



Metro de Madrid
Dirección de Proyectos y Obras

UNIDAD DE INSTALACIONES FIJAS
G^a DE GESTIÓN Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO

Nuevas Tecnologías Aplicadas al Mantenimiento de las Instalaciones Fijas



Comunidad de Madrid
Consejería de Obras Públicas
Urbanismo y Transportes



Innovaciones implantadas en la Red del Metro de Madrid durante el periodo 1995-1999 tendientes a minimizar los costes del Mantenimiento



Vía en Placa y Diagonales Hormigonadas





Catenaria Rígida





Diagonales de Bajo Mantenimiento

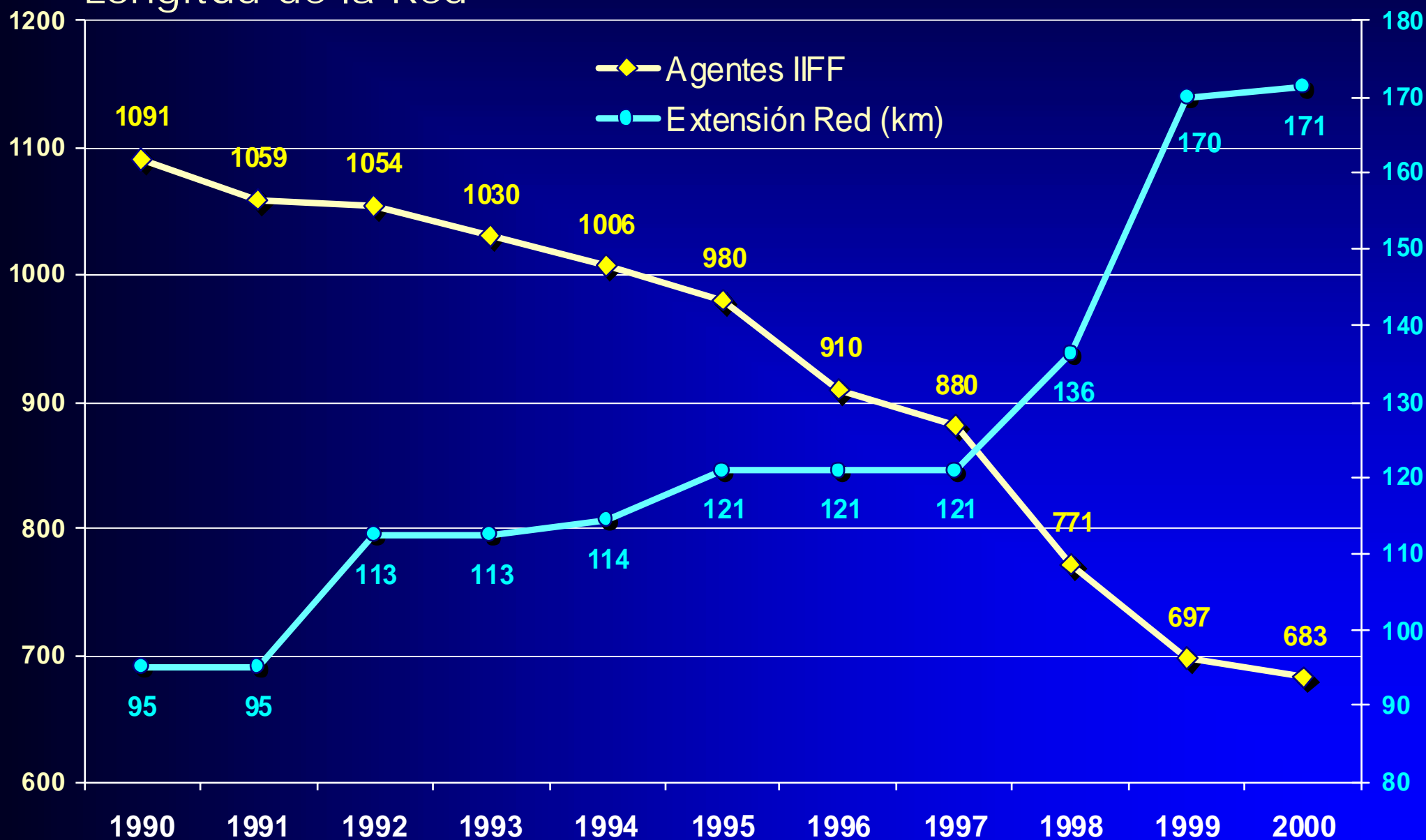


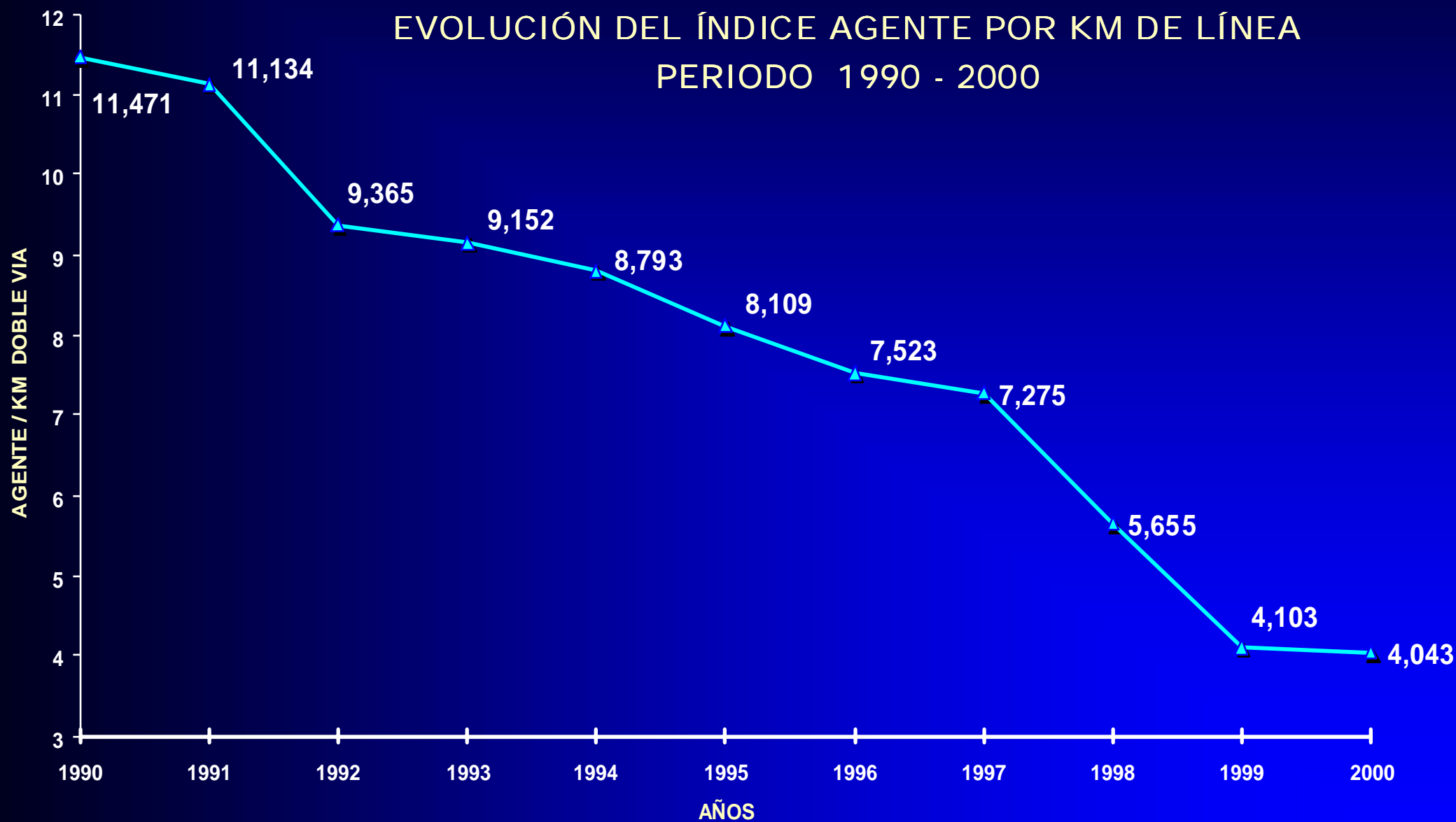
Objetivos que se persiguen con las Nuevas Tecnologías

- ✓ Realizar un Mantenimiento Predictivo de las Instalaciones
- ✓ Incrementar al más alto grado la eficacia, eficiencia y calidad del Mantenimiento Preventivo, como consecuencia de que permiten:
 - La Inspección Dinámica de las Instalaciones, conociendo de este modo el estado de las mismas en condiciones normales de funcionamiento
 - El incremento del número de revisiones periódicas
 - La cuantificación de los parámetros de forma fiable y objetiva
 - El análisis posterior de los datos por técnicos cualificados
 - La elaboración de históricos y análisis de tendencias
- ✓ Máxima fiabilidad, disponibilidad y seguridad de las instalaciones
- ✓ Optimización de los recursos necesarios



Evolución del Personal de Mantenimiento de Instalaciones Fijas y Longitud de la Red







Nuevos Sistemas de Mantenimiento

- ❖ **Sistema de Auscultación Dinámica de Vía.**
- ❖ **Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía.**
- ❖ **Carro auscultador de geometría de Vía.**
- ❖ **Sistema de Información Topográfica de la Red.**
- ❖ **Sistema ultrasónico para detección de daños en carril y control de soldaduras.**
- ❖ **Analizador de la Calidad del Contacto en Línea Aérea.**
- ❖ **Sistema de Auscultación Dinámica de Línea Aérea.**



CARRO AUSCULTADOR DE GEOMETRÍA DE VÍA

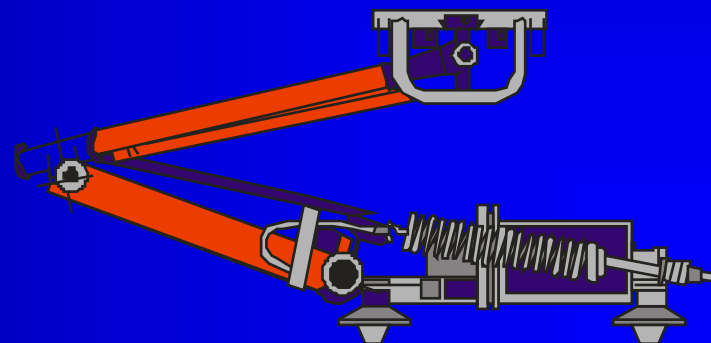
Parámetros que mide :

- ◆ Pendiente de los dos hilos
- ◆ Ancho de vía
- ◆ Radio de curvatura
- ◆ Alineación
- ◆ Alabeo
- ◆ Inclinação de los dos carriles
- ◆ Distancia recorrida



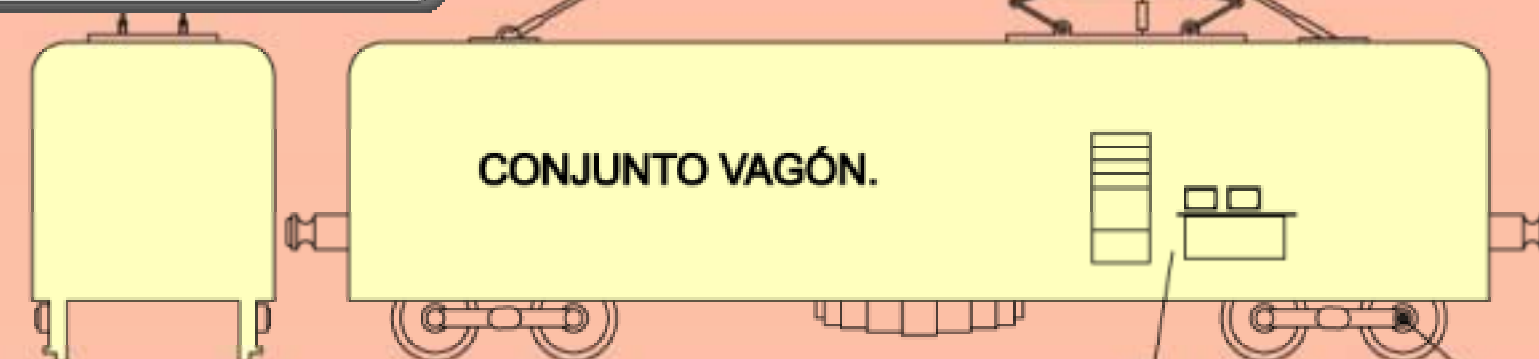
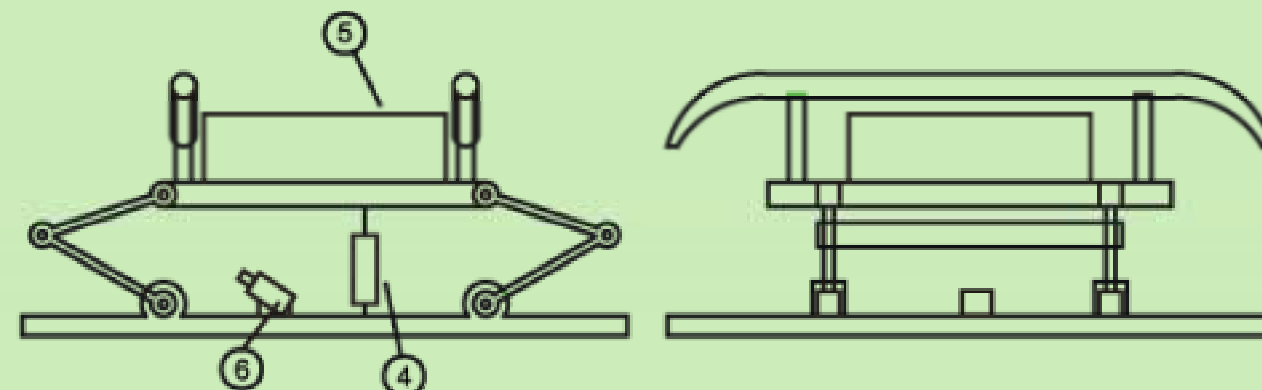
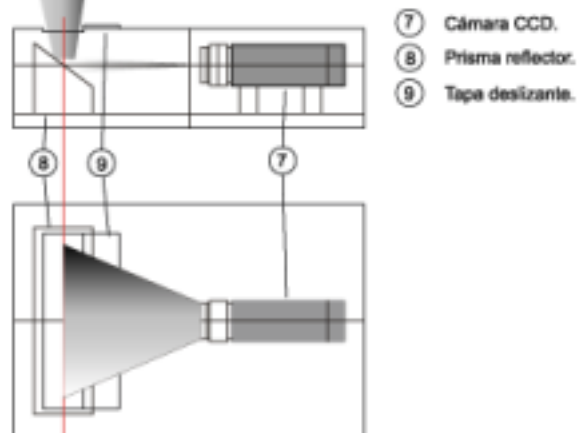


