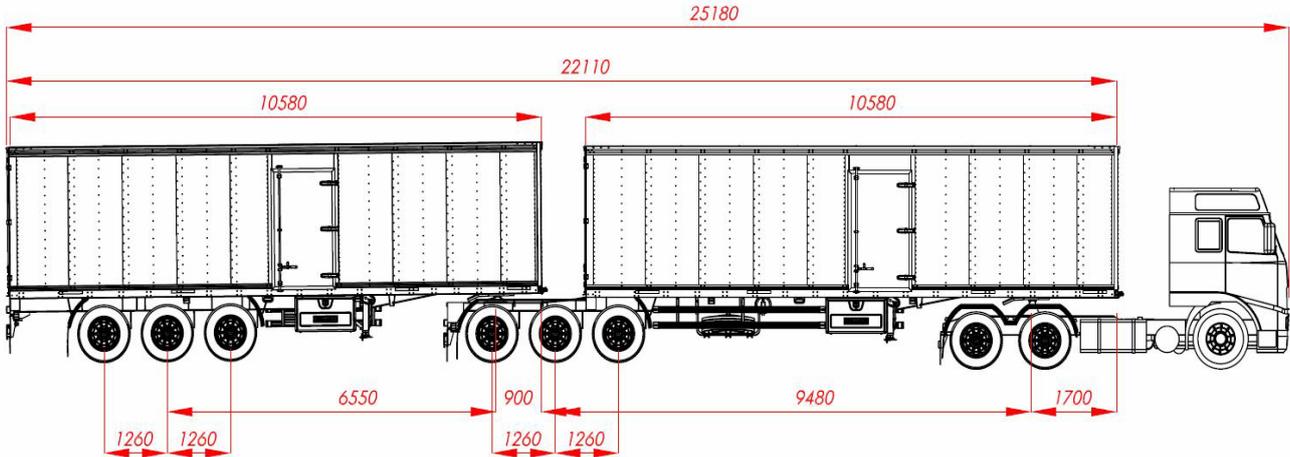
### Modelo Forestal

**10 pie - 3.15m**

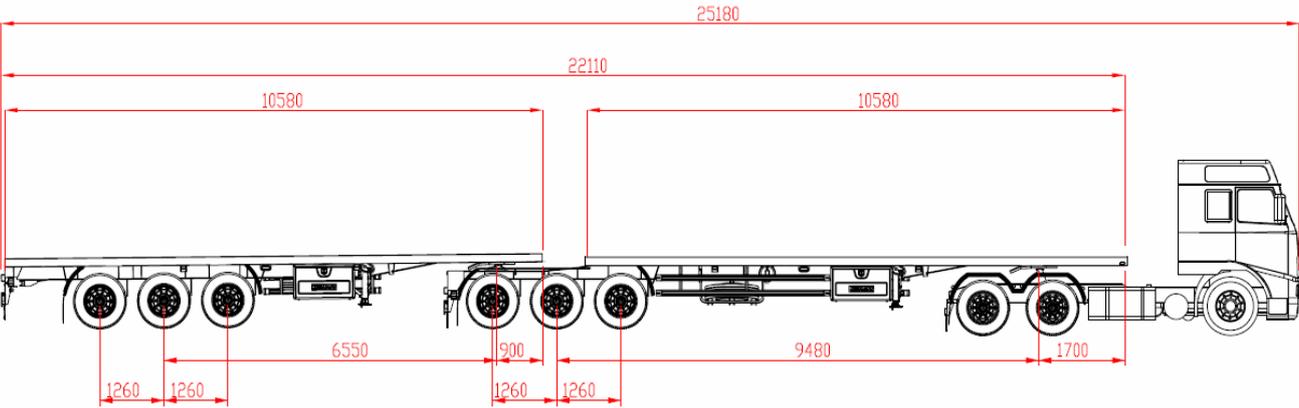
25000 de paracolpe a paracolpe



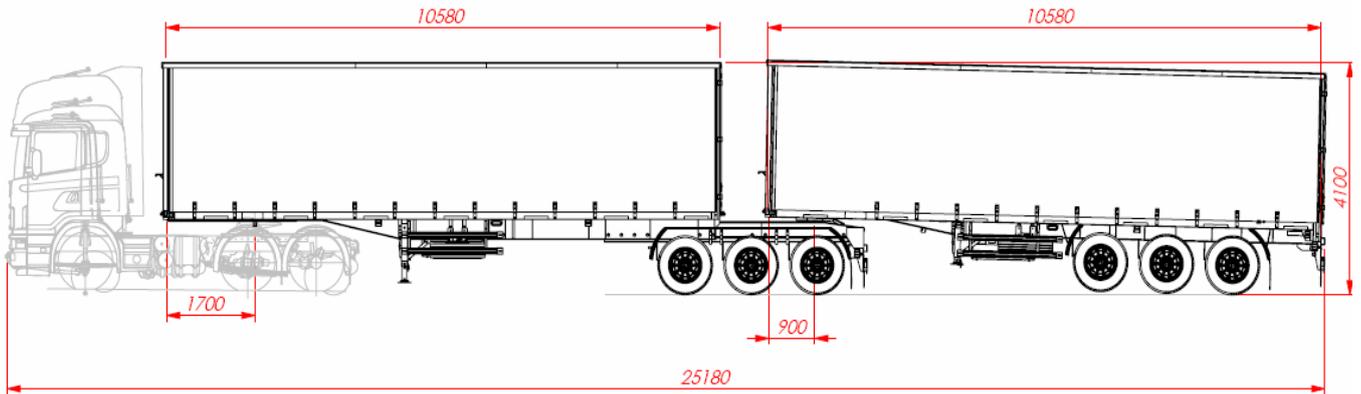
### Modelo Paquetero



### Modelo Playo

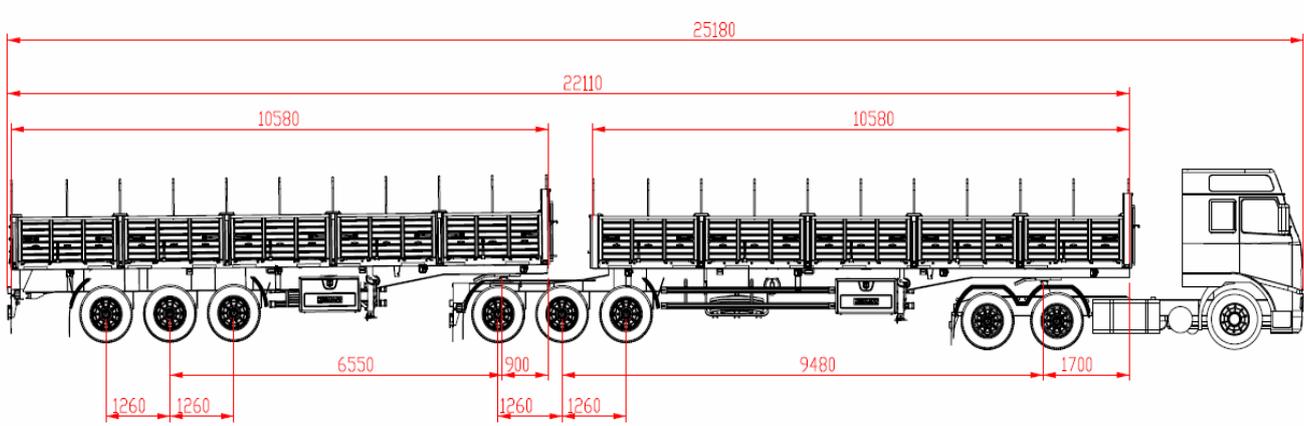


## Modelo Techo y Lonas

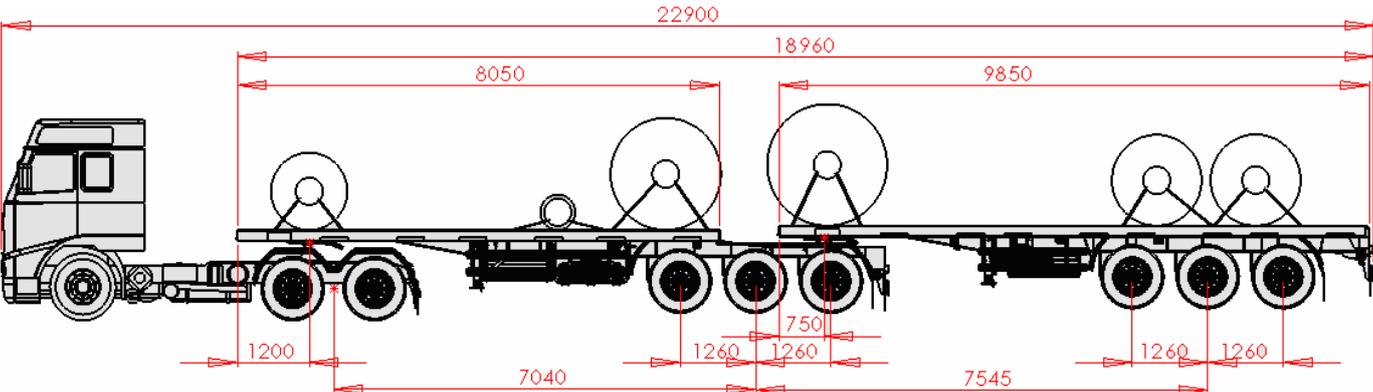


Bitren Tolva Cerealera 9 ejes V=76,5 [m <sup>3</sup> ]	Carga útil [kg]
Carga con soja (peso específico 800 kg/m <sup>3</sup> )	61200
Carga con maíz (peso específico 750 kg/m <sup>3</sup> )	57375
Carga con trigo (peso específico 750 kg/m <sup>3</sup> )	57375
Carga con girasol (peso específico 450 kg/m <sup>3</sup> )	34425
Carga Centeno (peso específico 800 kg/m <sup>3</sup> )	61200
Carga Cebada forrajera (peso específico 650 kg/m <sup>3</sup> )	49725
Carga Arroz cascara (peso específico 650 kg/m <sup>3</sup> )	49725
Carga Sorgo granifero (peso específico 800 kg/m <sup>3</sup> )	61200
Urea granulada (peso específico 770 kg/m <sup>3</sup> ) (FERTILIZANTE)	58905
