



ANEJO Nº 8: SEGURIDAD VIAL

AUTOR: BERTA FLORES MARTÍNEZ
TUTOR: FRANCISCO JAVIER CAMACHO TORREGROSA



Contenido

1. INTRODUCCIÓN..... 5

2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL..... 5

3. ESTUDIO DE CONSISTENCIA..... 8

3.1. MÉTODOS DE CONSISTENCIA 8

3.1.1. CRITERIOS LOCALES 8

3.1.2. CRITERIOS GLOBALES..... 9

3.2. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS 9

3.2.1. ALTERNATIVA 1 10

3.2.2. ALTERNATIVA 2 10

3.2.3. ALTERNATIVA 3 10

3.2.4. ALTERNATIVA 4 11

3.2.5. PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS SEGÚN CRITERIOS LOCALES..... 11

4. ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD 22

5. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD 22

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es analizar tanto el tráfico como las características de la vía que están relacionadas con la seguridad. Además, se detallan los criterios aplicados y las soluciones obtenidas para cada una de las alternativas al trazado que se proponen en este estudio.

Para la redacción se han seguido los criterios establecidos en la *Guía para la redacción del Anejo de Seguridad Vial* editada por la Generalidad Valenciana, concretamente se analizan las listas de chequeo de la obra proyectada.

Finalmente, se realiza un estudio de consistencia mediante métodos de consistencia local y global, un estudio de la accidentalidad y un análisis de la visibilidad.

2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

2.1. SEGURIDAD EN LA CONDUCCIÓN

2.1.1. ASPECTOS DE DISEÑO

La velocidad de proyecto de un tramo permite definir las características geométricas mínimas de los elementos de trazado de manera que se permita la circulación en condiciones de comodidad y seguridad.

La tramificación de la carretera objeto de este estudio, explicada detalladamente en el “Anejo 3: Antecedentes y situación actual”, se han definido dos tramos basados en las características geométricas mínimas de cada uno de los elementos del trazado. De esta manera ha sido posible asociar las velocidades de proyecto a cada tramo. En cada una de las alternativas descritas en el “Anejo 6: Estudio de alternativas” se ha realizado igualmente la tramificación, atendiendo al mismo criterio.

Las velocidades de proyecto definidas en todas las alternativas son, en todos los casos, 60 km/h.

Además, la homogeneidad de cada uno de los tramos de los diferentes diseños se ha tenido en cuenta mediante los estudios de consistencia.

2.1.2. TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

Para proporcionar una circulación cómoda y segura de los usuarios, los trazados en planta y en alzado de una carretera deberán estar coordinados. Para cada una de las alternativas estudiadas se ha evitado la coincidencia del principio de una curva y el punto más alto del trazado y, además, los puntos de tangencia

de los acuerdos verticales que coinciden con una curva circular han sido situados dentro de la clotoide en planta.

En el diseño en planta se han cumplido los parámetros mínimos recogidos en el apartado 4 de la Norma 3.1-IC para cada uno de los elementos que componen el trazado de las diferentes alternativas. Además, se han tenido en cuenta los criterios de coordinación entre elementos para obtener diferentes trazados uniformes, cumpliéndose la relación entre los radios de entrada y salida.

El trazado en alzado de cada alternativa se ha definido según lo establecido en el capítulo 5 de la Norma de trazado, evitando también las pérdidas de trazado.

Teniendo en cuenta que no existen carriles adicionales de adelantamiento y debido a la compleja orografía de la zona, en gran parte del trazado de cada una de las alternativas no existen numerosas ocasiones de adelantamiento. Sin embargo, en cada uno de los trazados propuestos se ha premiado la posibilidad de adelantamientos. Para ello se han ampliado y pavimentado los arcenes y se ha mejorado la visibilidad.

2.1.3. SECCIÓN TRANSVERSAL CARACTERÍSTICA

La sección transversal propuesta está condicionada por la sección existente, pues uno de los principales condicionantes de la definición de alternativas es el aprovechamiento del trazado.

La vía actual la forman carriles de 3m de ancho y arcenes prácticamente inexistentes. Esta sección transversal incumple lo establecido en la Norma 3.1-IC, donde se especifican 0,5m de arcén mínimo para una carretera C-60. En la definición de las nuevas alternativas se ha contemplado la ampliación de todos los arcenes hasta 1,5m, evitando las posibles inseguridades que puedan derivarse de un continuo cambio de sección. Además, cada uno de los carriles se ensanchará hasta 3,50m.

Existen dos zonas en las que la sección transversal será diferente y estará formada únicamente por carriles de 3,5m. En la sección que atraviesa el tramo de canal, así como la obra de paso existentes serán aprovechados en las alternativas, dado que se establece que tienen capacidad para ello.

Se considera que las secciones son adecuadas para el volumen de tráfico, los tipos de vehículo que circulan por la vía y para las condiciones de velocidad.

En algunas zonas, el arcén será inexistente por lo que la calzada no podrá albergar un vehículo parado en caso de avería o emergencia. En este caso, se despejará una zona próxima a las infraestructuras existentes, permitiendo una mayor visibilidad.

El peralte en los elementos de cada una de las alternativas se ha establecido de acuerdo a lo estipulado en la Norma 3.1-IC.

Las bermas tendrán un metro de ancho y permitirán disponer los elementos dotacionales necesarios sin merma de la sección transversal. Las pendientes de los taludes no serán remontables por coches y camiones en todos los puntos, por lo que una salida de vía en determinados puntos provocaría un vuelco del vehículo.

2.1.4. EFECTOS DE LA VARIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Como se ha definido anteriormente, existen algunas variaciones de la sección transversal. Esto es un aspecto necesario para aprovechar las infraestructuras existentes. Para alertar a los usuarios de la vía de este cambio se dispondrá de la señalización necesaria.

Se realizará una transición segura de la inclinación transversal especialmente en los puntos donde se van a aprovechar secciones de carretera existente.

2.1.5. VISIBILIDAD Y DISTANCIA DE VISIBILIDAD

En las diferentes alternativas, se ha utilizado como referencia los parámetros extremos incluidos en la Norma 3.1-IC para el diseño de alineaciones en horizontal y en vertical, pues tienen en cuenta criterios de visibilidad.

Al tratarse de un entorno rural, no existe mobiliario urbano, instalaciones de aparcamiento ni vallas que supongan una obstrucción a la visibilidad. Los principales motivos que podrán causar una merma en la visibilidad serán la vegetación, especialmente en curvas, y el tramo de canal, donde la estructura existente obstruye parte de la visión del usuario.

Los arcenes tendrán 1,5m de ancho, por lo que un vehículo estacionado en caso de emergencia mermará los parámetros de visibilidad, aunque permitirá la circulación en condiciones de seguridad. En los tramos de puente o canal, un vehículo estacionado privará de la visibilidad mínima necesaria.

No se ha previsto ninguna desviación para aquellos vehículos que excedan el gálibo en la sección del canal.

En las glorietas de inicio y final del tramo de carretera objeto de este estudio existe un amplio triángulo de visibilidad, por lo que no será necesario el acondicionamiento de esta zona.

2.1.6. PAVIMENTO Y DRENAJE

Cada una de las soluciones se han proyectado de acuerdo a lo establecido en la Norma 6.1-IC, es decir, según las características del tráfico pesado y a las condiciones meteorológicas establecidas. De esta

manera se han eliminado los puntos donde pudiera darse encharcamiento, dando especial énfasis a las zonas de transición del peralte.

A falta de un exhaustivo estudio de la hidrología de la zona, se han mantenido los criterios de drenaje existentes en la carretera actual. Las cunetas serán sustituidas por otras de hormigón del mismo talud que las actuales. Debido a consideraciones económicas y a la accidentalidad del terreno no se han proyectado cunetas de seguridad, como es recomendable.

2.1.7. ARCENES Y TRATAMIENTO DE MÁRGENES

Los márgenes de la carretera, en la mayor parte del trazado, no permitirán garantizar a los conductores la recuperación del control del vehículo en caso de salida de la vía. Además, salvo invasión del arcén y parte de la calzada, el estacionamiento de vehículos de emergencia o averiados supondrá una situación difícil en lo relativo a la seguridad de los usuarios.

En caso de ser usados por vehículos o ciclistas, los márgenes serán seguros exceptuando las secciones críticas, es decir, el canal y la obra de paso.

La infraestructura que sirve de soporte al canal no está protegida adecuadamente y supone un peligro en caso de salida de vía agravando las consecuencias del accidente.

En algunos casos será necesario eliminar barreras duras como árboles que puedan agravar las consecuencias de un accidente.

Existen otros elementos ubicados en los márgenes de la carretera, principalmente señalización vertical. Esta la componen carteles laterales apoyados sobre uno o dos postes, todos ellos ubicados en los márgenes de la carretera, esto es, en las bermas. En ningún caso se ha considerado añadir elementos de protección debido a que se encuentran en puntos de la vía donde el riesgo de salida es mínimo y, además, no suponen un fuerte riesgo para la seguridad vial.

2.2. DISEÑO DE PUNTOS SINGULARES

Este apartado recoge las condiciones de seguridad en elementos como intersecciones, travesías, túneles o puentes que estén incluidas en el ámbito del proyecto. En la carretera CV-941 existen 9 accesos entre el comienzo y el final del tramo de estudio. Además, existe una obra de paso tipo puente y una estructura que define la traza de un canal que pasa por encima de la traza.

Todas las intersecciones son de tipo “T” y algunas de ellas no están pavimentadas. Todos ellos están controlados mediante señales de Stop. El flujo de vehículos que utiliza estas estructuras es mínimo, por lo que no suponen un punto de peligro para la seguridad vial.

En el trazado en planta y alzado se han tenido en cuenta las intersecciones de acuerdo a los requisitos de visibilidad.

La sección transversal del puente es diferente a la del resto de la vía. En los metros anteriores, los arcones van disminuyendo el ancho progresivamente para alertar al usuario y permitir realizar la transición con seguridad.

2.3.DOTACIONES

2.3.1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

La señalización vertical existente y la de aquellas zonas que han sido proyectadas en el acondicionamiento se corresponden con lo estipulado en la normativa para carreteras convencionales. Además, están situadas correctamente, pueden ser vistas y leídas correctamente y los soportes están situados fuera de una zona despejada.

En las diferentes alternativas se ha intentado adecuar el diseño geométrico a las expectativas de los conductores de manera que puedan evitarse un exceso de restricciones.

2.3.2. MARCAS VIALES Y BALIZAMIENTO

Las marcas viales son coherentes según lo establecido en la norma 8.2-IC. La longitud de las líneas y la separación entre ellas se ha determinado según la velocidad máxima de los tramos. Además, la visibilidad se ha tenido en cuenta para determinar la distancia de principio y final de la línea continua.

