

Herramienta y metodología para facilitar la ayuda en la toma de decisiones en la gestión de firmes en la Red Foral de Carreteras de Bizkaia: Rozamiento demandado contra rozamiento ofertado.



Tool to facilitate decision-making in pavement management in the Bizkaia road Network: Skid resistance needed against skid resistance available.

Carlos Estefanía Angulo

Subdirector General de la Red Viaria.
Diputación Foral de Bizkaia

Felipe Cobo Sánchez

Jefe de Servicio de Conservación.
Diputación Foral de Bizkaia

David Llorente Muñoz

Jefe COEX de la Red de Alta Capacidad de Bizkaia.
UTE AUBIDE

Stephen Woods Lamata

Asset Management Director
Dair Ingenieros

La Diputación Foral de Bizkaia se ha embarcado, como responsable último de la calidad de servicio en la Red de Alta Capacidad del Área Metropolitana, en un sistema proactivo de análisis y evaluación las condiciones de servicio de las carreteras para mejorar la gestión preventiva de sus activos y especialmente de los firmes.

En las zonas de velocidad altas se ha constatado que no existe correlación exclusiva entre valores de CRT y salidas de calzada. Es por ello que la Diputación Foral de Bizkaia ha intentado explicar dicho tipo de siniestralidad mediante la concurrencia de los valores de macrotextura y microtextura (CRT).

The Biscay Regional Council has embarked, as the ultimate responsible for the service quality for the Metropolitan Area High Capacity Network, in a proactive system for analysis and evaluation of the service conditions of the roads to improve the preventive management of its assets, specially the pavements.

In the high speed stretches it has been noted that there is no exclusive correlation between skid resistance values and the slip accidents. For this reason, the Biscay Regional Council has tried to explain this type of accident by combining together the microtexture and macrotexture values.

1. Red Foral de Carreteras en Bizkaia

La Red de Alta Capacidad, del Área Metropolitana de Bilbao, ya iniciada en la Transición Democrática, se conforma como una red mallada muy próxima al desarrollo urbano, con numerosas entradas y salidas, y caracterizada por un trazado complejo: radios pequeños, fuertes cambios de pendientes, bifurcaciones/convergencias y muy solicitada, con altas cargas de tráfico en cuanto a su intensidad, y mezcla de tráficos de largo recorrido con los metropolitanos, por otra parte el confinamiento urbanístico y orográfico no permite grandes posibilidades de actuaciones para su mejora.

Se puede decir que nos encontramos frente a una red madura y consolidada, donde el más mínimo incidente provoca congestiones de mucha longitud, las cuales progresan rápidamente. Los accidentes de tráfico además de suponer una carga inaceptable de heridos y fallecidos, supone, también, un inadecuado servicio para los usuarios de la red.

La funcionalidad de la Red de Alta Capacidad en el Área Metropolitana de Bilbao, tal como se ha apuntado, ha de dar servicio, por un lado, a los viajes de largo recorrido, ya sean de paso, ya sean de llegada, dando acceso a las grandes terminales de transporte como el Puerto, Aeropuerto, Intermodal y Zonas Logísticas para el transporte de mercancías y, por el otro, a los viajes internos dentro del área metropolitana. Mientras que los de largo recorrido resultan uniformes a lo largo del día (no presentan puntas y resultan simétricos en cuanto a su direccionalidad), los internos se caracterizan por su pendularidad (fuertes cargas direccionales, con puntas matutinas y vespertinas, en sentidos contrarios). Esto provoca

Tabla 1. Extensión de Red de Alta Capacidad en Bizkaia

Nº de carreteras	KM de tronco	KM de vías auxiliares y ramales	KM carril
21	160	138	904

una mezcla de vehículos pesados y ligeros, con altas intensidades medias (por encima de 125.000 veh/día con repartos por sentido 70/30%) y con un porcentaje alto de pesados, superando el 15%.

La orografía de la zona es muy compleja, y el desarrollo urbanístico, con una alta densidad de población y heterogeneidad de usos de suelo. Las zonas logísticas y comerciales se han desarrollado, en las otrora grandes superficies ocupadas por la industria pesada y minera, suponiendo grandes atractores de tráfico.

Es por ello, que la gestión de esta Red de Alta Capacidad resulta primordial para el correcto funcionamiento económico, social y ambiental de toda el área Metropolitana de Bilbao y Bizkaia.

La Red de Alta Capacidad (RAC), por su vulnerabilidad y trascendencia económica y de calidad de vida de los ciudadanos, resulta uno de los ACTIVOS infraestructurales más determinantes en el Área Metropolitana.

2. Gestión de activos

La gestión de activos, en cualquier entidad Pública o Privada busca, por un lado, maximizar el valor de dichos activos, durante todo el ciclo de vida de los mismos y, por otro lado, busca proveer un servicio de calidad, favoreciendo una movilidad sostenible:

Hay que recordar que en el ciclo de vida de un ACTIVO hay 2 periodos, uno CORTO que favorece la implementación del activo y uno LARGO que permite obtener la ren-

tabilidad esperada (servicio del mismo).

Es decir, el ACTIVO es un instrumento para conseguir un fin (algunas veces el instrumento erróneamente se transforma en un fin en sí mismo).



Figura 1.

Mientras que hemos vivido unas décadas caracterizadas por un fuerte impulso a la CONSTRUCCIÓN, la última década del siglo anterior y primera del presente, la gestión de activos ha sido escasa e incoherente, utilizando solo herramientas específicas como son: la gestión estructural de firmas mediante las deflexiones para estimar el refuerzo o reconstrucción del paquete de firmas o el análisis de la seguridad vial por concentración de accidentes acumulados, mediante análisis de 3 a 5 años.

Ambas herramientas se caracterizan por realizarse de manera independiente, con la necesidad de expertos en la materia y con unas dinámicas poco ágiles, dando respuesta, por esta causa a políticas curativas y no preventivas, o inmediatas.