Superfosfato triple granulado (peso específico 1075 kg/m <sup>3</sup> ) (FERTILIZANTE)	82238
Fosfato monoamónico granulado (peso específico 1000 kg/m <sup>3</sup> ) (FERTILIZANTE)	76500

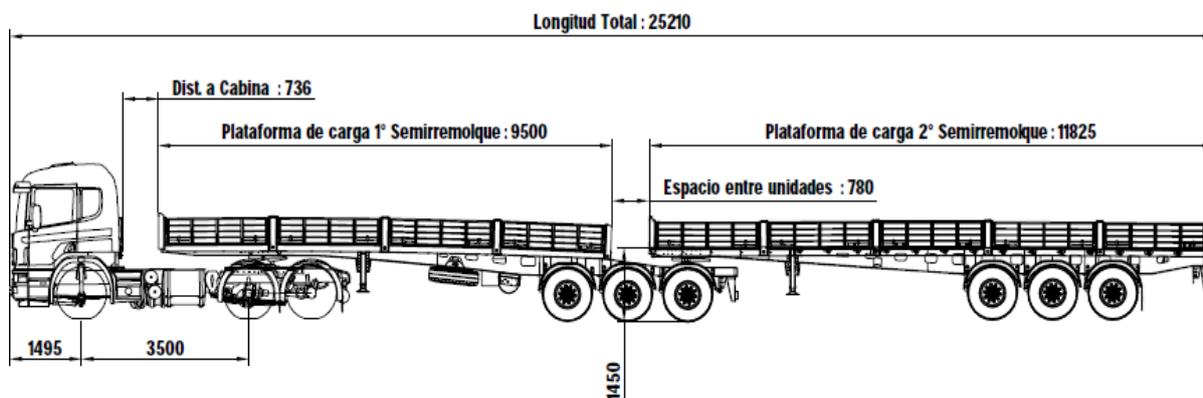
**Modelo Vuelco Lateral**



**Modelo Playo Bobinero**



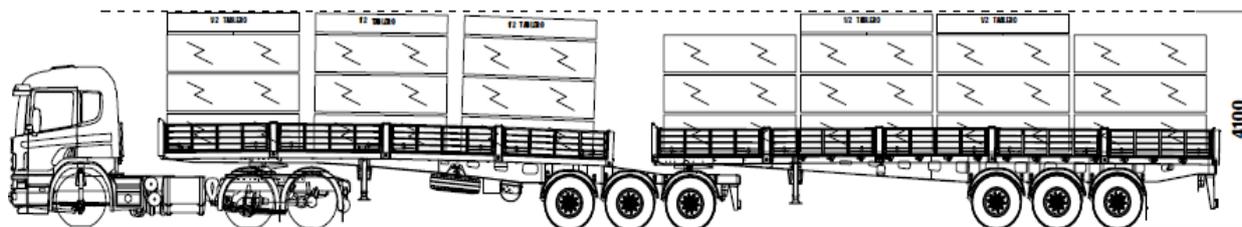
## Modelos de la firma Vulcano



### Datos para los cálculos :

1. Tara de Camión : 9.5 Ton.
2. Tara de B-Doble : 11 a 12 ton. dependiendo del carrozado.
3. Tara de la Combinación : 20.5 a 21.5 ton.
4. Carga Neta Aprox: 53.5 a 54.4 Ton.
5. Carga Aprox. 1 Semirremolque : 24 / 25 Ton.
6. Carga Aprox. 2 Semirremolque : 29 / 30 Ton.

## Carga de TABLEROS

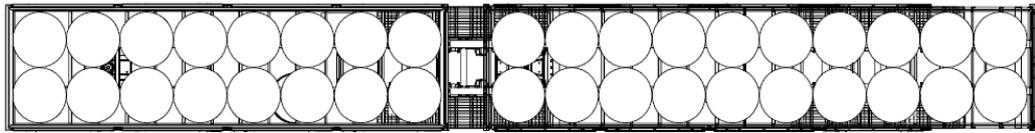
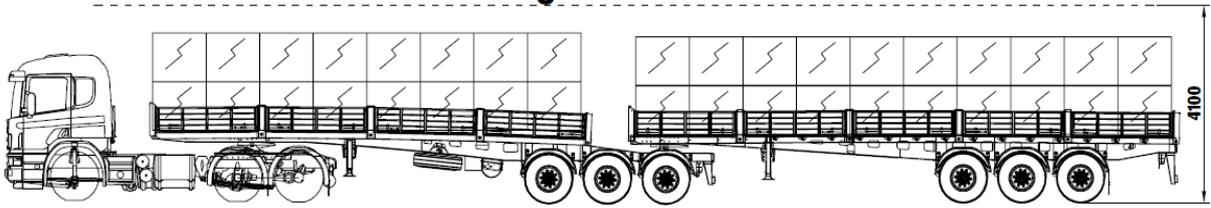


9 Tableros Completos + 3 Medios Tableros = 24.150 kgs.  
(Cargado con 9 tableros = 20.700 kgs.)

12 Tableros Completos + 2 Medios Tableros = 29.900 kgs.  
(Cargado con 9 tableros = 27.600 kgs.)

Carga Completa 21 Tableros + 5 Medios Tableros = 54.050 kgs.  
Carga de Tableros solos = 48.300 kgs.  
Peso del Tablero = 2300 kgs.