En curvas se ha previsto la instalación de sucesivos paneles sencillos a lo largo del desarrollo de la alineación para avisar de la dirección o la velocidad. Además, todas las marcas viales serán visibles en situaciones como lluvia y de noche.

2.3.3. SISTEMAS DE CONTENCIÓN

La carretera CV-941 es una carretera convencional y en el tramo de estudio únicamente existe un puente y una sección en la que existe un canal a una cota superior. La sección del canal es la que más peligros potenciales presenta, ya que en caso de que se produzca un accidente con salida de vía, no existe ningún elemento de contención que minimice las posibles consecuencias.

Además, las barreras de seguridad existentes, así como las proyectadas, disponen de longitud suficiente antes y después del obstáculo que protegen. Los extremos de las mismas también están anclados y disponen de suficiente longitud para trabajar como una banda a tracción en caso de que superen el límite de deformación.

En todos los casos, las barreras de seguridad son seguras para todos los usuarios de la vía.

2.3.4. PUENTES, OBRAS DE DRENAJE Y CANALES

A lo largo del tramo objeto de este estudio existen dos estructuras que pueden suponer un problema de seguridad en lo relativo a la visibilidad, facilidad de reconocimiento y la posibilidad de causar heridas o daños en caso de accidente. Estos son la sección del canal en el P.K. 3+835.53 y la obra de paso puente en el P.K. 2+950.15.

En ambos casos, debido a criterios económicos, se aprovechará la estructura existente por lo que la sección transversal de esas zonas no contará con arcones. Además, en esas zonas el tráfico no rodado deberá compartir la vía con los turismos, motocicletas y camiones que circulen.

2.3.5. ILUMINACIÓN Y VEGETACIÓN

Debido a la IMD de la carretera no es necesario disponer de iluminación.

La vegetación no supone, en general, un problema de visibilidad para los conductores. En las zonas de curvas en las que ha sido necesario se ha especificado la distancia de despeje según lo establecido en la Norma 3.1-IC. En caso de que se produzca la regeneración natural o reforestación de la zona, y siempre que la vegetación merme las condiciones de seguridad de la vía, se tomarán las medidas oportunas para corregir este aspecto.

2.4.SEGURIDAD DE OTROS USUARIOS DE LA VÍA

2.4.1. TERRENOS ADYACENTES

Los accesos a las propiedades colindantes se realizan mediante caminos que están o no asfaltados e intersectan con la vía en forma de T. Estos están situados en la parte central de las rectas, de manera que se permite una buena visibilidad para el vehículo que accede a la vía y una adecuada perceptibilidad desde la carretera principal. No existe el riesgo de que un vehículo quede estacionado en la vía esperando la apertura o el cierre de una puerta en una parcela colindante.

2.4.2. PEATONES

En general, no es frecuente la utilización de la vía por peatones. La carretera se encuentra en una zona de relieve, con un arcén actual prácticamente inexistente por lo que el riesgo de accidente es elevado.

No existen ni se han propuesto itinerarios peatonales, por estar el tramo de carretera situado alejado de zona urbana, no existirá interferencia entre peatones y tráfico rodado.

2.4.3. CICLISTAS

Se ha observado la presencia ocasional de ciclistas en el tramo objeto del proyecto. En este no existen rutas ciclistas ni tráfico cicloturista, por lo que actualmente estos usuarios comparten la calzada con el tráfico rodado.

En el acondicionamiento se ha previsto la ejecución de arcenes con amplitud suficiente para albergar el tráfico ciclista, aumentando así la seguridad de los mismos.

2.4.4. MOTOCICLISTAS

No existen dispositivos ni objetos que puedan desestabilizar a las motocicletas que circulan por la superficie de la carretera. Además, las barreras se han dispuesto según las órdenes circulares sobre el empleo de sistemas para la protección de motocicletas de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y del Área de Carreteras de la Diputación Provincial de Valencia.

2.4.5. TRÁFICO ECUESTRE Y GANADO

Las obras relativas al presente estudio no afectan a ninguna vía pecuaria.

2.4.6. TRANSPORTE DE MERCANCÍAS

En los estudios del firme, trazado y en lo relativo a la seguridad, se ha tenido en cuenta el volumen de tráfico pesado que usa la vía. Por lo tanto, los elementos previstos en el presente estudio son adecuados para el tráfico pesado.

2.4.7. TRANSPORTE PÚBLICO Y VEHÍCULOS DE EMERGENCIA Y MANTENIMIENTO

En la actualidad no existen líneas de transporte público que utilicen la vía objeto de este estudio. Además, debido al carácter interurbano y a la tipología de la infraestructura, no se contempla la necesidad de una estructura específica para el transporte público.

La anchura de bermas y arcenes que se proyecta en las obras de acondicionamiento permite la parada de vehículos de emergencia y mantenimiento sin necesidad de entorpecer la circulación del resto de usuarios. En este caso, no se ha contemplado la necesidad de una infraestructura específica para este tipo de vehículos.

3. ESTUDIO DE CONSISTENCIA

El objetivo de este punto es estimar el grado de adecuación del comportamiento de la vía a las expectativas de los conductores durante la conducción. Además, mediante un análisis de los elementos, se pretende conseguir homogeneidad en el trazado sin sufrir variaciones bruscas de la geometría que deriven en un aumento de la inseguridad de la vía.

Existen diversos criterios que permiten analizar la consistencia de una vía pero los más extendidos son aquellos que se basan en un análisis de la velocidad de operación. A pesar de que esta velocidad no se conoce a la hora de realizar el diseño, esta se ha estimado para lograr un trazado consistente.

3.1. MÉTODOS DE CONSISTENCIA

Para lograr una buena combinación y coexistencia entre las características geométricas, las operaciones a realizar y las expectativas del conductor en la carretera se analizará la consistencia atendiendo a métodos de evaluación local de elementos geométricos o los de evaluación a nivel global de todo el tramo de estudio.

3.1.1. CRITERIOS LOCALES

Los criterios locales de consistencia permiten evaluarla en un determinado elemento del trazado en planta examinando la variación de las velocidades de operación a lo largo de la carretera. Concretamente, se realizará el análisis de la consistencia atendiendo al criterio II de Lamm, el cual se basa en la limitación de las velocidades de operación entre dos elementos consecutivos.

Tabla 1: Clasificación de la consistencia según el criterio de Lamm II

Consistencia	Relación de velocidades	Actuaciones
Buena	$V_{85i+1} - V_{85} \leq 10 \text{ Km/h}$	No procede
Aceptable	$10 \text{ Km/h} < V_{85i+1} - V_{85} \leq 20 \text{ Km/h}$	Rediseño o señalización
Mala	$V_{85i+1} - V_{85} > 20 \text{ Km/h}$	Rediseño

Fuente: Criterio de Lamm II

3.1.2. CRITERIOS GLOBALES

Mediante los métodos de consistencia globales es posible analizar en conjunto la totalidad de cada uno de los tramos en los que se ha dividido la traza de la carretera, atendiendo al criterio del CCR. En estos criterios se contempla la dispersión del perfil de velocidad de operación del tramo a estudiar, lo cual está asociado a una mayor siniestralidad, pues se les exige a los conductores mayor concentración para poder adaptarse a las distintas velocidades del tramo.

El método desarrollado por Camacho et al. (2.012) será el utilizado para el análisis de la consistencia de las diferentes alternativas, el cual se basa en la siguiente ecuación:

$$C = \sqrt[3]{\frac{\bar{v}_{85}}{\bar{d}_{85}}} \rightarrow \bar{v}_{85} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{85}}{L_{tramo_i}} \text{ y } \bar{d}_{85} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{85}}{L_{tramo_i}}$$

Para conocer el valor de C y así poder evaluar la consistencia según este criterio es necesario, al igual que el criterio 2 de Lamm, desarrollar el perfil de velocidades de operación que se ha explicado anteriormente.

Tabla 2: Clasificación de la consistencia según el criterio de Camacho et al.

Consistencia	Valor del parámetro
Buena	$C > 3.25$
Aceptable	$2.55 < C \leq 3.25$
Mala	$C \leq 2.55$

Fuente: Método de Camacho et al.

3.2. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LA CARRETERA EXISTENTE

Por otro lado, criterio de Lamm II establece la consistencia e idoneidad del elemento de la vía en función de la diferencia entre la velocidad de operación de dos elementos consecutivos entre sí. Este método tiene en cuenta la visibilidad, la señalización o los peraltes, puesto que evalúa la consistencia en relación con la velocidad de operación, la cual se establece en función de todos los parámetros anteriores. Este método resulta más exacto, puesto que se tienen en cuenta muchas más variables que en el caso del criterio de Lamm I.

Se ha de tener en cuenta que no se conoce la velocidad de operación de la primera recta en el sentido creciente de PK's, puesto que no es posible obtenerla mediante la aplicación directa de una fórmula ya que no se conocen datos suficientes del tramo anterior. Sin embargo, puesto que el intervalo desde el que se inicia el estudio de la consistencia parte de zona urbana, se considerará que la velocidad de operación de la recta inicial es de 50 Km/h.

Para el caso de la carretera existente, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio II de Lamm

	Nº Elem. Consistencia Buena	Nº Elem. Consistencia Aceptable	Nº Elem. Consistencia Mala
Sentido Creciente	5	5	6
Sentido Decreciente	3	2	5

Fuente: Elaboración propia

Tras la evaluación de la consistencia local de cada uno de los elementos será necesario evaluar la consistencia global de los dos tramos en los que se ha decidido dividir el intervalo de carretera estudiado. El método global evalúa la consistencia de tramos completos, cuyas características son homogéneas. Para ello será de utilidad el método desarrollado por Camacho et al (2.012). Con él, se calculará un parámetros C, mediante el cual es posible determinar el tipo de consistencia del tramo global.

Una vez determinado el valor de la velocidad de operación promedio, así como el promedio de las deceleraciones a lo largo de cada uno de los tramos, es posible calcular el parámetro C y evaluar la consistencia del intervalo.

Tabla 4: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio Camacho et al.

SENTIDO CRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_8$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	57,86	2,07	3,07
Tramo 2	74,36	1,35	3,80
SENTIDO DECRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	68,83	2,25	3,13
Tramo 2	93,34	1,37	4,09

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que tanto en sentido creciente de PK's como en sentido decreciente de PK's el primero de los tramos tiene una consistencia global que se considera aceptable. Esto resulta lógico, puesto que es en este tramo en el que se concentran todas las curvas de menor radio en conjunto con rectas largas en las que la velocidad es mayor que en las curvas.

3.3. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

En este punto se estudiarán y definirán la consistencia local y la consistencia global para cada una de las alternativas que se han desarrollado en el Anejo 6: Estudio de alternativas. Además, se analizan los perfiles de velocidad de operación de cada una de ellas.