De manera sintética, se podría indicar que la cultura de las Administraciones de Carreteras en el pasado venía definida por unas características similares:

1. Prioridad a la inversión.
2. Desconocimiento de las necesidades de regeneración como inversión anualizada necesaria por dejar la infraestructura al estado "0" (recién construido), inversión que repone el "desgaste" del activo por el paso del tiempo (obsolescencia), carga del tráfico y/o condiciones meteorológicas (ciclos humedad/sequedad, insolamiento etc.) evaluadas en el tiempo, llegando, incluso, a considerar que los gastos inherentes a mantener la carreta en servicio 24 h/día/365 días/año (explotación) podían considerarse inversiones de regeneración.
3. Déficit acumulado de regeneración, en algunos casos, hasta casi exigir la reconstrucción. Y todo ello debido a que la normativa actual define los indicadores para la recepción de unidades y no hay investigación sobre la evolución de estos indicadores a lo largo de su vida útil, así como la definición de los umbrales de los indicadores de servicio que recomienden u obliguen a una actuación regenerativa.
4. Sigue resultando extraño el concepto de conservación por indicadores de servicio. Para los dos indicadores fundamentales asociados a la seguridad: CRT y Macrotextura, solo se regulan los valores de recepción.
5. Escaso empleo de la Tecnología en el procesamiento de datos y su análisis conjunto. Hoy, en día, es posible la toma de datos masivo creando unos inventarios detallados y exhaustivos.

Tabla 2.

Programa	Contenido
I. Plan Territorial Sectorial, PTS	Demanda futura vs oferta actual
II. Plan de mejora de la Seguridad Vial	Demanda actual vs oferta actual
III. Regeneración	Oferta actual + Situación actual de los Activos
IV. Conservación Integral	Oferta de servicio (24h/365días)
V. Cesión de tramos urbanos	Reasignación de la Demanda según tipo de red

En un mundo que discurre hacia la implementación del BIM en el diseño y en la ejecución de las obras, y hacia la ISO 55000 en la Gestión de activos, la Diputación Foral de Bizkaia se ha embarcado en un sistema proactivo de analizar y evaluar las condiciones de servicio de las carreteras para mejorar la gestión de sus activos y especialmente de los firmes, como responsable último de la calidad de servicio en la Red de Alta Capacidad del Área Metropolitana.

En Bizkaia, el análisis de la relación Oferta/Demanda en función del escenario temporal considerado, se aborda mediante los siguientes INSTRUMENTOS que permiten dotar los correspondientes MODELOS FINANCIEROS y PROGRAMAS PRESUPUESTARIOS (Tabla 2).

Para el programa III, el de la Regeneración, la hoja de ruta planteada en Bizkaia, pasa previamente por tener un conocimiento del estado y servicio de los activos para después gestionarlos de una manera ordenada y eficaz.



Figura 2.

Los ACTIVOS de una infraestructura viaria se han dividido por su importancia en:

- FIRMES
- ESTRUCTURAS
- INSTALACIONES/ EQUIPAMIENTOS
- TALUDES/TERRAPLENES
- OTROS

Los firmes de las carreteras suponen la mayor parte del Valor Patrimonial, no sólo considerando su construcción, sino también su regeneración.

3. Gestión de firmes

La degradación de los firmes se debe a tres factores que determinan su vida útil: OBSOLENCIA (envejecimiento natural), USO (paso del tráfico, vialidad invernal) y CLIMATOLOGÍA (agua, insolación, etc.).

La gestión de firmes puede ser:

- CURATIVA
Cultura TRADICIONAL (por Unidades de Obra, determinadas por el responsable del contrato)
- PREVENTIVA
Cultura NOVEDOSA (Indicadores, Estado/Servicio)



Figura 3. Los tres soportes de la gestión de un activo

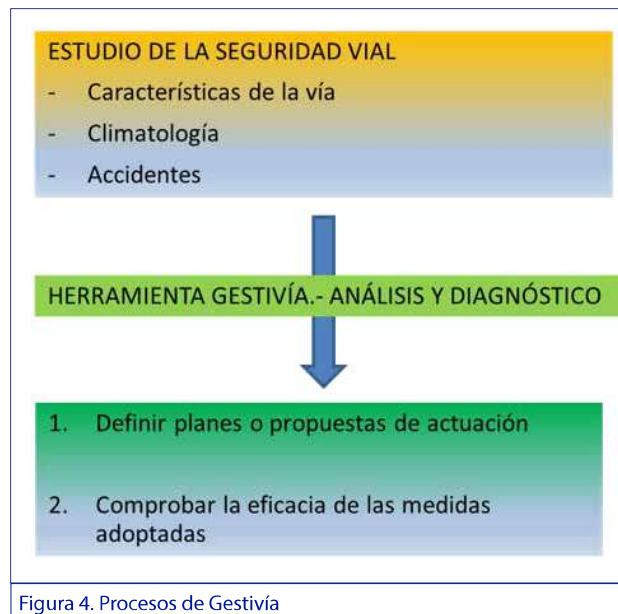


Figura 4. Procesos de Gestivía

Para conseguir la gestión Preventiva, la Diputación Foral de Bizkaia ha desarrollado un sistema basado en los tres soportes de gestión de activos, donde el equilibrio es la clave del sistema.

A. Personal

La primera clave, MOTIVACIÓN DEL PERSONAL, es fundamental, donde es necesario un carácter PROACTIVO, personal técnicamente preparado (Formación y Experiencia) y que tengan sentido de pertenencia, para los que la gestión de activos esté plenamente interiorizada como trascendente en la consecución del fin para el que se han planificado.

Personal considerado con carácter integral: funcionarios, asistencias técnicas, empresas de Conservación Integral.

B. Criterios técnicos

Los criterios técnicos son los que exigen una migración de la "cultura de la construcción" hacia la de GESTIÓN DE ACTIVOS. Uno de los vacíos actuales es que sólo existe normativa para la gestión ESTRUCTURAL del firme en servicio (6.3-IC Rehabilitación de firmes). En el caso

de la Comunidad Autónoma del País Vasco, la mesa de firmes del Gobierno Vasco está avanzando en estos momentos hacia el establecimiento de criterios para la gestión SUPERFICIAL del firme durante el período de servicio del mismo.

Los criterios para la gestión superficial de los firmes se tienen que basar en analizar de manera conjunta; CONDICIONES de CIRCULACIÓN, (configuración, trazado, régimen hidráulico del pavimento), TRÁFICO, CRT, MACROTEXTURA y ACCIDENTES de tráfico. Los trabajos realizados en Bizkaia, han llevado a la aplicación de criterios "rozamiento demandado-ofertado" a lo largo de toda la Red de Alta Capacidad.