## Carga de BOBINAS

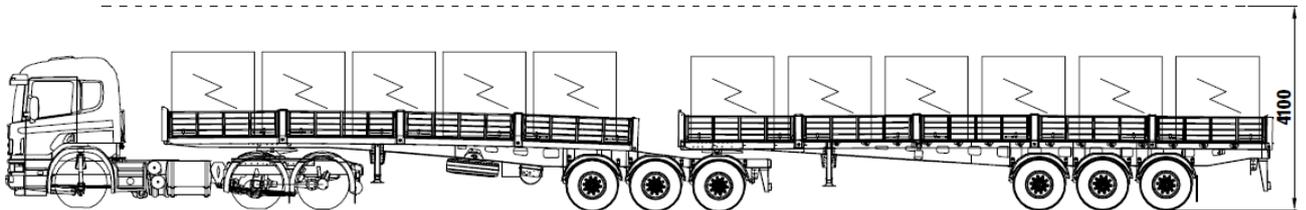


32 Bobinas = 20.160 / 21.120 kgs.

40 Bobinas = 25.200 / 26.400 kgs.

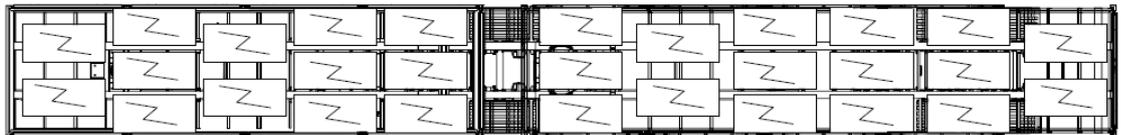
Carga Completa 72 Bobinas = 45.360 / 47.520 kgs.  
Peso de la Bobina : 630 / 660 kgs.

## Carga de FARDOS



13 Fardos

16 Fardos



13 Fardos = 24.180 kgs.

16 Fardos = 29.760 kgs.

Carga Completa 29 Fardos = 53.940 kgs.  
Peso del Fardo = 1860 kgs.

En lo que respecta a este punto en particular de cómo influyen las dimensiones del vehículo en el diseño geométrico, se analizó precedentemente la maniobra sobrepaso, como tema esencial para la seguridad vial, en tanto que a continuación analizaremos: Sobreanchos y Radios de Giro.

## 6. A Sobreancho

El objeto del sobreancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad, es necesario introducir los sobreanchos por las siguientes razones:

- ▶ El vehículo al describir la curva, ocupa un ancho mayor ya que generalmente las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, además el extremo lateral delantero, describe una trayectoria exterior a la del vehículo.
- ▶ La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril debido a la menor facilidad para apreciar la posición relativa de su vehículo dentro de la curva.

Es función de:

- Radio de la curva
- Ancho de la calzada
- Velocidad de los vehículos
- Tipo de vehículo

Se calcula según las NDG de la DNV, con la expresión siguiente:

$$S = 2 \left[ R - \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)} \right] + \left[ \sqrt{R^2 + L_1(L_1 + 2L_2)} - R \right] + \frac{V}{10\sqrt{R}} + 2 \left( R - \sqrt{R^2 - (L_3^2 + L_4^2)} \right)$$

Siendo:

L1= 1,35m

L2=3,74m

L3=10,44m

L4= 6,44m

Para el ejemplo del Modelo más desfavorable obtenemos la siguiente tabla:

V (Km/h)	25	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>R (m)</b>									
20	16,0	20,1	16,2	20,3	16,5	20,6	16,7	20,8	16,9
30	10,2	10,3	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5
60	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,9	6,0
110	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
140	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
170	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4
200	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1
230	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9
260	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
290	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
320	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
350	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
380	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
410	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
440	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
470	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
500	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
600	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9
700	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
800	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
900	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
1000	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
1100			0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
1200				0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
1300				0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
1400					0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
1500						0,4	0,4	0,4	0,4
1600							0,4	0,4	0,4
1700							0,4	0,4	0,4
1800								0,4	0,4
1900								0,4	0,4
2000									0,4

Fuente Propia

Habiendo calculado los sobrecanchos para diferentes radios y velocidades, concluimos que se requiere mayores sobrecanchos en relaciones a un camión convencional esto se ve acrecentado al aumentar la velocidad de operación. Resultan lógicos los resultados obtenidos teniendo en cuenta que la fórmula para calcular el mayor ancho necesario, es función de la Longitud del vehículo.

Por lo cual se deberá evaluar en los corredores elegidos los radios de curvas componentes del mismo y adaptar a las curvas existentes los sobreanchos requeridos.

## **6. B Radio de Giro**

Como sabemos las características de los vehículos de diseño condicionan los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado, incide en el ancho del carril de las banquetas y de los carriles.
- La distancia entre los ejes influye, en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles en los ramales.

### **Giro Mínimo de Vehículos Tipo**

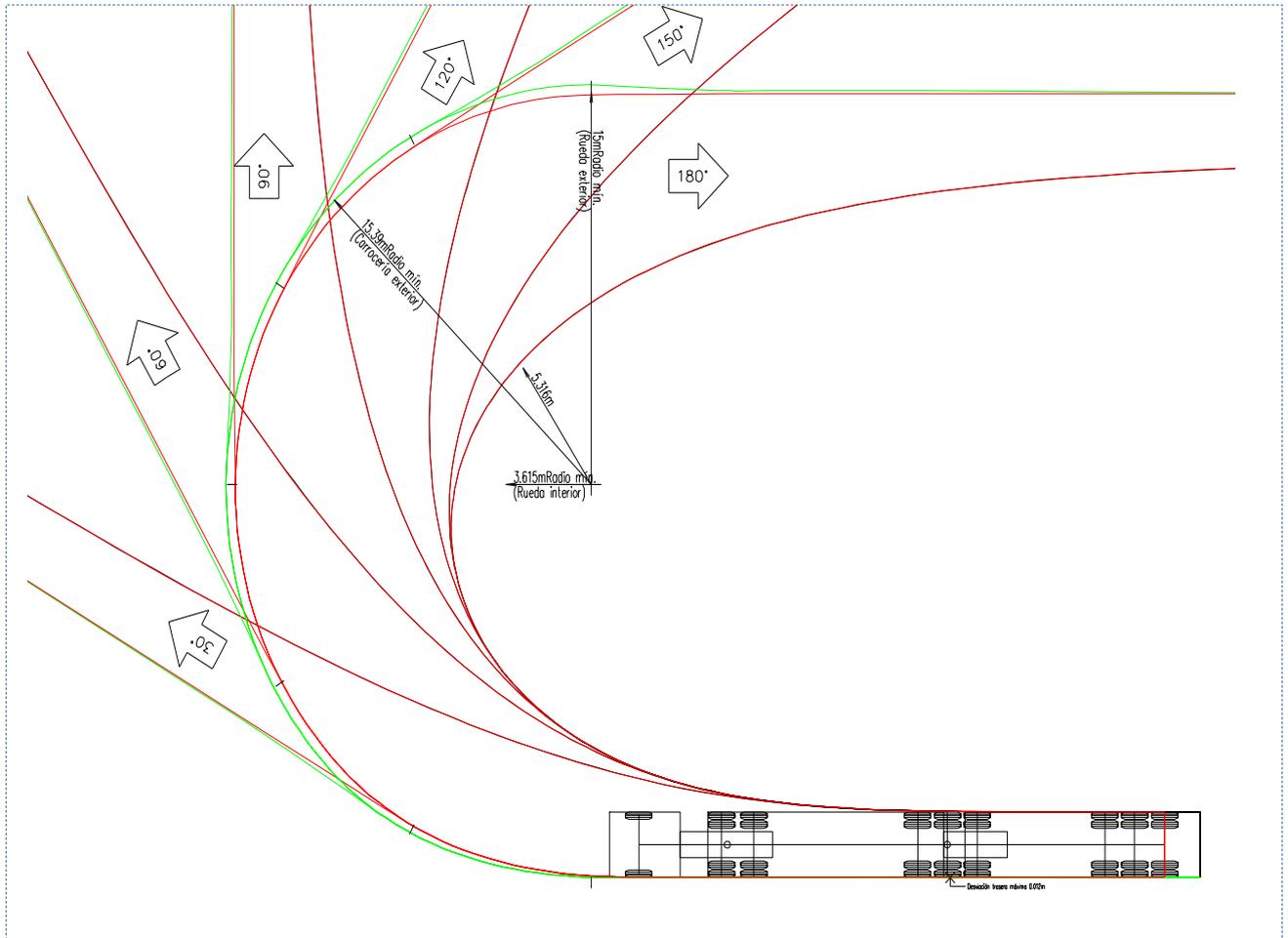
La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