Finalmente se muestran en este punto los gráficos correspondientes a la velocidad de operación y al análisis según Lamm II para cada uno de los casos analizados.

3.3.1. ALTERNATIVA 1

A partir del desarrollo del perfil de velocidad de operación del trazado de esta alternativa y analizando cada uno de los elementos mediante el criterio II de Lamm, se ha caracterizado este trazado. Cabe destacar que, como en todas las alternativas, la evaluación se ha realizado en ambos sentidos de circulación.

Los resultados obtenidos pueden resumirse en la siguiente tabla:

Tabla 5: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio II de Lamm

	Nº Elem. Consistencia Buena	Nº Elem. Consistencia Aceptable	Nº Elem. Consistencia Mala
Sentido Creciente	3	3	0
Sentido Decreciente	13	3	0

Fuente: Elaboración propia

Si se analiza la consistencia a partir del método desarrollado por Camacho et al. (2.012) también en ambos sentidos de circulación se obtiene un valor del parámetro C superior a 3,25, por lo que la consistencia puede clasificarse como buena.

Tabla 6: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio Camacho et al.

SENTIDO CRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	74.673	0.090	9.41
SENTIDO DECRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	74.236	0.075	9.94

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. ALTERNATIVA 2

Analizando los perfiles correspondientes a la solución propuesta según el Criterio II de Lamm, se percibe la disminución de los elementos que presentan fallos de consistencia. Siguen existiendo tramos en los que la consistencia es aceptable, aunque en todos los casos se ha reducido la diferencia de velocidades entre elementos consecutivos.

Tabla 7: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio II de Lamm

	Nº Elem. Consistencia Buena	Nº Elem. Consistencia Aceptable	Nº Elem. Consistencia Mala
Sentido Creciente	4	6	0
Sentido Decreciente	5	5	0

Fuente: Elaboración propia

Además, analizando la consistencia a partir de métodos globales, el resultado también es positivo, es decir, el trazado planteado es consistente.

Tabla 8: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio de Camacho et al.

SENTIDO CRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	74,19	0,21	7,07
Tramo 2	87,12	0,14	8,48
SENTIDO DECRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	85,46	0,15	8,37
Tramo 2	80,41	0,12	8,81

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. ALTERNATIVA 3

Del mismo modo que se ha procedido en los casos anteriores, se ha estimado para esta alternativa el perfil de velocidades de operación y, a partir de este, aplicando el criterio de Lamm II se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 9: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio II de Lamm

	Nº Elem. Consistencia Buena	Nº Elem. Consistencia Aceptable	Nº Elem. Consistencia Mala
Sentido Creciente	9	3	0
Sentido Decreciente	3	5	0

Fuente: Elaboración propia

Y, utilizando el criterio de Camacho et al. para analizar la consistencia global se obtienen valores del parámetro C superiores a 8, por lo que puede clasificarse el tramo de carretera como consistente en ambos sentidos de circulación.

Tabla 10: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio Camacho et al.

SENTIDO CRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	73.72	0,17	7.49
Tramo 2	87.12	0,14	8.48
SENTIDO DECRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	85,43	0,14	8,37
Tramo 2	80,41	0,12	8,81

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. ALTERNATIVA 4

Para este trazado descrito y analizado detalladamente en el Anejo 6: Estudio de alternativas, se ha analizado también la consistencia tanto elemento a elemento como del conjunto del tramo.

Al igual que en las alternativas anteriores, se ha utilizado el criterio II de Lamm para evaluar la consistencia local, y el desarrollado por Camacho et al. para comprobar que la consistencia del tramo en su conjunto es buena.

Tras realizar el análisis según Lamm se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 11: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio II de Lamm

	Nº Elem. Consistencia Buena	Nº Elem. Consistencia Aceptable	Nº Elem. Consistencia Mala
Sentido Creciente	9	3	0
Sentido Decreciente	12	2	0

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que las obras que se plantean se corresponden con un acondicionamiento, es normal la existencia de tramos de consistencia aceptable. En estos tramos el porcentaje de violación de las expectativas del conductor aún sigue siendo un poco alto, sin embargo, el trazado se adapta en medida de lo posible a la situación actual. Así consigue minimizarse el movimiento de tierras y se aprovecha al máximo la infraestructura existente.

Y la de la evaluación de la consistencia global se desprende que esta se puede clasificar como buena, tal como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 12: Resultados tras el análisis de la consistencia mediante el criterio Camacho et al.

SENTIDO CRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	71,280	0,078	9.69
Tramo 2	83,198	0,078	10,21
SENTIDO DECRECIENTE DE P.K.			
Tramo	$\bar{v}_{85}$ (km/h)	$\bar{d}_{85}$ (km/h)	Parámetro C
Tramo 1	82,765	0,064	10,91
Tramo 2	67,626	0,074	9,70

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. PERFILES DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS SEGÚN CRITERIOS LOCALES

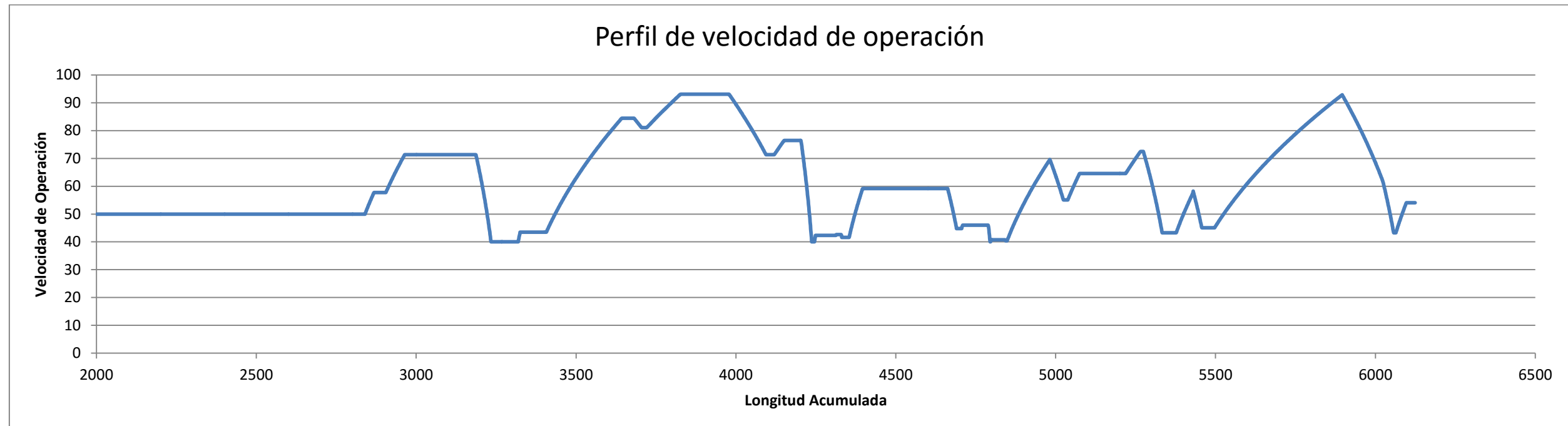
Con el objetivo de poder analizar mejor las diferentes alternativas, se han realizado los esquemas que definen tanto el perfil de velocidades de operación como el análisis que a partir de este se obtiene aplicando el criterio II de Lamm para analizar la consistencia local.

Para facilitar la comprensión del criterio II de Lamm se han representado flechas de color amarillo en aquellos tramos en los que la consistencia es aceptable, mientras que las flechas rojas señalan tramos donde la consistencia es mala.