C. Herramienta de gestión

Se necesita una herramienta de gestión que permita:

- Analizar y diagnosticar
- Ayudar a la toma de decisiones
- Evaluar las acciones realizadas

Dentro de una gestión integral de todos los factores intervinientes se ha desarrollado una herramienta GESTIVIA, capaz de gestionar en cada

punto de la red y a lo largo del tiempo los datos existentes en los diferentes inventarios: tráfico, trazado, climatología, activo-firmes, accidentes, actuaciones realizadas.



La herramienta que nos permite visualizar a lo largo del espacio y del tiempo: Infraestructura física y funcional, Evaluación del pavimento, Climatología, Accidentalidad y Tratamientos.

Las características buscadas para los diferentes usuarios de GESTIVIA son:

- Toma de decisiones rápida, actualizada (mensualmente)
- Fácil lectura
- Compartida (Ingeniería, Administración, UTEs Conservación)
- Intuitiva visión rápida, completa e inmediata de la situación
- No requiere cualificación especializada
- Accesible y económica

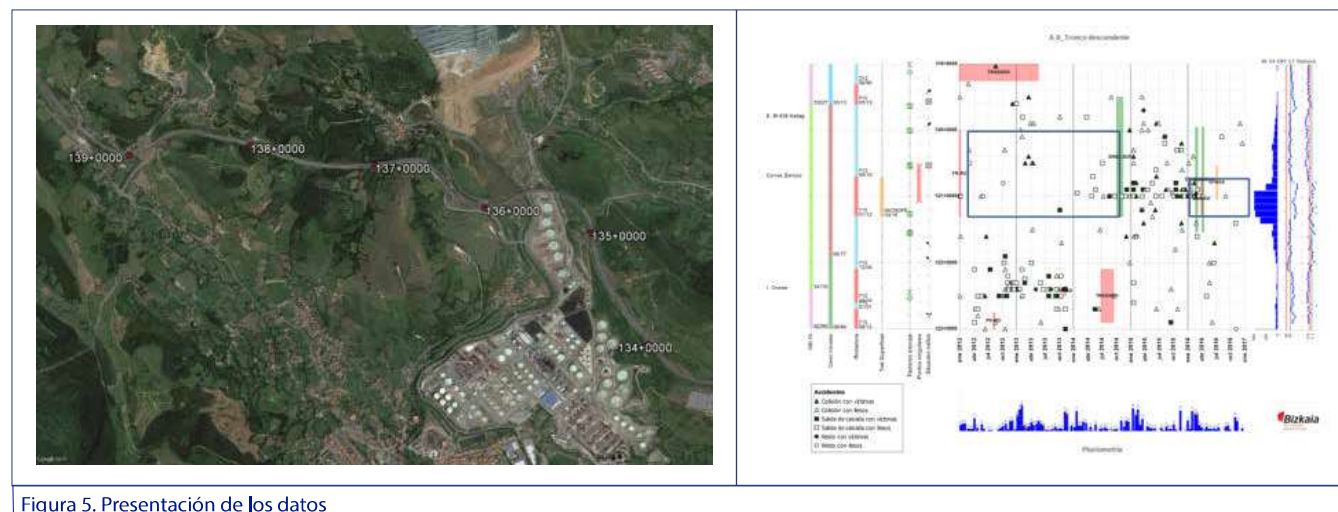


Figura 5. Presentación de los datos

4. Gestión proactiva de accidentes por salida de calzada

En cualquier empresa “proveedora” de servicios, las preguntas claves que se realizan son:

¿Qué me piden los Clientes y Que Ofrezco?

¿Conozco el Grado de Satisfacción del Cliente?

¿Ofrezco un Servicio Seguro y de Calidad?

En una administración de carretera, desde luego, si hay una demanda determinante de los usuarios de las infraestructuras es la de disponer de garantía suficiente en seguridad vial, resultando que las salidas de calzada por deslizamiento es una de las cuestiones críticas.

Es por ello que se ve necesario la Gestión Proactiva de Accidentes por salidas de calzada, basada en los siguientes cuatro etapas:

1. Identificación y análisis tramos de carretera
2. Rozamiento ofertado & demandado
3. Análisis mediante herramienta gráfica
4. Actuar en consecuencia (Protocolo actuación)

4.1. Identificar tramo puntual de carretera

Utilizando la herramienta GESTIVIA, somos capaces de identificar tramos puntuales de carretera donde es necesario actuar.

La Base de Datos es capaz de mantener de manera ordenada toda la información a lo largo del tiempo:

- Visualizador (Geometría) cargado cada 4 años.
- Datos Climatológicos, refrescado mensualmente

- Datos de Accidentes, refrescado mensualmente
- Histórico de Actuaciones, refrescado mensualmente
- Tráfico, cargados anualmente
- Auscultación de firmes (SCRIM+ Deflectografo+IRI+Texturómetro) realizada anualmente.

La información para el análisis se presenta a doble página, en tramos de 7 km. En la hoja izquierda una vista aérea de la zona, con los puntos kilométricos que aparecen en la gráfica de la hoja derecha (Figura 5).



Figura 6. Representación gráfica de los datos

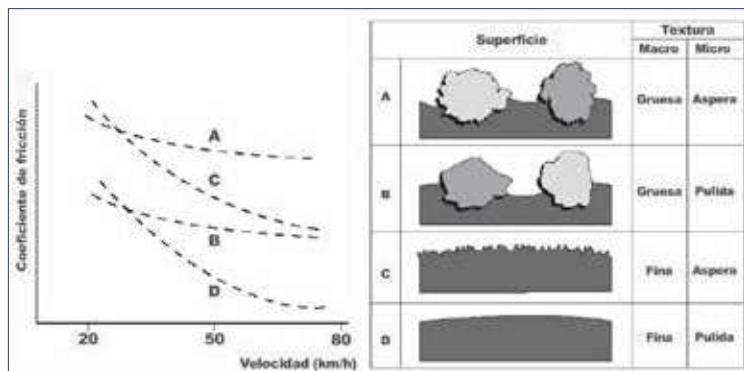


Figura 7. Influencia de Textura en el coeficiente de fricción

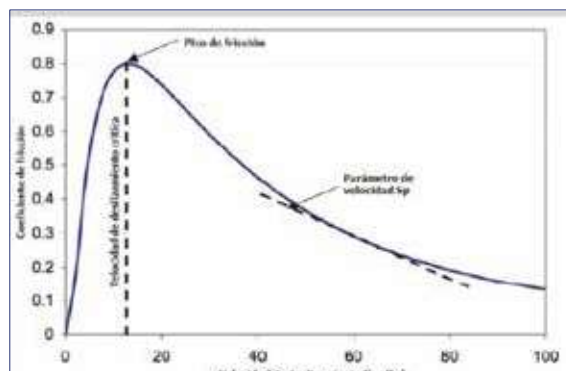


Figura 8. Curva Típica de Fricción

Se emplea una estructura ESPACIO-TEMPORAL:

- En ordenadas ESPACIO, según progresivas, para cada sentido de circulación, identificando Enlaces y fines de tramo
- En abscisas, TEMPORAL, secuencia mensual

Y un reparto conceptual distribuido según la Figura 6.

MANDADO aumenta con el cuadrado de la velocidad.

El Rozamiento Ofertado depende de dos variables, la microtextura y la macrotextura. Los principios de estos dos variables son conocidos y se reflejan su influencia en la Figura 7.

Se puede ver que la microtextura marca el valor inicial mientras que la macrotextura marca el valor final con el incremento de velocidad.

Como regla general,

Velocidad	Factor influyente
< 60 km/h	microtextura (Permite situar valores altos de coeficiente de fricción)
> 60 km/h	macrotextura (Permite mantener valores para velocidades mayores)

Los valores de Velocidad, Microtextura y Macrotextura se miden independientemente, pero utilizando el estudio publicado en 1995 por el PIARC para comparar y armonizar las mediciones de textura y CRT, se ha conseguido relacionar la Microtextura, la Macrotextura, y en función de la velocidad, en un valor de IFI (International Friction Index) (Figura 8).

Rozamiento ofertado

El proceso para la obtención del valor de Rozamiento Ofertado se basa en las campañas periódicas de auscultación de firmes realizadas en las carreteras de Bizkaia, en este caso SCRIM y perfilómetro láser.

4.2. Rozamiento ofertado & demandado

El incremento de la velocidad produce dos efectos adversos. El Rozamiento OFERTADO disminuye según ley exponencial y el Rozamiento DE-

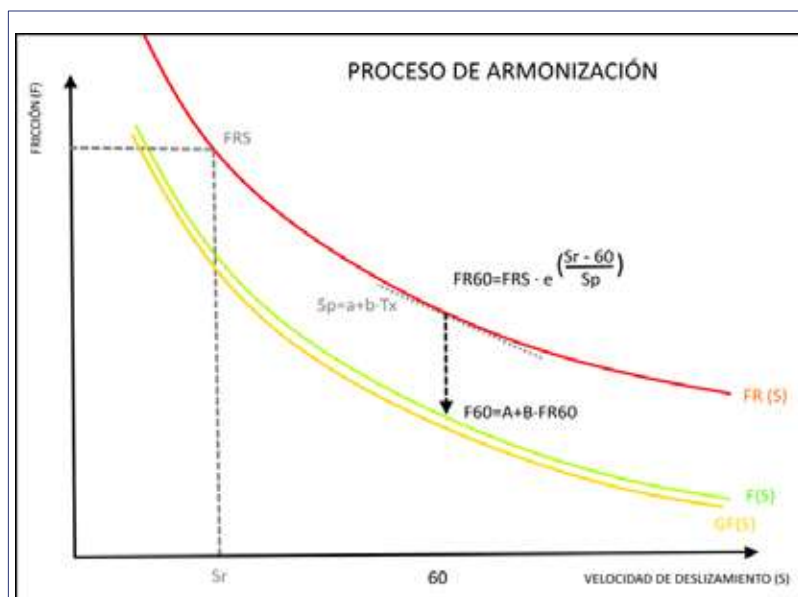


Figura 9. Proceso de armonización

F60 El valor del rozamiento disponible para la velocidad de deslizamiento de 60 km/h que depende de la micro y macrotextura.

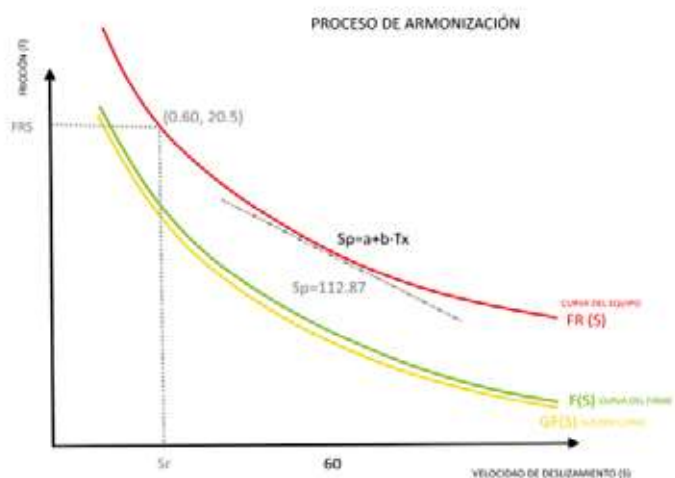
Sp El valor de la pendiente de la curva en el valor de 60 km/h y que depende de la macrotextura como se ha visto en la imagen anterior.

$Sp = a + b \cdot Tx$
siendo Tx la textura medida en milímetros.

Norma	Ensayo	a	b
ASTM E-1845	Perfilómetro	14,2	89,7
ASTM-965	Círculo de Arena	-11,6	113,6

A continuación se realiza un ejemplo de aplicación para la obtención del rozamiento ofertado a 100 km/h.