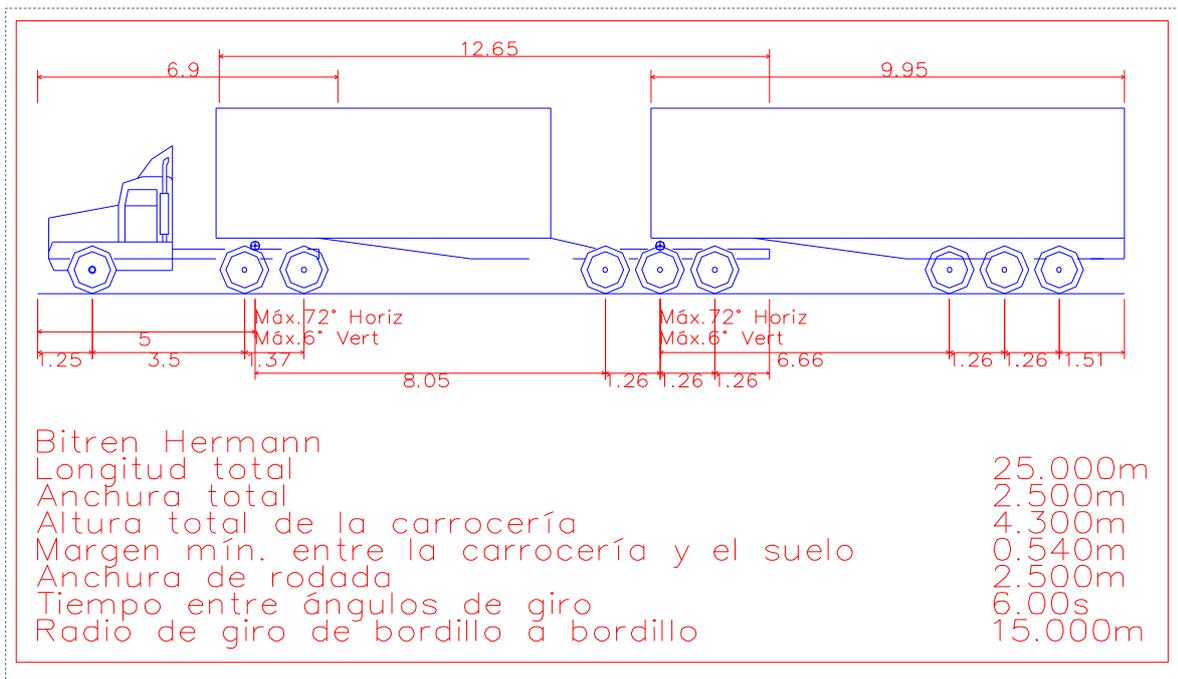
En las Figuras siguientes se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos de diseño **Bitren, WB19 y WB15** con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular.

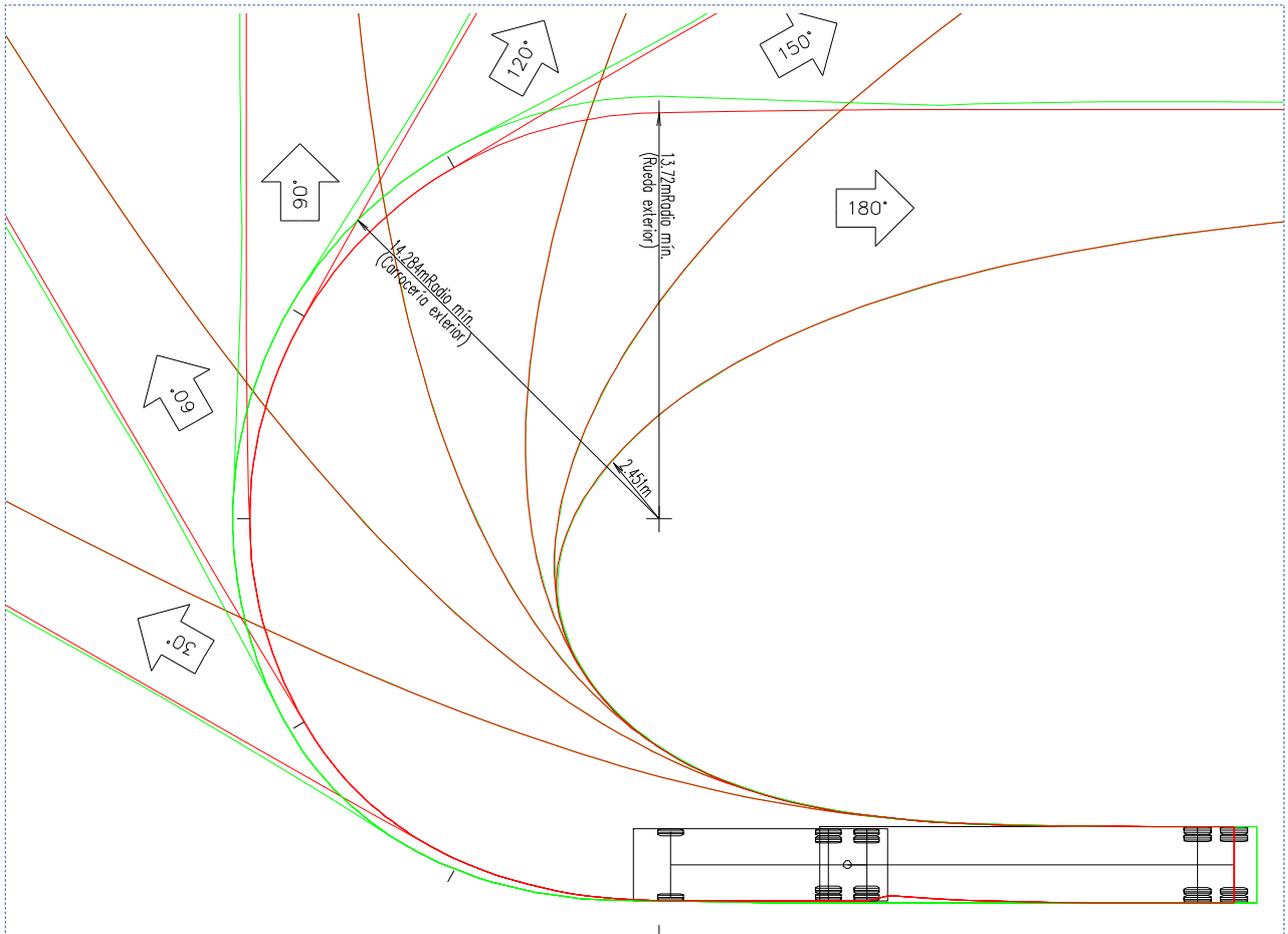
Para la maniobra de giro se considero una Velocidad de 15 Km/h.

El análisis se realizó con el programa computacional **Autodesk Vehicle Tracking**, para evaluar los requerimientos especiales si los hubiere para las intersecciones típicas de nuestro país.