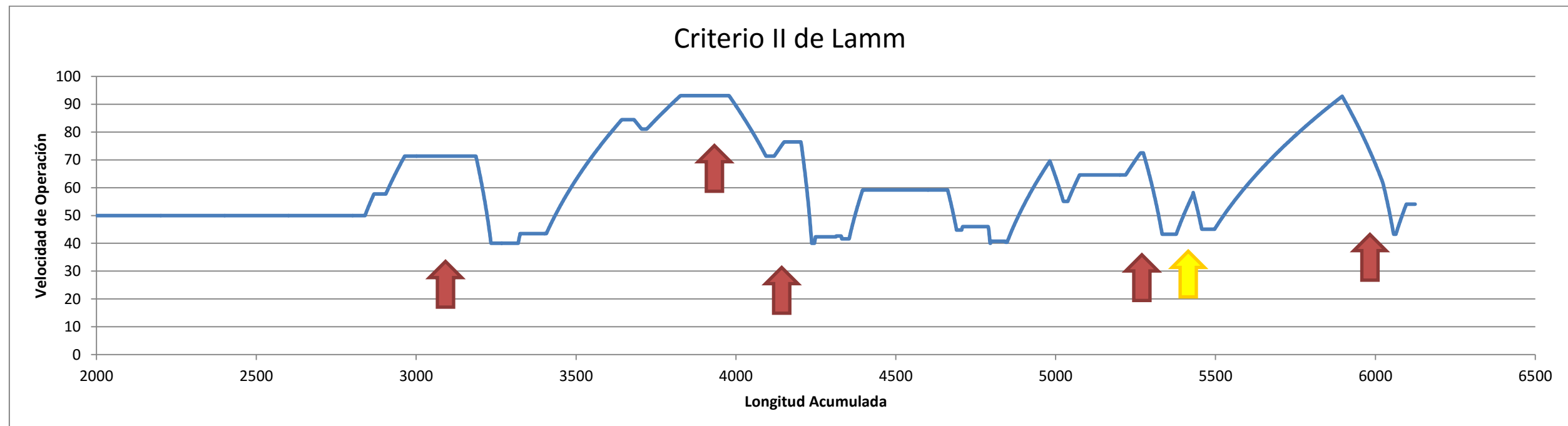
CARRETERA EXISTENTE

SENTIDO CRECIENTE DE PK

Perfil de velocidad de operación

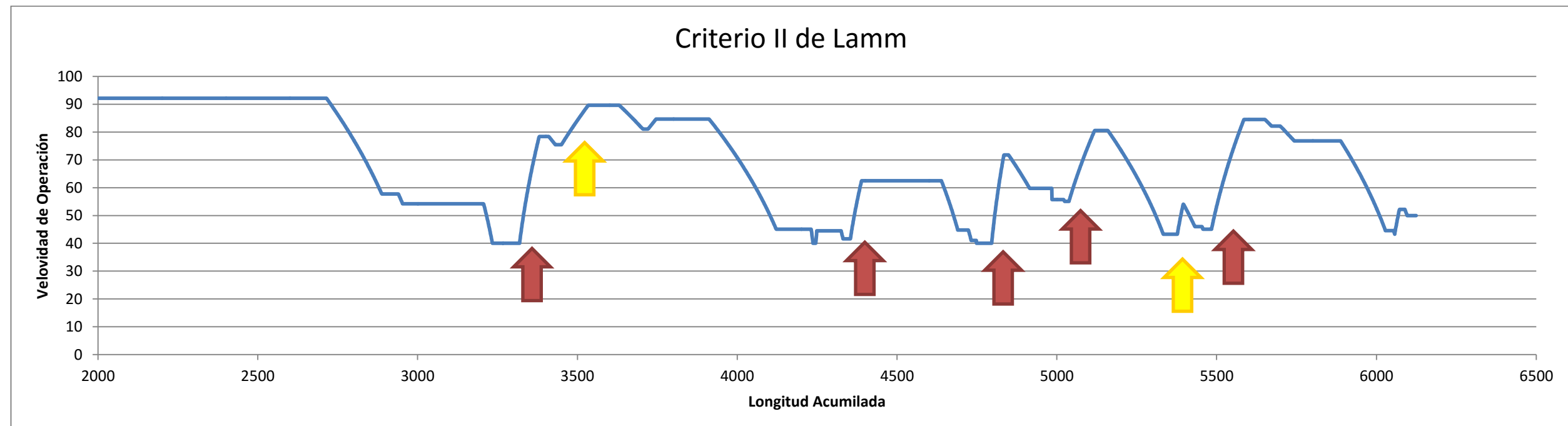
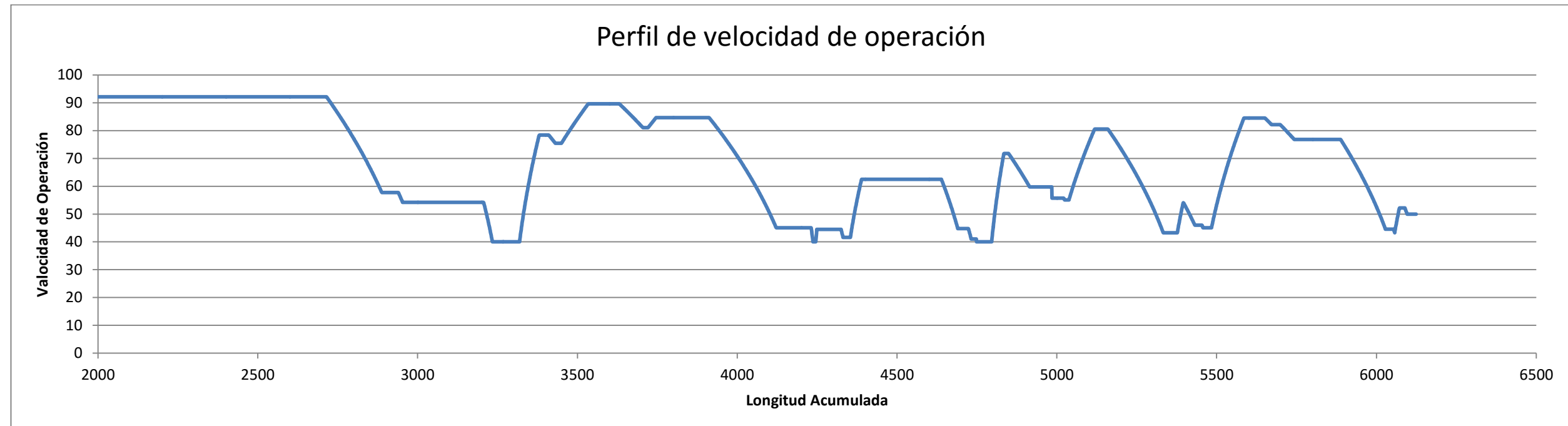


Criterio II de Lamm



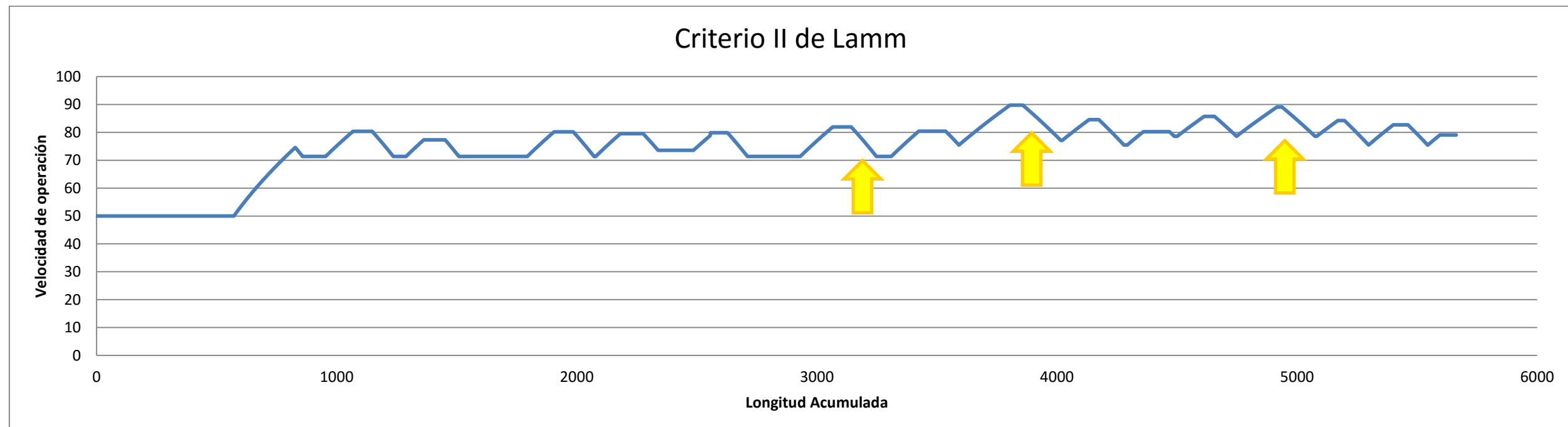
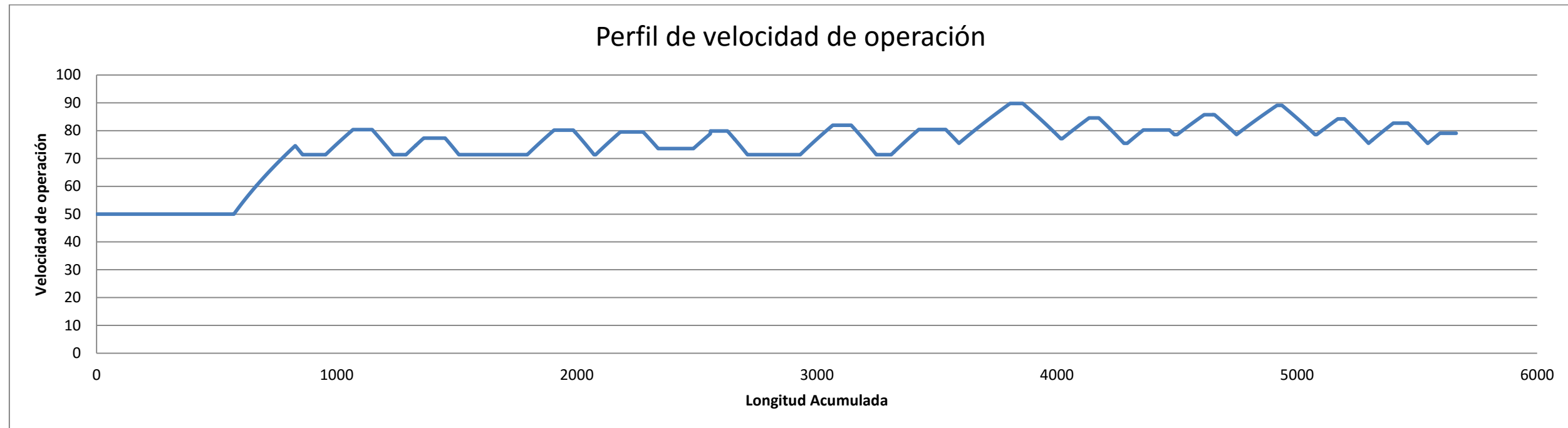
CARRETERA EXISTENTE

SENTIDO DECRECIENTE DE PK



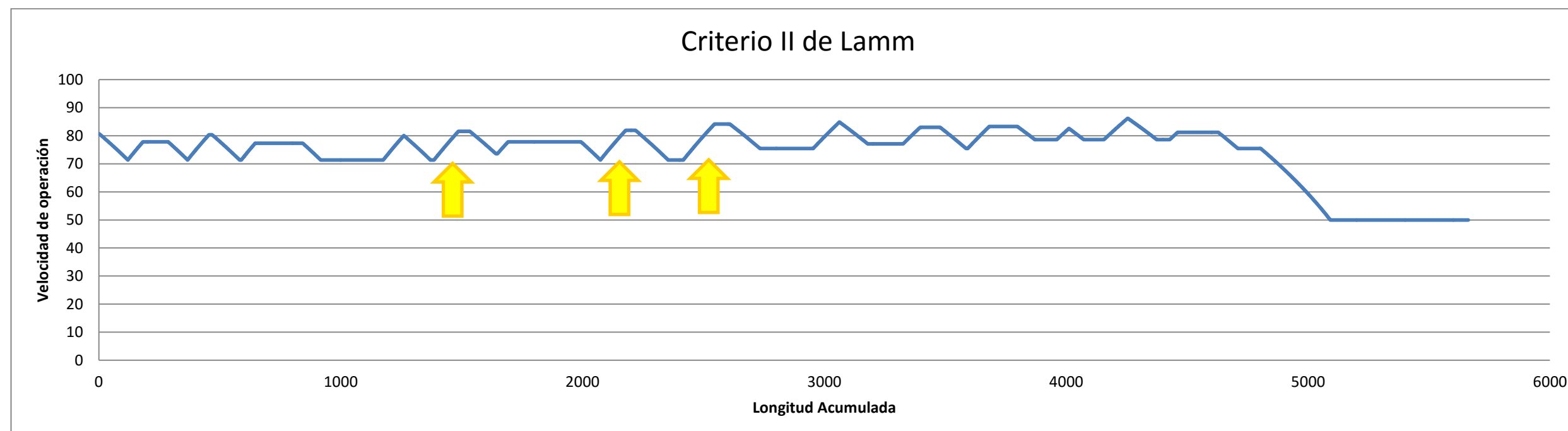
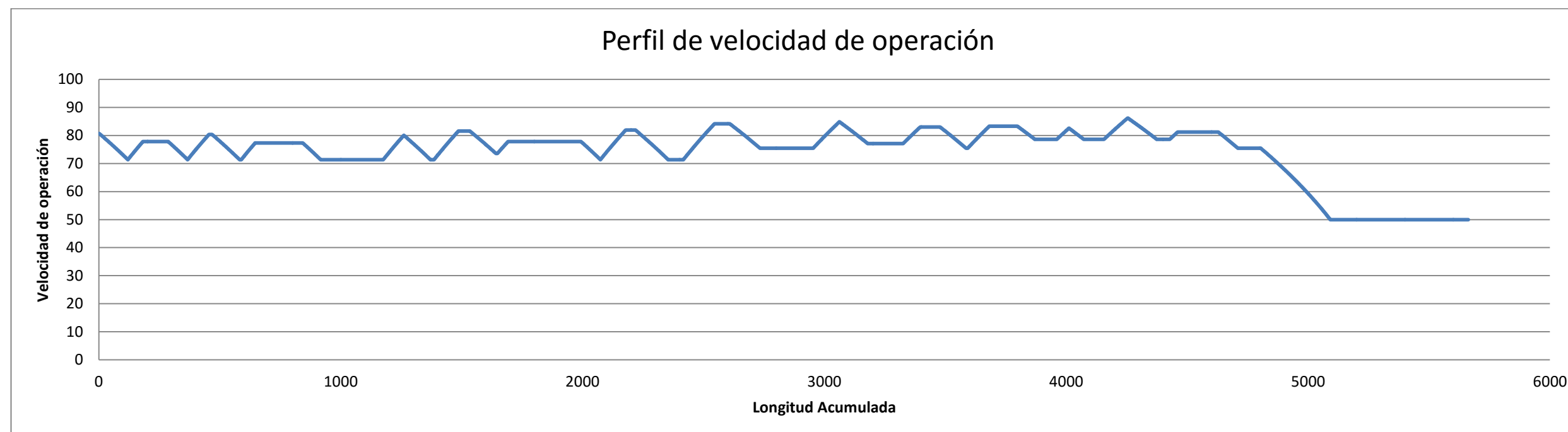
ALTERNATIVA 1