PASO 0: DATOS INICIALES



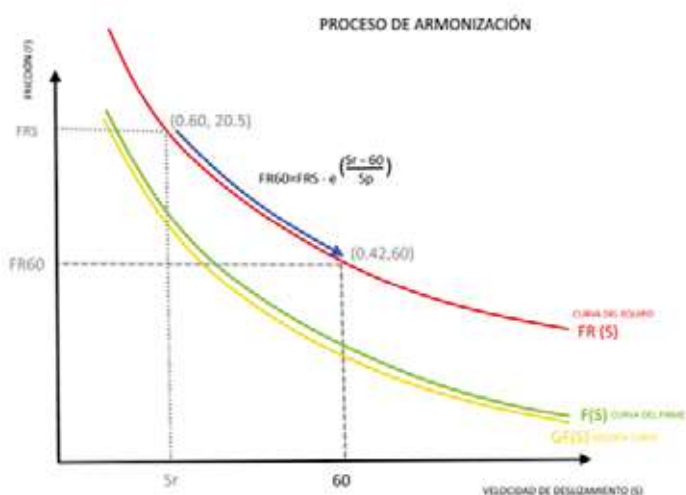
SCRIM = 60
Textura perfilómetro = 1,1 mm



FRS = 0.60
 $Sp = a+b \cdot 1,1 = 112,87$
 $Sr = 20,5$

* La velocidad de deslizamiento con el Scrim a 50 km/h es 20,5 km/h

PASO 1: OBTENCIÓN DE F60

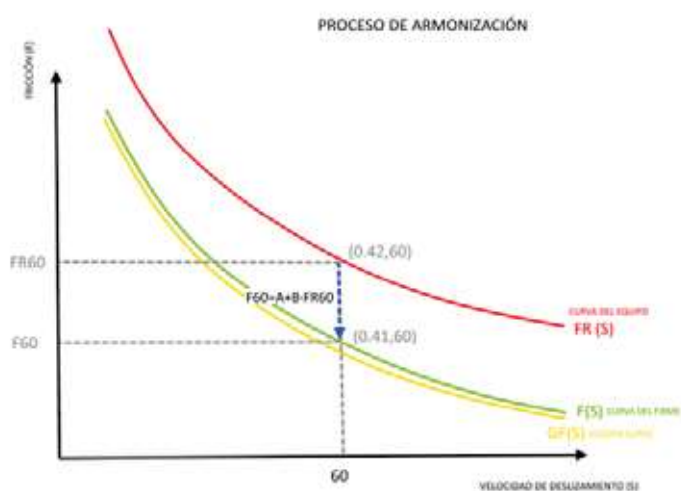


Transformación del valor medido a una velocidad estándar de 60 km/h de deslizamiento del equipo.

$$FR60 = FRS \cdot e^{\left(\frac{Sr-60}{Sp}\right)}$$

$FR60 = 0,42$

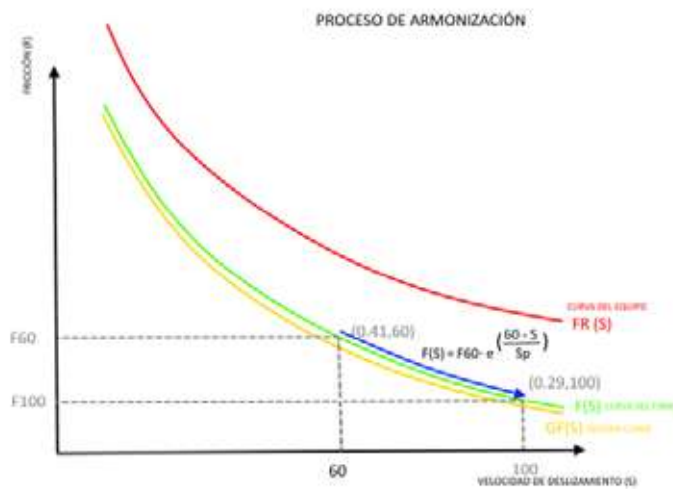
PASO 2: AJUSTE A F60



Ajuste a curva del firme mediante coeficientes obtenidos en los ensayos del PIARC

$FR60 \text{ ajustado} = 0,41$

PASO 3: OBTENCIÓN DE F100



Obtención del rozamiento para la velocidad deseada (100 km/h) a través de la curva del firme

$$F(S) = F60 \cdot e^{\left(\frac{60-S}{Sp}\right)}$$

$$F(S) \text{ o } F(100) = 0,29$$

Rozamiento demandado

El rozamiento movilizado se obtiene del equilibrio de fuerzas en sentido transversal a la marcha según se muestra en la Figura 10.

Asumiendo ángulos pequeños, como en el caso de los peraltes habituales en carretera, se obtiene la relación siguiente:

De la que transformando a las unidades habituales se obtiene la conocida fórmula:

$$V^2 = 127 \cdot R \cdot \left(f_t + \frac{P}{100}\right)$$

La velocidad (V), el radio (R) y peralte (P) son datos inventariados por la Diputación Foral de Bizkaia, por lo que es posible obtener el Rozamiento Demandado en **cualquier punto** de las carreteras de Bizkaia.

$$\frac{V^2}{g \cdot R} - p = f_t$$

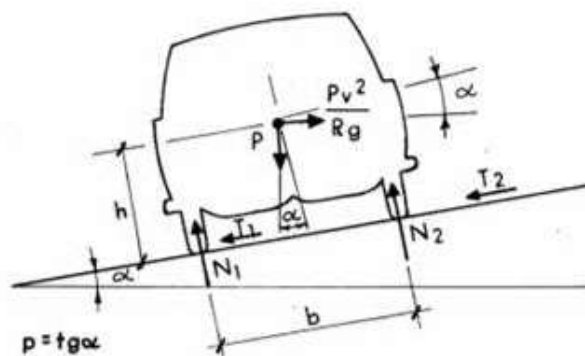


Figura 10. Equilibrio de vehículo en curva

4.3. Herramienta gráfica

Una vez obtenidos los valores de rozamiento ofertado y demandado, se trata de compararlos. Para ello, se emplea una herramienta gráfica para facilitar la interpretación de los datos.

En la parte superior se representa los datos del INVENTARIO en forma de ESPACIO/TIEMPO, que incluye los ACCIDENTES (salidas de calzada), fecha ejecución y tipo de RODADURA, y VELOCIDAD SEÑALIZADA (en este caso 100km/h).

En la parte inferior quedan reflejados los rozamientos DEMANDADOS /OFERTADOS para cada velocidad (en este caso velocidad única de 100km/h).



Figura 11.



Figura 12.