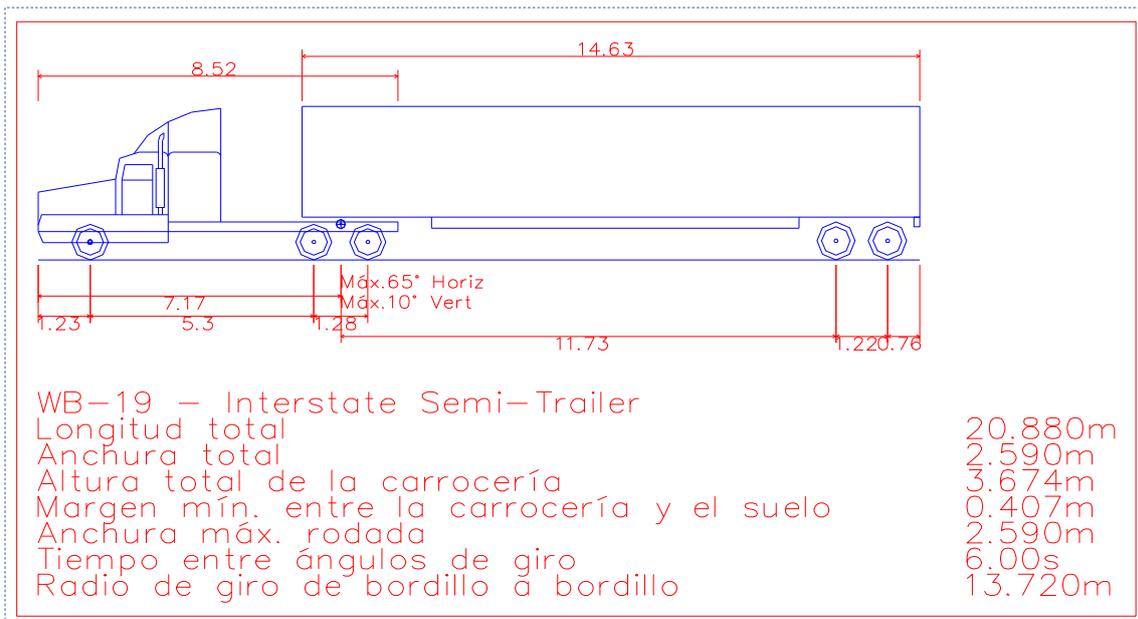


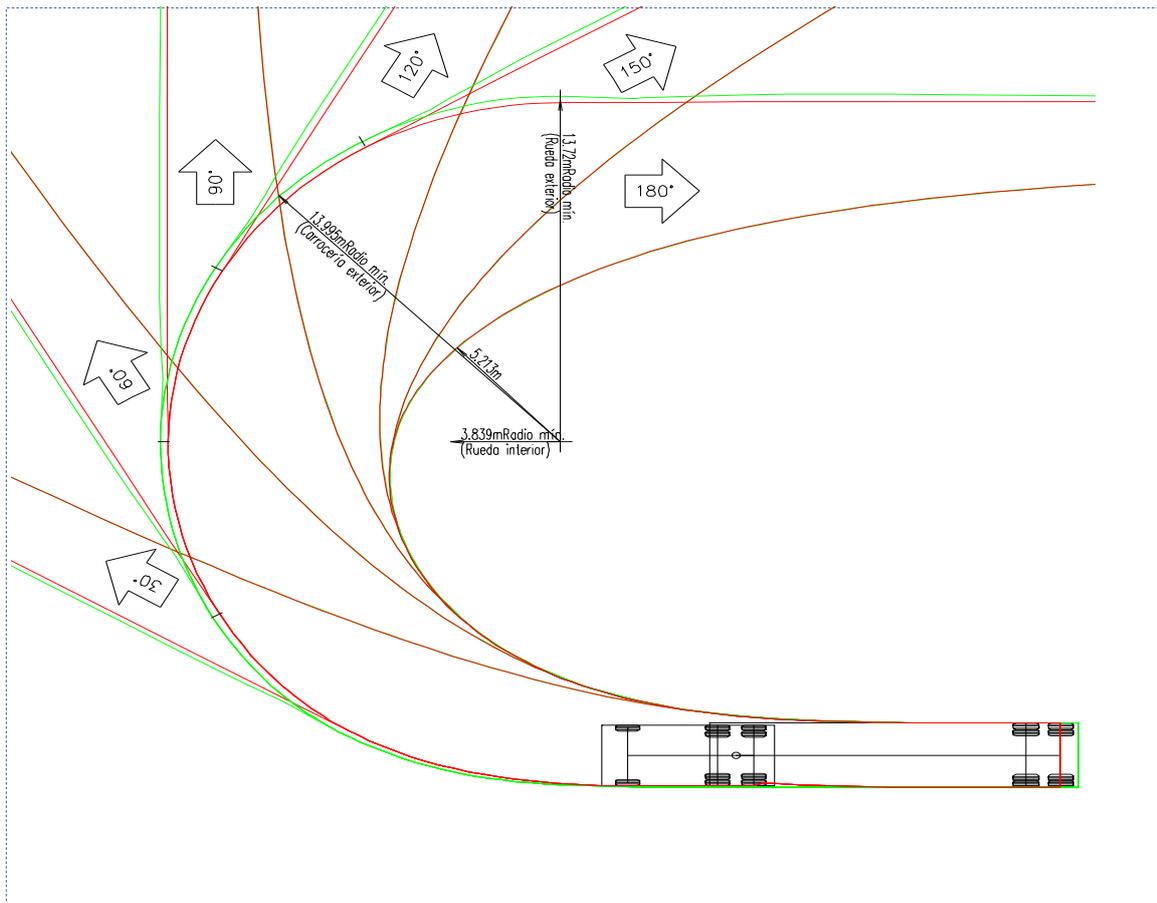
Radio de Giro mínimo para un camión Bitren