SENTIDO CRECIENTE DE PK



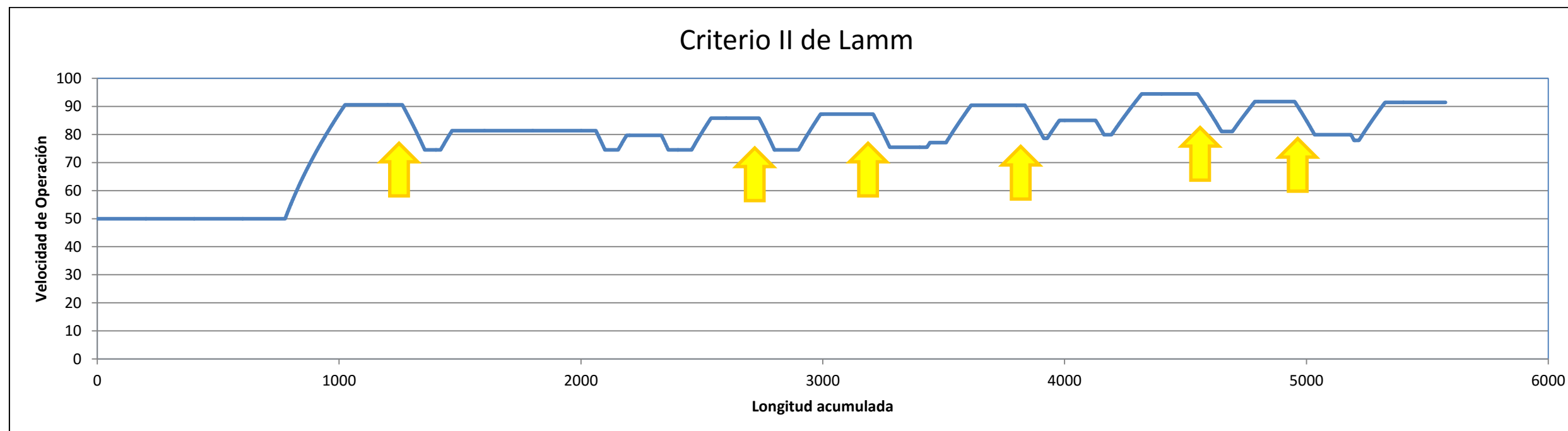
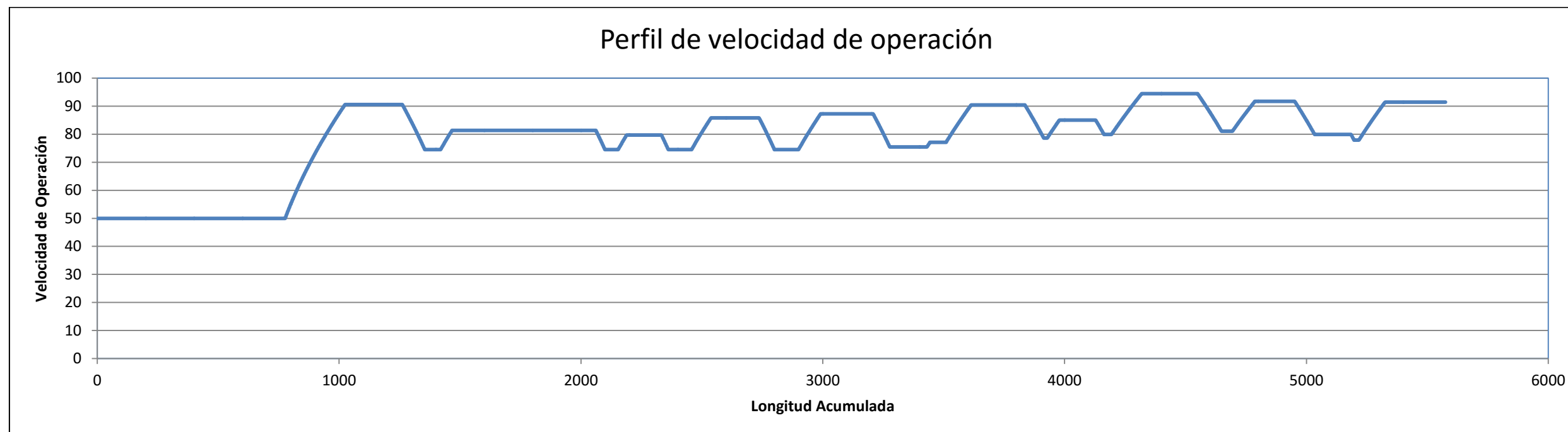
ALTERNATIVA 1

SENTIDO DECRECIENTE DE PK



ALTERNATIVA 2

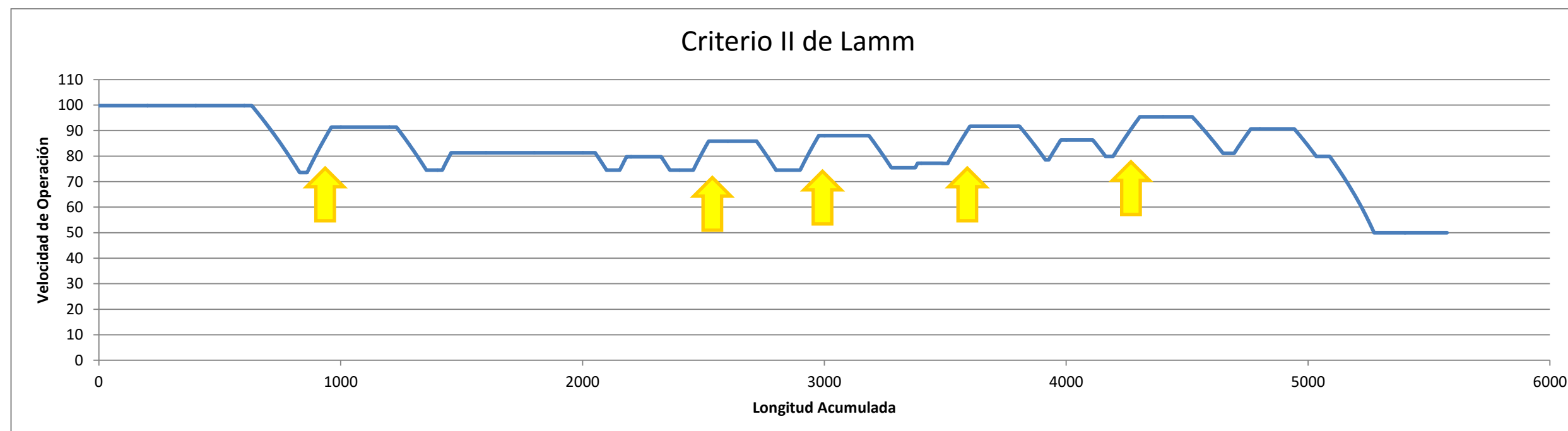
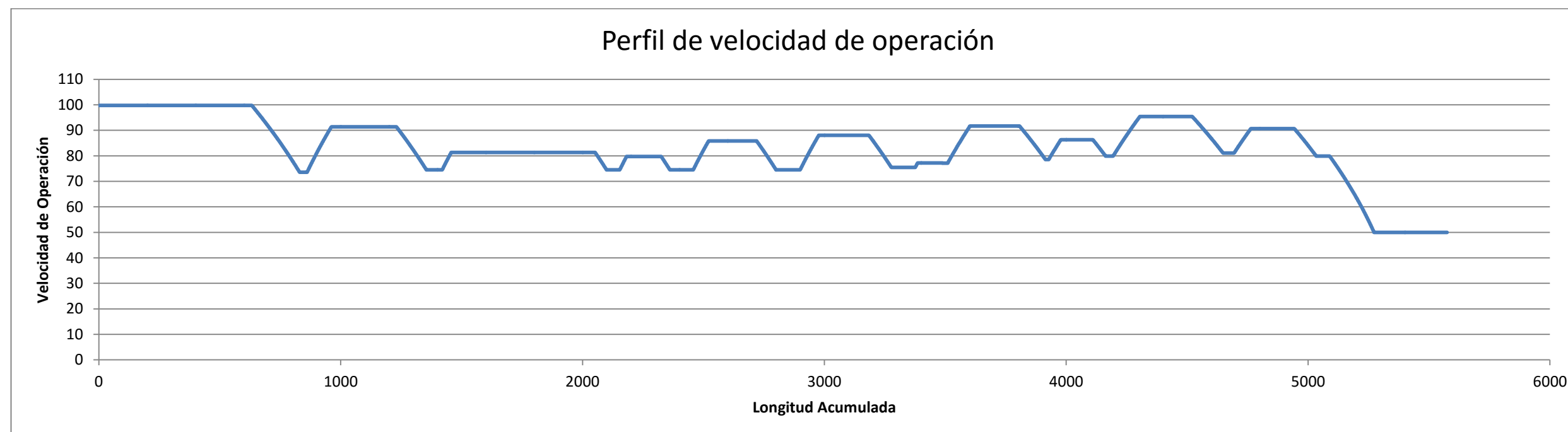
SENTIDO CRECIENTE DE PK





