

**CONTRATO DE CONSULTORÍA Y ASISTENCIA  
PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA  
PARA LA RECEPCIÓN DE PUENTES DE LA  
LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD  
MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA.  
TRAMO: PUENTE DE EBRO-LLEIDA.  
BASE DE MONTAGUT.**



**INFORME DE PRUEBA DE CARGA**

**SUBTRAMO IV  
P.I. CANAL DE SASTAGO  
26VI02**

## INDICE

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>1.- INTRODUCCIÓN.</u></b>                           | <b>3</b>  |
| 1.1.- INTRODUCCIÓN.                                       | 3         |
| 1.2.- ANTECEDENTES.                                       | 3         |
| <b><u>2.- OBJETO.</u></b>                                 | <b>4</b>  |
| <b><u>3.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.</u></b>                 | <b>5</b>  |
| <b><u>4.- INSPECCIÓN PRELIMINAR.</u></b>                  | <b>6</b>  |
| <b><u>5.- ANÁLISIS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA.</u></b> | <b>7</b>  |
| 5.1.- DEFINICIÓN COMPLETA DE ELEMENTOS.                   | 7         |
| 5.2.- ACCIONES CONSIDERADAS.                              | 7         |
| 5.3.- MODELIZACIÓN EMPLEADA.                              | 7         |
| 5.4.- MATERIALES Y COEFICIENTES DE CÁLCULO.               | 7         |
| 5.5.- EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ESTRUCTURAL.             | 8         |
| <b><u>6.- PLAN DE PRUEBAS.</u></b>                        | <b>9</b>  |
| 6.1.-ACCIONES REPRODUCIDAS.                               | 9         |
| 6.2.- PUNTOS DE MEDIDA.                                   | 11        |
| 6.3.- EQUIPOS UTILIZADOS.                                 | 12        |
| 6.4.- RESULTADOS PREVISTOS.                               | 17        |
| <b><u>7.- PRUEBA DE CARGA.</u></b>                        | <b>19</b> |
| 7.1.-DESCRIPCIÓN.                                         | 19        |
| 7.2.- RESULTADOS OBTENIDOS.                               | 20        |
| <b><u>8.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.</u></b>             | <b>25</b> |
| 8.1.- PRUEBA ESTÁTICA.                                    | 25        |
| 8.2.- PRUEBAS DINÁMICAS.                                  | 26        |
| <b><u>9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</u></b>         | <b>28</b> |
| <b>ANEJO 1.- DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR EL GIF.</b>     |           |

**ANEJO 2.- PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA.**

|                                                  |   |
|--------------------------------------------------|---|
| 1.- INTRODUCCIÓN .....                           | 2 |
| 2.- DATOS DE LA ESTRUCTURA .....                 | 2 |
| 3.- DEFINICIÓN DE LA CARGA DE PRUEBA .....       | 3 |
| 4.- MEDIDAS A REALIZAR.....                      | 4 |
| 5.- PLAN DE CARGA Y PROGRAMACIÓN DEL ENSAYO..... | 5 |
| 6.- PREVISIÓN DE RESULTADOS .....                | 6 |

ANEJO 2A: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA UTILIZADA

ANEJO 2B: EVALUACIÓN DE FLECHAS

ANEJO 2C: TREN DE CARGAS Y SITUACIÓN DE APARATOS DE MEDIDA

**ANEJO 3.- ESQUEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TREN DE CARGAS.**

**ANEJO 4.- REGISTRO DE MEDIDAS.**

**ANEJO 5.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

**ANEJO 6.- ACTA DE LA PRUEBA DE CARGA.**

**ANEJO 7.- FICHA DE SEGUIMIENTO.**

**ANEJO 8.- PLANIMETRÍA Y NIVELACIÓN DE LA ESTRUCTURA.**

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

### ***1.1.- INTRODUCCIÓN.***

A instancias del ente público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) se redacta el presente informe, que forma parte del conjunto de los trabajos relativos a la prestación de los servicios de Consultoría y Asistencia en la realización de las preceptivas Pruebas de Carga para la recepción de puentes en el tramo Madrid - Lleida, de la línea de Alta Velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa, previas a la recepción y puesta en servicio de los mismos, cuyos términos se incluyen en el contrato suscrito por Tecnología e Investigación Ferroviaria, S.A. (TIFSA)

Los puentes sobre los que se ha actuado se encuentran situados en el trayecto Puente de Ebro - Lleida de la línea, correspondientes al montaje de la vía a partir de la base de trabajo de Montagut. Este informe en concreto se refiere al **P.I. Canal de Sasago** con identificación **26VI02** perteneciente al **Subtramo IV**.

Para la redacción de los trabajos objeto del contrato se han tenido en cuenta todas las normas, instrucciones y recomendaciones que estableció el ente público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF)

### ***1.2.- ANTECEDENTES.***

La "Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril" de fecha 25 de junio de 1975, reglamenta en su apartado 6, la metodología a realizar en las pruebas de carga de puentes, haciendo distinción entre las diferentes tipologías, metálicos y de fábrica, y teniendo en cuenta sus luces.

En dicho apartado se indica la necesidad de realizar pruebas de cargas estáticas y dinámicas en la recepción de obra nueva y se prescriben las condiciones para las pruebas de carga de obra en servicio.

Siguiendo la instrucción actual, se contempla la obligatoriedad de la realización de pruebas estáticas y dinámicas en puentes de nueva construcción, como el que se corresponde con el presente informe, para comprobar su comportamiento ante las cargas previstas y poder efectuar su recepción.

## **2.- OBJETO.**

El objeto del informe es presentar las actividades de prueba de carga desarrolladas en la obra de referencia, exponiendo los resultados obtenidos en la misma, al ser solicitada la estructura por un tren de cargas conocido circulando a distintas velocidades (pruebas dinámicas), así como en una posición conocida de velocidad nula (prueba estática), realizando su análisis, con el fin de emitir las conclusiones y recomendaciones oportunas, al contrastar los valores con los resultantes del cálculo teórico efectuado.

Las actividades desarrolladas consistieron en:

- Inspección preliminar de la estructura. Se realizó el día 19 de julio de 2001 con el objeto de analizar el estado actual de la estructura, y de los elementos de apoyo, en función de sus posibles defectos; así como determinar aquellas anomalías que puedan afectar al funcionamiento, durabilidad o estética de la estructura.
- Redacción del plan de pruebas. Con el objeto de definir el tren de cargas empleado y la instrumentación utilizada, así como efectuar una previsión de los resultados a obtener.
- Realización de la Prueba de Carga. Tuvo lugar el día 4 de septiembre de 2001.
- Análisis de Resultados y Recomendaciones. Donde se estudia la relación entre las deformaciones obtenidas y las previstas, las frecuencias de vibración, el porcentaje y rapidez de deformación; y finalmente se establece un juicio sobre el comportamiento de la obra durante la prueba.

### **3.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.**

La estructura objeto de la Prueba de Carga forma parte de las obras de construcción de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-F.Francesa, pertenece al Subtramo IV del tramo Zaragoza-Lleida y se encuentra situada en el PK 28+421.

Se trata de un puente isostático de un vano de 30,85 m de luz constituido por dos vigas artenas de hormigón pretensado, conectadas a una losa hormigón armado de 30 cm de espesor como cabeza de compresión. El tablero presenta una anchura de 13,70 m y no presenta esviaje.

Los estribos son de hormigón armado del tipo de muro frontal con aletas con cimentación directa. La altura máxima de estribos es de 6,08 m y su anchura máxima es de 13,70 m.

La infraestructura viaria colocada en la actualidad, es la correspondiente a dos vías de F.C. de ancho internacional cuyos ejes distan entre sí 4,65 m.

La información facilitada sobre esta estructura es muy incompleta, puesto que tan solo se dispone de unos planos de trazado, de estribos y de apoyos tipo POT, de los que se han obtenido muchos de los datos por medición directa sobre el plano. No se ha dispuesto del correspondiente Anejo de Cálculo.

En el Anejo 2A contenido dentro del ANEJO 2 - Proyecto de Prueba de Carga, se incluye copia de los planos facilitados.

#### **4.- INSPECCIÓN PRELIMINAR.**

Durante los trabajos de Inspección Preliminar llevados a cabo el día 19 de julio de 2001, en la obra **P.I. Canal de Sastago (26VI02)** previos a la ejecución de la Prueba de Carga, se desprende que el estado general de la estructura es bueno, no obstante, presenta defectos con riesgo de evolución patológica.

En lo referente a los estribos, se apreciaron defectos con incidencia en la estética tales como coqueras y nidos de grava, armaduras vistas someras y vegetación adosada, defectos con riesgo de evolución patológica como fisuras y grietas, así como daños en el espaldón que pueden considerarse defectos con evolución patológica. Por otro lado, hay cubrejuntas a la salida sin montar, y latiguillos a la vista.

La obra no tiene pilas y los aparatos de apoyo no presentan daños de ningún tipo.

Por su parte, el tablero presenta defectos con incidencia en la estética como son desprendimientos y humedades y filtraciones.

En cuanto al resto de elementos, la impermeabilización presenta defectos con incidencia en la estética y las juntas de dilatación tienen defectos con evolución patológica. El puente no tiene desagües.

En el ANEJO 7 - Ficha de Seguimiento (Revisión 0), del presente informe pueden seguirse las fichas detalladas con indicación de los distintos defectos e incidencias observadas durante la inspección. Es preciso reseñar que el estado de la estructura antes y después de la prueba de carga sigue siendo el mismo, es decir, que no ha aparecido ningún defecto adicional.

## **5.- ANÁLISIS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA.**

La información facilitada sobre esta estructura es muy incompleta, puesto que tan solo se dispone de unos planos de trazado, de estribos y de apoyos tipo POT, de los que se han obtenido muchos de los datos por medición directa sobre el plano. No se ha dispuesto del correspondiente Anejo de Cálculo.

### ***5.1.- Definición completa de elementos.***

Se trata de un puente isostático de un vano de 30,85 m de luz constituido por dos vigas artesas de hormigón pretensado, conectadas a una losa hormigón armado de 30 cm de espesor como cabeza de compresión. El tablero presenta una anchura de 13,70 m y no presenta esviaje.

Los estribos son de hormigón armado del tipo de muro frontal con aletas con cimentación directa. La altura máxima de estribos es de 6,08 m y su anchura máxima es de 13,70 m.

La infraestructura viaria colocada en la actualidad, es la correspondiente a dos vías de F.C. de ancho internacional cuyos ejes distan entre sí 4,65 m.

### ***5.2.- Acciones consideradas.***

No se ha podido hacer este apartado.

### ***5.3.- Modelización empleada.***

No se ha podido hacer este apartado.

### ***5.4.- Materiales y coeficientes de cálculo.***

Hay que reseñar que el proyecto constructivo fue calculado estando vigente la EH-91, en la que se emplea una nomenclatura algo diferente a la empleada en la EHE. Hemos optado utilizar la actual.

En cuanto a los hormigones, se han empleado los siguientes tipos:

- Nivelación H-125 -  $\gamma=1,50$
- Cimentación: H-25 -  $\gamma=1,50$
- Vigas Artesas: H-50 -  $\gamma=1,50$
- Estribos: H-25 -  $\gamma=1,50$

En cuanto a los aceros, se han empleado los siguientes tipos:

- Activo losa:  $f_{\max,k}= 19.000 \text{ kg/cm}^2$  -  $\gamma=1,15$
- Pasivo estribos: B-500S -  $\gamma=1,15$
- Pasivo vigas: B500S -  $\gamma=1,15$

#### ***5.5.- Evaluación de la situación estructural.***

Como hemos citado anteriormente no se dispone de información respectiva al anejo de cálculo del tablero, por lo tanto no podemos aportar ninguna conclusión al respecto.

## **6.- PLAN DE PRUEBAS.**

Es preciso indicar que con anterioridad a la de este informe, se efectuó otra prueba de carga con objeto de realizar una recepción provisional de la obra y un primer análisis de la respuesta de la estructura frente a acciones estáticas y dinámicas. Aquella prueba se realizó con camiones cuando la infraestructura de vía no estaba todavía colocada. La conclusión del análisis de dichas pruebas indicaba que el comportamiento de la estructura había sido correcto.

La prueba de carga de la que es objeto el presente informe se realizó, por el contrario, con trenes, según se comenta en los siguientes apartados, en los que se hablará de acciones reproducidas, puntos de medida y equipos utilizados.

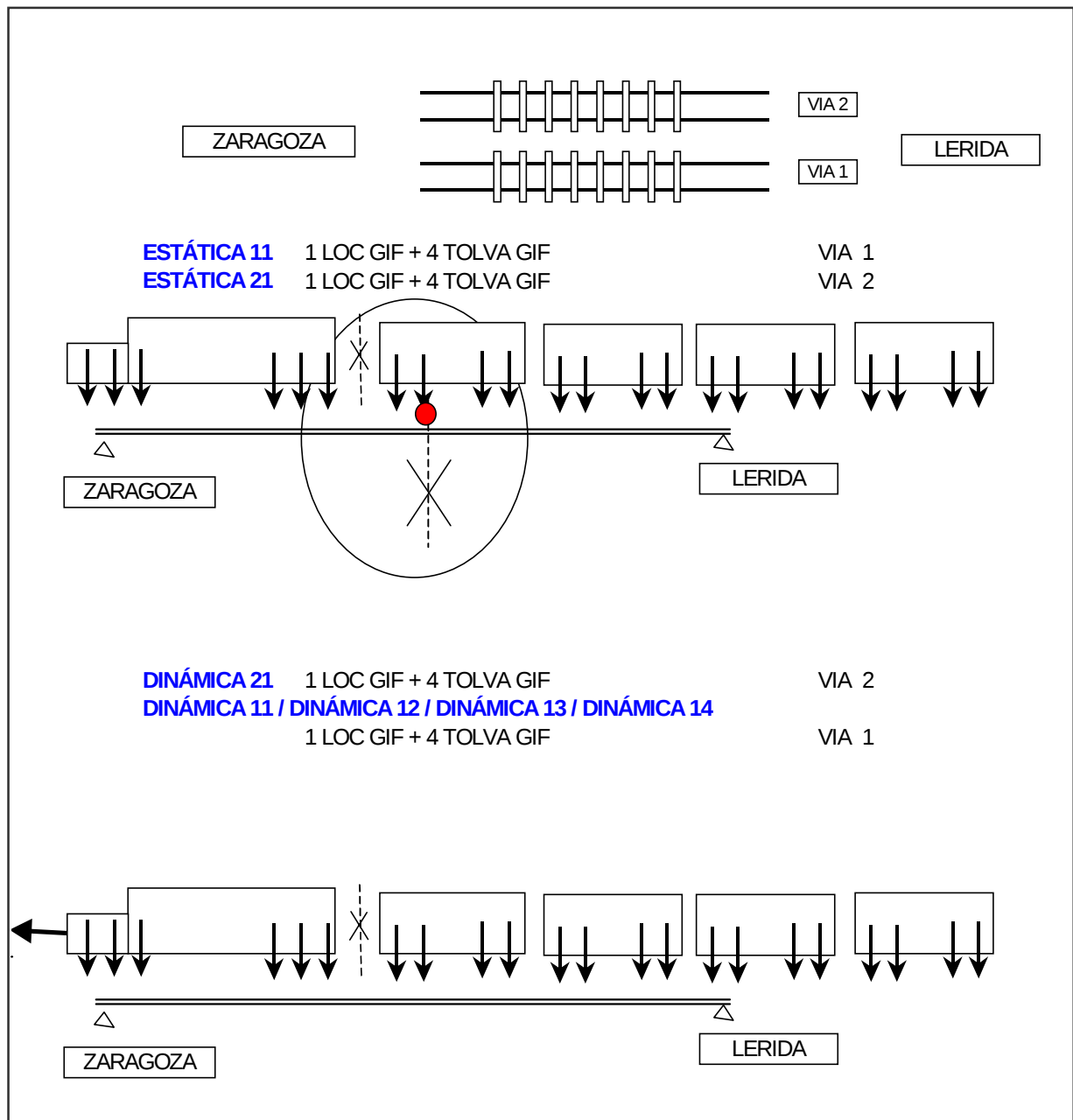
### ***6.1.-ACCIONES REPRODUCIDAS.***

La prueba de carga contempla tanto acciones estáticas como dinámicas, con el fin de reproducir en la misma todo el abanico de posibles solicitaciones a las que pueda estar sometido el puente a lo largo del tiempo.