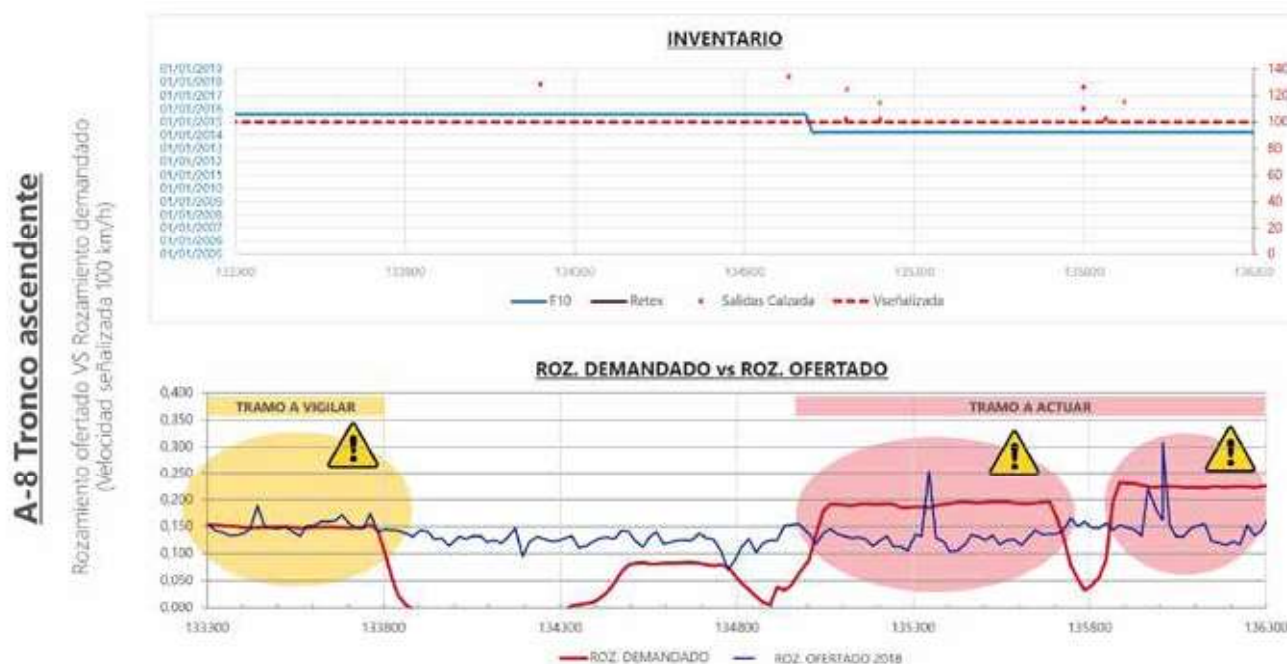


Figura 13.

Hay que tener en cuenta que los valores de rozamiento, tanto demandado como ofertado, se comparan para la velocidad de circulación libre, que es la velocidad a la que se producen las salidas de calzada y que se estima en 20 km/h superior a la señalizada

A sobreponer los rozamientos se pueden realizar una comparativa y analizar las curvas de las vías respectivamente valorando si la demandada respecto a la ofertada, está por debajo con margen (seguridad), está próxima (peligro potencial) o está por encima (peligro).

En la Figura 13 se puede apreciar los tres tipos de zonas:

- PK 133+300 a 133+800
Zona de peligro potencial
- PK 133+800 a 134+700
Zona de seguridad
- PK 135+000 a 136+300
Dos Zonas de peligro

Es necesario actuar en las zonas de PELIGRO y peligro POTENCIAL para transformarlos en zonas de SEGURIDAD.

Estas zonas se verifican con los accidentes, y como se puede apreciar

en las dos curvas en zonas de peligro existe coincidencia con accidentes de salidas de calzada, por lo que se debe ACTUAR. En la primera zona de peligro potencial no existen accidentes de salida de calzada, por lo que esta zona se puede no actuar de momento y realizar un seguimiento sistemático (VIGILAR).

4.4. Análisis mediante herramienta gráfica

Se ha diseñado un procedimiento para el análisis de los datos mediante la herramienta gráfica en función de dos tipos de actuación posibles, reduciendo la velocidad señalizada o actuando en el firme.

Para explicar el funcionamiento de la herramienta gráfica, a continuación se presenta el procedimiento e imágenes del proceso de análisis llevado a cabo

para cada uno de los dos tipos de actuación:

1. Reducción de la velocidad señalizada
2. Actuación en Firme

4.4.1. Procedimiento

El esquema básico del procedimiento para análisis mediante Gesti-
vía se representa en la Figura 14.



Figura 14

4.4.2. Reducción de la velocidad señalizada (de 100km/h a 80 km/h)

La primera forma de actuar es estudiar si hay margen para reducir la velocidad señalizada teniendo en cuenta los tramos adyacentes y que por debajo de 80 km/h no es apropiado para vías troncales de la Red de Alta Capacidad. Cabe recordar que el incremento de la velocidad pro-

duce dos efectos adversos, el Rozamiento OFERTADO disminuye según ley exponencial y el Rozamiento DEMANDADO aumenta con el cuadrado de la velocidad.

Para este caso de reducir de 100 a 80 km/h, las curvas de rozamientos demandados y ofertados se modifican según la Figura 15.

Como se puede apreciar el rozamiento demandado se reduce en aproximadamente 0,07 a 0,08 en las curvas peligrosas y potencialmente peligrosas.

Reduciendo la velocidad señalizada también afecta al rozamiento ofertado, aumentándolo 0,04 en todo el tramo (Figura 16).



Figura 15.



Figura 16.



Figura 17.

En conjunto el efecto de reducir la velocidad señalizada en este tramo de 100 a 80 km/h es REDUCIR rozamiento demandado en 0,08 e INCREMENTAR rozamiento ofertado en 0,04, por lo cual la “separación” entre demandado y ofertado se aumenta en 0,12.

Con esta actuación los tramos potencialmente peligrosos y tramos peligrosos, pasan a ser tramos SEGUROS (Figura 17).

Una vez realizada el análisis y ejercicio de reducir la velocidad señalizada, se comprueba si todavía queda algún tramo peligroso o potencialmente peligroso. Si es el caso, se procede a estudiar la actuaciones sobre la capa de rodadura para aumentar el rozamiento ofertado.