ALTERNATIVA 2

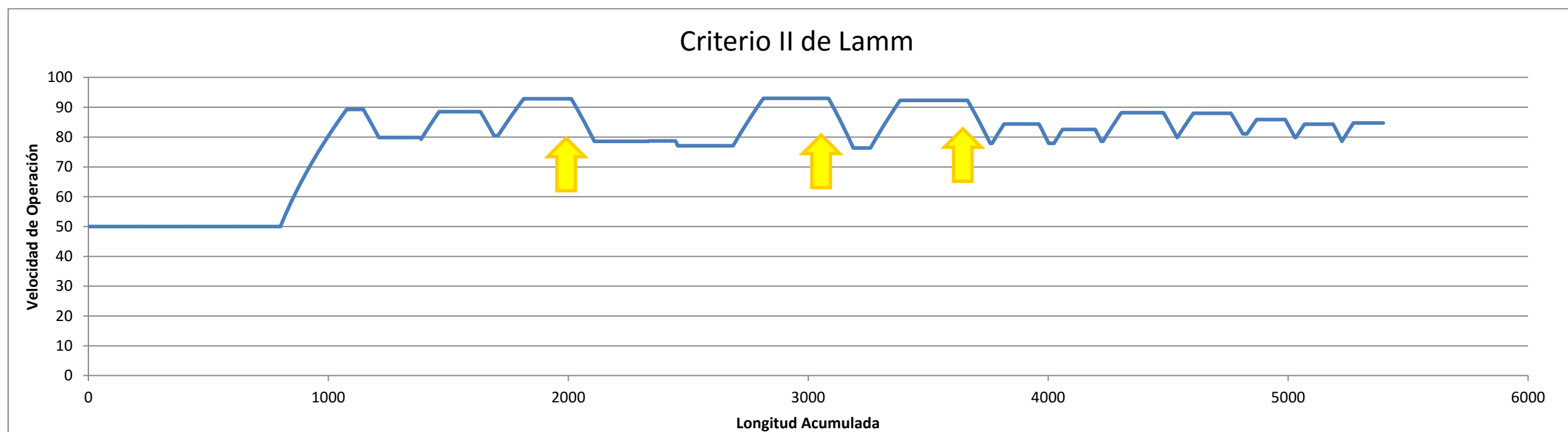
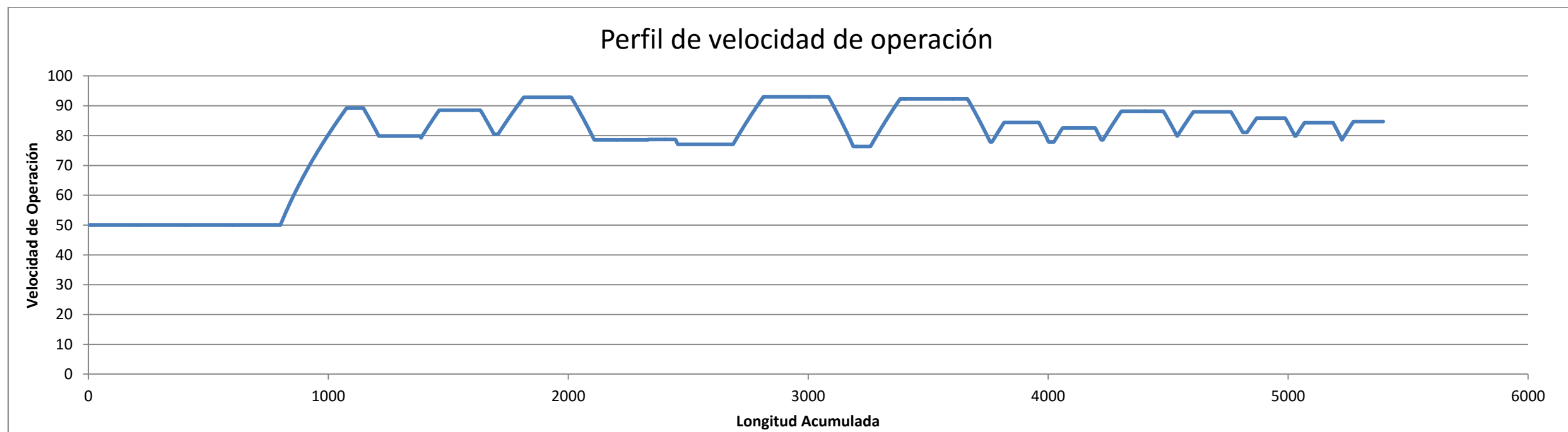
SENTIDO DECRECIENTE DE PK





ALTERNATIVA 3

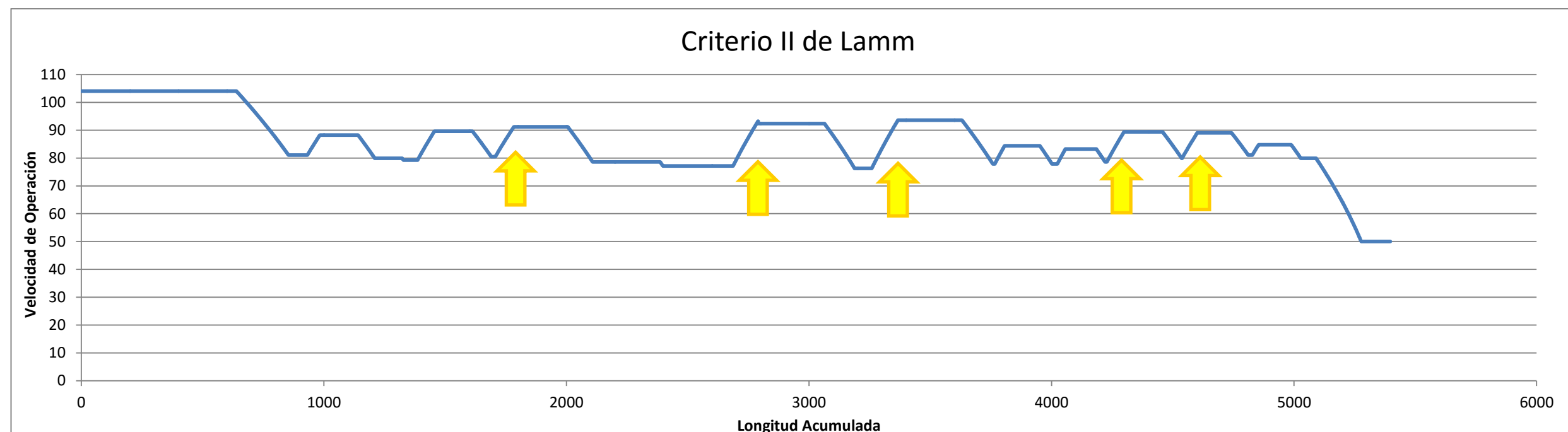
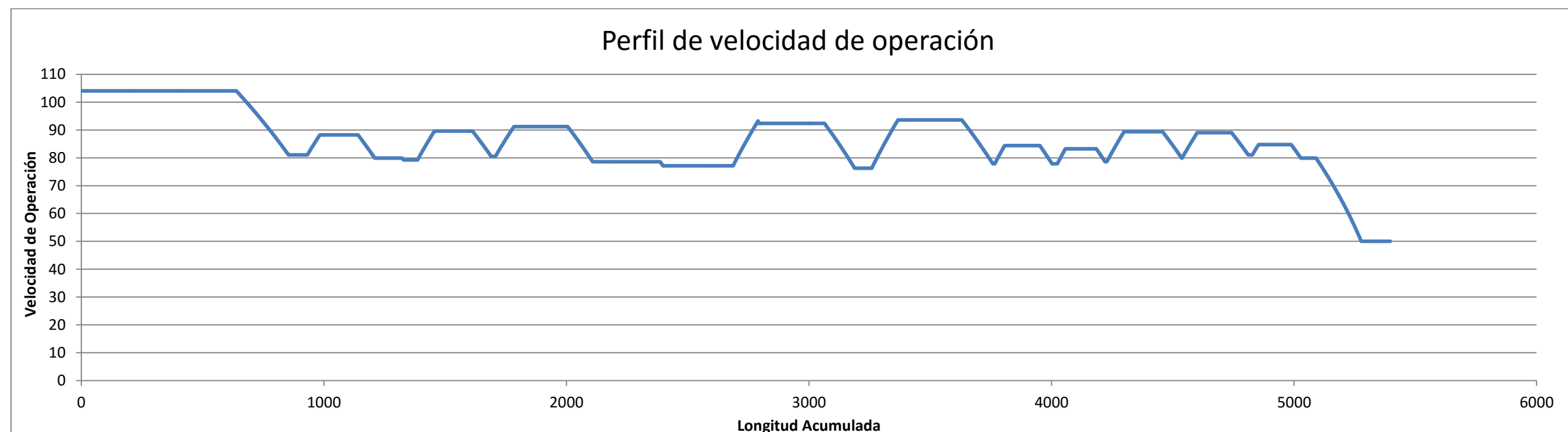
SENTIDO CRECIENTE DE PK