El tren de cargas empleado consistió en una locomotora GIF y diversas tolvas GIF, estando su peso total repartido uniformemente entre sus respectivos ejes (seis por cada máquina y cuatro por cada tolva) de 20 t. El plan de pruebas se desarrolló según el siguiente esquema:

Las acciones que se pretenden reproducir, como se ha indicado anteriormente, son aquellas propias de la utilización de la obra y consisten en dos posiciones de carga estática y tres pruebas dinámicas a 5 km/h, 40 km/h y 80 km/h, así como una de frenado a 80 km/h.

Se incluye a continuación, un croquis de la disposición de los trenes de cargas para las diferentes pruebas.



Croquis de la disposición de cargas

## **6.2.- PUNTOS DE MEDIDA.**

El programa de instrumentación que se define recoge todas aquellas secciones en las que se ha considerado necesario conocer las tensiones y deformaciones producidas por las cargas actuantes.

Los puntos de medida se sitúan en los elementos y secciones fundamentales del tablero que compone la obra. En el ANEJO 3 - Croquis de Instrumentación y Tren de Cargas, se señalan todos los puntos instrumentados, diferenciándolos según se trate de bandas extensométricas, transductores de desplazamiento o acelerómetros.

Con esta instrumentación se han buscado las medidas siguientes:

- Descensos verticales en el tablero en la sección situada a la mitad de su luz, y en puntos situados en la vertical del eje de las vías.
- Descensos verticales junto a apoyos sobre los que se asienta el tablero.
- Aceleraciones del tablero al paso del tren de carga, mediante dos acelerómetros.
- Velocidades del tablero al paso del tren de carga mediante un sismómetro.
- Deformaciones unitarias del hormigón en el sentido longitudinal y consecuentemente tensiones en éste, medidas en cuatro puntos en la sección a  $L/2$ , en la fibra inferior del tablero.

Por lo tanto, como resumen, cabe señalar que se han dispuesto dos transductores para medida de flechas (a  $L/2$ ), otros dos transductores para medida de desplazamientos verticales junto a los apoyos; cuatro galgas extensométricas; dos acelerómetros y un sismómetro. El número total de puntos instrumentados en el puente es de 11.

### **6.3.- EQUIPOS UTILIZADOS.**

Para la realización de pruebas de carga, el conjunto de los equipos de campo embarcados en furgonetas laboratorio, utilizados por TIFSA para la toma de datos experimentales en cada puente ó estructura, está constituido por los elementos que se relacionan a continuación, pudiéndose ver detalle de los equipos utilizados en campo, así como de los medios auxiliares empleados en la instrumentación en las fotografías finales que se presentan. Debemos indicar que todos los equipos que se relacionan se encuentran en periodo vigente de verificación y/o calibración.

Comenzando por los elementos sensores, se utilizan galgas extensométricas para medida de deformaciones unitarias, transductores de desplazamiento para flechas y corrimientos en apoyos y acelerómetros para obtención de acelerogramas, con las siguientes características:

- **GALGAS EXTENSOMÉTRICAS (TML).** Resistencia nominal 120 ohmios y factor de galga 2,13. Longitud activa de 3 y 6 mm en estructuras metálicas y de 30 a 120 mm. en estructuras de hormigón, para medida de deformaciones unitarias y, por lo tanto, de tensiones.
- **TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO (RDP Electronics, ACT2000/C – TIPO inductivo):** Recorrido 100 mm. Resolución virtualmente infinita. Linealidad +/- 0,1%.
- **TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO (Penny & Giles L C P U – TIPO potenciométrico):** Recorrido 50 y 100 mm . Resolución virtualmente infinita. Linealidad +/- 0,5%.
- **TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO (Penny & Giles HLP190 - TIPO potenciométrico):** Recorridos 100 mm (SA1100/4k); 50 mm (SA150/2k) y 25 mm (SA125/1k). Resolución virtualmente infinita. Linealidad de 0.05 % para los de 100 y +/- 0,075% para el resto.

- TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO (SAN-EI E08-D3-30 Y E08-D3-50 - TIPO extensométrico). Recorridos de 30 y 50 mm. Resolución virtualmente infinita. Linealidad +/- 0,2%.
- TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO (APEK HLS 10 - TIPO extensométrico): Recorrido de 10 mm. Resolución virtualmente infinita. Linealidad +/- 0,05%.
- ACELEROMETROS PIEZORRESISTIVOS (SENSOTEC JTF-AG111): Rango 10/50 g, sensibilidad 10 mV/g, linealidad +/- 1% de F.S. Respuesta en frecuencia desde DC a 250 Hz. Alimentación a 2,5 V. (rms).
- ACELEROMETROS CAPACITIVOS (PCB PIEZOTRONICS 3701): Rango 20 g, sensibilidad 100 mV/g, linealidad +/- 1% de F.S. Respuesta en frecuencia DC a 500 Hz. Alimentación 5 A 30 VDC.

El sistema de medida continúa con los acondicionadores de señal, que realizan el tratamiento y amplificación de las señales obtenidas en los diferentes sensores, generando salidas normalizadas para su registro posterior. El equipamiento utilizado es el siguiente:

- ACONDICIONADORES DE SEÑAL (SAN-EI 6 M 47-8): Excitación del puente 2,5 V., 5 K Hz. Salida  $\pm 2V$ . Balanceo automático de puente. Relación señal ruido 50 dB (rms). Filtro pasabajos de tres polos. Corriente de alimentación 12 V. DC. Frecuencia de respuesta desde DC a 2 KHz. Realizan el acondicionamiento preciso para galgas extensométricas y transductores basados en extensometría.
- ACONDICIONADORES DE SEÑAL (SAN-EI AH 1108): Excitación del puente 2 V (rms), 5 K Hz. Salida +/- 5 V. Balanceo automático de puente. Relación señal ruido 58 dB (rms). Filtro pasabajos de tres polos. Alimentación AC/DC. Frecuencia de respuesta desde DC a 2 KHz. Acondicionamiento extensométrico.

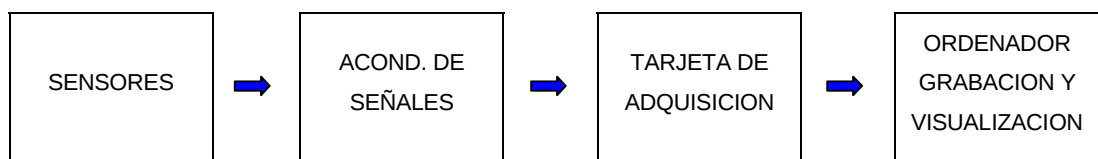
- ACONDICIONADORES DE SEÑAL (KINOSSEL KI5000): Linealidad 0,1%. Estabilidad mayor que  $0,05 \% ^\circ C^{-1}$ . Filtros 10, 100 y 1000 Hz. Balanceo automático. Salida  $\pm 5$  V. Alimentación en AC/DC. Acondicionamiento potenciométrico.
- ACONDICIONADORES DE SEÑAL (RDP Electronics, modular 600): Rack multicanal con, 12 tarjetas bicanal. Alimentación en AC, excitación configurable hasta 15 V DC. Display 5 dígitos, selector individual de los 24 canales, exactitud 0.1% F.S., linealidad  $\pm 0.05\%$  F.S. Implementación de 11 tarjetas 611, STRAIN GAUGE & DC/DC (transductores potenciométricos y de tipo general con electrónica incorporada y extensométricos, mediante doble electrónica): 10 Rangos de señal de entrada 5mV a 10V; Salida  $\pm 10$  V.; Ganancia  $\times 0.5$  a  $\times 2000$ ; Balanceo manual; Frecuencia de respuesta desde DC a 200 Hz. Se complementa con 1 tarjeta 621, LVDT & INDUCTIVE TRANSDUCER (Transductores de tipo general LVDT): 8 rangos de señal 12 mV a 4 V; salida  $\pm 10$  V; Ganancia  $\times 1$  a  $\times 2000$ ; Balanceo manual; Frecuencia de respuesta desde DC a 500 Hz. Flat. Temperatura de compensación en todos los canales inferior a 0.005 % FS/ $^\circ C$ .

Una vez realizado el tratamiento y amplificación de las señales obtenidas en los diferentes sensores, se realiza su control y registro mediante el siguiente equipamiento:

- ORDENADORES DE CONTROL:
  - Microprocesadores Pentium II/III a distintas velocidades. Bus PCI (5 Zoc. PCI, 3 ISA, Green PC)
  - Memoria RAM mínima de 64 Mb.
  - Unidad de disco flexible de 3 ½
  - Discos duro fijo primario superior 2 Gb. Controladora PCI-IDE.
  - Unidad CD-ROM 24X (Mín). Controladora PCI-IDE.
  - Monitor Super VGA COLOR. Tarjeta 2 Mb. PCI (1280-1024).
  - Disco secundario removible superior a 2,01 Gb. (PCI-IDE).
  - Tarjeta de red.

- TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS (National Instruments):
  - Multifunción de alta velocidad AT-MIO-64 F-5 (2 Ud), con 64 canales de entrada analógica simple o 32 diferenciales.
  - Velocidad máxima de muestreo de 200.000 muestras/seg.
  - 8 líneas digitales I/O y tres relojes contadores.
  - 2 canales de transferencia DMA.
  - Ganancia programable: 0.5, 1, 2, 5,10, 20, 50,100.
  - Convertidor A/D de 12 bits.
  - Ocupación de un Slot ISA en ordenador de control.
  
- TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS (National Instruments):
  - Multifunción de alta velocidad AT-MIO-64 E-3 (1 Ud), con 64 canales de entrada analógica simple o 32 diferenciales.
  - Resto de características igual que las anteriores pero con una Velocidad máxima de muestreo de 300.000 muestras/seg.

Como síntesis del sistema conjunto se puede presentar el siguiente esquema funcional explicativo:



La señal producida en cada punto instrumentado, galga extensométrica, transductor de desplazamiento o acelerómetro, es filtrada y amplificada por los acondicionadores de señal.

La estabilidad de las medidas con galgas extensométricas a largo plazo está asegurada por la disposición de puentes de Wheatstone completos en cada punto de medida, evitando así la aparición de todo problema de deriva.

Las señales amplificadas, analógicas, son captadas por las tarjetas de adquisición de datos e introducidas en el ordenador de control, que realiza registro de las mismas, así como el tratamiento y presentación de datos para la visualización y seguimiento de las pruebas realizadas.

Comentar por último que durante las pruebas se efectúa el control continuo de las condiciones de temperatura y humedad ambientales.

El software de presentación de datos en campo permite la visualización de las medidas netas correspondientes a cada punto de medida en unidades físicas escaladas, numérica y gráficamente, siendo en tiempo real para las pruebas estáticas e inmediatamente tras su finalización en las de carácter dinámico.

En gabinete, una vez recopilados los registros de calidad de los ensayos, se recomprueban sobre los formularios todos los datos, identificando los puntos de medida, los traductores empleados, las calibraciones, los parámetros de adquisición (frecuencia muestreo y filtro), etc. Una vez realizado esto, en primer lugar las señales obtenidas mediante grabación digital en el ordenador de control son traducidas a magnitudes físicas y tiempos, y se previsualizan debidamente escaladas.

Posteriormente se hace el tratamiento y procesado completo hasta permitir dibujar en papel los registros escalados en coordenadas tiempo-magnitud para posibilitar su análisis e incorporación a los informes correspondientes.

Hay que señalar que se dispone de software específico para dicho tratamiento así como hojas de cálculo gráficas, tales como DADISP, o más generales como MATLAB.

Para tablas de presentación y como soporte informático de transmisión de resultados se utiliza un programa convencional con formato estándar de hoja de cálculo, por ejemplo como EXCEL.

En el caso de las medidas de aceleraciones se realiza además su estudio en frecuencias para la obtención de los modos fundamentales de vibración de la estructura, analizando los espectros obtenidos en cada prueba mediante la aplicación anterior.

Como equipos auxiliares se encuentran grupos electrógenos portátiles, 6.500 m de línea en bobinas de 25, 50 y 100 m de longitud, maquinaria portátil de limpieza, pulido y soldadura y pequeño herramental.

Hay que comentar que en el momento actual TIFSA dispone de la capacidad de hacer funcionar simultáneamente tres equipos de grabación (incluido personal técnico) con las tarjetas de adquisición anteriormente mencionadas, junto con un total de canales de 96, distribuidos entre 56 extensométricos, 16 potenciométricos y 22 mixtos.

El número total de transductores disponibles es de 78, de los cuales 64 son de desplazamiento (10, 25, 30, 50 y 100 mm), y 14 de aceleración (10, 20 y 50 Gs). Con ello la posibilidad de acometer pruebas de carga “especiales” por elevado número de puntos, o pruebas habituales simultáneas, vendrá en general limitada por la disponibilidad de trenes de ensayo en lugar de por el equipamiento disponible.

En las diversas fotografías incluidas en el ANEJO 5 - Reportaje fotográfico, del presente informe pueden observarse los equipos utilizados en campo y la disposición de bandas extensométricas y transductores de desplazamiento en distintos puntos de puentes y otras estructuras ensayados.