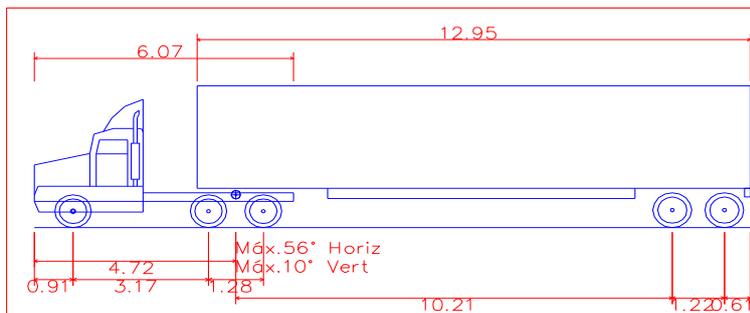


Análisis de radio de Giro mínimo de un camión WB-19

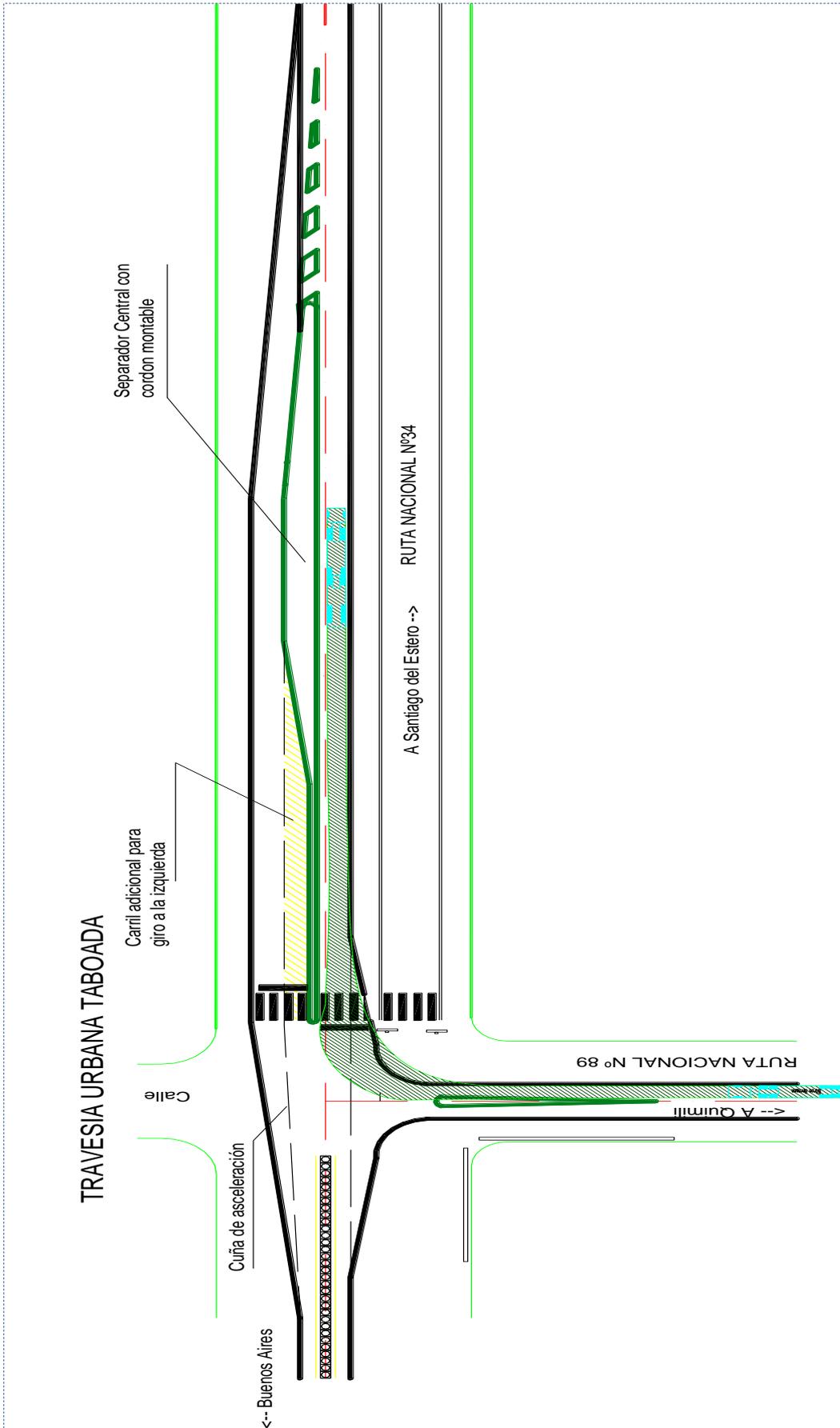




Radio de Giro mínimo para un camión WB-15



WB-15 – Intermediate Semi-Trailer	
Longitud total	16.760m
Anchura total	2.590m
Altura total de la carrocería	3.674m
Margen mín. entre la carrocería y el suelo	0.407m
Anchura máx. rodada	2.590m
Tiempo entre ángulos de giro	6.00s
Radio de giro de bordillo a bordillo	13.720m



Trayectoria de Giro de un bitren en intersección R.N.N°89 y R.N.N°34

Habiendo recorrido con el programa computacional, una intersección típica entre dos rutas nacionales (R.N.N89 – R.N.N34) para una travesía urbana de Santiago del Estero, en la localidad de Taboada, vemos que para un Radio de Diseño de 15 mts. Y a una velocidad de 15 km/h el bitren supera el radio mínimo, siendo la maniobra muy forzada. Lo más probable, que en ese sector continuamente la banquina se encuentre descalzada.

Como conclusión podemos decir que evidentemente los radios de giro son mayores y que si bien las intersecciones entre rutas nacionales se diseñan para Radios de Giro mínimos. Los Bitrenes girarían muy ajustados, debiendo hacerlo a menor velocidad. Por último es importante recordar que no es conveniente ceñirse a los valores mínimos del radio de giro para el proyecto de intersecciones, ya que obligan al conductor a realizar maniobras ciertamente exigidas y peligrosas, que deberemos evitar.

## 7. “Relación Potencia Peso”:

La potencia inadecuada entorpece la circulación. Por eso la Ley estableció un mínimo que progresivamente irá aumentando. Cumplir la relación entre la potencia efectiva y el peso total igual o superior al valor 4,25 CV DIN (caballo vapor DIN) por tonelada de peso”.

### **Esto tiene influencia en establecer la Longitud crítica.**

La relación de peso bruto total/potencia guarda relación con el valor de pendiente admisible e incide en la determinación de la necesidad de una vía adicional para subida y, para los efectos de la capacidad, en la equivalencia en vehículos ligeros

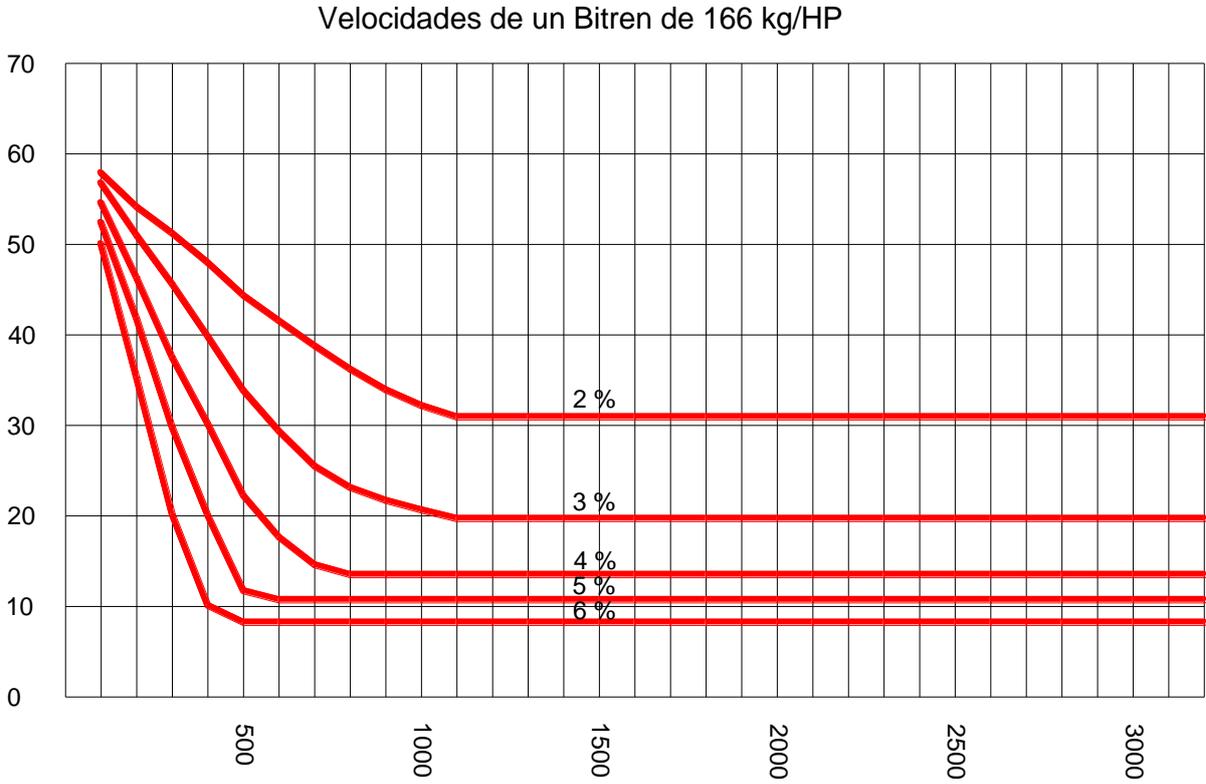
#### 7. A Longitud critica

La longitud crítica de la tangente vertical se define como la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Para establecer éstos parámetros es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Relación peso/potencia del vehículo pesado de diseño.
- Velocidad media de operación de los vehículos pesados en tramos a nivel de la carretera que se diseña.
- La velocidad media de operación de los vehículos pesados se estima con base en los resultados del estudio de tránsito y de la geometría de la vía.
- Pérdida aceptable de velocidad de los vehículos pesados en la tangente vertical.