ALTERNATIVA 3

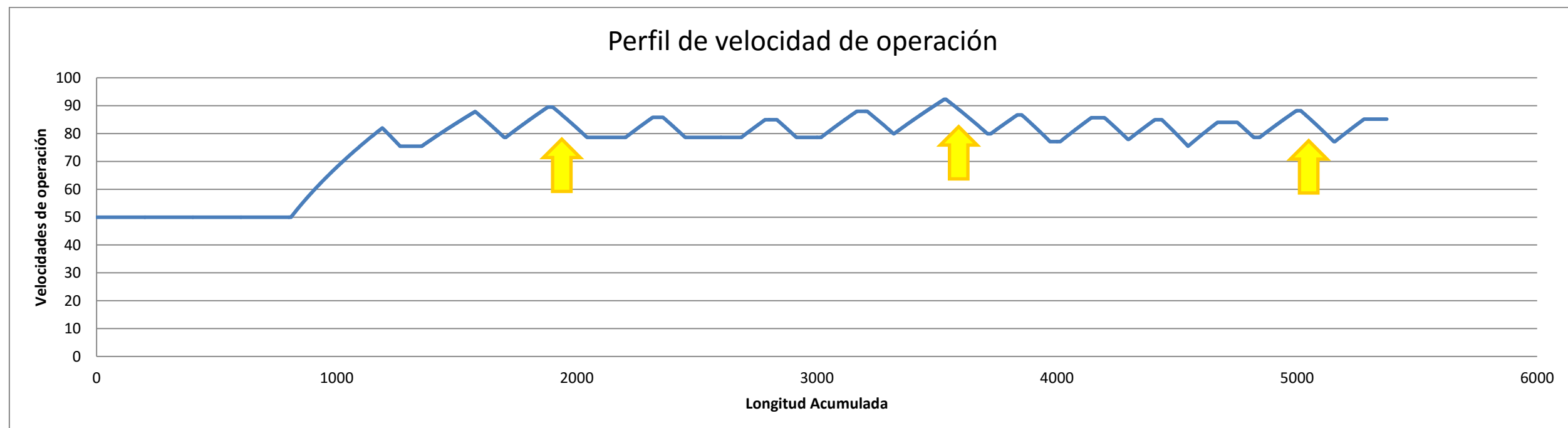
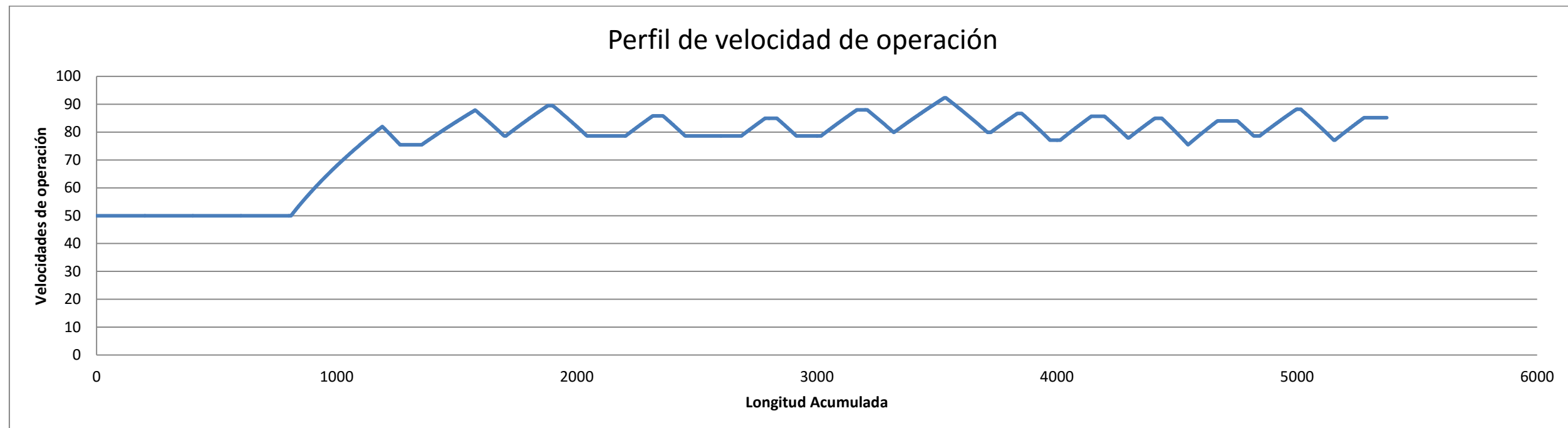
SENTIDO DECRECIENTE DE PK





ALTERNATIVA 4

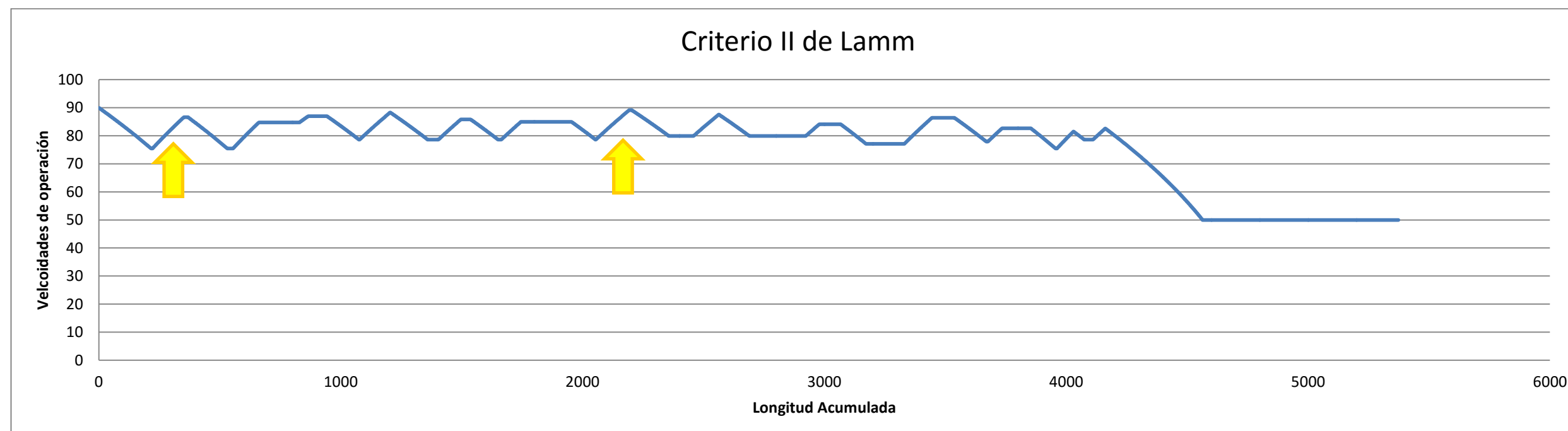
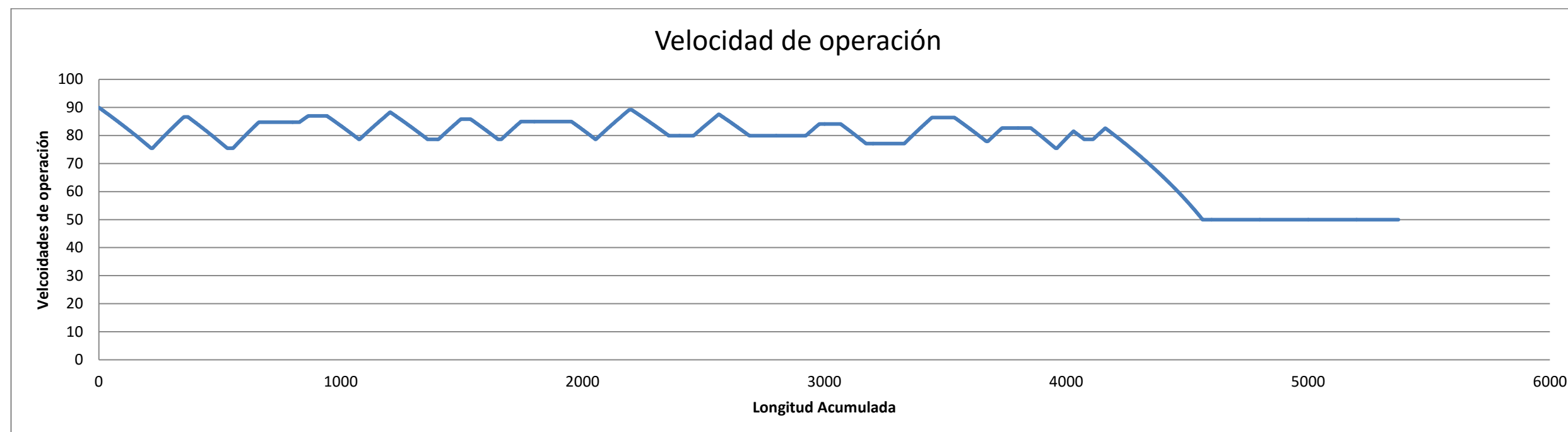
SENTIDO CRECIENTE DE PK





ALTERNATIVA 4

SENTIDO DECRECIENTE DE PK



4. ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD

Para completar con el análisis de las alternativas creadas será necesario determinar el número de accidentes que es posible que sucedan en los próximos diez años de puesta en servicio de la carretera. Para ello, será de aplicación la SPF de Camacho, la cual permite conocer el número de accidentes que son susceptibles de ocurrir en diez años en función de la IMD existente en la carretera, de la longitud de la misma y el parámetro C determinado en la evaluación de la consistencia global de cada una de las alternativas.

La expresión de la fórmula de aplicación es la siguiente:

$$Y_{10} = e^{-3.91602} \cdot L^{1.16103} \cdot IMD^{0.80150} \cdot e^{-0.6429949 \cdot C}$$

Donde el parámetro L es la longitud del tramo de carretera evaluado, mientras que el coeficiente C se corresponde con el valor del parámetro determinado con anterioridad en la evaluación de la consistencia global mediante el método desarrollado por Camacho et al. La IMD de aplicación en esta fórmula es el promedio de las intensidades medias diarias esperadas en diez años.

De la alternativa 1 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 9: Estimación de accidentes alternativa 1

SENTIDO CRECIENTE DE PK			
LONGITUD (Km)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
5664.65	3625	9.23	0.282
SENTIDO DECRECIENTE DE PK			
LONGITUD (Km)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
5664.65	3625	9.99	0.167

Fuente: Elaboración propia

Analizando la alternativa 2, se obtienen los siguientes valores

Tabla 10: Estimación de accidentes alternativa 1

SENTIDO CRECIENTE DE PK			
LONGITUD (Km)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3433	3625	7.50	0.241
2140	3625	8.48	0.147
SENTIDO DECRECIENTE DE PK			
LONGITUD (Km)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3433	3625	8.57	0.241
2140	3625	8.81	0.119

Fuente: Elaboración propia

El número de accidentes que se estima para la alternativa 3 se detalla en la siguiente tabla

Tabla 11: Estimación de accidentes alternativa 3

SENTIDO CRECIENTE DE PK			
LONGITUD (m)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3117	3625	8.00	0.301
2208	3625	8.22	0.176
SENTIDO DECRECIENTE DE PK			
LONGITUD (m)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3433	3625	9,15	0.143
2208	3625	8.76	0.124

Fuente: Elaboración propia

Y, del mismo modo que se han analizado las alternativas anteriores, se han realizado las estimaciones de la alternativa 4, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12: Estimación de accidentes alternativa 4

SENTIDO CRECIENTE DE PK			
LONGITUD (m)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3070	3625	8.80	0.178
2303	3625	10.23	0.050
SENTIDO DECRECIENTE DE PK			
LONGITUD (m)	IMD (veh/día)	PARÁMETRO C	Nº ACCIDENTES
3070	3625	10.908	0.046
2303	3625	9.705	0.071

Fuente: Elaboración propia

5. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

Uno de los principales aspectos relacionados con la seguridad en las carreteras es la visibilidad. Por este motivo, en este punto se detallan los principales aspectos relativos a las distancias de visibilidad. Cabe destacar que para poder llevar a cabo una conducción cómoda y segura, los usuarios deberán contar con una adecuada distancia de visibilidad en cada momento que permita ejecutar las diferentes maniobras.