#### **6.4.- RESULTADOS PREVISTOS.**

En el ANEJO 2 - Proyecto de Prueba de Carga, figura la relación de las flechas que cabe esperar durante los ensayos estáticos, así como la estimación de la frecuencia fundamental de oscilación de la estructura.

A continuación se expone el resumen de los valores calculados para las características de los materiales definidos en proyecto.

| PUNTO       | SECC | UD            | Tren en Vía I | Tren en Vía II |
|-------------|------|---------------|---------------|----------------|
| <b>P011</b> | L/2  | mm            | -7,08         | -1,71          |
| <b>P012</b> | "    | "             | -1,71         | -7,08          |
| <b>G011</b> | L/2  | $\mu\epsilon$ | 114           | 34             |
| <b>G012</b> | "    | "             | 114           | 34             |
| <b>G013</b> | "    | "             | 34            | 114            |
| <b>G014</b> | "    | "             | 34            | 114            |

Por otra parte, el cálculo de las frecuencias de los tres primeros modos de vibración libre de la estructura, presenta los siguientes valores previstos respectivamente: 4,52 Hz, 5,76 Hz, y 14,42 Hz.

## **7.- PRUEBA DE CARGA.**

Previamente a la prueba de carga se realizaron los trabajos previos de instrumentación del puente de acuerdo con el programa ya fijado al que nos hemos referido en apartados anteriores.

Finalizada la instrumentación se procedió a la verificación de todas las conexiones, comprobación del perfecto funcionamiento de los equipos de amplificación y registro y, por último, prueba del conjunto completo de instrumentos mediante la grabación de las señales producidas por la calibración automática de los equipos.

### ***7.1.-DESCRIPCIÓN.***

La prueba de carga del puente se realizó el día 4 de septiembre de 2001, bajo la supervisión de D. Justo Carretero Pérez, Jefe de Instrumentación de la empresa TIFSA, adjudicataria de los trabajos, y de D. José Manuel Galindo Escribano, como representante del GIF.

El tren de cargas empleado consistió en una locomotora GIF y diversas tolvas GIF, estando su peso total repartido uniformemente entre sus respectivos ejes (seis por cada máquina y cuatro por cada tolva) de 20 t. El plan de pruebas se desarrolló según el siguiente esquema:

1. Prueba estática N°1 con el tren de cargas situado en la Vía 1 (ESTÁTICA 11) en la posición definida por el croquis contenido en el apartado 6.1.
2. Prueba estática N°2 con el tren de cargas situado en la Vía 2 (ESTÁTICA 21) en la posición definida por el croquis contenido en el apartado 6.1.
3. Prueba dinámica a 5 km/h, también denominada cuasi-estática, tanto por la Vía 1 (DINÁMICA 11) como por la Vía 2 (DINÁMICA 21), no simultáneamente.
4. Prueba dinámica a 40 km/h, efectuada tan solo en la Vía 1 (DINÁMICA 12).
5. Prueba dinámica a 80 km/h, efectuada tan solo en la Vía 1 (DINÁMICA 13).

6. Prueba de frenado a 80 km/h, efectuada tan solo en la Vía 1 (DINÁMICA 14).

El sentido de circulación fue de Lleida a Zaragoza, procediéndose antes y después a calibrar los aparatos de medida para obtener una perfecta correlación entre la señal producida y el fenómeno físico que la origina. Después de cada prueba dinámica se dejaba un tiempo mínimo de dos minutos para asegurar la recuperación total de la estructura y aprovechar para realizar un chequeo rápido de las medidas obtenidas.

El tiempo aproximado de puesta en carga de los tableros en las pruebas estáticas es del orden de 20 minutos y el tiempo de grabación de la recuperación en torno a los 2 minutos. El tiempo total de grabación es del orden de 22 minutos.

Las pruebas, llevadas a cabo durante el día 4 de septiembre de 2001, comenzaron a las 9 h 30 min, finalizando a las 11 h 15 min, con una duración de 1 hora y 45 min. La temperatura osciló entre 19,8°C y 22,6°C, y la humedad entre 37,0% y 39,0%

Por último, cabe señalar que al finalizar el ensayo se procedió a visualizar gráficamente los resultados para garantizar su correcta ejecución y comprobar si existía alguna anomalía en el funcionamiento resistente de la estructura.

## **7.2.- RESULTADOS OBTENIDOS.**

En el ANEJO 4 - Registro de Medidas, se adjuntan los gráficos correspondientes a todos los puntos de medida definidos de acuerdo con la numeración establecida en los planos de instrumentación.

Las pruebas registradas se identifican de acuerdo con su carácter, estático, dinámico o de frenado, y adicionando un código que indica su orden o la velocidad a que han sido realizadas.

Las señales son grabadas en soporte digital e introducidas en un ordenador y una vez procesadas, se dibujan en coordenadas de tiempo y unidades del fenómeno físico medido.

Los valores máximos para cada transductor se presentan en las tablas comparativas que aparecen en los apartados siguientes del presente informe. Para las flechas dinámicas se recogen los valores máximos absolutos y en las pruebas estáticas aparecen los valores estabilizados. Los registros pueden consultarse en el ANEJO 4 - Registros de Medidas; mientras que en el ANEJO 3 - Esquema de Instrumentación y Tren de Cargas, se recoge un croquis con todos los puntos instrumentados.

### **A) Resultados de las pruebas estáticas.**

Los valores medidos durante la realización de las pruebas de carga para los transductores de desplazamiento instrumentados correspondientes a flechas son los que a se recogen en las tablas a continuación.

Dicho valor medido, se refiere a la flecha bruta, es decir, a la medida efectuada con transductores sin tener en cuenta los descensos de los apoyos por deformación de los apoyos. El valor neto de los mismos es precisamente el valor medido menos el descenso de los neoprenos, que se calcula como media de los valores de flechas medidas junto a dichos apoyos. Dicho valor neto es el que se utiliza para calcular las flechas netas.

Dentro de la columna de los valores esperados, se incluyen aquellos obtenidos del cálculo teórico, teniendo en cuenta el módulo de elasticidad estático. Tanto para flechas como para galgas situadas en el centro de vano se presenta una columna complementaria de porcentajes alcanzados respecto a los esperados. También se añade para ellos una fila con los valores medios.

| ESTÁTICA 11 |        |    |              |                   |            |               |             |
|-------------|--------|----|--------------|-------------------|------------|---------------|-------------|
| PUNTO       | SECC   | UD | VALOR MEDIDO | DESCENSO NEOPRENO | VALOR NETO | VALOR TEÓRICO | % MED/TEOR* |
| P011        | L/2    | mm | -5,02        | -0,34             | -4,68      | -7,08         | 66,1%       |
| P012        | "      | "  | -1,53        | -0,34             | -1,19      | -1,71         | 69,6%       |
| MEDIA       | "      | "  | -3,28        | -0,34             | -2,94      | -4,40         | 68,0%       |
| P013        | Apoyos | mm | -0,53        |                   |            |               |             |
| P014        | "      | "  | -0,15        |                   |            |               |             |
| MEDIA       |        |    | -0,34        |                   |            |               |             |
| G011        | L/2    | µe | 92           |                   |            | 114           | 80,7%       |
| G012        | "      | "  | 92           |                   |            | 114           | 80,7%       |
| G013        | "      | "  | 27           |                   |            | 34            | 79,4%       |
| G014        | "      | "  | 26           |                   |            | 34            | 76,5%       |
| MEDIA       | "      | "  | 59           |                   |            | 74            | 79,3%       |

\* La diferencia entre el valor medido y el descenso de neoprenos se corresponde con el valor neto, que es el utilizado para la relación porcentual indicada en las tablas.

| ESTÁTICA 21 |        |    |              |                   |            |               |             |
|-------------|--------|----|--------------|-------------------|------------|---------------|-------------|
| PUNTO       | SECC   | UD | VALOR MEDIDO | DESCENSO NEOPRENO | VALOR NETO | VALOR TEÓRICO | % MED/TEOR* |
| P011        | L/2    | mm | -1,33        | -0,38             | -0,95      | -1,71         | 55,6%       |
| P012        | "      | "  | -5,28        | -0,38             | -4,9       | -7,08         | 69,2%       |
| MEDIA       | "      | "  | -3,31        | -0,38             | -2,93      | -4,40         | 62,4%       |
| P013        | Apoyos | mm | -0,13        |                   |            |               |             |
| P014        | "      | "  | -0,63        |                   |            |               |             |
| MEDIA       | "      | "  | -0,38        |                   |            |               |             |
| G011        | L/2    | µe | 27           |                   |            | 34            | 79,4%       |
| G012        | "      | "  | 24           |                   |            | 34            | 70,6%       |
| G013        | "      | "  | 104          |                   |            | 114           | 91,2%       |
| G014        | "      | "  | 100          |                   |            | 114           | 87,7%       |
| MEDIA       | "      | "  | 64           |                   |            | 74            | 82,2%       |

\* La diferencia entre el valor medido y el descenso de neoprenos se corresponde con el valor neto, que es el utilizado para la relación porcentual indicada en las tablas.

### **B) Resultados de las pruebas dinámicas.**

En el siguiente cuadro se recogen los valores obtenidos durante las pruebas dinámicas. Los criterios son los mismos que los de la prueba estática teniendo en cuenta directamente el módulo dinámico, sin variación con la velocidad, y sin aplicar coeficiente de impacto alguno a los valores esperados.

| PUNTO | SEC    | UD | VALOR<br>TEÓR. | VALOR MEDIDO |       |       |       | %<br>MED/TEOR |
|-------|--------|----|----------------|--------------|-------|-------|-------|---------------|
|       |        |    |                | DIN11        | DIN12 | DIN13 | DIN14 |               |
| P011  | L/2    | mm | -7,08          | -4,67        | -4,63 | -4,63 | -4,59 | 65,4%         |
| P012  | "      | "  | -1,71          | -1,23        | -1,33 | -0,66 | -0,63 | 56,1%         |
| MEDIA | "      | "  | -4,40          | -2,95        | -2,98 | -2,64 | -2,61 | 63,6%         |
| P013  | Apoyos | "  | -              | -0,55        | -0,56 | -0,57 | -0,57 | -             |
| P014  | "      | "  | -              | -0,18        | -0,16 | -0,18 | -0,17 | -             |
| MEDIA | "      | "  | -              | -0,37        | -0,36 | -0,38 | -0,37 | -             |
| G011  | L/2    | µe | 114            | 92           | 96    | 96    | 96    | 83,3%         |
| G012  | "      | "  | 114            | 92           | 95    | 95    | 95    | 82,7%         |
| G013  | "      | "  | 34             | 28           | 28    | 28    | 28    | 82,4%         |
| G014  | "      | "  | 34             | 30           | 29    | 29    | 29    | 86,0%         |
| MEDIA | "      | "  | 74             | 61           | 62    | 62    | 62    | 83,3%         |

| PUNTO | SEC    | UD | VALOR<br>TEÓR. | VALOR MEDIDO | %<br>MED/TEOR |
|-------|--------|----|----------------|--------------|---------------|
|       |        |    |                | DIN21        |               |
| P011  | L/2    | mm | -1,71          | -0,99        | 57,9%         |
| P012  | "      | "  | -7,08          | -4,78        | 67,5%         |
| MEDIA | "      | "  | -4,40          | -2,89        | 65,6%         |
| P013  | Apoyos | "  | -              | -0,14        | -             |
| P014  | "      | "  | -              | -0,66        | -             |
| MEDIA | "      | "  | -              | -0,40        | -             |
| G011  | L/2    | µe | 34             | 30           | 88,2%         |
| G012  | "      | "  | 34             | 28           | 82,4%         |
| G013  | "      | "  | 114            | 99           | 86,8%         |
| G014  | "      | "  | 114            | 98           | 86,0%         |
| MEDIA | "      | "  | 74             | 64           | 86,1%         |

| COEFICIENTE DE IMPACTO<br>AL PASO DE TRENES POR AL VÍA 1 |        |         |         |          |       |
|----------------------------------------------------------|--------|---------|---------|----------|-------|
| PUNTO                                                    | 5 km/h | 40 Km/h | 80 Km/h | F80 Km/h | Medio |
| P011                                                     | 1,00   | 0,99    | 0,99    | 0,99     | 0,99  |
| P012                                                     | 1,00   | 1,06    | 0,65    | 0,63     | 0,83  |
| P013                                                     | 1,00   | 1,01    | 0,91    | 0,90     | 0,96  |
| P014                                                     | 1,00   | 1,04    | 1,04    | 1,04     | 1,03  |
| G011                                                     | 1,00   | 1,03    | 1,03    | 1,03     | 1,02  |
| G012                                                     | 1,00   | 1,00    | 1,00    | 1,00     | 1,00  |
| G013                                                     | 1,00   | 0,97    | 0,97    | 0,97     | 0,98  |
| G014                                                     | 1,00   | 1,02    | 1,02    | 1,02     | 1,02  |
| MEDIO                                                    | 1,00   | 1,02    | 0,95    | 0,95     | 0,98  |

### **C) Frecuencia propia de vibración.**

El valor teórico estimado de la frecuencia propia fundamental de vibración del tablero en flexión es de 4,52 Hz obtenida ésta en función del módulo de elasticidad estático del hormigón. Por su parte, las media de las frecuencias obtenidas en los espectros de los acelerómetros tiene un valor de 4,85 Hz.

La zona temporal de análisis se corresponde con la de vibración residual libre de la estructura, una vez abandonada ésta por el tren de cargas y tomando siempre la parte final de la señal del acelerómetro.

Respecto al amortiguamiento de la estructura, señalar que se calculan en el mismo periodo temporal en el que se obtienen los espectros ya comentados para cálculo de las frecuencias. Se calculan directamente por el software utilizado para cálculo del espectro utilizando el método del ancho de banda. El valor deducido es de 2,30% para el punto A011, y de 2,40% para el A012, valor normal para este tipo de estructuras.

Indicamos que los valores de amplitud que aparecen en los gráficos de los espectros, no tienen un significado físico o ingenieril, ya que corresponden solamente a los coeficientes de peso de los términos del desarrollo en serie de Fourier (FFT).

## **8.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

A la vista de los resultados obtenidos en la prueba de carga llevada a cabo, podemos realizar el siguiente análisis.

### ***8.1.- PRUEBA ESTÁTICA.***

Todos los valores alcanzados, tanto en flechas como en deformaciones unitarias, son del orden de los habituales para este tipo de puentes y pueden considerarse admisibles. El porcentaje de recuperación es igualmente correcto, obteniéndose dicha recuperación al tiempo de retirar la carga actuante.