4.4.3. Actuación en firme

Cualquier actuación sobre el firme, al no variar velocidad, radio o peralte, no afectará al rozamiento demandado. Solo afectará al rozamiento ofertado, modificando tanto la microtextura como la macrotextura.

Como se puede apreciar, este tramo de la autopista tiene velocidad señalizada a 80 km/h, por lo que no procede reducir más la velocidad.

En la parte superior de la gráfica, se refleja las zonas retexurizadas en el año 2017, que corresponden con las curvas pronunciadas, a partir de dicho momento dejaron de producirse salidas de calzada.

El rozamiento demandado se refleja con exigencias muy altas para estas curvas, entre 0,20 y 0,24.

Para estudiar el efecto de la retexurización se refleja aquí el rozamiento ofertado en 2016 cuando el firme se encontraba sin retexurizar (Figuras 18 y 19)

Al realizar la comparación de rozamientos, todavía sin retexurizar, se puede apreciar las dos curvas en situación de PELIGROSAS, que además coinciden con zonas de accidentes por salida de calzada.

El rozamiento demandado sobrepasa la ofertada, en alguna zona hasta 0,08 por encima (Figura 20).

Al actuar en la capa de rodadura mediante la retexurización se puede apreciar el aumento del rozamiento ofertado entre 0,05 a 0,10 (valores 18 meses después de actuar) al incrementarse los valores de macrotextura, microtextura o ambos (Figura 21).

Después de realizar las retexurizaciones, los accidentes por salidas de calzada se redujeron en las curvas, pero a los 18 meses, una de las curvas retexurizadas se presenta en situación PELIGROSA, y se debería actuar para transformarla en SEGURA.

El rozamiento demandado no se puede modificar, el rozamiento ofertado ya no se puede mejorar con retexurización, así que la siguiente actuación a estudiar es la de un firme nuevo para conseguir subir el rozamiento ofertado (Figura 22).

Generalmente, de la experiencia obtenida en Bizkaia, con las actuaciones en firmes se consiguen las diferencias en el rozamiento ofertado de hasta 0,05 con retexurización, por lo que si la diferencia entre demandado y ofertado es mayor se debe proceder a cambiar la capa de rodadura. Con un firme nuevo el objetivo sería conseguir rozamientos entre 0,25 y 0,35.

Existen casos muy puntuales donde el rozamiento demandado es muy elevado, y con un firme nuevo no se consigue suficiente rozamiento, por lo que se proceda debe proceder al uso de un firme especial (bauxita, etc.) para aumentar el rozamiento ofertado.

A-8 Tronco ascendente

Cálculo del rozamiento demandado

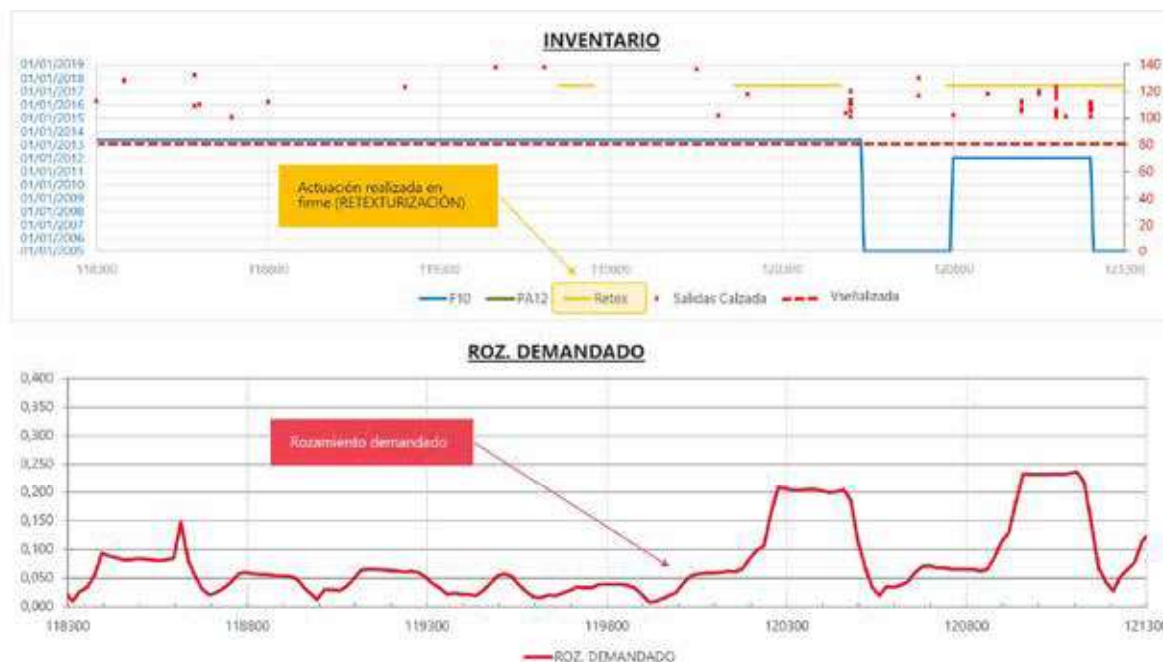


Figura 18.

A-8 Tronco ascendente

Cálculo rozamiento ofertado
(Sin actuación en firme - NO retexturización)