Para llevar a cabo los estudios de distancia de visibilidad de la carretera existente y de las diferentes alternativas propuestas será necesario medir sobre la trayectoria teórica que un vehículo recorre. Además, es necesario definir la altura del observador, fijada en 1,10m, y el hipotético obstáculo a visualizar.

Para representar la superficie de la carretera y el entorno se ha empleado el modelo digita del terreno, tal como se especifica en el Anejo 1: Cartografía.

Por otra parte, la normativa de trazado, Norma 3.1-IC, propone una metodología que permite calcular la distancia de parada y la visibilidad de parada disponible. Este procedimiento no tiene en cuenta la interacción existente entre la planta y el alzado y, además, la norma propone el uso de la velocidad de



proyecto, siendo más adecuada la velocidad de operación, pues se adapta mejor al comportamiento teórico de los conductores.

Con el objetivo de comparar los valores obtenidos mediante la herramienta AutoCad tras analizar los modelos digitales del terreno, se ha obtenido la distancia de para mínima conforme a lo establecido en la Norma 3.1-IC. Esta distancia se define como la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento en que se percibe el objeto.

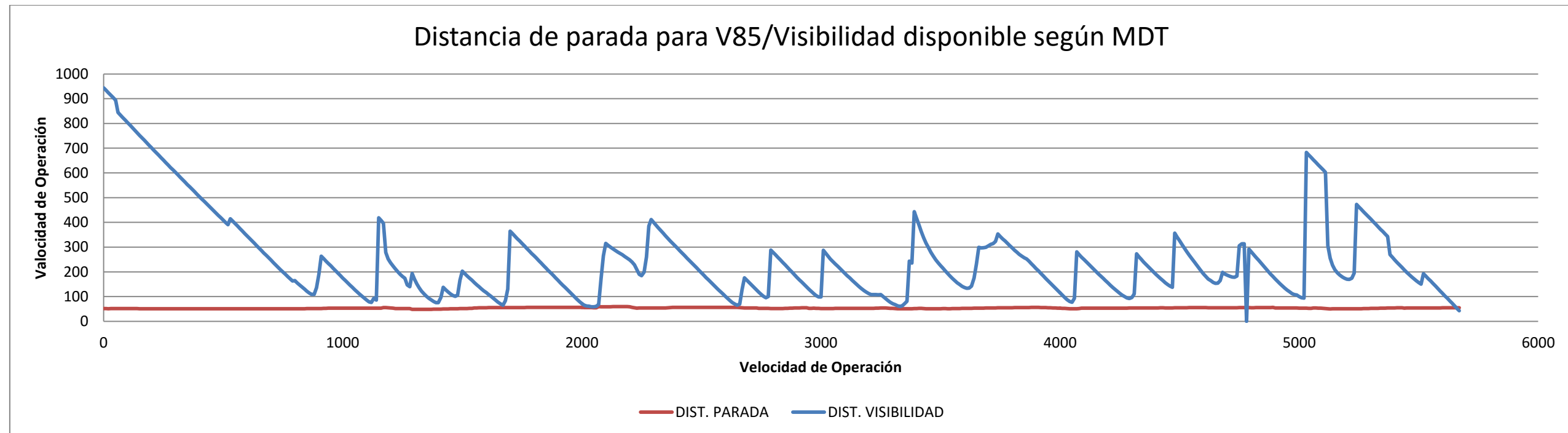
$$Dp = \frac{V \cdot tp}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (fi + i)}$$

Donde Dp es la distancia de parada medida en metros, V se determinará como la velocidad de operación de cada elemento, fi es el coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento obtenido mediante el método descrito por la propia Norma 3.1-IC, i es la inclinación de la rasante y tp es el tiempo de percepción y reacción, el cual se ha fijado en 2 segundos.

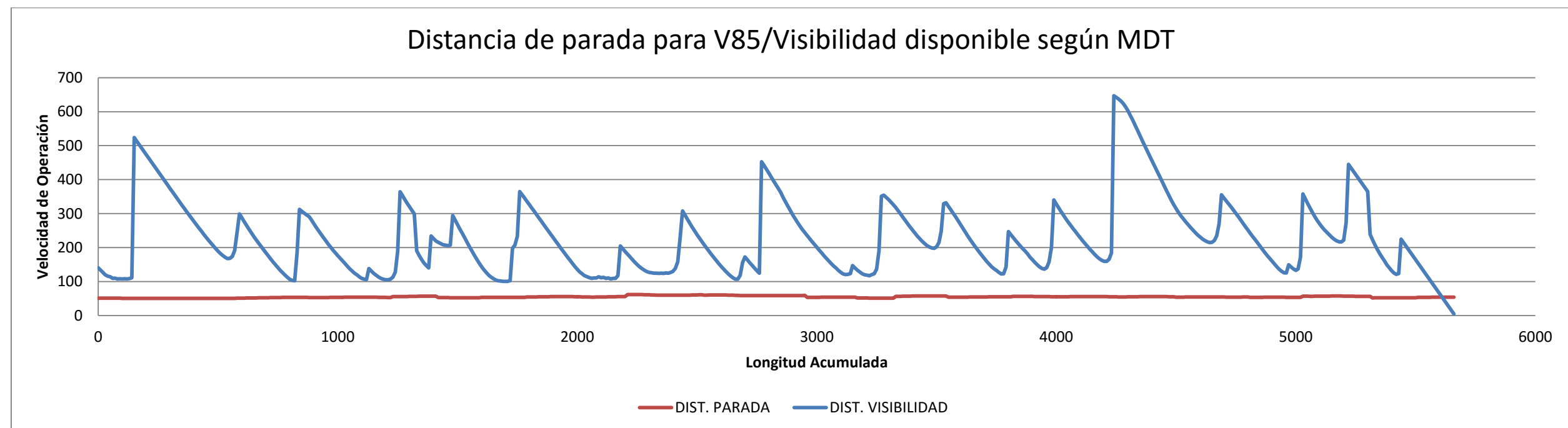
Tanto en el caso de la carretera existente como para cada una de las alternativas se han comparado mediante esquemas la distancia de visibilidad y visibilidad de parada a lo largo de toda la vía. En aquellos casos en los que la distancia de parada sea superior a la visibilidad disponible, el tramo presentará un problema de seguridad y los conductores no podrán detenerse en condiciones óptimas de seguridad y confort.



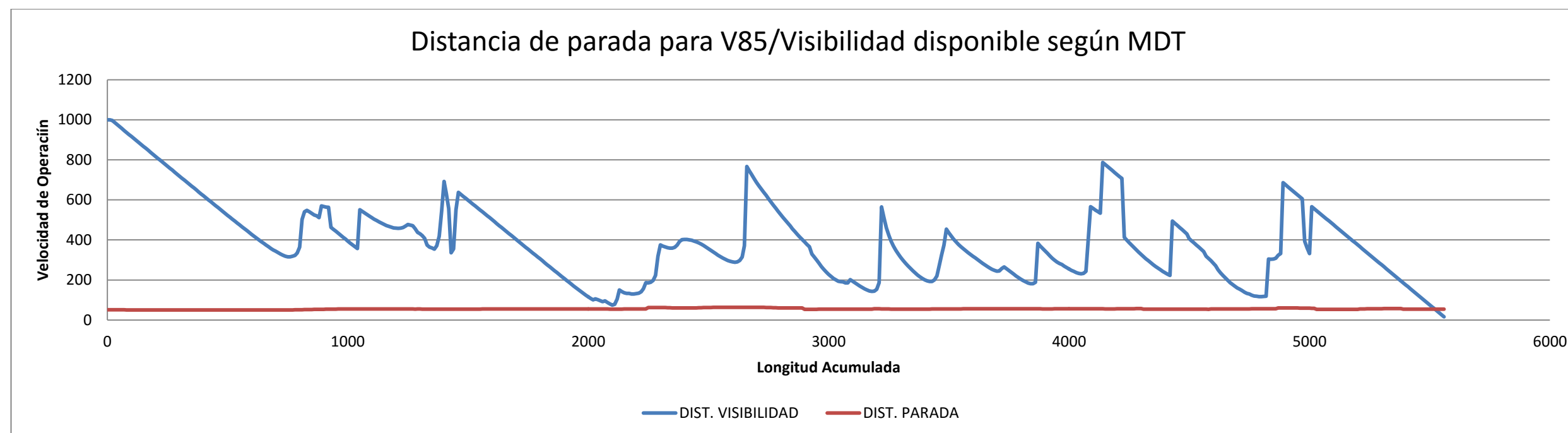
CARRETERA EXISTENTE



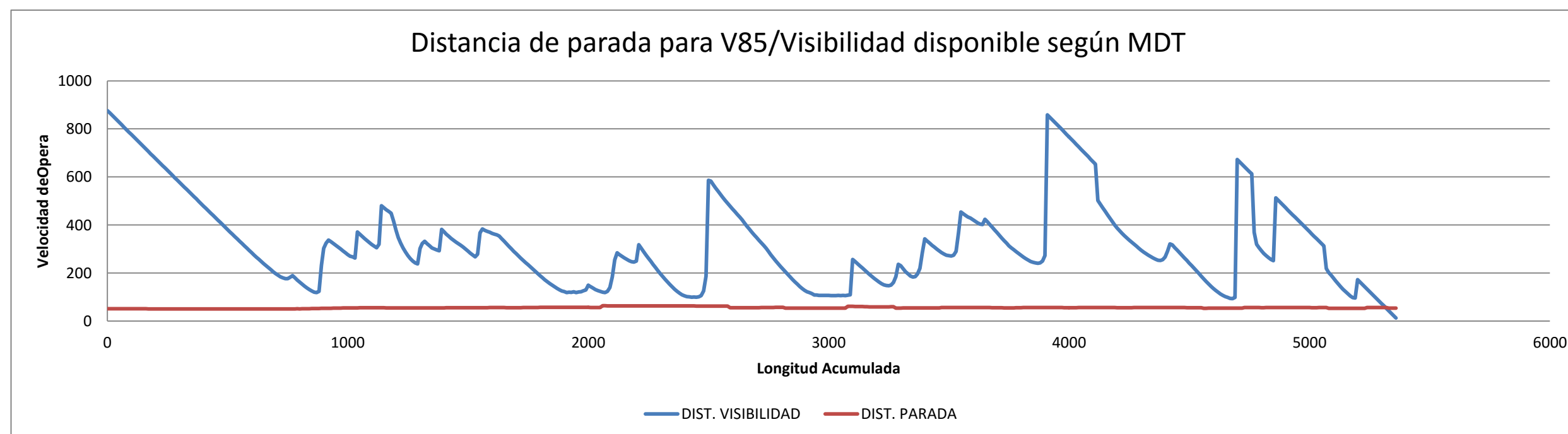
ALTERNATIVA 1



ALTERNATIVA 2



ALTERNATIVA 3





ALTERNATIVA 4