En valores medios la flecha de la losa es del orden de un 65% de la esperada, mientras que las deformaciones unitarias son del orden del 80% de las esperadas, valores que se encuentran dentro de unos límites perfectamente admisibles y que indican un comportamiento real del puente aceptable con relación al teórico.

La diferencia de porcentajes entre flechas y deformaciones no debe extrañar, dado que la medida de flecha integra una serie de características y heterogeneidades del hormigón, que la medida puntual de una banda no llega a homogeneizar.

El reparto transversal de flechas y deformaciones observado en la prueba en centro de vano, indica un comportamiento correcto de la sección frente a las sobrecargas, observándose una buena transmisión de las cargas, desde la zona de una viga cargada, hasta la otra. Se observa, no obstante, que en la prueba de carga efectuada por la vía 2, se obtiene un porcentaje de flecha real respecto de la teórica, sensiblemente mayor en el punto situado bajo la vía 2, lo que podría estar determinando un ligero ripado hacia el exterior de dicha vía.

La flecha neta máxima (es decir, descontado el descenso de los apoyos) alcanzada en la prueba, es de 4,90 mm, medida en el punto P012 instrumentado en el centro de la luz, lo que supone un valor respecto a su luz de cálculo 30,85 m, de 1/6.300 que resulta un valor normal.

## **8.2.- PRUEBAS DINÁMICAS.**

Como en el apartado anterior, a partir de los registros obtenidos en campo podemos establecer un resumen respecto a los porcentajes que suponen los resultados obtenidos frente a los esperados para las pruebas dinámicas, incluida la de frenado.

Los valores son del mismo orden que en el caso de las estáticas considerándose igualmente admisibles. En valores medios la flecha de la losa en las pruebas dinámicas es del orden de un 65% de la esperada, mientras que las deformaciones unitarias son del orden del 85% de las esperadas, por lo que cabe hacer los mismos comentarios que en las estáticas. Los valores se encuentran dentro de unos límites perfectamente admisibles y que indican un comportamiento real del puente aceptable con relación al teórico. También en este caso las recuperaciones son prácticamente totales e instantáneas nada más abandonar el tren el puente.

La flecha neta máxima alcanzada en las pruebas dinámicas fue de 4,78 mm (punto P012 en la DINÁMICA 21), lo que supone una relación con la luz de cálculo, 30,85 m del orden de 1/6.500, que resulta un valor correcto.

Definiendo el Coeficiente de Impacto como la relación entre los valores medios de flechas de cada tablero, obtenidos a cada velocidad y el de la prueba cuasi-estática, resulta muy próximo a la unidad, lo que indica que para las cargas actuantes apenas se consigue la aparición de algún efecto dinámico en la estructura.

Posteriormente, como resultado del análisis del espectro de frecuencia por el método del ancho eficaz de banda, se estiman los siguientes valores de decremento logarítmico y amortiguación. Asimismo se aplica de forma automatizada por el programa de dibujo de espectros, utilizando el método del Ancho de Banda, donde se sustituye la excitación armónica de la estructura por la originada por el tren de cargas en la prueba analizada.

Como hemos indicado anteriormente, en el análisis dinámico de la estructura lo habitual, es estudiar las vibraciones residuales libres en los puntos instrumentados, una vez abandonada la estructura por el tren de cargas.

En cuanto al amortiguamiento, se ha estimado un porcentaje medio de un 2,35% respecto del amortiguamiento crítico, lo que supone un valor normal en este tipo de estructuras.

| CONCEPTO      | VALOR MEDIO |
|---------------|-------------|
| Frecuencia    | 4,86 Hz     |
| Amortiguación | 2,35%       |

Observando los registros del sismógrafo se comprueba que los resultados obtenidos son similares a los de los acelerómetros, obteniéndose una frecuencia de vibración de 4,80 Hz y una amortiguación de 2,66% respecto del amortiguamiento crítico.

En los registros no se observa ningún comportamiento que pueda considerarse anormal desde el punto de vista de los fenómenos de amplificación dinámica.

## **9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

De acuerdo con lo expuesto en los apartados precedentes, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- a) Los valores máximos de las flechas alcanzadas en el centro del vano tanto en las pruebas dinámicas como en la estática, se ajustan a los previstos con ligeras variaciones dentro de los porcentajes habituales.
- b) Para valores medios, obtenemos medidas del orden del 65% con respecto a los valores teóricos en el caso de las flechas, y del 80-85% en el caso de las deformaciones, lo que nos indica que el modelo teórico adoptado refleja aceptablemente el comportamiento de la estructura, pudiéndose considerar el comportamiento correcto.
- c) En la prueba dinámica por la vía 2 se observan porcentajes de flechas en el punto P012 (vía 2) ligeramente mayores a los del P011 (vía 1), lo que podría estar indicando una ligera excentricidad de carga respecto de la prevista, lo que podría ser indicativo de un ligero ripado hacia el exterior de la vía 2.
- d) Las recuperaciones obtenidas tanto en flechas como en deformaciones unitarias han sido por lo general, superiores al 95%, y realizándose de una forma prácticamente instantánea, lo que indica un comportamiento elástico de la estructura.
- e) En las pruebas dinámicas apenas se observa aumento de flechas y deformaciones en los puntos instrumentados según aumenta la velocidad, debido en parte a las bajas velocidades alcanzadas y a un fuerte grosor de la capa de balasto que minimiza la aparición del coeficiente de impacto. De acuerdo con lo anterior, en las pruebas dinámicas se observan flechas de magnitud casi constante, y muy similares a las medidas en la prueba estática, con un valor medio del coeficiente de impacto muy próximo a la unidad.
- f) El comportamiento de todos los apoyos se considera correcto.

g) Durante la realización de las pruebas no se apreció la aparición de fisuras o grietas, ni la aparición de otros daños de importancia.

Por todos estos motivos puede considerarse que el comportamiento de la obra durante la realización de los ensayos de carga ha sido correcto. Como reflexión final debemos comentar que la obra muestra buen aspecto, aunque se observan algunas incidencias, comentadas en el apartado 4 del presente informe, correspondiente a la Inspección Preliminar.

Madrid, octubre de 2001

EL JEFE DE INSTRUMENTACIÓN

INGENIERO DEL DPTO DE  
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y  
FÁBRICA

Fdo.: Justo Carretero Pérez

Fdo.: Luis Miguel Pombo Blanco

EL DIRECTOR DE INGENIERÍA  
CIVIL

EL JEFE DE ESTRUCTURAS DE  
HORMIGÓN Y FÁBRICA

Fdo.: Juan Batanero Bernabéu

Fdo.: Luis S. Salas López de Lerma

**ANEJO 1: DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR EL GIF**

Madrid, Octubre de 2001

La información facilitada sobre esta estructura es muy incompleta, puesto que tan solo se dispone de unos planos de trazado, de estribos y de apoyos tipo POT, de los que se han obtenido muchos de los datos por medición directa sobre el plano. No se ha dispuesto del correspondiente Anejo de Cálculo.

## **ANEJO 2: PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA**

Madrid, Octubre de 2001

**CONTRATO DE CONSULTORÍA Y ASISTENCIA  
PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA  
PARA LA RECEPCIÓN DE PUENTES DE LA  
LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD  
MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA.  
TRAMO: PUENTE DE EBRO-LLEIDA.  
BASE DE MONTAGUT.**



**PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA**

**SUBTRAMO IV  
P.I. CANAL DE SASTAGO  
26VI02**

## ÍNDICE

|                                                            |   |
|------------------------------------------------------------|---|
| 1.- INTRODUCCIÓN .....                                     | 2 |
| 2.- DATOS DE LA ESTRUCTURA .....                           | 2 |
| 3.- DEFINICIÓN DE LA CARGA DE PRUEBA .....                 | 3 |
| 4.- MEDIDAS A REALIZAR.....                                | 4 |
| 5.- PLAN DE CARGA Y PROGRAMACIÓN DEL ENSAYO.....           | 5 |
| 6.- PREVISIÓN DE RESULTADOS .....                          | 6 |
| ANEJO 2A: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA UTILIZADA                  |   |
| ANEJO 2B: EVALUACIÓN DE FLECHAS                            |   |
| ANEJO 2C: TREN DE CARGAS Y SITUACIÓN DE APARATOS DE MEDIDA |   |

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El presente documento tiene por objeto la especificación de la prueba de carga de la estructura P.I. CANAL DE SÁSTAGO, PERTENECIENTE AL SUBTRAMO IV DEL TRAMO ZARAGOZA-LÉRIDA DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA”.

Dicha prueba se efectúa con objeto de analizar la respuesta de la estructura frente a acciones estáticas y dinámicas, previamente a su puesta en servicio, de acuerdo con la “Instrucción relativa a las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril”.

## **2.- DATOS DE LA ESTRUCTURA**

La estructura objeto de la Prueba de Carga forma parte de las obras de construcción del Subtramo IV pertenecientes al tramo Zaragoza - Lérida de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa.

Se trata de un puente isostático de un vano de 30,85 m de luz constituido por dos vigas artesas de hormigón pretensado, conectadas a una losa hormigón armado de 30 cm de espesor como cabeza de compresión. El tablero presenta una anchura de 13,70 m y no presenta esviaje.

Los estribos son de hormigón armado del tipo de muro frontal con aletas con cimentación directa. La altura máxima de estribos es de 6,08 m y su anchura máxima es de 13,70 m.

La infraestructura viaria colocada en la actualidad, es la correspondiente a dos vías de F.C. de ancho internacional cuyos ejes distan entre sí 4,65 m.

Se dispone tan sólo de unos planos de estribos y apoyos tipo POT, de los que se han obtenido muchos de los datos por medición directa sobre el plano.

En el Anejo 2A contenido dentro del ANEJO 2 - Proyecto de Prueba de Carga, se incluye copia de algunos de los planos facilitados.

### **3.- DEFINICIÓN DE LA CARGA DE PRUEBA**

Para la realización de la Prueba de Carga se ha solicitado al Peticionario la prestación de una locomotora y dos tolva G.I.F. El peso total máximo de las cargas situadas sobre el tablero durante las pruebas estáticas será de 280 t.

Las características de los trenes de carga en lo que a geometría y peso por eje se refiere vienen expresadas en el Anejo 2C del presente ANEJO, donde se acompañan además los croquis con la disposición de cargas sobre la estructura durante las pruebas estáticas.

Las Pruebas de Carga representan frente a las cargas de proyecto los porcentajes incluidos en la siguiente tabla:

| PORCENTAJES DE SOLICITACIÓN DE PRUEBA FRENTE A DISEÑO |                                   |                                 |                                |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| PARÁMETRO DE COMPARACIÓN                              | MOMENTO DE SOBRECARGA EN PROYECTO | MOMENTO DE SOBRECARGA EN PRUEBA | PORCENTAJE ALCANZADO EN PRUEBA |
| M. FLECTOR CENTRO VANO                                | 1.804,1 t·m                       | 626,7 t·m                       | 51,9%                          |

| PORCENTAJES DE SOLICITACIÓN DE PRUEBA FRENTE A DISEÑO |                              |                            |                                |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| PARÁMETRO DE COMPARACIÓN                              | MOMENTO DE TOTAL EN PROYECTO | MOMENTO DE TOTAL EN PRUEBA | PORCENTAJE ALCANZADO EN PRUEBA |
| M. FLECTOR CENTRO VANO                                | 3.638,8 t·m                  | 2.461,4 t·m                | 67,6%                          |

#### **4.- MEDIDAS A REALIZAR**

A continuación se exponen las medidas que se realizarán durante los ensayos de prueba de carga, mediante la instrumentación que se detalla en el croquis del Anejo 2C del presente ANEJO.

##### **4.1. FLECHAS**

Los desplazamientos medidos serán los verticales, en las posiciones definidas en el Anejo 2C del presente ANEJO.

Para la medida de flechas se dispondrán transductores de desplazamiento tipo ménsula, basados en bandas extensométricas de 10 mm de longitud activa. Estos elementos, colocados normalmente sobre trípodes situados en el terreno bajo la estructura, se unen con el punto cuyo desplazamiento se desea medir mediante un hilo de acero, registrándose dichas medidas, tanto durante las pruebas estáticas como durante las dinámicas.

##### **4.2. DEFORMACIONES.**

Se tiene previsto el control de deformaciones unitarias o tensiones en cuatro puntos en centro de vano.

Las deformaciones unitarias se medirán mediante bandas extensométricas de 60 mm de longitud activa, que una vez pegadas sobre la superficie de hormigón de la cara inferior del tablero, previa preparación de la misma, se dejarán convenientemente protegidas. Mediante estos dispositivos se realizan mediciones tanto durante las pruebas estáticas como en las dinámicas.

##### **4.3. ACELERACIONES**

Durante las pruebas dinámicas, se procederá a un registro de las aceleraciones verticales con objeto de evaluar la frecuencia fundamental de oscilación de la estructura.

La medida de las aceleraciones verticales se realizará mediante dos acelerómetros piezoeléctricos o piezorresistivos integrados en la cadena de medida.

#### 4.4. OTRAS MEDIDAS

Se procederá a un registro continuo de temperatura y humedad relativa ambiente, durante la realización de los ensayos.

### **5.- PLAN DE CARGA Y PROGRAMACIÓN DEL ENSAYO**

#### 5.1. PRUEBAS ESTÁTICAS

Para cada prueba estática se posicionarán los trenes de cargas según las disposiciones indicadas en los croquis del Anejo 2C del presente ANEJO.

Las medidas serán realizadas de acuerdo con los escalones siguientes:

- ESCALÓN 0: Puesta a cero de los aparatos.
- ESCALÓN 1: Situación de la carga.
- ESCALÓN 2: Estabilización de las medidas. Se realizarán medidas continuas hasta comprobar la estabilización de las mismas.
- ESCALÓN 3: Descarga total y medida de la recuperación. Las lecturas se realizarán de una forma continua hasta alcanzar una recuperación del 80% en un intervalo de tiempo no superior al de mantenimiento de la carga.

#### 5.2. PRUEBAS DINÁMICAS

Para las pruebas dinámicas se hará uso del tren de cargas formado por una de las locomotoras y una tolva G.I.F.

- Ensayo Cuasiestático: Paso de la composición por la estructura circulando a la velocidad de 5 km/h (paso de hombre).

- Ensayo Dinámico Lento: Paso de la composición del ensayo anterior circulando en el mismo sentido y a la velocidad de 40 km/h.
- Ensayo Dinámico Rápido: Paso de la composición circulando en el mismo sentido que en la prueba cuasi-estática y a la máxima velocidad posible teniendo en cuenta las exigencias de seguridad de la obra.
- Ensayo de Frenado: Paso de la composición circulando a la máxima velocidad posible teniendo en cuenta las exigencias de seguridad de la obra y frenado a tope justo sobre la estructura.