Analizador de la Calidad del Contacto en Línea Aérea



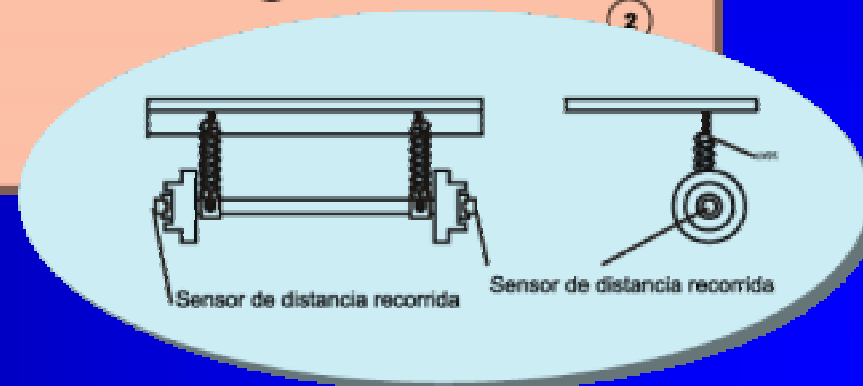


MÓDULO DE CÁMARA. (Detalle).-



VISTA GENERAL DEL CONJUNTO.

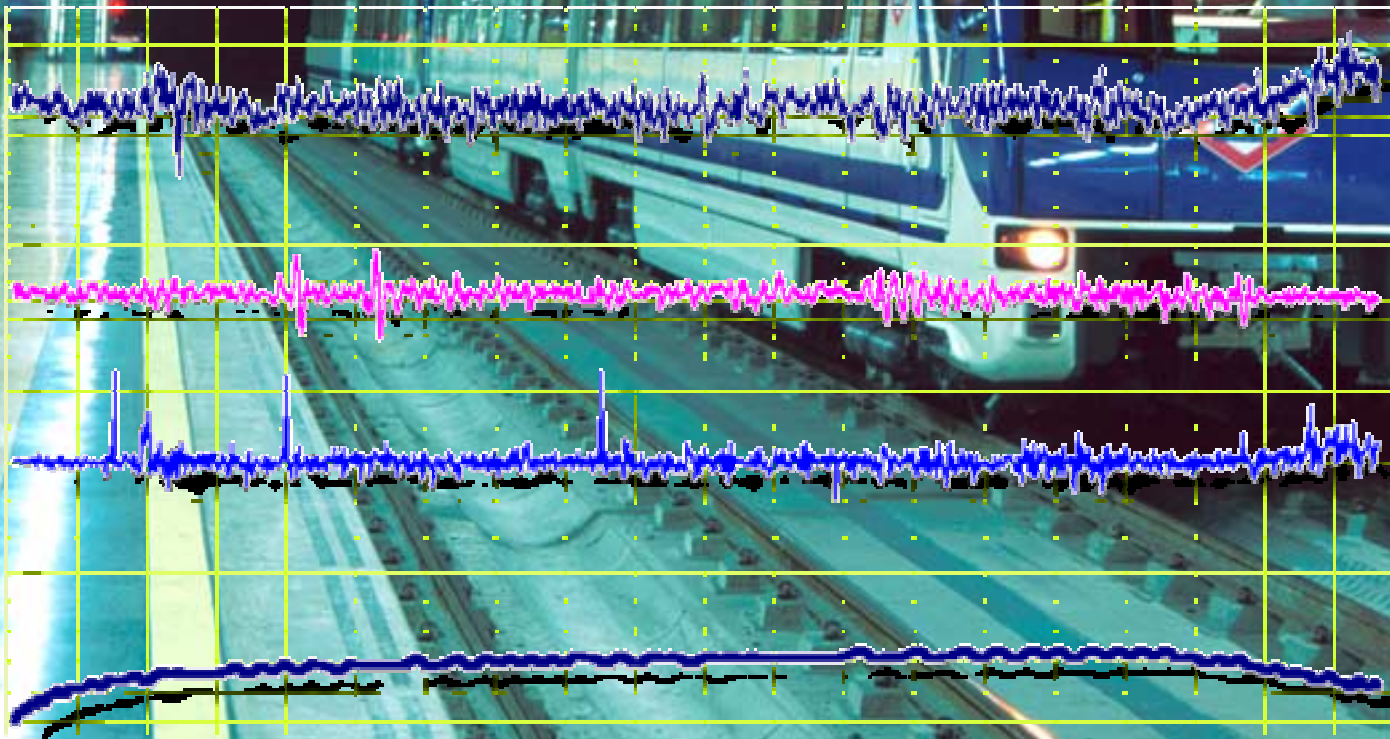
- 1.- Pantógrafo de medida y cámaras
- 2.- Sistema de medida en eje de ruedas
- 3.- Electrónica de control y Sistema informático



Sistema de Auscultación Dinámica de Catenaria

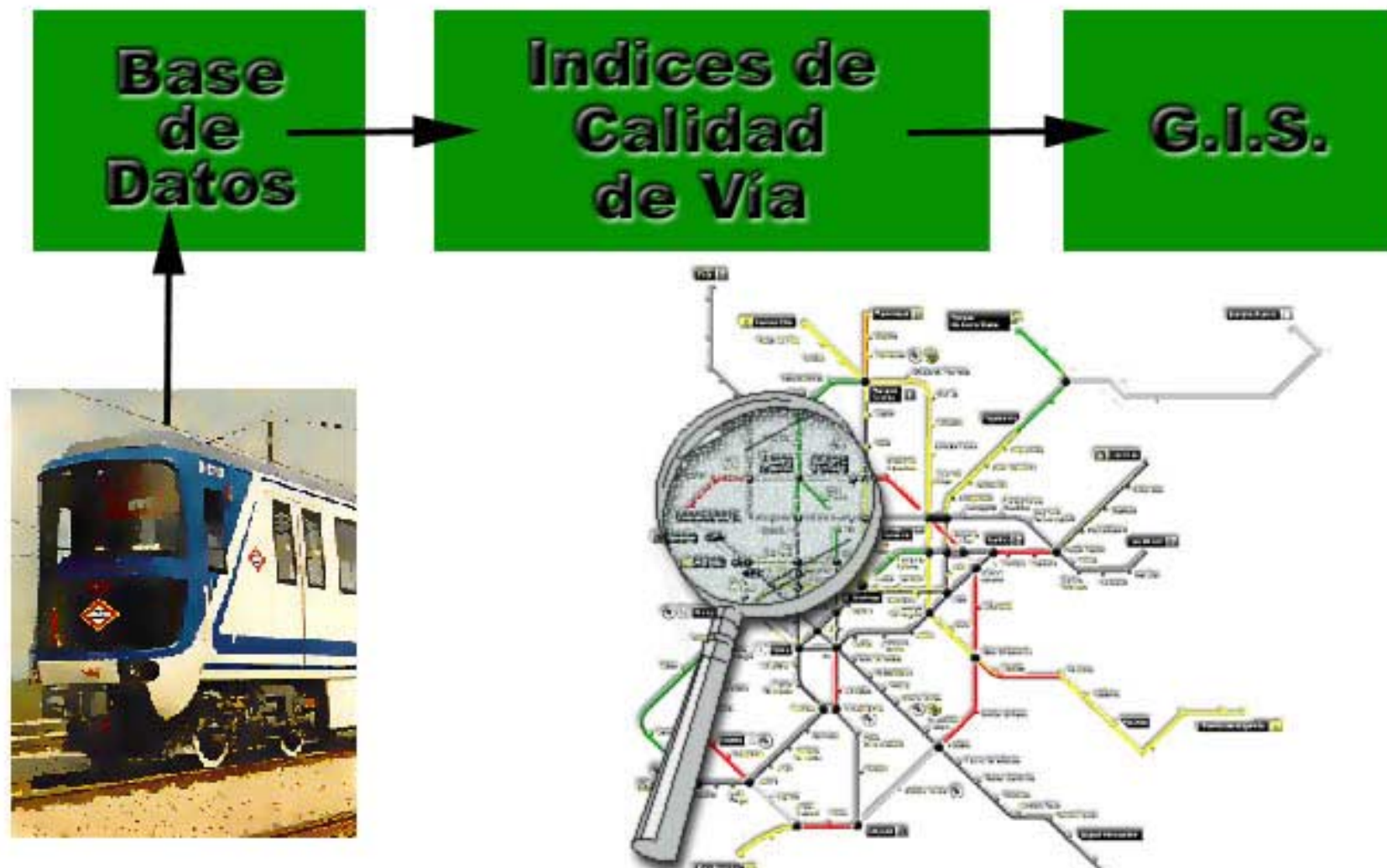


Sistema de Auscultación Dinámica de Vía





Sistema de Auscultación Dinámica de Vía



Representación Gráfica de Calidad de Vía



1. INTRODUCCIÓN

- ❖ **Permite la obtención de parámetros de control del estado de la vía.**
- ❖ **Instalado en coches de las series 2000 y 6000, para poder auscultar las líneas tanto de gálibo estrecho como ancho. Futuras unidades previstas para las series 7000 y 8000.**
- ❖ **La auscultación se efectúa en condiciones normales de explotación.**

2. OBJETIVOS

- ❖ **Determinación, situación en la red y priorización de defectos en la vía.**
- ❖ **Determinación del confort del viajero durante el trayecto, desde un punto de vista dinámico.**
- ❖ **Obtención de índices de calidad de vía.**



2. OBJETIVOS





3. PRINCIPIOS DE DESARROLLO Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

◆ Normas de homologación de los vehículos:

- Uic 508
- CEN - 256 wg 10
- British Railways Board, Group Standard, gm/tt0087

◆ Criterios de conservación geométrica de la vía en relación con:

- Seguridad contra el descarrilamiento

→ Descarrilamiento: descarga de la rueda exterior a la curva del 60%

$$\rightarrow \Delta q = K_{z1} \left(\frac{\delta_1 + \delta_2}{2} + \frac{\delta_1 - \delta_2}{2ddm} d_k^2 \right) + M_e \frac{Z_{11} + Z_{12}}{4} + I_e \frac{Z_{11} - Z_{12}}{4dd_a} \leq 0.6Q_0$$



3. PRINCIPIOS DE DESARROLLO Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

◆ Degradación de la Vía

→ Esfuerzos laterales (ripado):

Esfuerzo lateral:

$$H = \frac{M_c}{4} \left(\frac{a_{c1} + a_{c2}}{2} + \frac{a_{c1} - a_{c2}}{2S_c} S_{cp} \right) + \frac{M_b}{2} \left(\frac{a_{b1} + a_{b2}}{2} + \frac{a_{b1} - a_{b2}}{2S} S_{bp} \right) + M_e a_{e1}$$

Fórmula de prud'homme

$$H_{lim} = C \left(10 + \frac{W}{3} \right) - 15 \frac{W}{W_0}$$

→ Esfuerzos verticales (fatiga del carril): limitados a 140 kn **valor cuasiestático** y 175 kn **valor dinámico**

◆ Calidad de marcha

→ Valores pico de aceleración en caja de viajeros

→ Valores eficaces ponderados de aceleración en caja de viajeros



4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: GENERAL

- ◆ **Conjunto de sensores:**
 - Giróscopo
 - Acelerómetros
 - Sensores de presión
 - Sensores de desplazamiento
 - Contador de pulsos

- ◆ **Equipo de acondicionamiento de señales.**

- ◆ **Sistema de adquisición de datos mediante PC.**

4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: EQUIPO ELECTRÓNICO

Sensores:

- 1 Giróscopo.
- 9 Acelerómetros.
- 2 Sensores de presión.
- 2 Sensores LVDT.
- 1 Contador de pulsos.