Se considera que la Longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de veinticinco kilómetros por hora (25 km/h) con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

Para un Bitren hemos obtenido las curvas de desaceleración para una relación Peso/Potencia = 166 Kg/HP (modelo Hermans) lo que es lo mismo que decir 6,11 CV DIN por tonelada de peso. Mayor a las exigencias actuales.



Fuente Propia

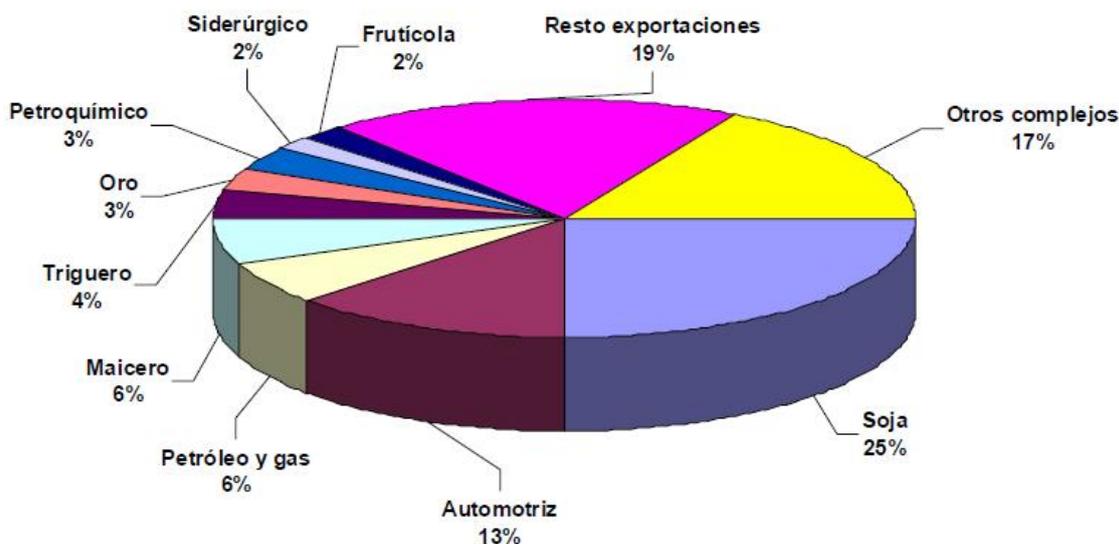
## Corredores

Para concluir como colorario intentaremos analizar los posibles corredores donde podria implementarse la transitabilidad de los camiones tipo Bitren.

Como premisa principal consideramos que su circulacion a modo experimental deberá realizarse sobre autopistas y autovias. Ademas estimamos razonable establecer restricciones a su circulacion a este tipo de formaciones, porque creemos conveniente que sean autorizadas a circular de dia, estableciendo claras especificaciones tecnicas de esta conformacion y que modifiquen las especificaciones de los platos de enganche para esta nueva clase de vehiculos.

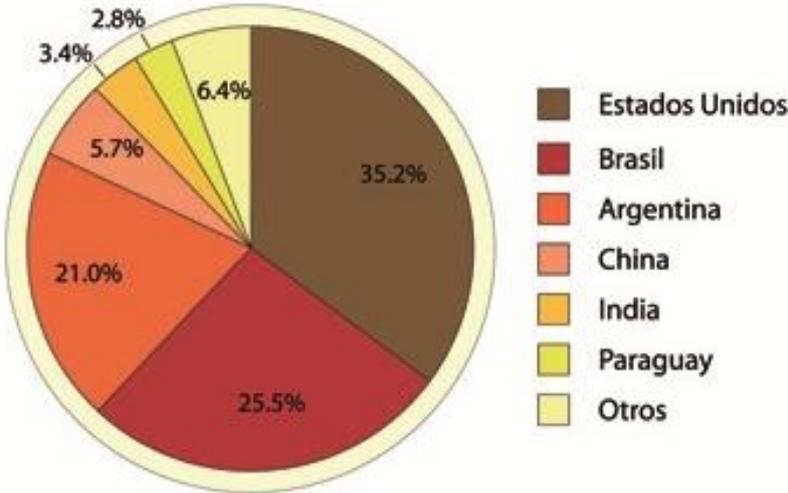
A nivel provincial, creemos que en forma conjunta y simultanea con la propuesta del gobierno nacional deberá propiciarse una reforma en las legislaciones provinciales de Cordoba, Buenos Aires, Mendoza y Misiones no adherentes a la norma nacional en identicos terminos y alcances en la reforma a la ley Nacional.

Analizando las Exportaciones de nuestro pais porcentualmente

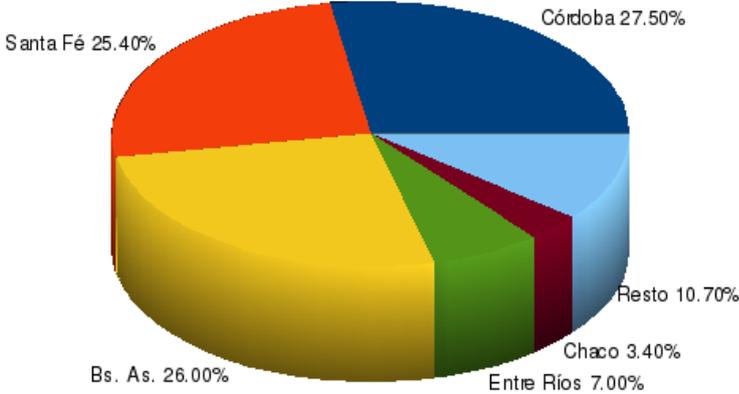


Vemos la alta incidencia del cultivo de la Soja con el resto de las exportaciones.

Ahora bien, si vemos su incidencia a nivel mundial



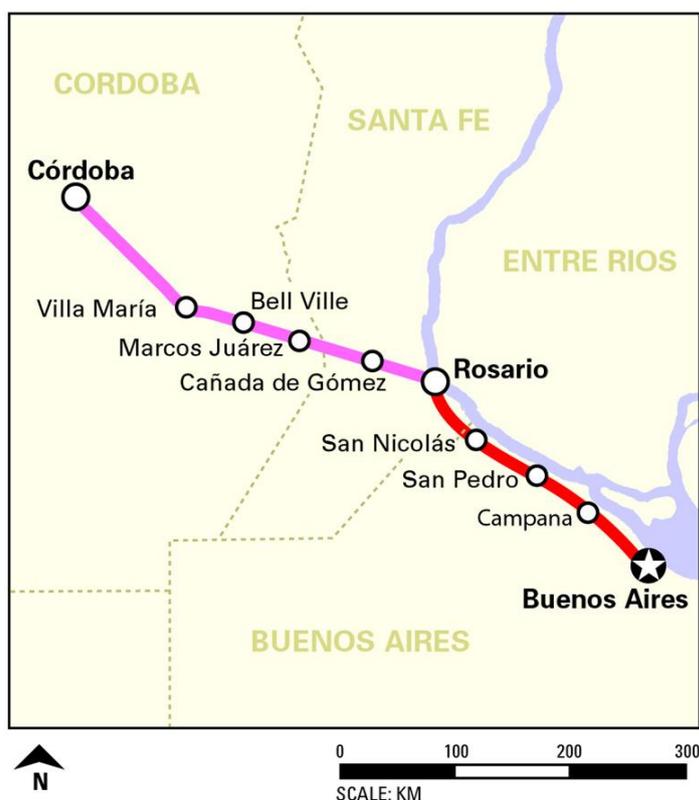
Vemos realmente la importancia de este producto.  
Ahora resta establecer el origen de producción del cultivo de la soja.  
El siguiente gráfico correspondiente a la producción 2011-2012 evidencia que la mayor producción se origina en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires.