Las pruebas se realizarán normalmente en el siguiente orden:

- ESTÁTICA
- CUASIESTÁTICA
- DINÁMICA LENTA
- DINÁMICA RÁPIDA
- FRENADO

## **6.- PREVISIÓN DE RESULTADOS**

En el Anejo 2B del presente ANEJO figura la relación de las flechas, deformaciones unitarias y frecuencias de vibración previstas durante la realización de la prueba de carga.

Para el cálculo tridimensional del tablero del puente se ha empleado un programa de estructuras basado en el método de los elementos finitos. En el proceso de cálculo existen tres fases operativas: la introducción de datos (inputs) al programa, la resolución mediante un sistema de ecuaciones y la salida (outputs) y análisis de resultados.

La operación de cálculo comienza con la discretización geométrica de la estructura. Ello lleva consigo la definición de cada uno de los elementos estructurales en cuanto a dimensiones y características mecánicas. Al mismo tiempo, se requiere la localización de cada punto o nodo de la estructura discretizada en los espacios, eligiendo para ello unos ejes de coordenadas locales para cada uno de los elementos finitos definidos, con la finalidad de conocer las direcciones y sentidos de actuación de los esfuerzos sobre cada uno de ellos.

Una vez introducida en el programa la geometría de la estructura, se definen las cargas actuantes y condiciones de contorno, de modo que mediante la resolución de un sistema de ecuaciones de la forma de  $\text{Carga} = \text{Rigidez} \times \text{Desplazamiento}$ , se obtienen los movimientos en cada uno de los nodos discretizados de la estructura, y por retrosubstitución se calculan los esfuerzos actuantes en los elementos definidos.

Estas operaciones son realizadas de forma automática por el programa de cálculo de estructuras por elementos finitos SAP90 (CSI, Inc., Berheley). Es un programa desarrollado en FORTRAN y diseñado para ser usado en entorno operativo MS-DOS. Todas las operaciones numéricas son desarrolladas con la precisión de 64 bits y permite llevar a cabo un análisis de comportamiento no solo estático, sino también dinámico.

En nuestro caso, para la evaluación de los momentos de sollicitación alcanzados en el estado de carga y la obtención de flechas, tensiones y periodos de vibración, se ha optado por discretizar la estructura (dintel y hastiales) mediante elementos placa bidimensionales. En los cálculos se ha empleado un módulo instantáneo de deformación longitudinal de  $38.709 \text{ N/mm}^2$  para el dintel y para los hastiales. El módulo de deformación se ha calculado de acuerdo a la información de los planos del Proyecto de la estructura y a las consideraciones referidas en el Artículo 39.6 de la EHE-98 “Instrucción de Hormigón Estructural”. En el modelo se han considerado secciones resistentes no fisuradas.

En la salida impresa del cálculo mecanizado figuran las características geométricas y elásticas de la estructura discretizada, así como las acciones actuantes sobre los distintos nodos.

El cálculo realizado presenta una primera parte de carácter estático para la obtención de los valores previstos en los estados de sollicitación a reproducir, y una segunda parte dinámica para la obtención de los modos propios de vibración de la estructura.

Los valores de flecha y deformación unitarias esperados para los puntos de medida establecidos en el Croquis de Instrumentación (ver Anejo 2C), son los recogidos en las siguientes tablas (flechas negativas indican descenso y deformaciones unitarias positivas indican tracción):

| PUNTO | SECC | UD            | Tren en Vía I | Tren en Vía II |
|-------|------|---------------|---------------|----------------|
| P011  | L/2  | mm            | -7,08         | -1,71          |
| P012  | "    | "             | -1,71         | -7,08          |
| G011  | L/2  | $\mu\epsilon$ | 114           | 34             |
| G012  | "    | "             | 114           | 34             |
| G013  | "    | "             | 34            | 114            |
| G014  | "    | "             | 34            | 114            |

Por otra parte, el cálculo de las frecuencias de los tres primeros modos de vibración libre de la estructura, presenta los siguientes valores previstos respectivamente: 4,52 Hz, 5,76 Hz, y 14,42 Hz.

Madrid, octubre de 2001

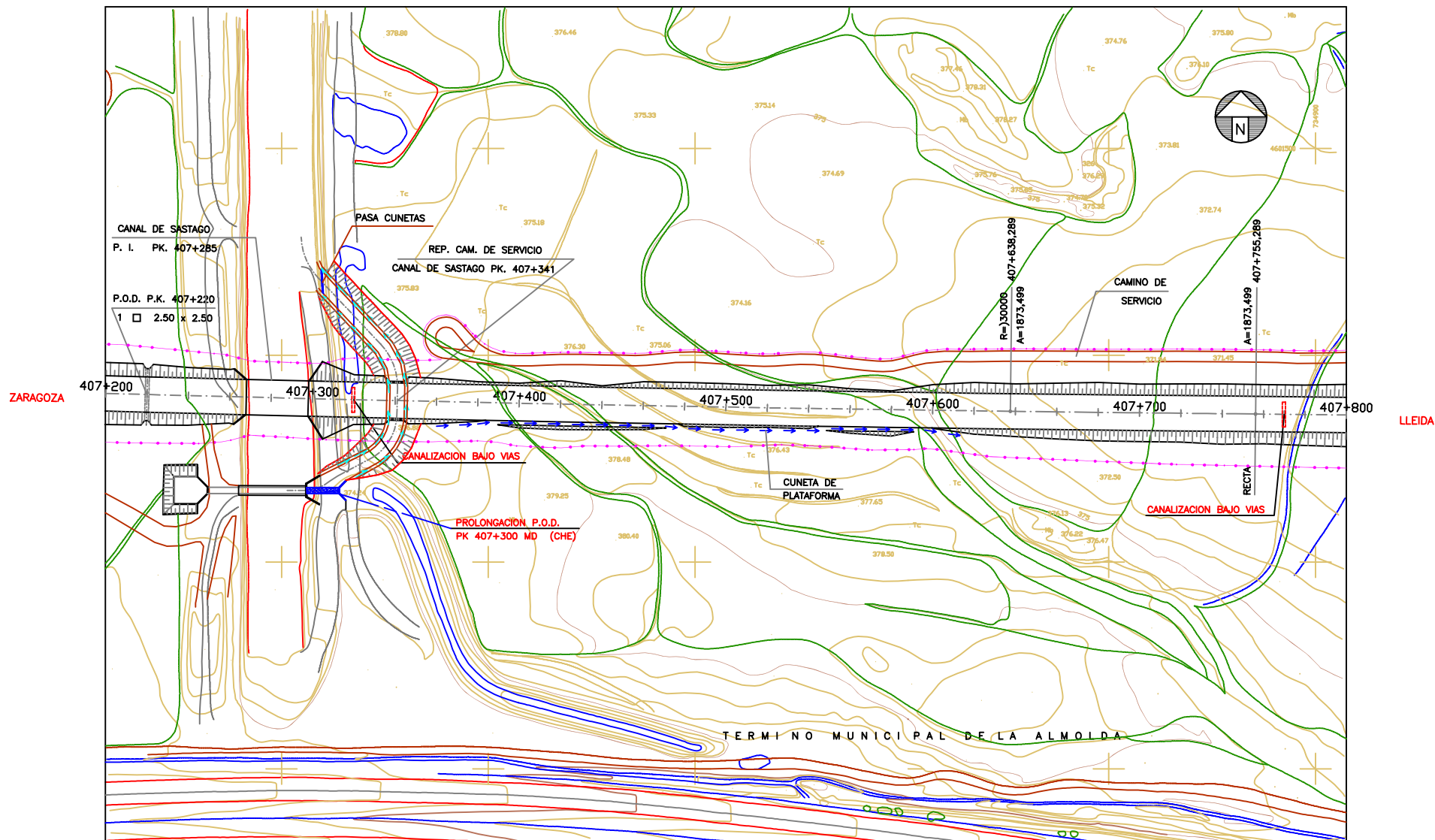
EL JEFE DE ESTRUCTURAS DE  
HORMIGÓN Y FÁBRICA

INGENIERO DEL DPTO DE  
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y  
FÁBRICA

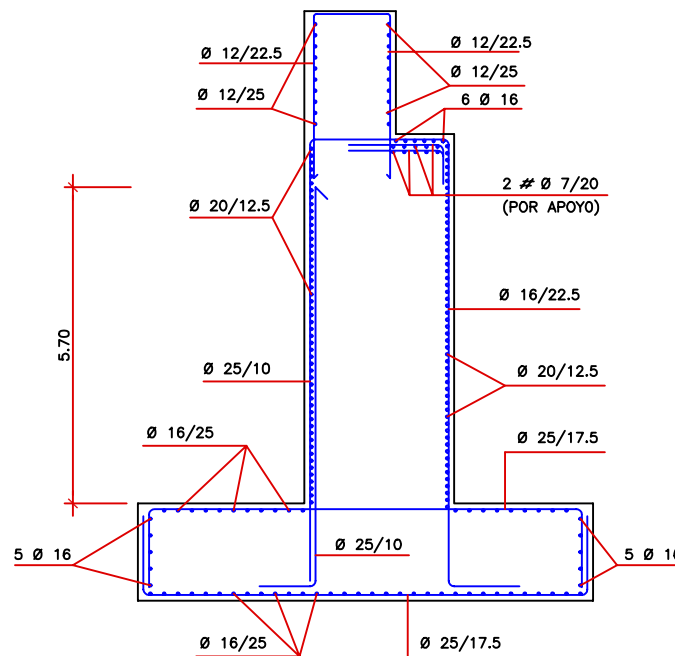
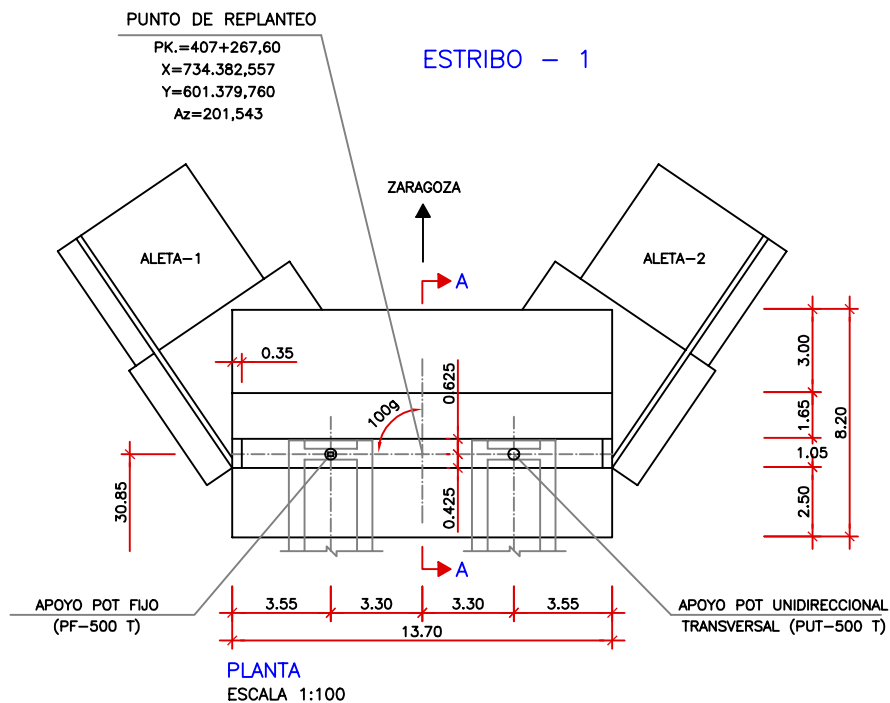
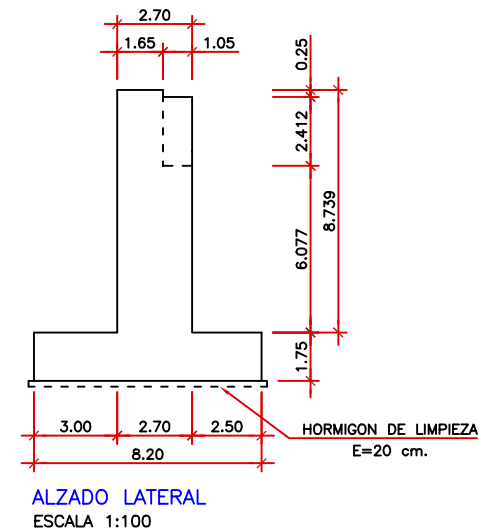
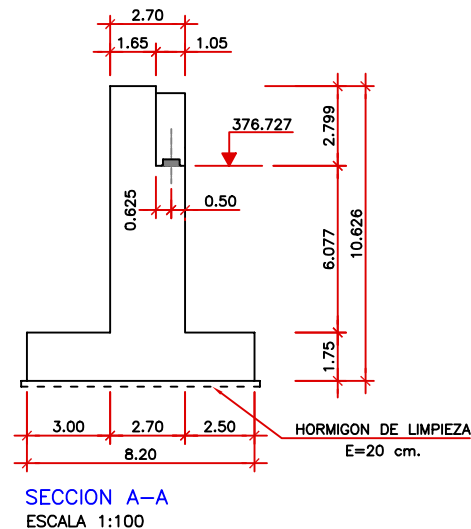
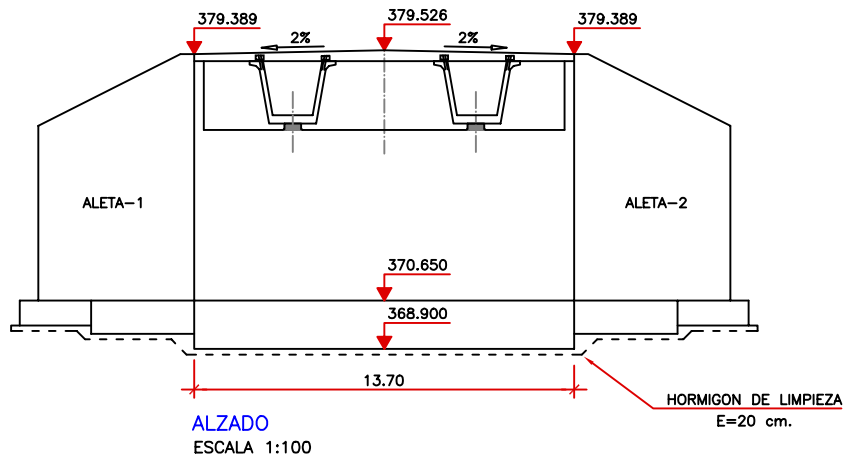
Fdo.: Luis S. Salas López de Lerma

Fdo.: Luis Miguel Pombo Blanco

## **ANEJO 2A: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA UTILIZADA**



- |                            |                         |                         |                            |                |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|
| ← ← ← CUNETA DE PLATAFORMA | — CUNETA DE GUARDA      | ← ← ← CUNETA DE CAMINOS | ▤ ▤ ▤ BADEN DE CAMINO      | — PASA CUNETAS |
| — BAJANTE                  | — LINEA DE EXPROPIACION | — CURVA DE NIVEL FINA   | — CURVA DE NIVEL DIRECTORA |                |
| — CANALIZACION BAJO VIAS   |                         |                         |                            |                |



#### NOTAS

LOS APARATOS DE APOYO SE DISPONDRAN CON SUS CARAS DE APOYO RIGUROSAMENTE HORIZONTALES

LOS EMPALMES Y ANCLAJES DE ARMADURAS SE REALIZARAN DE ACUERDO CON LA INSTRUCCION EH-91

#### ZAPATAS APOYADAS EN TERRENO NATURAL

TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO  $\geq 6.00 \text{ Kg./cm}^2$ .