Caja de Conexiones

Caja de Filtros:

1) Filtro Pasabaja

<i>Giróscopo</i>	<i>1 Hz</i>
<i>Rueda fónica</i>	<i>No se filtra</i>
<i>Resto sensores</i>	<i>20 Hz</i>

2) Filtro Antialiasing

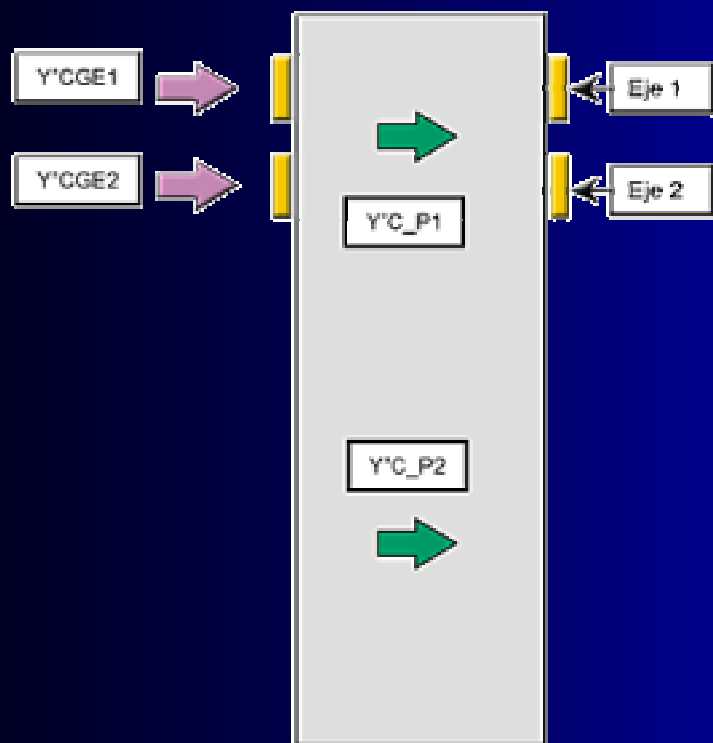
Convertidor A/D:

- 2) 16 canales.
- 3) Frecuencia de muestreo 100 kHz
- 4) Resolución de 12 bits.









- 1) Modelos DaqBook 112.

Volcado datos a PC



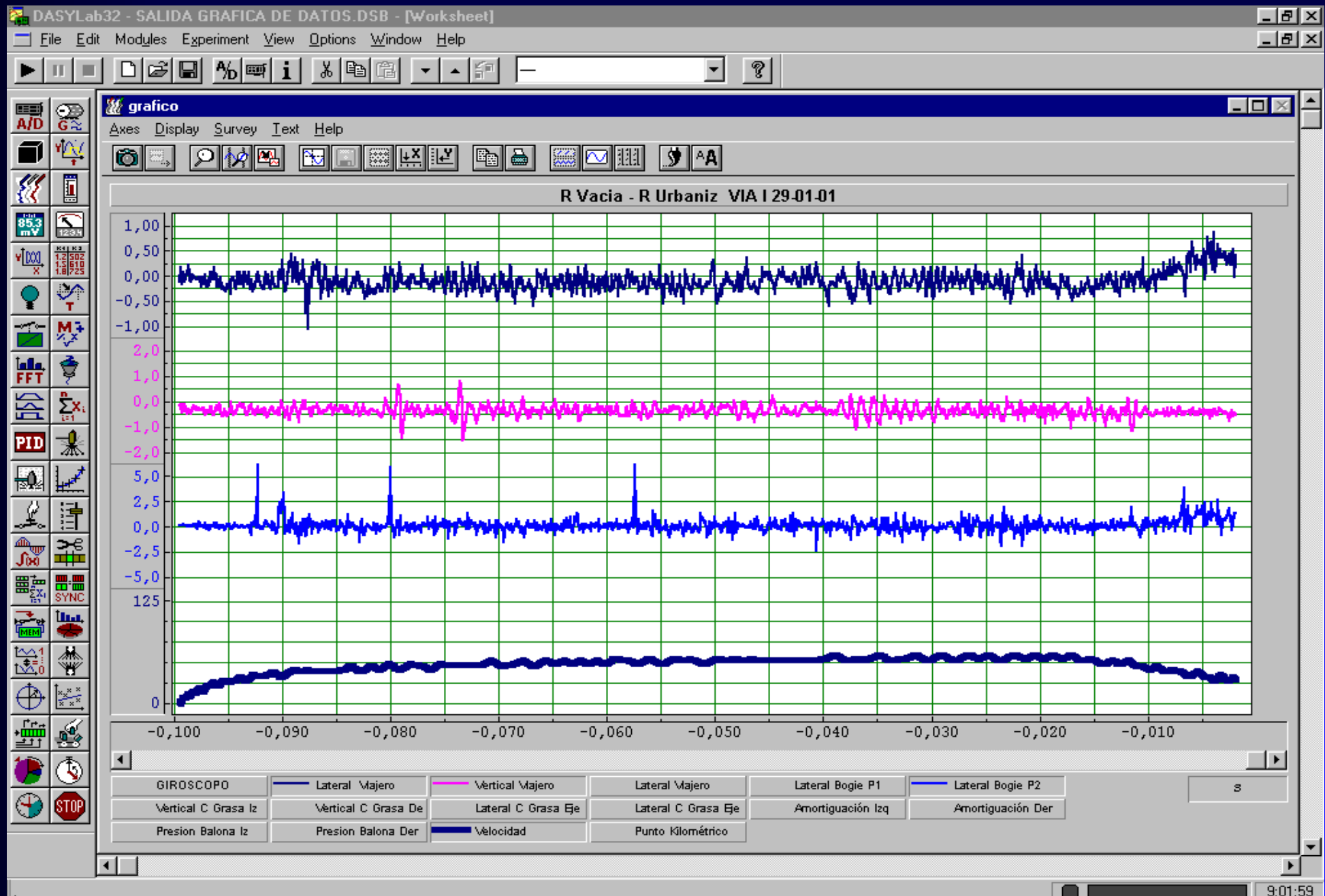


4. Descripción del equipo: Ubicación de los sensores

Sensor	Descripción	Utilización
	Giróscopo	<ul style="list-style-type: none">Ubicación del tren.Obtención diagrama curvaturas.
	Aceleración horizontal en caja.	<ul style="list-style-type: none">Contribución al esfuerzo horizontal de la masa de la caja (ripado).Calidad de marcha.
	Aceleración vertical en caja.	<ul style="list-style-type: none">Calidad de marcha.
	Aceleración horizontal en bogie.	<ul style="list-style-type: none">Contribución al esfuerzo horizontal de la masa del bogie (ripado).
	Aceleración horizontal en eje.	<ul style="list-style-type: none">Contribución al esfuerzo horizontal de la masa del eje (ripado).
	Aceleración vertical en eje.	<ul style="list-style-type: none">Seguridad al descarrilo.Defectos de nivelación.
	Elongación de la amortiguación primaria.	<ul style="list-style-type: none">Seguridad al descarrilo.Defectos de nivelación.Alabeo.
	Sensores de presión.	<ul style="list-style-type: none">Sobrecarga de viajeros.



4. Descripción del equipo: Aplicación para captura y tratamiento de datos





5. ANÁLISIS DE DATOS: PARÁMETROS ANALIZADOS

- ⊙ VELOCIDAD ANGULAR DE GIRO
- ⊙ ACELERACIÓN VERTICAL EN CAJA DE VIAJEROS
- ⊙ ACELERACIÓN VERTICAL EN CAJA DE GRASA
- ⊙ ACELERACIÓN LATERAL EN CAJA DE VIAJEROS
- ⊙ ACELERACIÓN LATERAL EN BOGIE
- ⊙ ACELERACIÓN LATERAL EN CAJA DE GRASA
- ⊙ DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LAS AMORTIGUACIONES PRIMARIAS
- ⊙ DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LAS AMORTIGUACIONES SECUNDARIAS
- ⊙ PRESIÓN EN BALONA



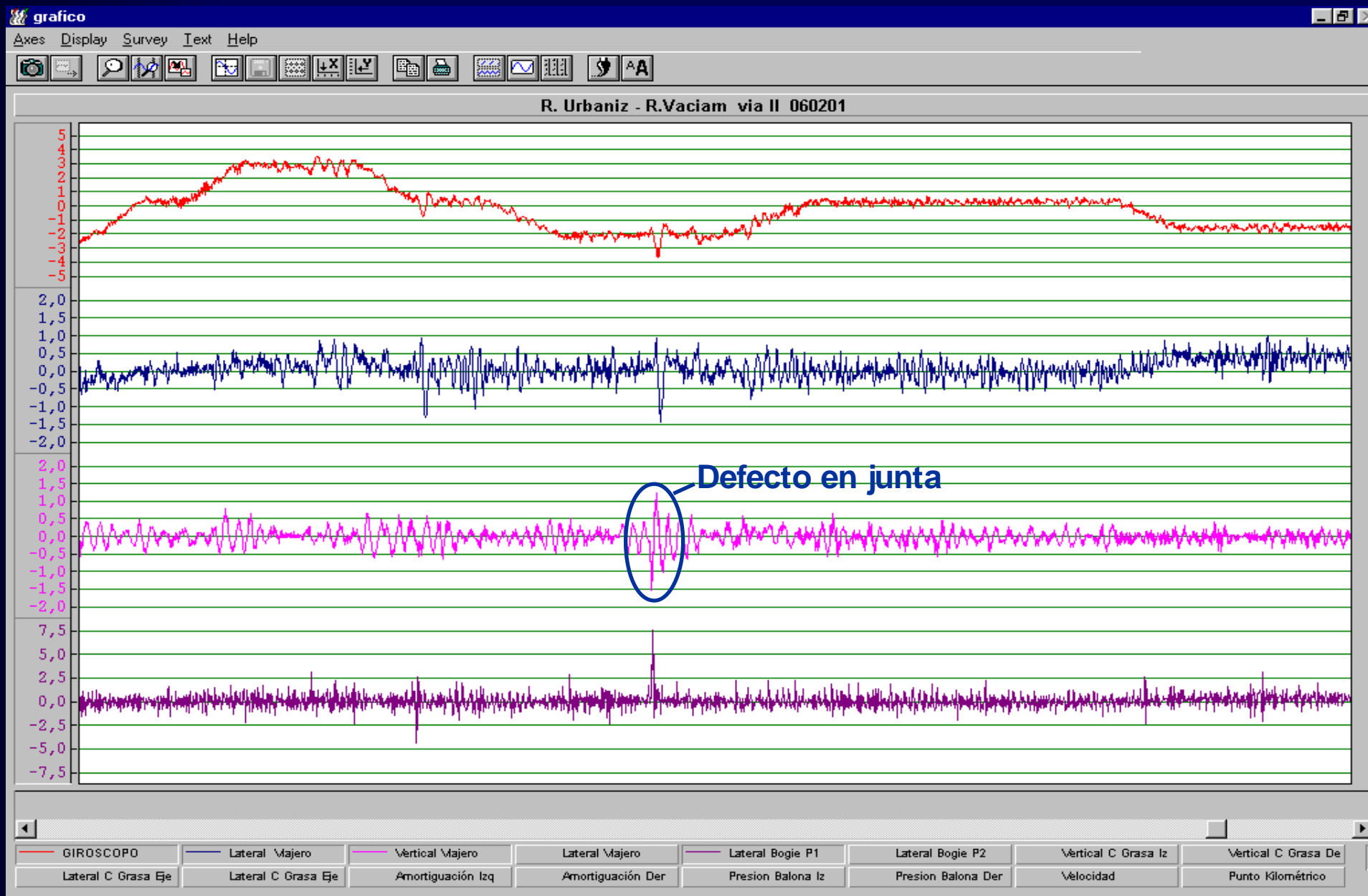
5. ANÁLISIS DE DATOS: METODOLOGÍA

- ◎ Establecimiento de niveles máximos de los diferentes parámetros basado en:
 - Normativa (UIC-518, etc).
 - Degradación de la vía.
 - Deterioro de Material Móvil.
 - Calidad de marcha.

- ◎ Evolución respecto situación original u óptima:
 - Determinación de las desviaciones máximas de cada parámetro.