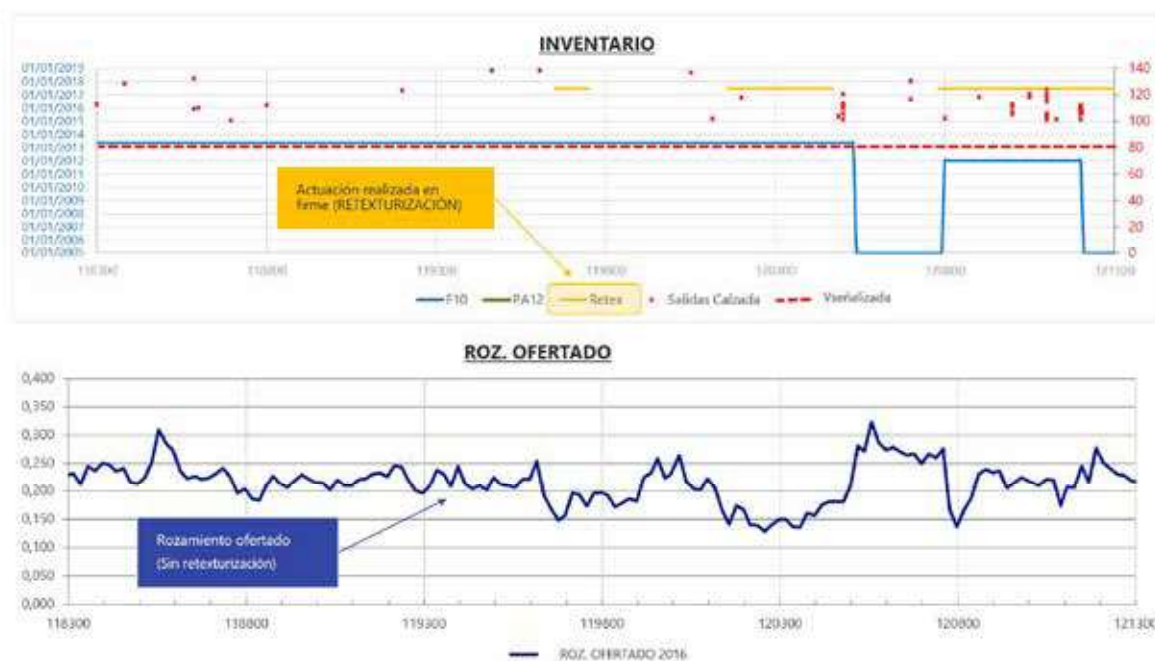


Figura 19.

A-8 Tronco ascendente

Rozamiento Demandado VS Rozamiento Ofertado
(Sin actuación en firme – NO retexturización)



Figura 20.

A-8 Tronco ascendente

Comparación rozamiento ofertado
(Con y sin retexturización)



Figura 21.

A-8 Tronco ascendente

Comparación rozamiento demandado y ofertado
(Actuación en firme – Retexturización)



Figura 22.

4.5. Actuar en consecuencia – protocolo de actuación

Las actuaciones posibles se enfocarán en la reducción del rozamiento DEMANDADO y en el aumento del rozamiento OFERTADO, como son:

1. Reducir VELOCIDAD señalizada
2. Cambiar o Actuar en el FIRME

5. Conclusiones

Las conclusiones de la experiencia en la Red de carretera de Bizkaia se pueden agrupar en tres partes; Herramienta de Gestión Gestivía, Reducción de Velocidad y Actuación en Firme.

El disponer de una herramienta para el análisis integrado de velocidades geométricas y radio de curvatura con parámetros del firme (macro y micro textura) gestión permite IDENTIFICAR tramos concretos del trazado en los que hay riesgo de salida de calzada.

Las ventajas de esta herramienta radican en su sencillez y carácter intuitivo de su uso, integrando de manera conjunta e INMEDIATA toda la información existente en los diferentes INVENTARIOS existentes, lo que redundará en una alta facilidad de manejo por personal no especializado, y una correlación de todos los factores intervinientes en la accidentalidad.

La variación de la velocidad señalizada en el tramo de actuación permite verificar si ROZAMIENTO OFERTADO > ROZAMIENTO DEMANDADO, mediante una solución NO AGRESIVA de reducción de velocidad.

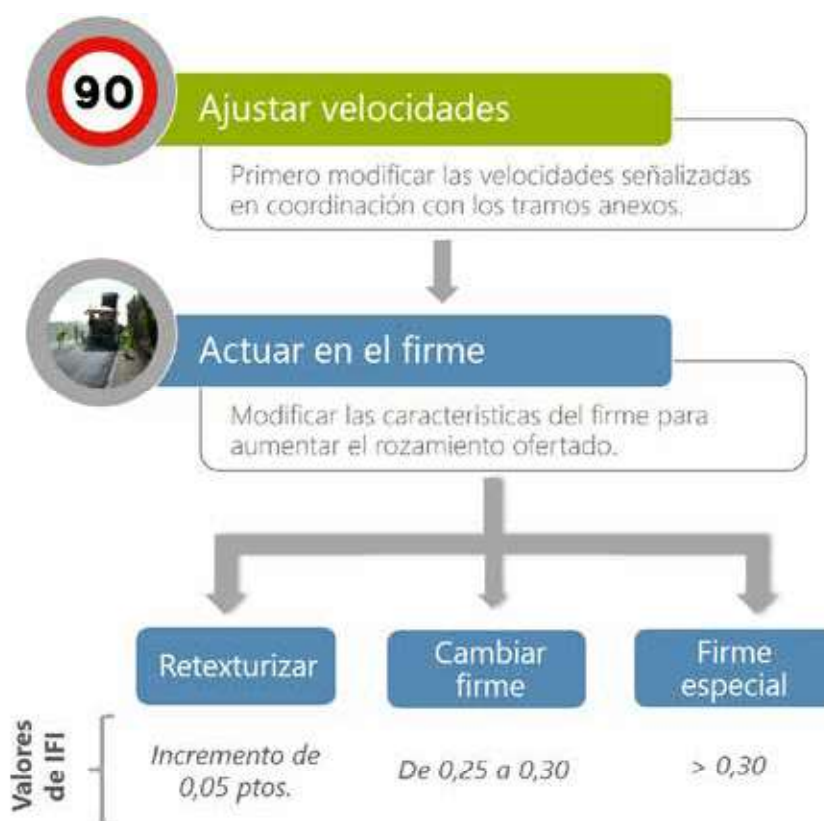


Figura 23.

Los tramos PERSISTENTES en donde el rozamiento ofertado es menor que el demandado se han de resolver de la siguiente manera:

Diferencia

<0,05	RETEXTURIZAR
>0,05	CAMBIO DE FIRME
>0,35	(Firme especial)
0,25-0,35	(M-10)
<0,25	(F-10)

6. Bibliografía

- [1] Wambold, J. C., Antle, C. E., Henry, J. J., & Rado, Z. (1995). International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements. Madrid, Spain: PIARC: PIARC Technical Committee on Surface Characteristics C.1, AIP-CR -01.04.T-1995. ❖