PROFUNDIDAD DE APOYO  $\geq 3.00 \text{ m}$ .

SE UTILIZARAN CEMENTOS SULFORRESISTENTES EN TODOS LOS ELEMENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES NIVELES DE CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD ADOPTADOS

#### MATERIALES

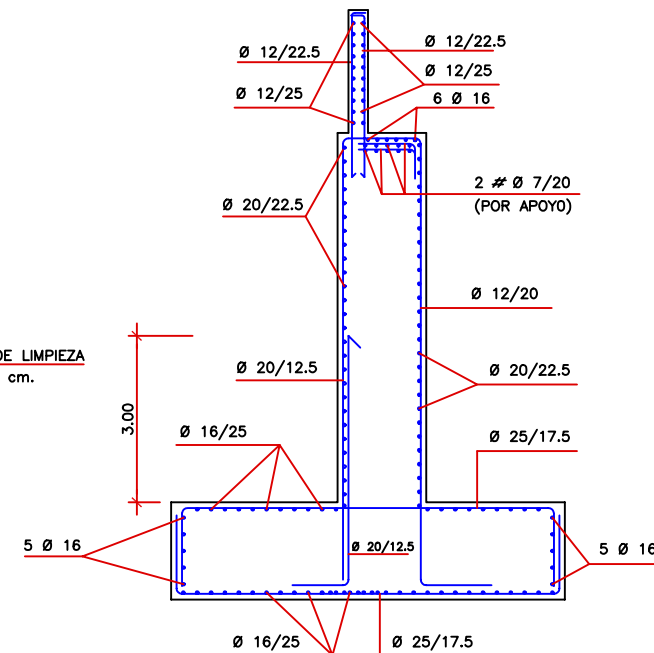
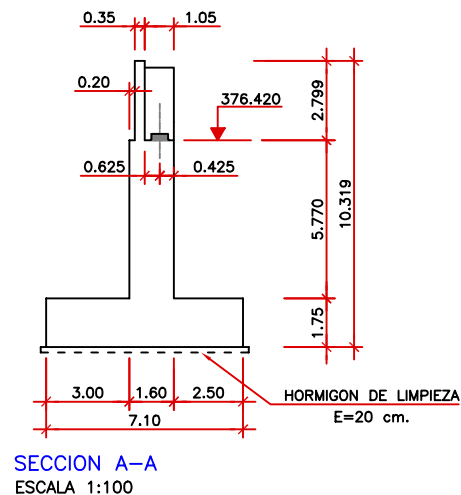
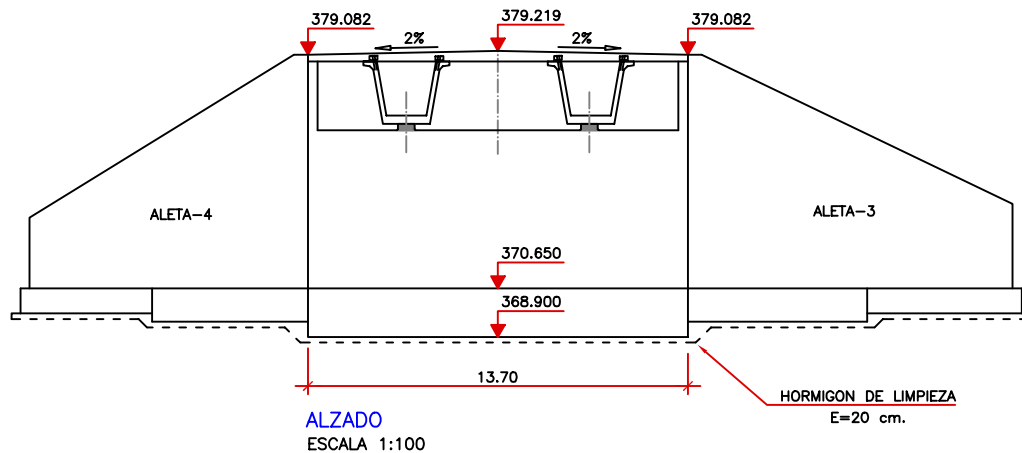
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | HORMIGONES |         |     | ARMADURAS |         |      | RECUBR. cm. |
|----------------------|------------|---------|-----|-----------|---------|------|-------------|
|                      | TIPO       | CONTROL | Yc  | TIPO      | CONTROL | Yc   |             |
| ALZADOS              | H-250      | NORMAL  | 1.5 | AEH-500   | NORMAL  | 1.15 | 3           |
| CIMENTACION          | H-250      | NORMAL  | 1.5 | AEH-500   | NORMAL  | 1.15 | 4           |

EJECUCION DE LA OBRA

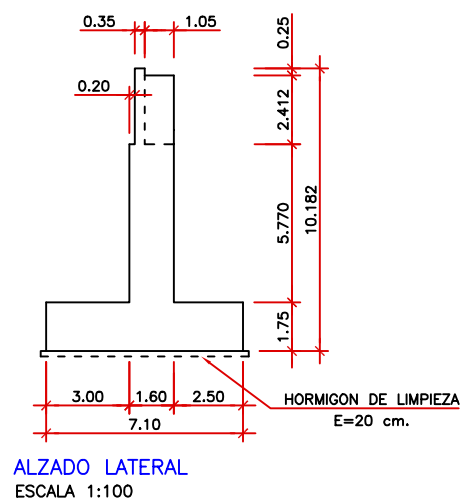
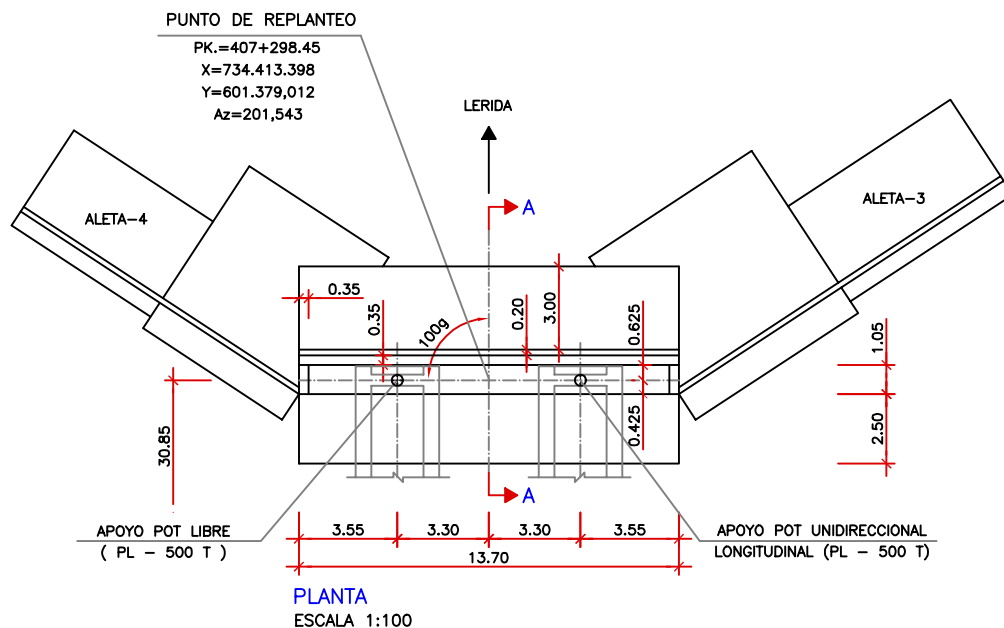
CONTROL: NORMAL

COEFICIENTE DE MAYORACION DE LAS ACCIONES:  $\gamma_f = 1.6$

COPIA REDUCIDA



## ESTRIBO - 2



## NOTAS

LOS APARATOS DE APOYO SE DISPONDRAN CON SUS CARAS DE APOYO RIGUROSAMENTE HORIZONTALES

LOS EMPALMES Y ANCLAJES DE ARMADURAS SE REALIZARAN DE ACUERDO CON LA INSTRUCCION EH-91

## ZAPATAS APOYADAS EN TERRENO NATURAL

TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO  $\geq 6.00 \text{ Kg./cm}^2$ .

PROFUNDIDAD DE APOYO  $\geq 3.00 \text{ m}$ .

SE UTILIZARAN CEMENTOS SULFORRESISTENTES EN TODOS LOS ELEMENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES NIVELES DE CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD ADOPTADOS

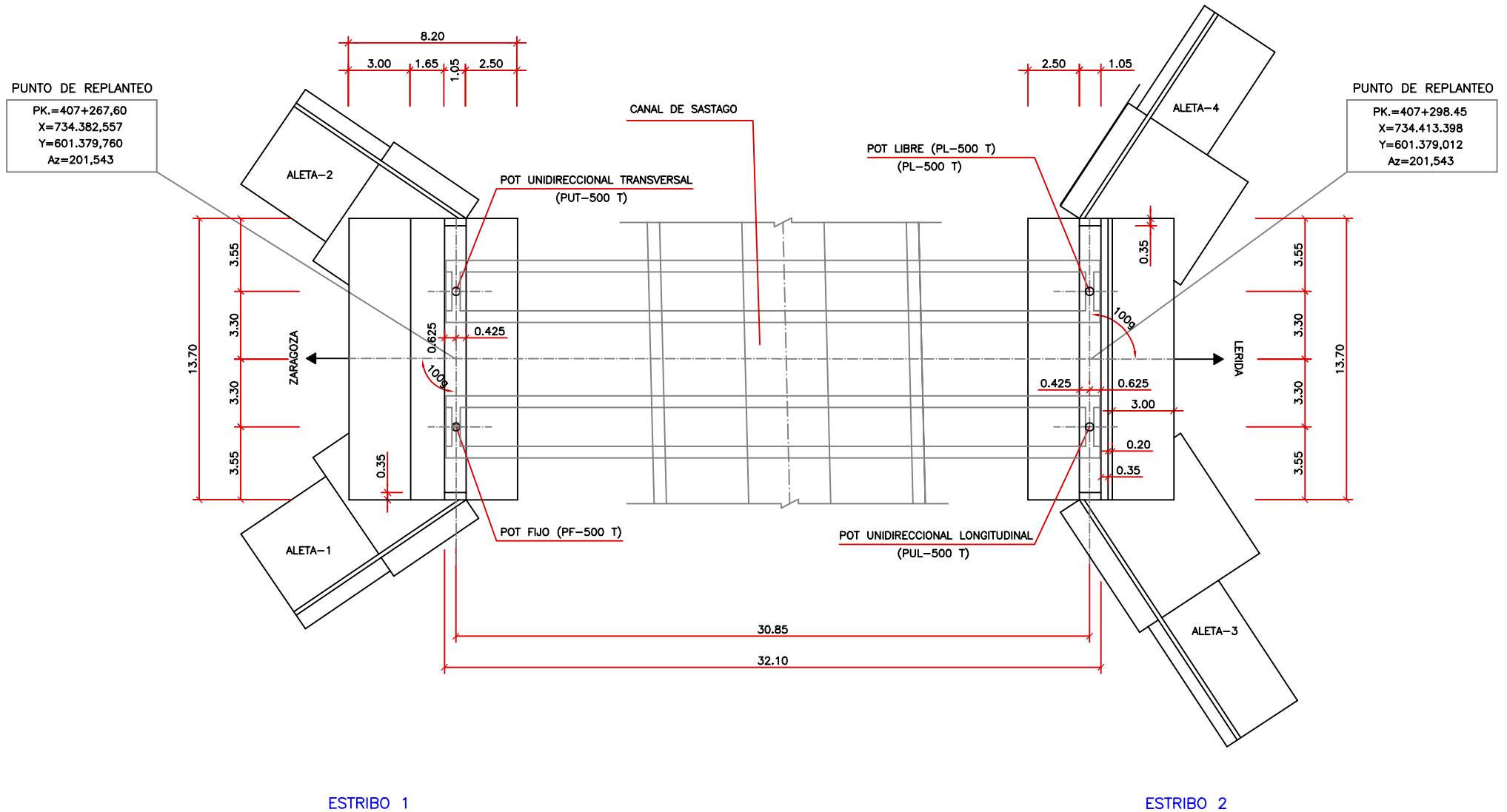
## MATERIALES

| ELEMENTO ESTRUCTURAL | HORMIGONES |         |     | ARMADURAS |         |      |             |
|----------------------|------------|---------|-----|-----------|---------|------|-------------|
|                      | TIPO       | CONTROL | Yc  | TIPO      | CONTROL | Yc   | RECUBR. cm. |
| ALZADOS              | H-250      | NORMAL  | 1.5 | AEH-500   | NORMAL  | 1.15 | 3           |
| CIMENTACION          | H-250      | NORMAL  | 1.5 | AEH-500   | NORMAL  | 1.15 | 4           |

EJECUCION DE LA OBRA  
CONTROL: NORMAL  
COEFICIENTE DE MAYORACION DE LAS ACCIONES:  $\gamma_f = 1.6$

COPIA REDUCIDA

PLANTA  
ESCALA 1:200



## **ANEJO 2B: EVALUACIÓN DE FLECHAS**

## Listado Input

C S I / S A P 9 0 - - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
PROGRAM:SAP90/FILE:sastago.SAP  
CANAL DE SASTAGO 26VI02 . ZARAGOZA-LLEIDA. SUBTRAMO IV

S Y S T E M D A T A

|                             |           |           |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| EXECUTION CODE              | - - - - - | 0         |
| NUMBER OF LOAD CONDITIONS   | - - - - - | 4         |
| STEADY STATE LOAD FREQUENCY | - - - - - | .0000E+00 |
| NUMBER OF EIGENVALUES       | - - - - - | 3         |
| EIGEN CONVERGENCE TOLERANCE | - - - - - | .1000E-03 |
| EIGEN CUTOFF TIME PERIOD    | - - - - - | .0000E+00 |