Analizando la producción de Soja en el año 2012/2013 surge lo siguiente:

En todo el país se produjo 49.306.201tn. Siendo las provincias de mayor producción Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe con 17.812tn; 13.080.804 tn.y 10.509.390 tn. respectivamente.

Por lo cual bajo las premisas anteriores de circulación por autopistas y autovías sumado a los centros de mayor producción, creemos conveniente a modo experimental, el uso del Bitren por la Autopista “Córdoba – Rosario – Buenos Aires”



Un análisis particular para cada corredor que estimamos es la tarea a de venir, que propondrán las autoridades pertinentes, excede el alcance de este trabajo.

La **AU 9** o también llamada Autopista Rosario-Córdoba «Ernesto Guevara», es una vía rápida de dos carriles por lado, que corre aproximadamente en paralelo a unos 2 a 4 km de la Ruta Nacional 9. Une las ciudades de Rosario en la Provincia de Santa Fe y Córdoba en la provincia homónima.

Solo expondremos que en la autopista desde Córdoba hasta Buenos Aires se encuentra una balanza ubicada en Villa María sobre el Km 598 de la RNN9 donde Vialidad Nacional instaló dos balanzas dinámicas en ambas manos de la autopista, los vehículos son pesados

en movimiento y derivados hacia la balanza estática ante la mínima sospecha de sobrepeso, y la cual controla 30 mil pesajes mensualmente y se estima que el 15 por ciento presenta un exceso de carga, y hay un 10 por ciento que no tiene la documentación en orden<sup>11</sup>. Esta balanza no posee la longitud necesaria para albergar a los Bitrenes.

Existe una estación de pesaje similar en la autopista Rosario-Buenos Aires pero funciona sólo a los fines estadísticos. No penaliza.

Se deberán evaluar particularmente cada enlace o ramal de acceso o egreso de la misma con la finalidad de analizar su verificación, como así también si hubiere gálibos mínimos en puentes.



Imágenes de algunos de los distribuidores de la Autopista AU9

12. <http://www.lmcordoba.com.ar/nota.php?ni=64378>

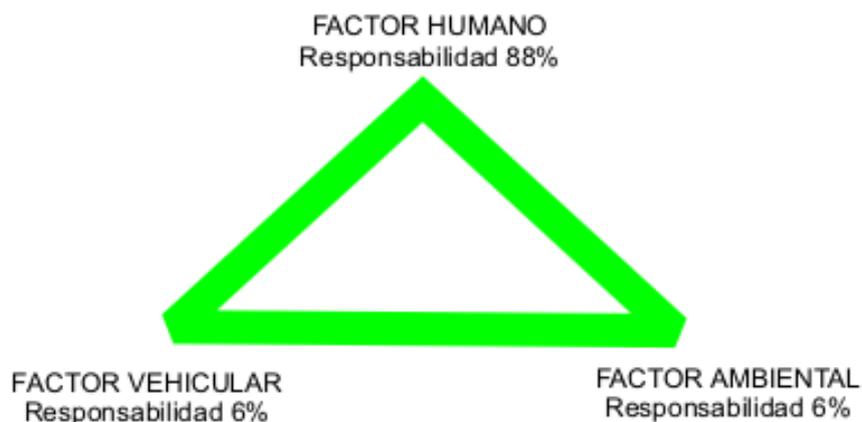
## Conclusiones

A modo de reflexión intentaremos reflejar, como bien sabemos, que la carretera – usuario – vehículo son partes o componentes del sistema vial y como todo sistema no es infalible. Los factores del sistema como dijimos son:

- El factor humano: compuesto por el usuario ya sea este conductor, pasajero o peatón.
- El factor vehicular: dado por el vehículo tipo y sus características técnicas.
- El factor Ambiental: compuesto por la infraestructura y los condicionantes climáticos y de topografía.

Precedentemente hemos estado analizando los dos últimos factores para los cuales hemos establecido las premisas y cuantificando las diferencias en el diseño bajo los condicionantes actuales de la vía y su configuración pero creemos que como bien lo demuestran los estudios, que entre el 70 y el 90 por ciento de los accidentes se deben directa e indirectamente a lo que podríamos denominar el factor humano.

El factor humano está presente en una gran medida en la seguridad vial. En el siguiente gráfico vemos la relación entre los mismos.



Por lo cual más allá de las cuestiones vinculadas a la infraestructura o al parque automotor que si bien inciden en los accidentes viales, **queremos destacar que el eje de las políticas para prevenirlos y disminuir su número no puede ser simplemente la aprobación de normas, fijando estándares imposibles ya que no cambian la realidad y lo que hacen es favorecer la corrupción y reforzar la anomia.**

*"Uno de cada cuatro accidentes graves tiene como protagonista a un camión. El número, al que llega un estudio del Centro de Experimentación y Seguridad Vial (Cesvi), representa el 23% del total de 350 casos graves registrados en un año".*

Sabemos que los transportistas de estos vehículos y particularmente para el caso analizado de "los bitrenes" son solidariamente responsables del cumplimiento de las normas de pesos y dimensiones y en lo referente al cumplimiento de las normas de circulación.

Cada país tiene su idiosincrasia y la comparación con otro país como Australia, no es contundente ya que este último posee estrictas normas para la obtención de la licencia de conducir, teniendo diferentes categorías en relación a la habilidad para conducir. Por ejemplo Driver's License categoría Learners identificado con una "L" que está destinada para aquellos que manejan por primera vez y han logrado aprobar los exámenes teóricos y que solo pueden conducir un vehículo teniendo a su lado a otro conductor que tenga la licencia Máxima denominada Full License. Además de haber superado un examen de percepción visual computarizada denominada examen Hazard o Hazard Perception que consiste en una serie de situaciones que el conductor debe evaluar y escoger solo una lo que permitirá medir su respuesta.

Consideramos que todo el eje debiera estar puesto en la efectiva educación, es decir en el aprendizaje, no en el mero dictado de cursos y si en la real aplicación de normas razonables, el monitoreo de su cumplimiento y en la sanción de sus infracciones, es decir que debemos preocuparnos no solo respecto que los ciudadanos respeten las normas, sino que las autoridades pertinentes (policía, ministerios, jueces) las hagan cumplir y coordinen sus esfuerzos en ello..

## **Bibliografía**

Manual de Diseño Geométrico de la Dirección Nacional de Vialidad 1980 /2010.

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - Instituto Nacional de Vías - República de Colombia.

NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM Report 605 Passing Sight Distance Criteria.

Guía para la implementación de flota de vehículos combinados de alto rendimiento - Asociación Nacional de Empresarios – ANDI – Gerencia de Logística, Transporte e Infraestructura ANDI Bogotá , Septiembre 2013.

Información Usuarios del Transporte de Cargas ANTP, mayo 2014.

Evaluación Económica Preliminar de la Circulación de Bitrenes en la Provincia de Córdoba - Informe Final – IERAL Cba. – Fundación Mediterránea, Noviembre de 2012.

Asociación Argentina de Logística empresaria - Revista oficial N° 3, Noviembre 2012.

XVI Congreso Argentino de Vialidad y Transito – Cordoba, Argentina BITRENES, UN CAMINO PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE LAS CARRETERAS, AUTORES: Ing. Azucena Keim – Ing. Héctor L. Giagante, Octubre 2012.

Revista AutoBild N° 04 – Los Bitrenes ya circulan en la Argentina, Daniel Jatimuansky, Febrero 2013.