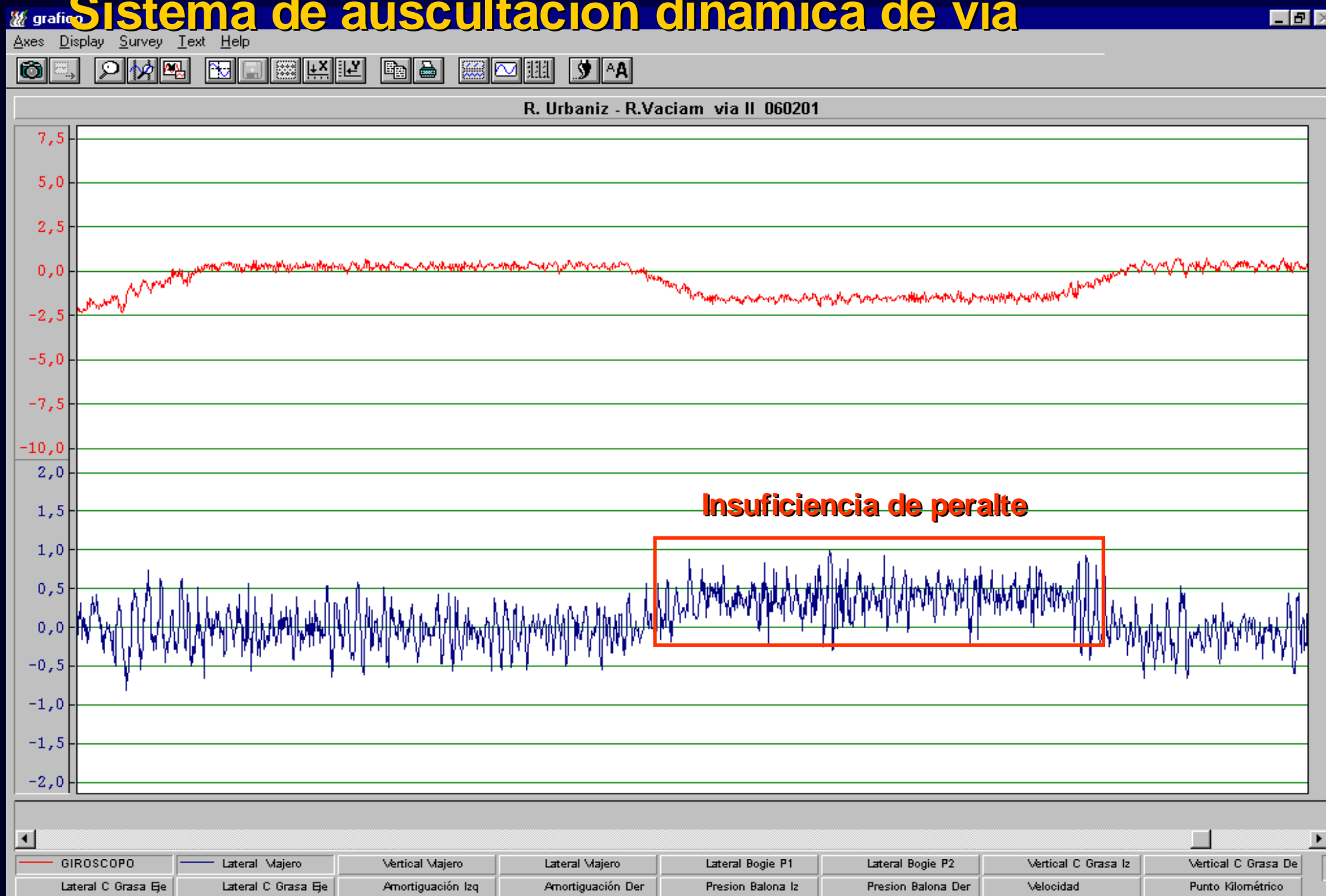


Sistema de auscultación dinámica de vía



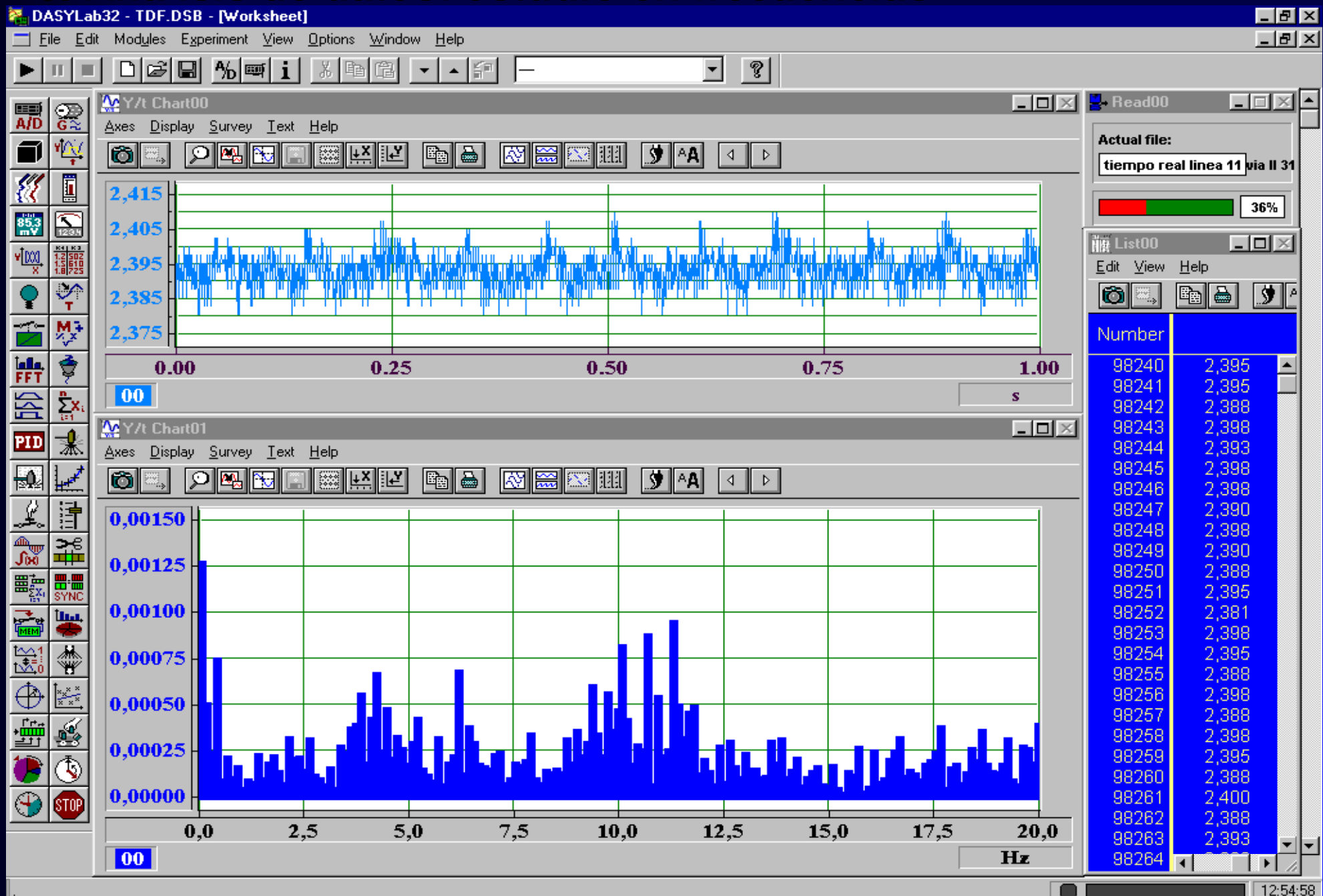


Sistema de auscultación dinámica de vía





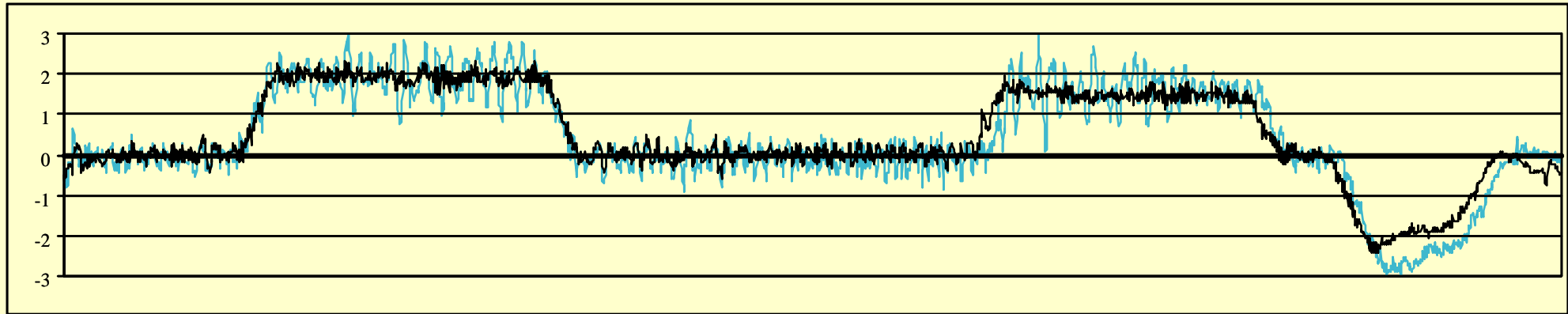
5. Análisis de datos: estudio en frecuencias



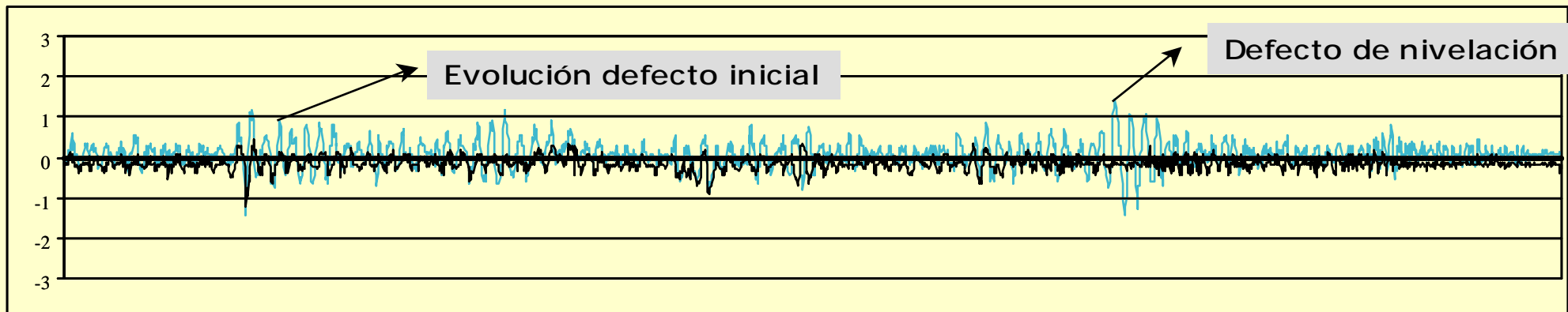


5. Análisis de datos: evolución del estado de la vía

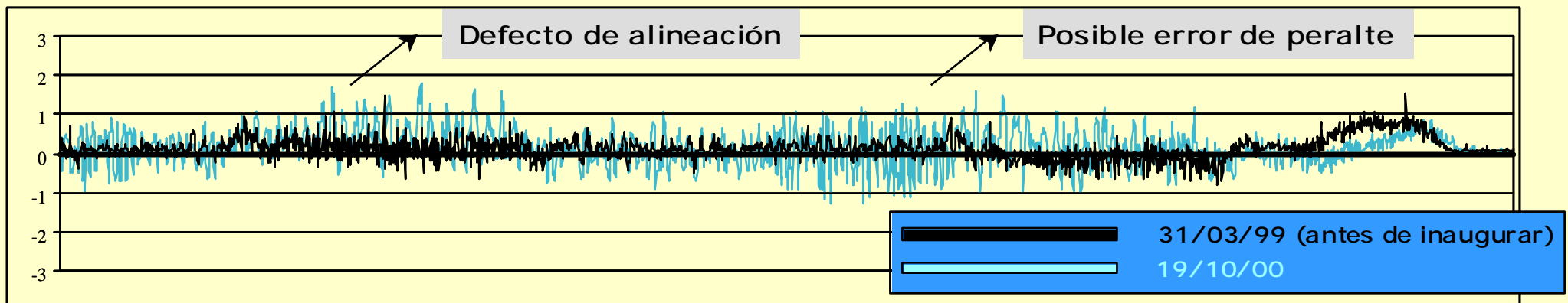
Giróscopo:



Vertical de Caja de Viajeros:



Lateral Caja de Viajeros:

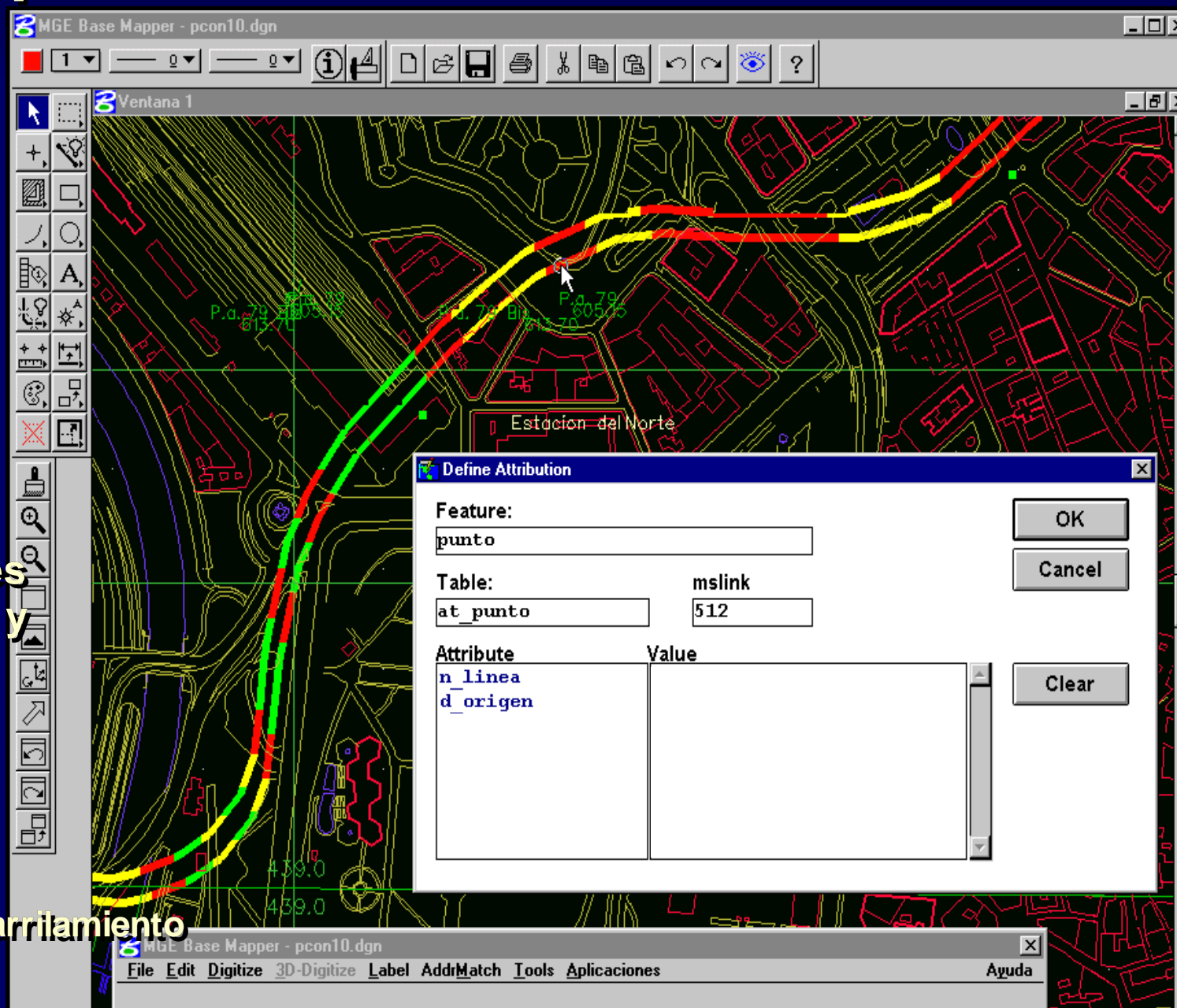


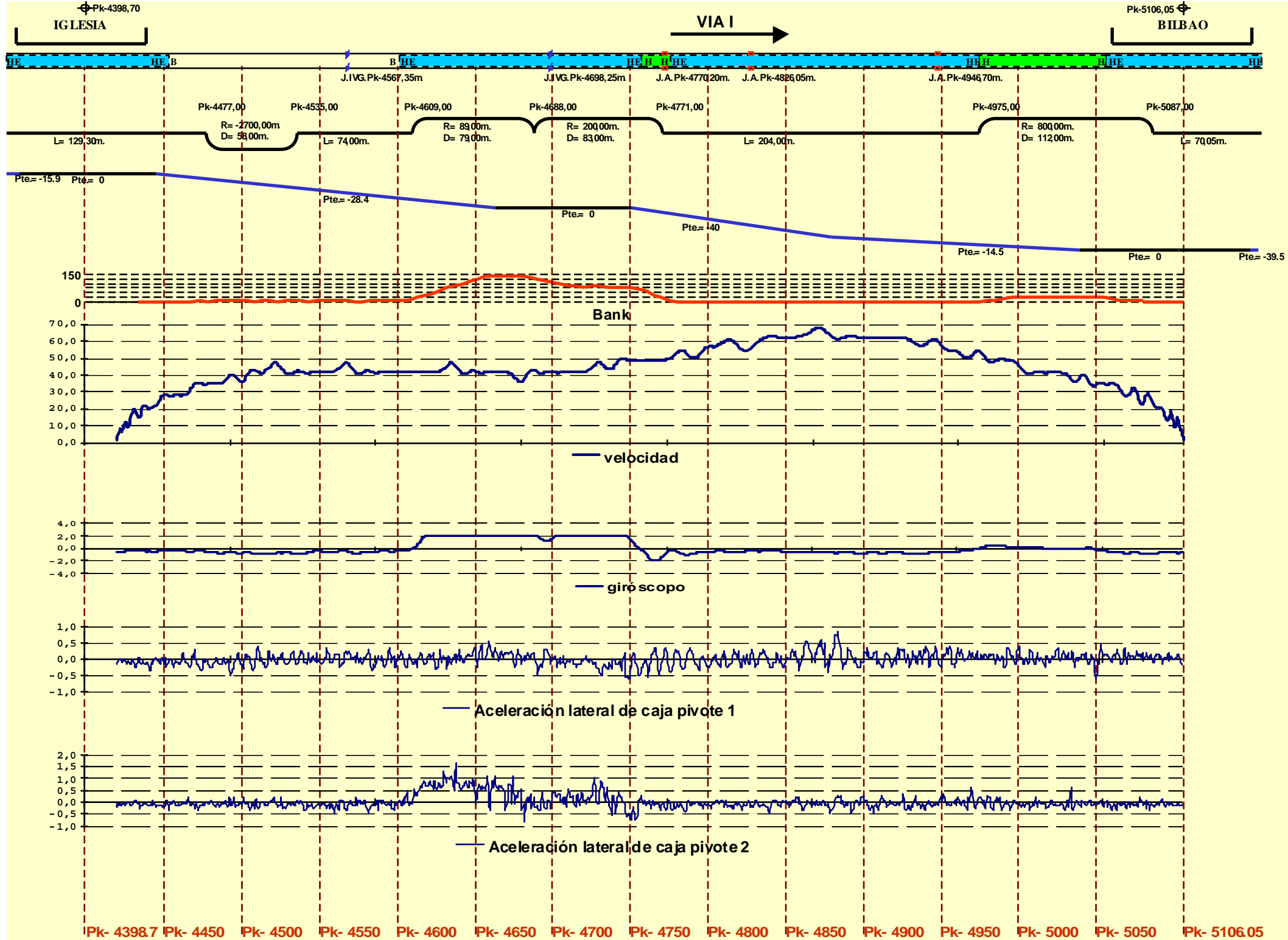


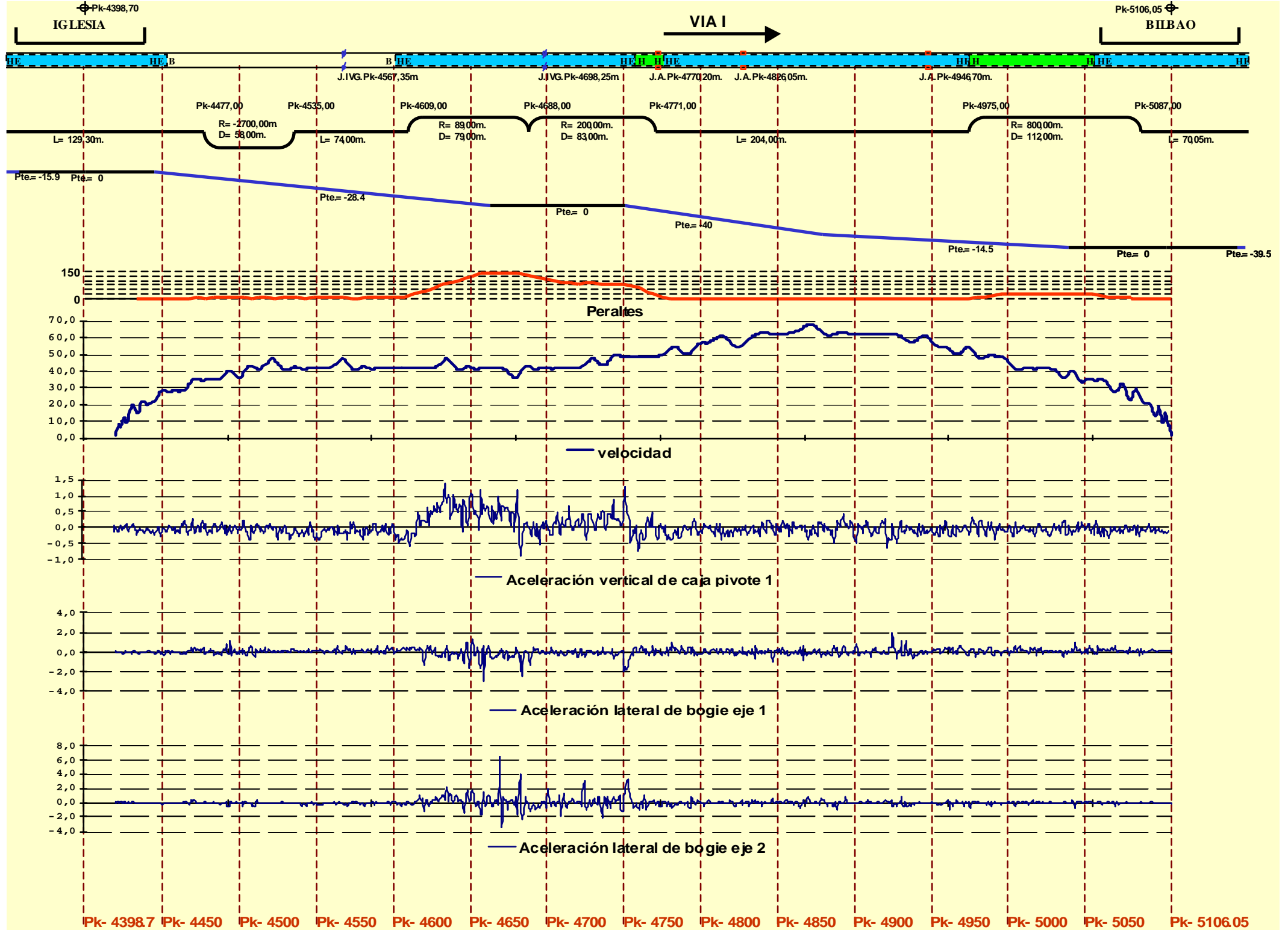
GIS para la Auscultación de Vía

Consulta de los valores
numéricos de señales y
ubicación en la red:

- Calidad de Marcha
- Degradación de la Vía
- Seguridad Contra Descarrilamiento



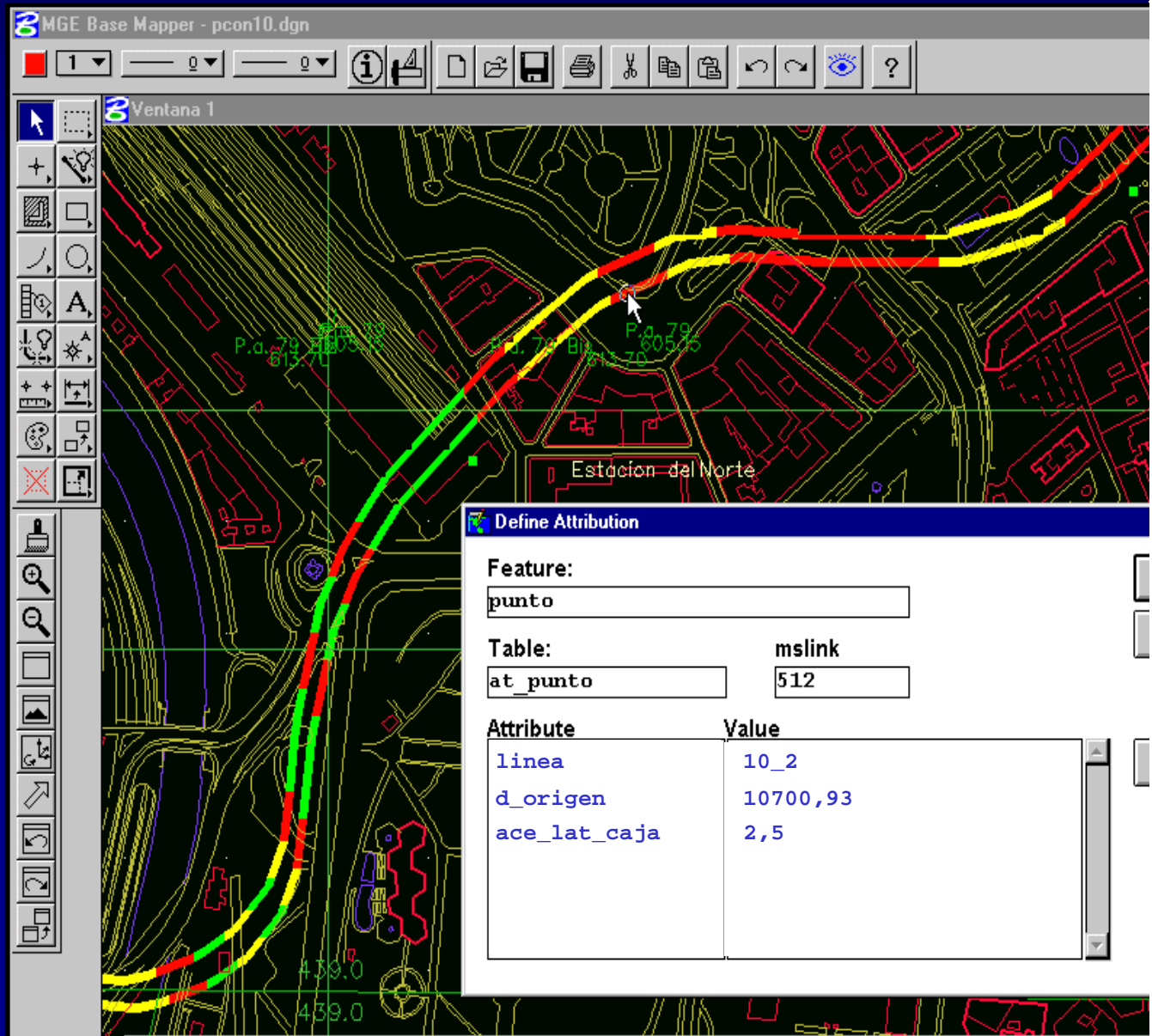






GIS para la Auscultación de Vía

Consulta de los valores
numéricos de señales y
ubicación en la red:





6. CONCLUSIONES

- ⊙ Establecimiento de niveles de actuaciones de mantenimiento en la red (incluyendo juntas, pasos hormigón-balasto,...).
- ⊙ Obtención de índice de calidad de vía.



Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía



Equipamiento para
captación de
imágenes en túnel

Descripción del Sistema

Aplicación Informática

Acceso, gestión, visualización y
configuración de imágenes

integración con datos de
auscultación de vía

Auscultación
Dinámica de vía

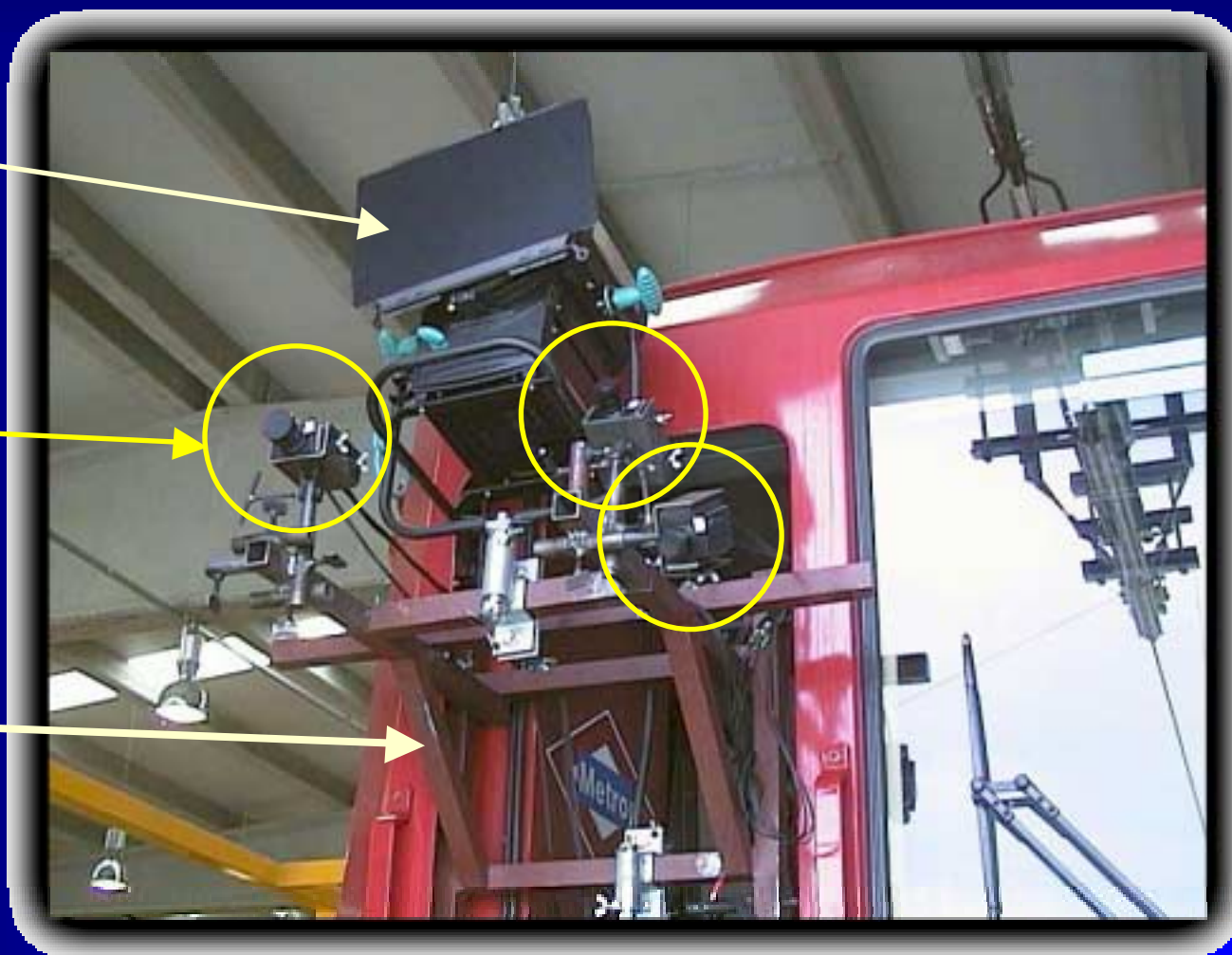


1. Equipamiento para Captura y Digitalización de Imágenes

Focos

Cámaras

Estructura Soporte



1. Equipamiento para Captura y Digitalización de Imágenes

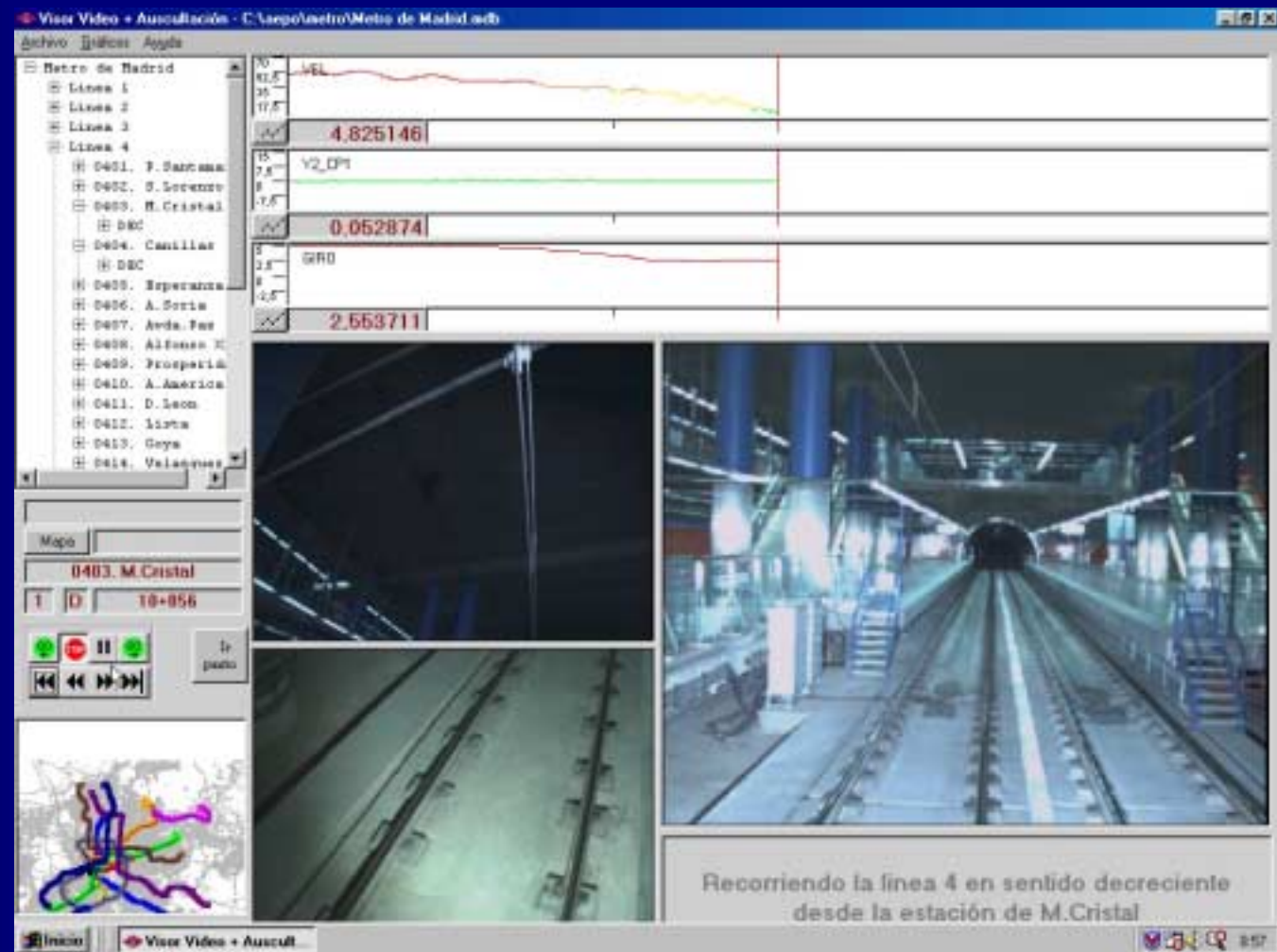


Rack de Control:

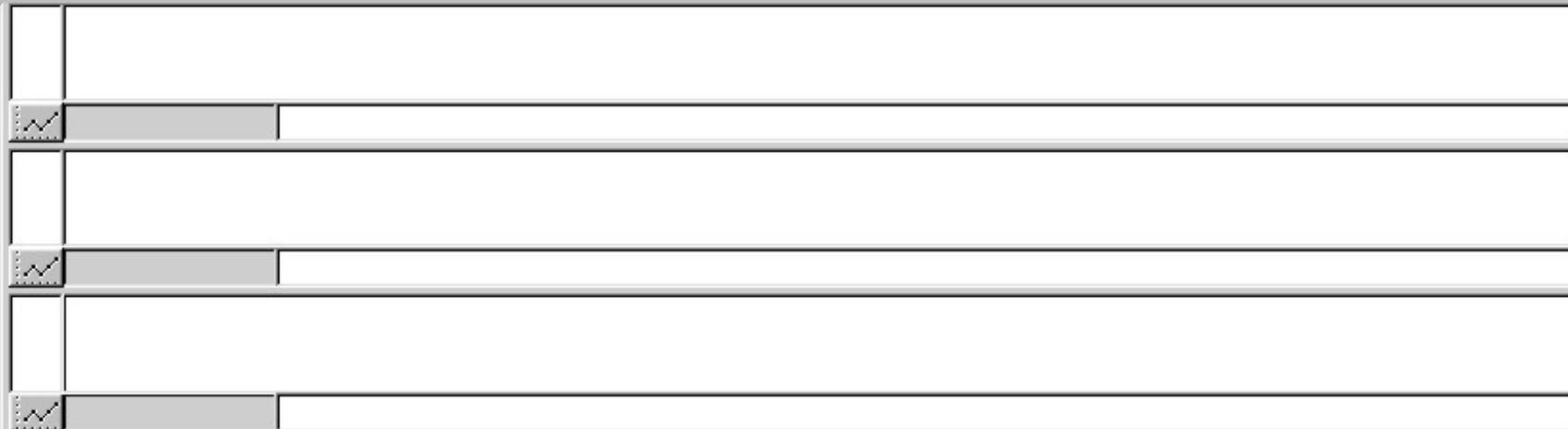
- Ordenador de Control del sistema de Digitalización
- Software de digitalización en tiempo real
- Sistema de Alimentación Autónomo



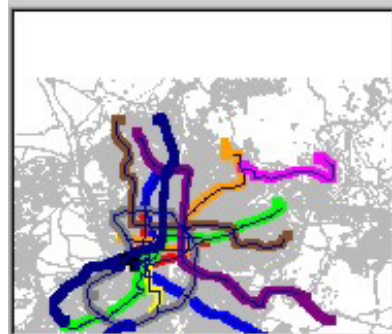
2. Aplicación Informática



Metrol de Madrid

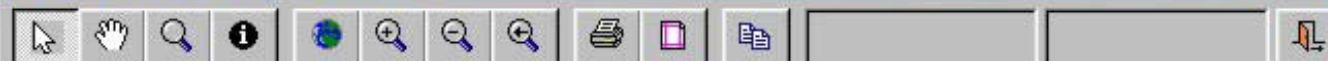


Mapa

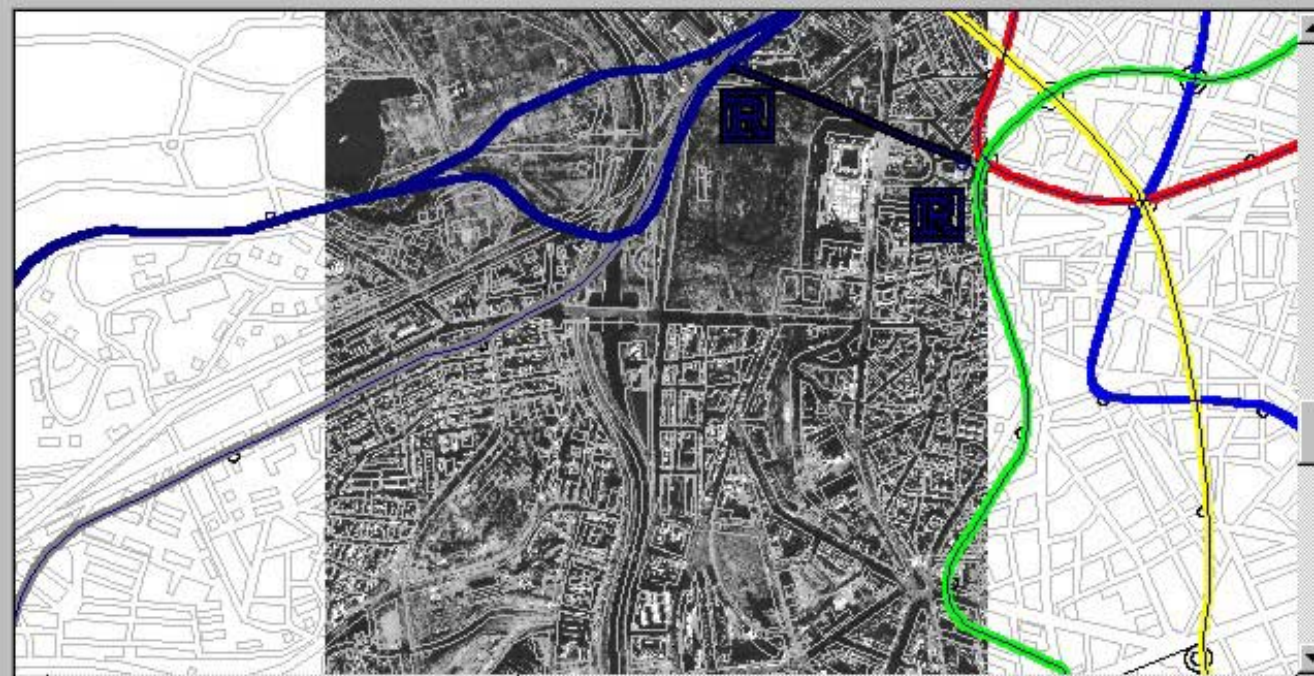


Met Metro de Madrid

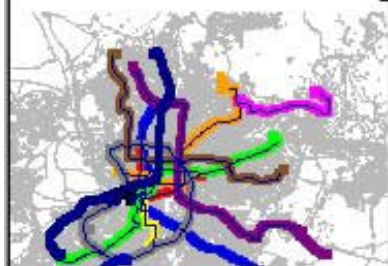
Mapa de la red - Metro de Madrid



Tramo:



Mapa

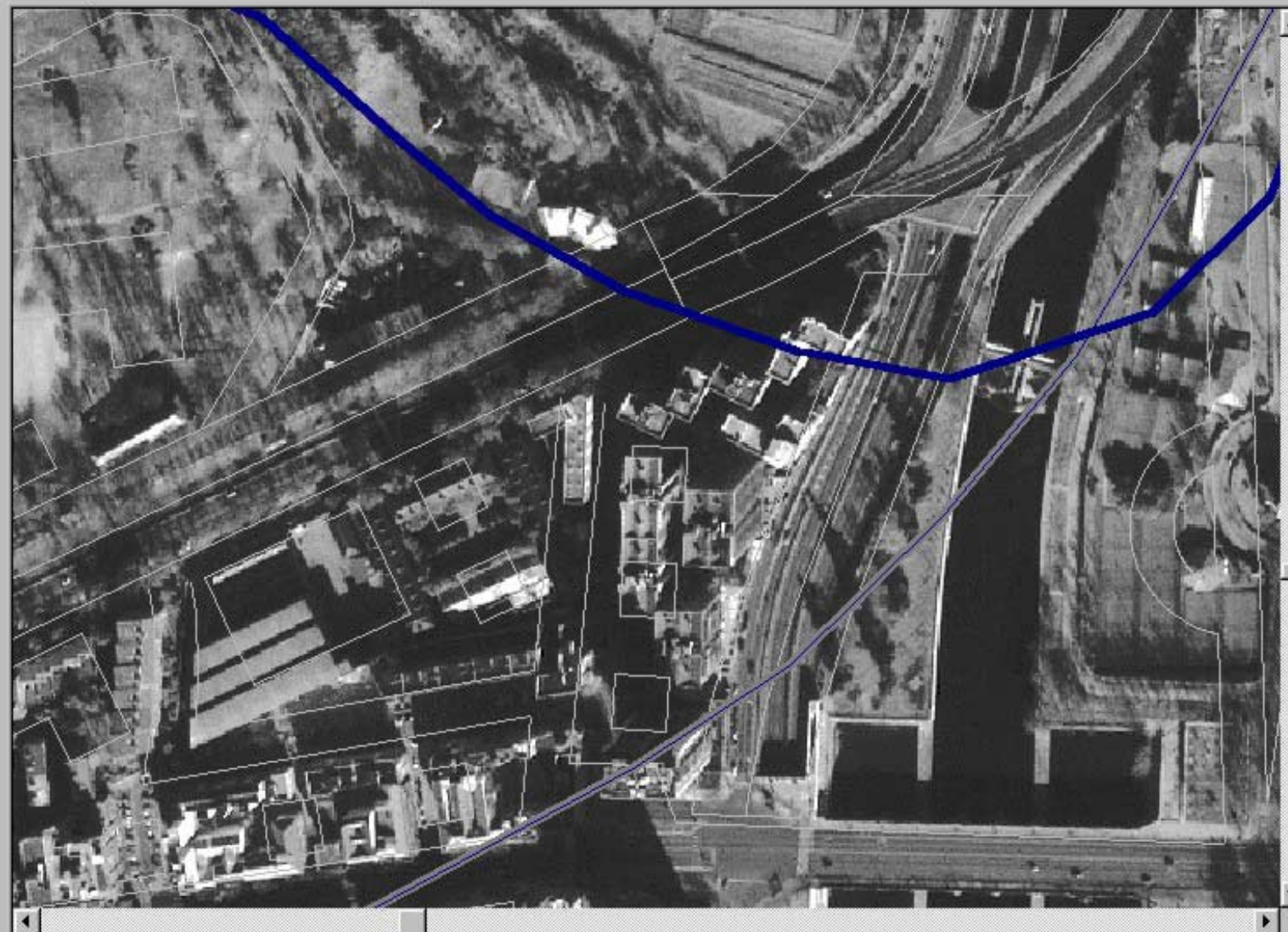


Metrol de Madrid

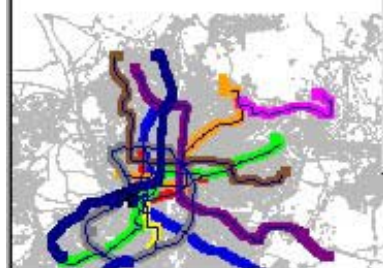
Mapa de la red - Metro de Madrid



Tramo:



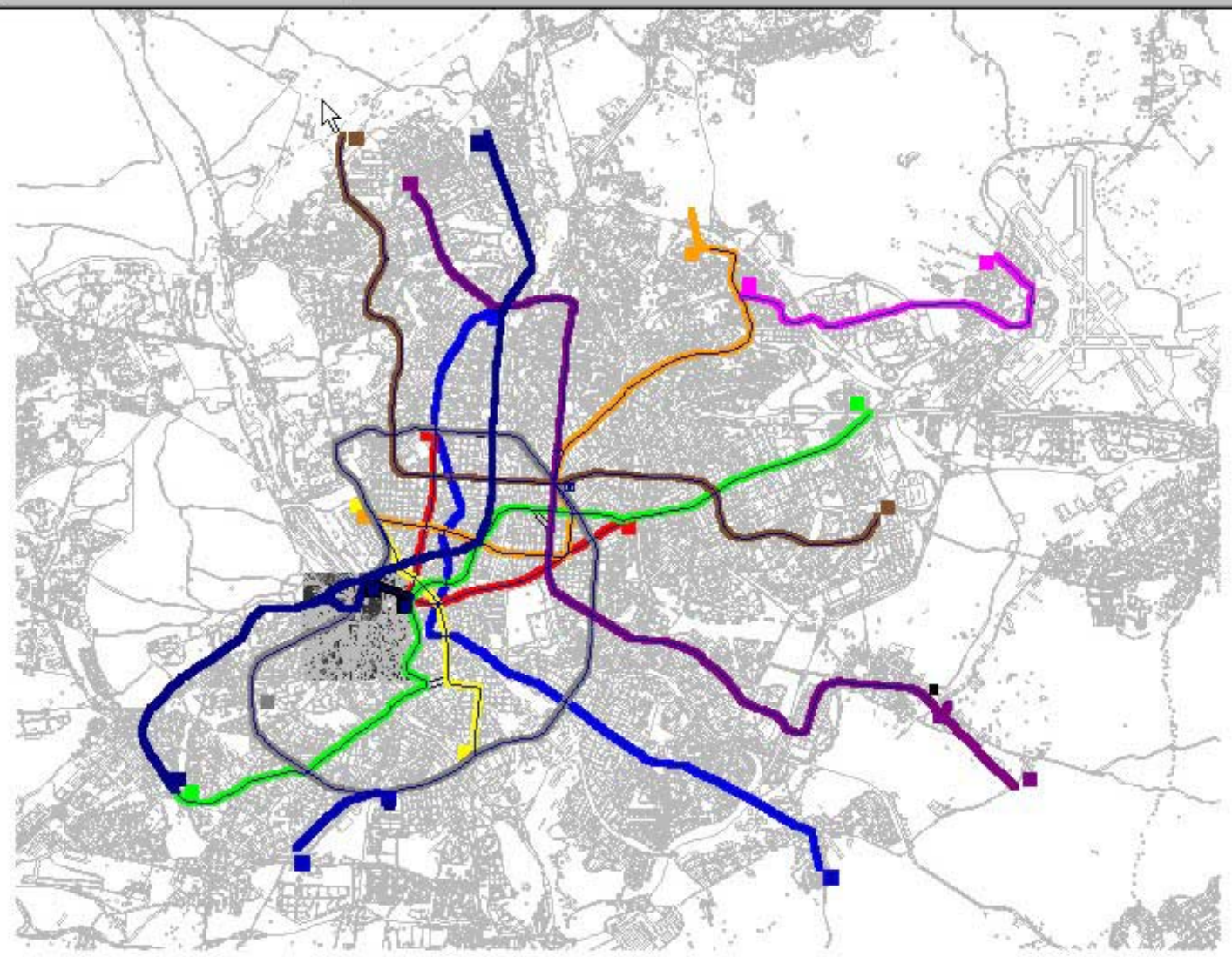
Mapa



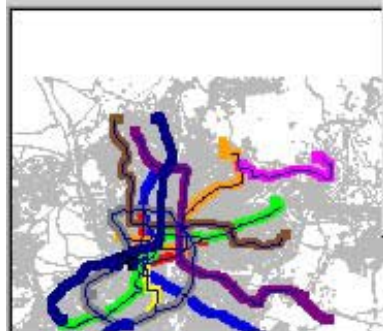
Mapa de la red - Metro de Madrid



Tramo:



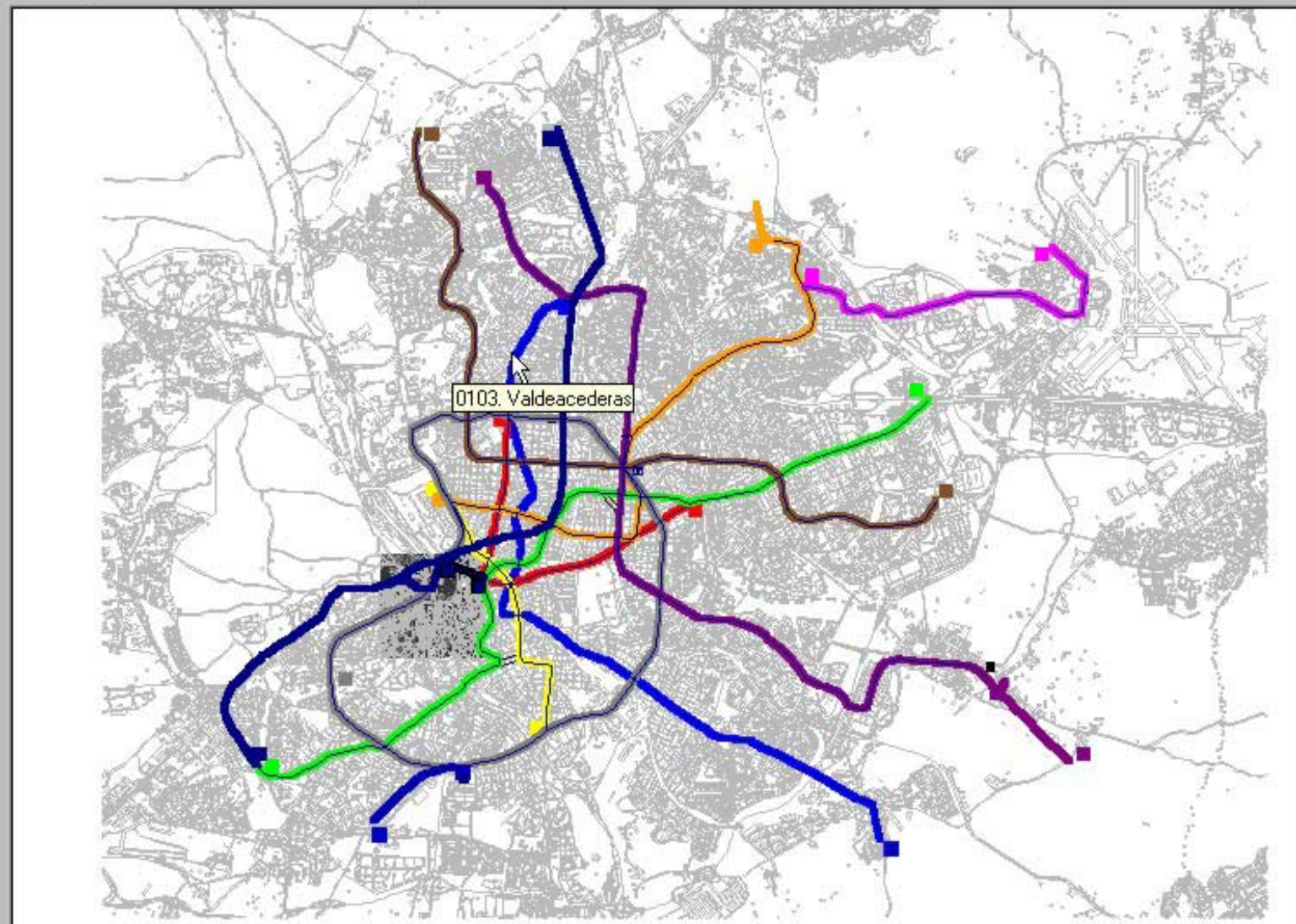
Mapa



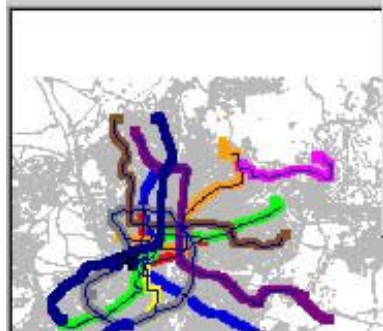
Mapa de la red - Metro de Madrid



Tramo: 0103. Valdeacederas



Mapa



Metro de Madrid

+ Linea 1

+ Linea 2

+ Linea 3

- Linea 4

+ 0401. P.Santama:

+ 0402. S.Lorenzo

+ 0403. M.Cristal

- 0404. Canillas

+ DE

+ 0405. Esperanza

+ 0406. A.Soria

+ 0407. Avda.Paz

+ 0408. Alfonso X

+ 0409. Prosperid

+ 0410. A.America

+ 0411. D.Leon

+ 0412. Lista

+ 0413. Goya

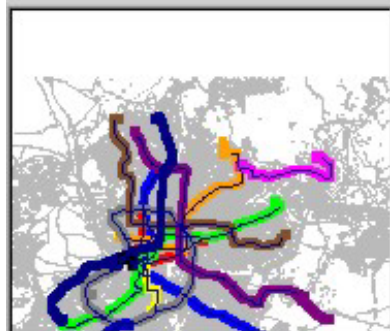
+ 0414. Velazquez

+ 0415. Serrano

Gráfico: GIRO

Mapa

212

Ir
punto

Metro de Madrid

+ Línea 1

+ Línea 2

+ Línea 3

- Línea 4

- 0401. P.Santama:

+ DEC

- 0402. S.Lorenzo

+ DEC

- 0403. M.Cristal

+ DEC

- 0404. Canillas

+ DEC

+ 0405. Esperanza

+ 0406. A.Soria

+ 0407. Avda.Paz

+ 0408. Alfonso X

+ 0409. Prosperid

+ 0410. A.America

+ 0411. D.Leon

+ 0412. Lista

70
52,5
35
17,5

VEL

6,965469

15
7,5
0
-7,5

Y2_CP1

0,052874

5
2,5
0
-2,5

Y2_CP2

-0,470012

Mapa

0402. S.Lorenzo

1

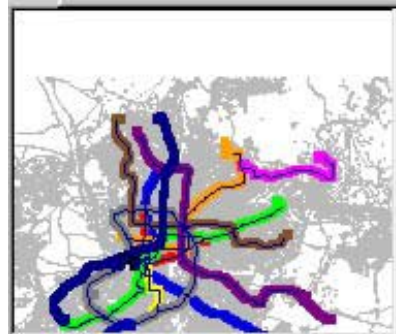
D

11+319

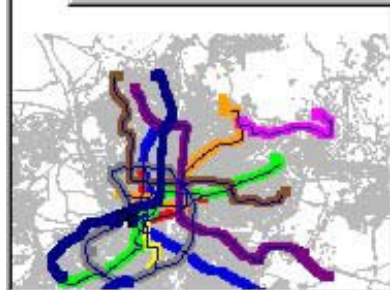
Ir
punto

Recorriendo la línea 4 en sentido decreciente
desde la estación de S.Lorenzo

Video Inventario

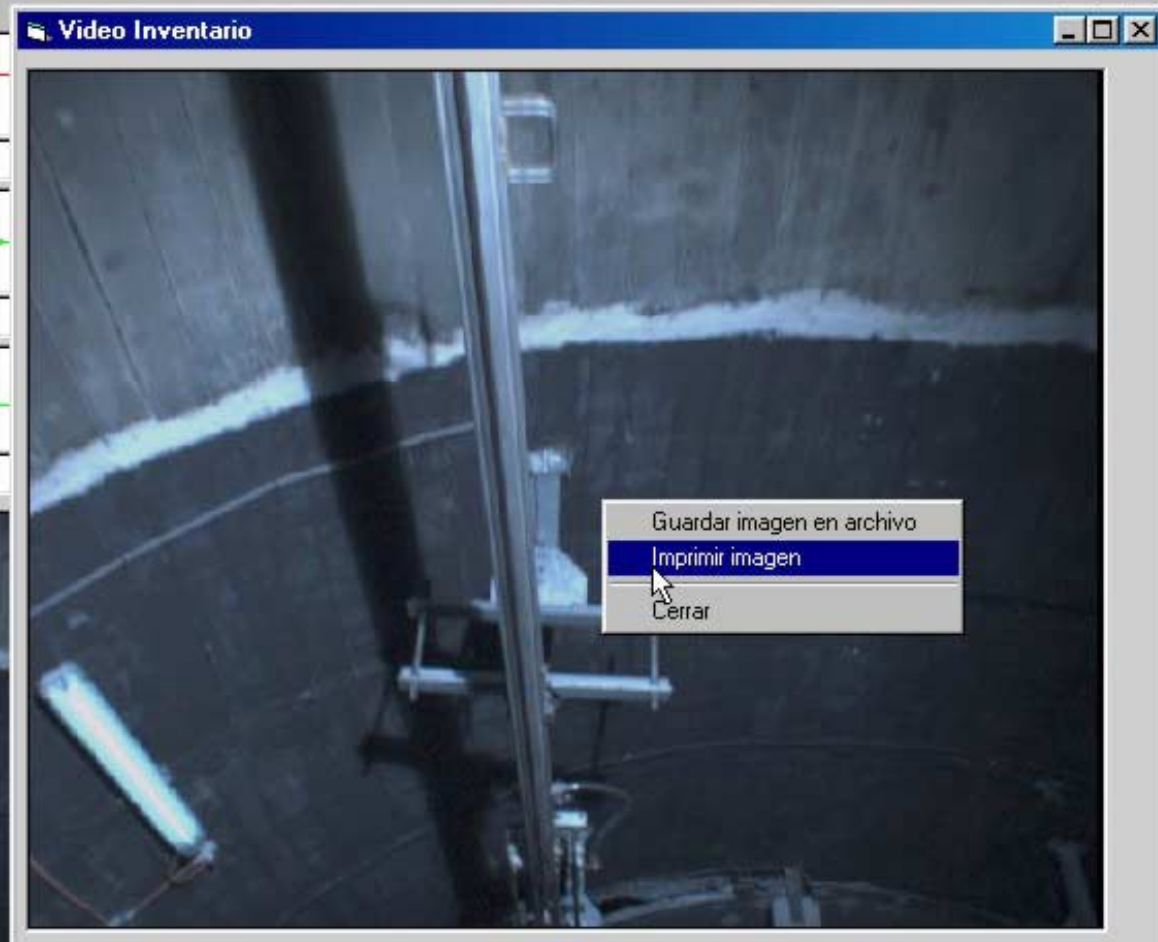
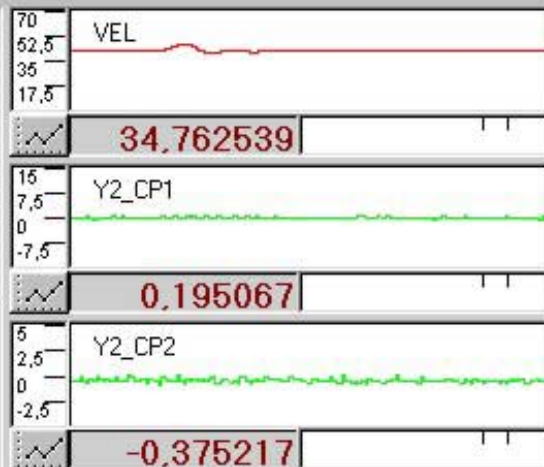


Recorriendo la linea 8 en sentido creciente
desde la estación de Aeropuerto

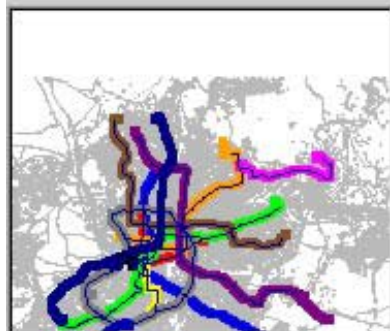


Recorriendo la línea 8 en sentido creciente
desde la estación de M. De Cristal

- + 0118. Menendez
- + 0119. Pacifico
- + 0120. P.Valleca
- + 0121. N.Numancia
- + 0122. Portazgo
- + 0123. Buenos Ai
- + 0124. A.del Ares
- 0125. M.Hernández
 - + CRE
- 0126. S.Guadalupe
 - CRE
 - 14+920
 - 15+000
 - 15+420
- + 0127. V.Valleca
- + 0128. Congosto
- + Línea 2
- + Línea 3
- + Línea 4
- + Línea 5
- + Línea 6



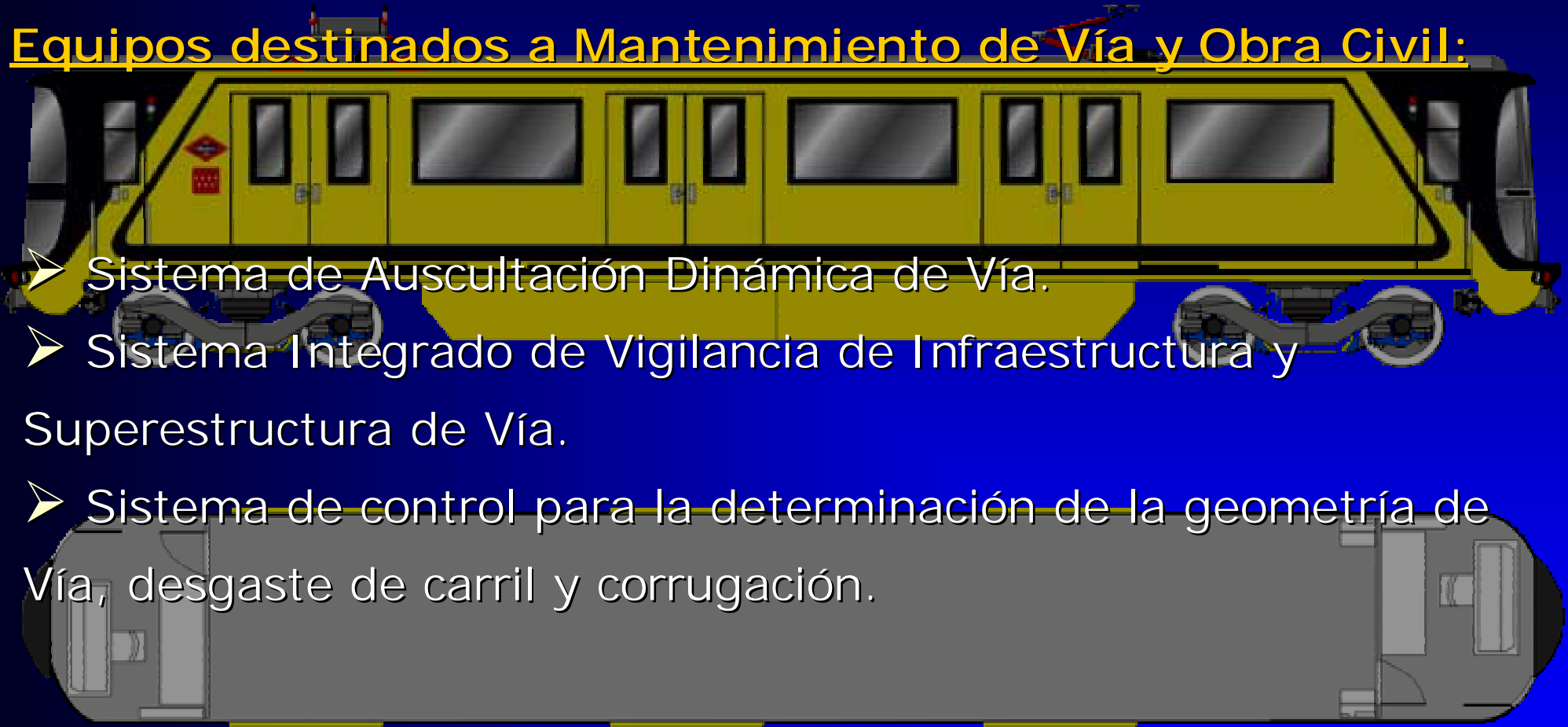
Recorriendo la línea 1 en sentido creciente desde la estación de S.Guadalupe





FUTURO TREN LABORATORIO: Sistemas de Medición

Equipos destinados a Mantenimiento de Vía y Obra Civil:



- Sistema de Auscultación Dinámica de Vía.
- Sistema Integrado de Vigilancia de Infraestructura y Superestructura de Vía.
- Sistema de control para la determinación de la geometría de Vía, desgaste de carril y corrugación.



FUTURO TREN LABORATORIO: Sistemas de Medición

Equipos destinados a Mantenimiento de Instalaciones Electromecánicas:



- Sistema de Auscultación Dinámica de Línea Aérea (Desgaste, descentramiento y altura).
- Analizador de la calidad del contacto en Línea Aérea.





FUTURO TREN LABORATORIO: Sistemas de Medición

Equipos destinados a Mantenimiento de Instalaciones Electrónicas:

➤ Sistema para medición de los parámetros de las señales de radio (Cobertura, nivel de señal demodulada, desviación en frecuencia, etc.).

➤ Sistema para medición de los parámetros de A.T.P. y A.T.O. (Nivel de señal, códigos, etc.).

Varios:

➤ Sistemas para control de la Calidad Medioambiental.



Metro de Madrid
Dirección de Proyectos y Obras

UNIDAD DE INSTALACIONES FIJAS
G^a DE GESTIÓN Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO

Nuevas Tecnologías Aplicadas al Mantenimiento de las Instalaciones Fijas

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Comunidad de Madrid
Consejería de Obras Públicas
Urbanismo y Transportes