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

| JOINT | X      | Y     | Z    |
|-------|--------|-------|------|
| 1     | .000   | .000  | .000 |
| 2     | 3.856  | .000  | .000 |
| 3     | 7.713  | .000  | .000 |
| 4     | 11.569 | .000  | .000 |
| 5     | 15.425 | .000  | .000 |
| 6     | 19.281 | .000  | .000 |
| 7     | 23.138 | .000  | .000 |
| 8     | 26.994 | .000  | .000 |
| 9     | 30.850 | .000  | .000 |
| 10    | .000   | 6.600 | .000 |
| 11    | 3.856  | 6.600 | .000 |
| 12    | 7.713  | 6.600 | .000 |
| 13    | 11.569 | 6.600 | .000 |
| 14    | 15.425 | 6.600 | .000 |
| 15    | 19.281 | 6.600 | .000 |
| 16    | 23.138 | 6.600 | .000 |
| 17    | 26.994 | 6.600 | .000 |
| 18    | 30.850 | 6.600 | .000 |

R E S T R A I N T D A T A

| JOINT | RX | RY | RZ | RXX | RYY | RZZ |
|-------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1     | 1  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   |
| 9     | 1  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   |
| 10    | 0  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   |
| 18    | 0  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   |

F R A M E C O N T R O L D A T A

NUMBER OF MEMBER SECTION PROPERTIES 3  
NUMBER OF SPAN LOADING PATTERNS 0

| LOAD | GRAVITATIONAL MULTIPLIERS |      |      | TEMPERATURE | PRESTRESS   |
|------|---------------------------|------|------|-------------|-------------|
| COND | X                         | Y    | Z    | MULTIPLIERS | MULTIPLIERS |
| 1    | .000                      | .000 | .000 | .000        | .000        |
| 2    | .000                      | .000 | .000 | .000        | .000        |
| 3    | .000                      | .000 | .000 | .000        | .000        |
| 4    | .000                      | .000 | .000 | .000        | .000        |

S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| PROP<br>ID | AREA     | TORSIONAL<br>INERTIA | MOMENTS OF INERTIA |            | SHEAR AREAS |          |
|------------|----------|----------------------|--------------------|------------|-------------|----------|
|            |          |                      | I33                | I22        | A2          | A3       |
| 1          | .275E+01 | .20640E+01           | .22848E+01         | .10000E+02 | .000E+00    | .000E+00 |
| 2          | .964E+00 | .10042E-01           | .48022E-01         | .11947E+01 | .000E+00    | .000E+00 |
| 3          | .482E+00 | .50210E-02           | .24011E-01         | .14934E+00 | .000E+00    | .000E+00 |

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

| PROP<br>ID | MODULUS OF<br>ELASTICITY | SHEAR<br>MODULUS | WEIGHT PER<br>UNIT LEN | MASS PER<br>UNIT LEN | THERMAL<br>EXPANSION |
|------------|--------------------------|------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 1          | .3871E+11                | .1489E+11        | .1155E+06              | .1177E+05            | .0000E+00            |
| 2          | .3503E+11                | .1347E+11        | .0000E+00              | .0000E+00            | .0000E+00            |
| 3          | .3503E+11                | .1347E+11        | .0000E+00              | .0000E+00            | .0000E+00            |

F R A M E E L E M E N T D A T A

| ELT<br>ID | JOINT<br>END-I | JOINT<br>END-J | LOCAL-AXIS<br>N1 N2 |   | PROPERTY-ID<br>END-I END-J |   | VAR | REL<br>CODES | REF<br>TEMP | ELEMENT<br>LENGTH |
|-----------|----------------|----------------|---------------------|---|----------------------------|---|-----|--------------|-------------|-------------------|
| 1         | 1              | 2              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 2         | 2              | 3              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 3         | 3              | 4              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 4         | 4              | 5              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 5         | 5              | 6              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 6         | 6              | 7              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 7         | 7              | 8              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 8         | 8              | 9              | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 9         | 10             | 11             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 10        | 11             | 12             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 11        | 12             | 13             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 12        | 13             | 14             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 13        | 14             | 15             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 14        | 15             | 16             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 15        | 16             | 17             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 16        | 17             | 18             | -2                  | 0 | 1                          | 1 | 0   | 000000       | .00         | 3.86              |
| 17        | 1              | 10             | 3                   | 0 | 3                          | 3 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 25        | 9              | 18             | 3                   | 0 | 3                          | 3 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 18        | 2              | 11             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 19        | 3              | 12             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 20        | 4              | 13             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 21        | 5              | 14             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 22        | 6              | 15             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 23        | 7              | 16             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |
| 24        | 8              | 17             | 3                   | 0 | 2                          | 2 | 0   | 000000       | .00         | 6.60              |

T O T A L W E I G H T S A N D M A S S E S

| PROP  | WEIGHT       | MASS        |
|-------|--------------|-------------|
| 1     | 7124869.2000 | 726270.7000 |
| 2     | .0000        | .0000       |
| 3     | .0000        | .0000       |
| TOTAL | 7124869.2000 | 726270.7000 |

J O I N T L O A D S

| JOINT | LOAD | FX       | FY       | FZ        | MX       | MY       | MZ       |
|-------|------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 4     | 1    | .000E+00 | .000E+00 | -.929E+05 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 5     | 1    | .000E+00 | .000E+00 | -.307E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 6     | 1    | .000E+00 | .000E+00 | -.147E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 7     | 1    | .000E+00 | .000E+00 | -.304E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 8     | 1    | .000E+00 | .000E+00 | -.307E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 2     | 2    | .000E+00 | .000E+00 | -.803E+05 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 3     | 2    | .000E+00 | .000E+00 | -.360E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 4     | 2    | .000E+00 | .000E+00 | -.160E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 13    | 3    | .000E+00 | .000E+00 | -.929E+05 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 14    | 3    | .000E+00 | .000E+00 | -.307E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 15    | 3    | .000E+00 | .000E+00 | -.147E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 16    | 3    | .000E+00 | .000E+00 | -.304E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 17    | 3    | .000E+00 | .000E+00 | -.307E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 11    | 4    | .000E+00 | .000E+00 | -.803E+05 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 12    | 4    | .000E+00 | .000E+00 | -.360E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| 13    | 4    | .000E+00 | .000E+00 | -.160E+06 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |

L O A D C O N D I T I O N C O M B I N A T I O N M U L T I P L I E R S

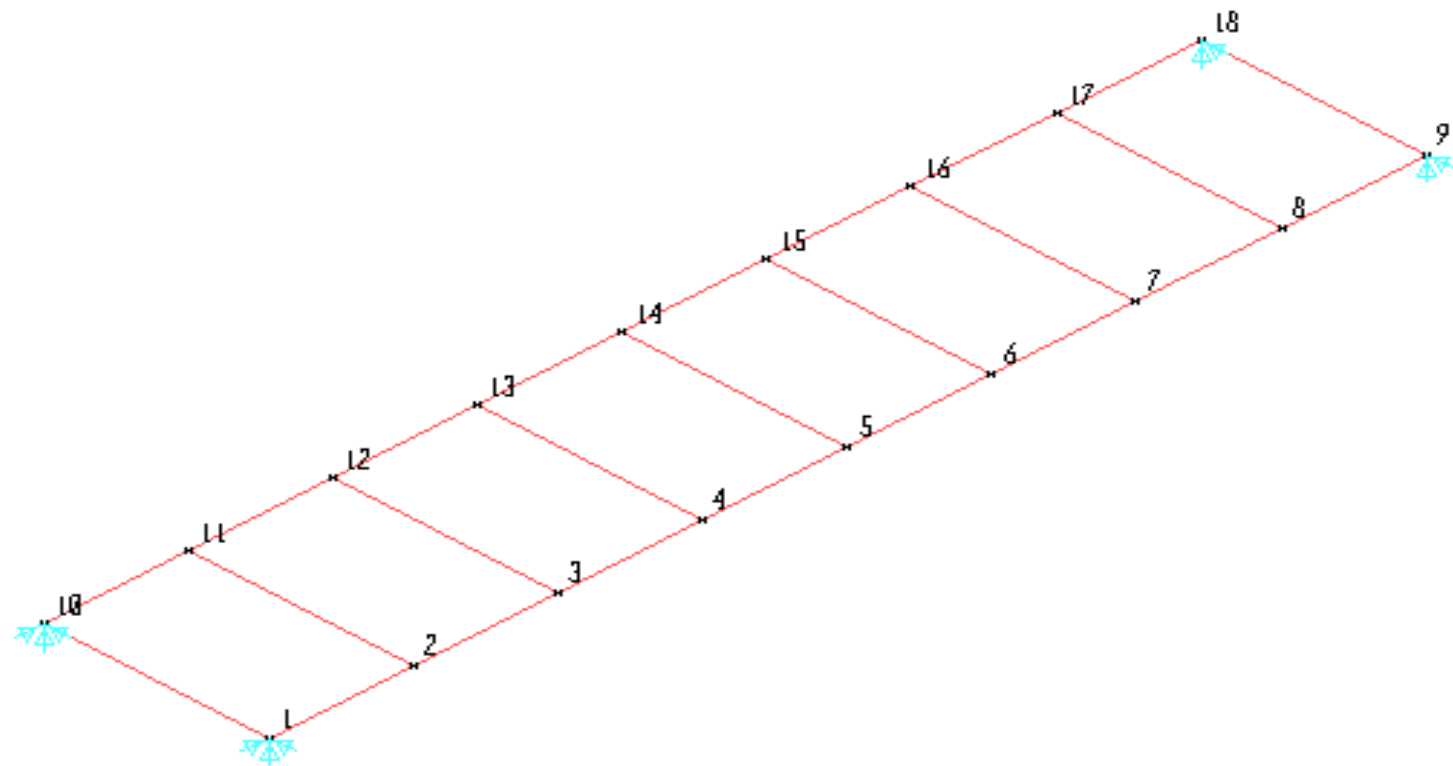
| COMBINATION | CONDITION | FACTOR |
|-------------|-----------|--------|
| 1           | 1         | 1.000  |
|             | 2         | 1.000  |
| 2           | 3         | 1.000  |
|             | 4         | 1.000  |

J O I N T A N D E L E M E N T O U T P U T S E L E C T I O N

| TYPE |               | FIRST<br>ID | LAST<br>ID | ID<br>INC | CODE |
|------|---------------|-------------|------------|-----------|------|
| 1    | (JOINT DISPL) | 1           | 18         | 1         | 1    |
| 5    | (FRAME ELEM)  | 4           | 5          | 1         | 1    |
| 5    | (FRAME ELEM)  | 12          | 13         | 1         | 1    |

O U T P U T F I L E S C R E A T E D B Y P R O G R A M

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| INPUT DATA ECHO              | sastago.SAP |
| SOLUTION ERRORS AND WARNINGS | sastago.ERR |
| EQUATION NUMBERING           | sastago.EQN |
| FREQUENCIES                  | sastago.EIG |
| DISPLACEMENTS AND REACTIONS  | sastago.SOL |
| FRAME ELEMENT FORCES         | sastago.F3F |



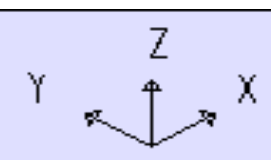
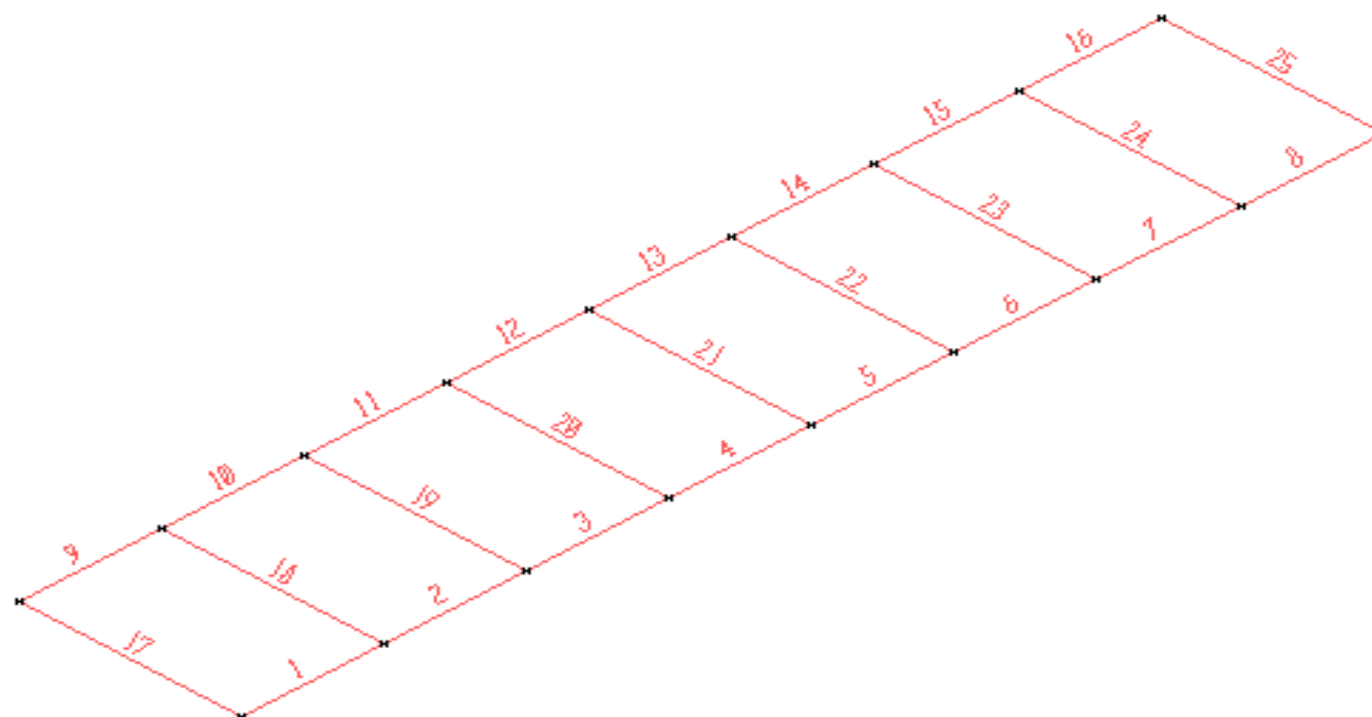
SASTAG0

UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS

JOINT IDS  
ALL JOINTS  
RESTRAINTS  
WIRE FRAME

SAP90



SASTAGO  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
ALL JOINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90

## Listado Output

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

| ELT ID | LOAD COMB | DIST ENDI | 1-2 PLANE SHEAR | 1-2 PLANE MOMENT | AXIAL FORCE | 1-3 PLANE SHEAR | 1-3 PLANE MOMENT | AXIAL TORQ |
|--------|-----------|-----------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|------------------|------------|
| 4      |           |           |                 |                  |             |                 |                  |            |
|        | 1         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | 165136.42  |
|        |           | .00       | 78427.79        | 5964145.51       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | 78427.79        | 6266582.67       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | 165136.42  |
|        | 2         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | -165136.42 |
|        |           | .00       | 49522.21        | 1525270.43       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | 49522.21        | 1716240.46       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | -165136.42 |
| 5      |           |           |                 |                  |             |                 |                  |            |
|        | 1         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | -160122.36 |
|        |           | .00       | -130108.94      | 6266600.76       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | -130108.94      | 5764868.15       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | -160122.36 |
|        | 2         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | 160122.36  |
|        |           | .00       | -49041.06       | 1716222.37       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | -49041.06       | 1527107.79       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | 160122.36  |
| 12     |           |           |                 |                  |             |                 |                  |            |
|        | 1         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | 165136.42  |
|        |           | .00       | 49522.21        | 1525270.43       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | 49522.21        | 1716240.46       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | 165136.42  |
|        | 2         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | -165136.42 |
|        |           | .00       | 78427.79        | 5964145.51       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | 78427.79        | 6266582.67       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | -165136.42 |
| 13     |           |           |                 |                  |             |                 |                  |            |
|        | 1         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | -160122.36 |
|        |           | .00       | -49041.06       | 1716222.37       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | -49041.06       | 1527107.79       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | -160122.36 |
|        | 2         | .00       |                 |                  | .00         |                 |                  | 160122.36  |
|        |           | .00       | -130108.94      | 6266600.76       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      | -130108.94      | 5764868.15       |             |                 |                  |            |
|        |           | 3.86      |                 |                  | .00         |                 |                  | 160122.36  |

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

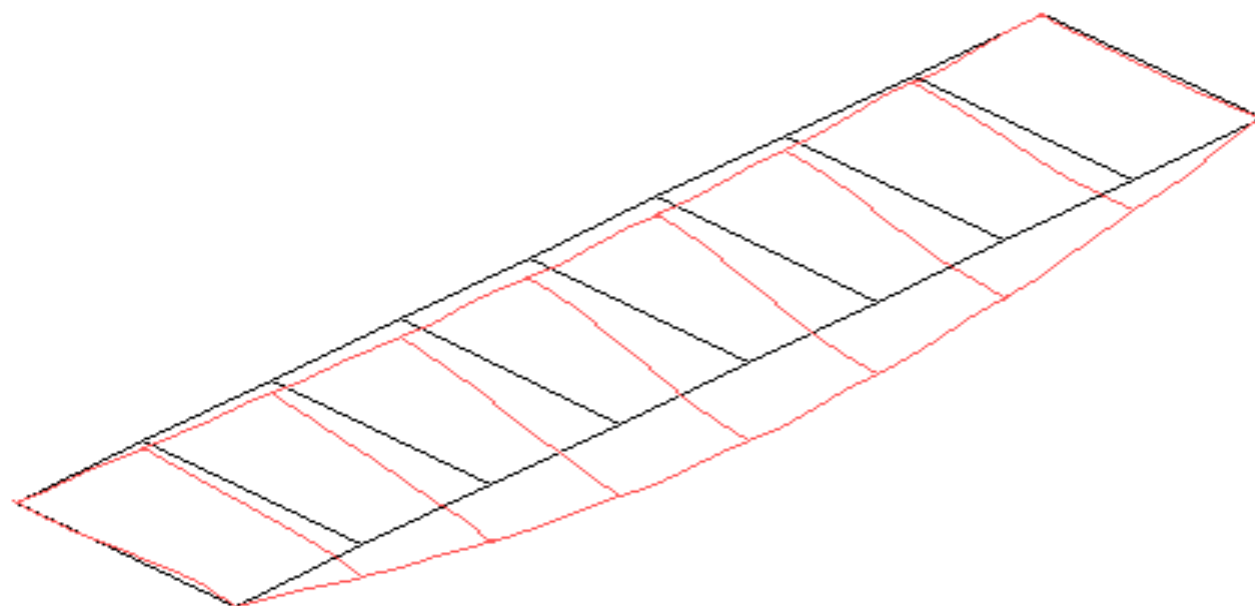
LOAD COMBINATION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

| JOINT | U(X)      | U(Y)      | U(Z)       | R(X)      | R(Y)       | R(Z)      |
|-------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1     | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | .4198E-03 | .7356E-03  | .0000E+00 |
| 2     | .000000   | .000000   | -.002759   | .000460   | .000675    | .000000   |
| 3     | .000000   | .000000   | -.005065   | .000527   | .000505    | .000000   |
| 4     | .000000   | .000000   | -.006566   | .000581   | .000266    | .000000   |
| 5     | .000000   | .000000   | -.007081   | .000602   | -.000001   | .000000   |
| 6     | .000000   | .000000   | -.006565   | .000582   | -.000263   | .000000   |
| 7     | .000000   | .000000   | -.005087   | .000528   | -.000498   | .000000   |
| 8     | .000000   | .000000   | -.002794   | .000462   | -.000678   | .000000   |
| 9     | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | .4215E-03 | -.7479E-03 | .0000E+00 |
| 10    | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | .4198E-03 | .1649E-03  | .0000E+00 |
| 11    | .0000E+00 | .0000E+00 | -.6250E-03 | .4601E-03 | .1565E-03  | .0000E+00 |
| 12    | .000000   | .000000   | -.001179   | .000527   | .000126    | .000000   |
| 13    | .000000   | .000000   | -.001565   | .000581   | .000071    | .000000   |
| 14    | .000000   | .000000   | -.001705   | .000602   | .000000    | .000000   |
| 15    | .000000   | .000000   | -.001566   | .000582   | -.000071   | .000000   |
| 16    | .000000   | .000000   | -.001180   | .000528   | -.000126   | .000000   |
| 17    | .0000E+00 | .0000E+00 | -.6261E-03 | .4620E-03 | -.1567E-03 | .0000E+00 |
| 18    | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | .4215E-03 | -.1652E-03 | .0000E+00 |

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

LOAD COMBINATION 2 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

| JOINT | U(X)      | U(Y)      | U(Z)       | R(X)       | R(Y)       | R(Z)      |
|-------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| 1     | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | -.4198E-03 | .1649E-03  | .0000E+00 |
| 2     | .0000E+00 | .0000E+00 | -.6250E-03 | -.4601E-03 | .1565E-03  | .0000E+00 |
| 3     | .000000   | .000000   | -.001179   | -.000527   | .000126    | .000000   |
| 4     | .000000   | .000000   | -.001565   | -.000581   | .000071    | .000000   |
| 5     | .000000   | .000000   | -.001705   | -.000602   | .000000    | .000000   |
| 6     | .000000   | .000000   | -.001566   | -.000582   | -.000071   | .000000   |
| 7     | .000000   | .000000   | -.001180   | -.000528   | -.000126   | .000000   |
| 8     | .0000E+00 | .0000E+00 | -.6261E-03 | -.4620E-03 | -.1567E-03 | .0000E+00 |
| 9     | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | -.4215E-03 | -.1652E-03 | .0000E+00 |
| 10    | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | -.4198E-03 | .7356E-03  | .0000E+00 |
| 11    | .000000   | .000000   | -.002759   | -.000460   | .000675    | .000000   |
| 12    | .000000   | .000000   | -.005065   | -.000527   | .000505    | .000000   |
| 13    | .000000   | .000000   | -.006566   | -.000581   | .000266    | .000000   |
| 14    | .000000   | .000000   | -.007081   | -.000602   | -.000001   | .000000   |
| 15    | .000000   | .000000   | -.006565   | -.000582   | -.000263   | .000000   |
| 16    | .000000   | .000000   | -.005087   | -.000528   | -.000498   | .000000   |
| 17    | .000000   | .000000   | -.002794   | -.000462   | -.000678   | .000000   |
| 18    | .0000E+00 | .0000E+00 | .0000E+00  | -.4215E-03 | -.7479E-03 | .0000E+00 |



SASTAG0

DEFORMED  
SHAPE

LOAD 1

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z -.7081E-02

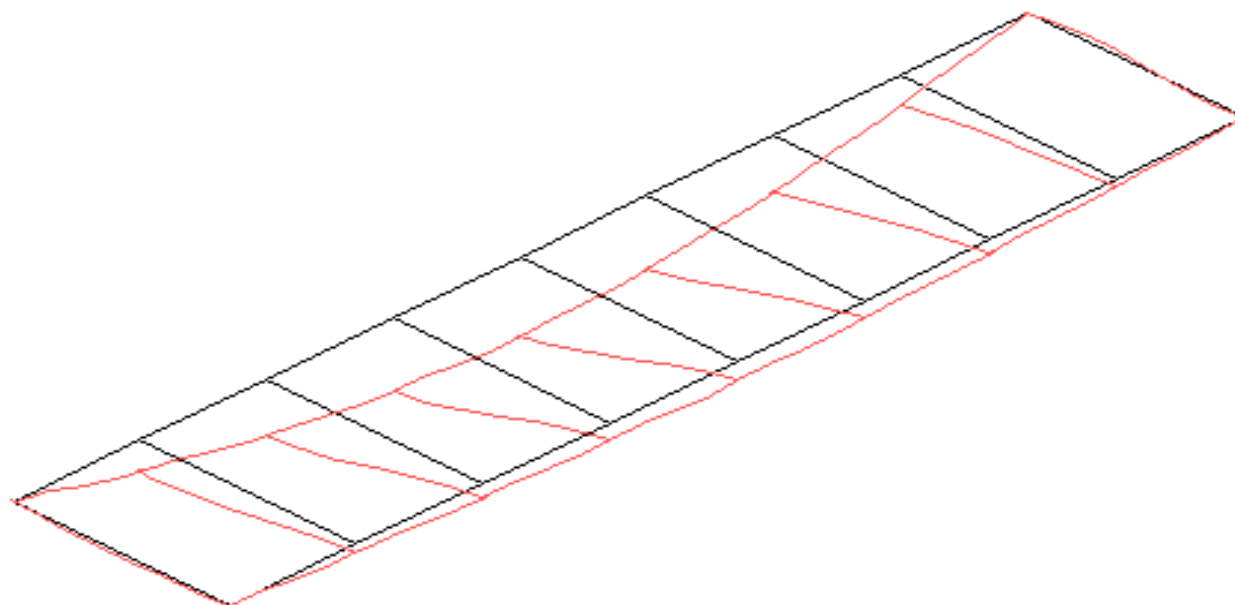
MAXIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z .0000E+00

SAP90



SASTAG0

DEFORMED  
SHAPE

LOAD 2

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z -.7081E-02

MAXIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z .0000E+00

**SAP90**

## **ANÁLISIS MODAL**

C S I / S A P 9 0 - - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
PROGRAM:SAP90/FILE:sastago.EIG  
CANAL DE SASTAGO 26VI02 . ZARAGOZA-LLEIDA. SUBTRAMO IV

E I G E N S Y S T E M P A R A M E T E R S

|                                  |   |    |
|----------------------------------|---|----|
| NUMBER OF EQUATIONS              | = | 98 |
| NUMBER OF MASSES                 | = | 44 |
| NUMBER OF VALUES TO BE EVALUATED | = | 3  |
| SIZE OF SUBSPACE                 | = | 7  |

E I G E N V A L U E S A N D F R E Q U E N C I E S

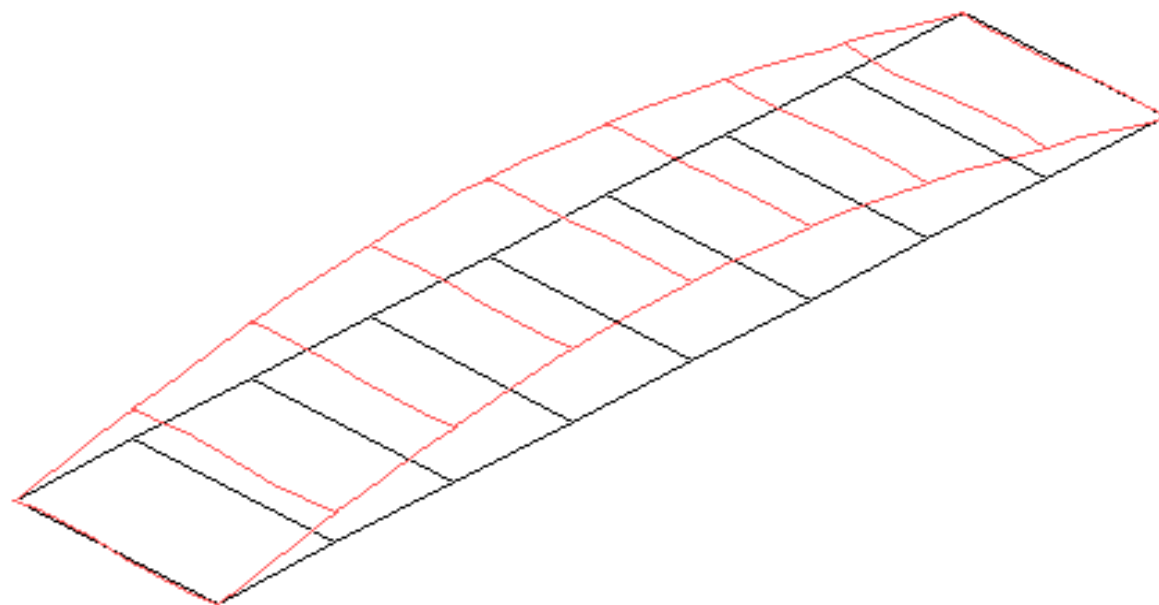
| MODE<br>NUMBER | EIGENVALUE<br>(RAD/SEC)**2 | CIRCULAR FREQ<br>(RAD/SEC) | FREQUENCY<br>(CYCLES/SEC) | PERIOD<br>(SEC) |
|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1              | .807999E+03                | .284253E+02                | 4.524030                  | .221042         |
| 2              | .131130E+04                | .362119E+02                | 5.763301                  | .173512         |
| 3              | .820749E+04                | .905952E+02                | 14.418674                 | .069355         |

B A S E F O R C E R E A C T I O N F A C T O R S

| MODE | PERIOD | X         | Y         | Z         | X        | Y         | Z         |
|------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| #    | (sec)  | DIRECTION | DIRECTION | DIRECTION | MOMENT   | MOMENT    | MOMENT    |
| 1    | .221   | .561E-03  | .196E-04  | .757E+03  | .250E+04 | -.117E+05 | -.668E-03 |
| 2    | .174   | -.619E-03 | -.564E-04 | -.212E-03 | .251E+04 | .161E-02  | .575E-02  |
| 3    | .069   | .690E-02  | .754E+03  | -.338E-02 | .451E-01 | .554E-01  | .116E+05  |

P A R T I C I P A T I N G M A S S - (percent)

| MODE | X-DIR | Y-DIR  | Z-DIR  | X-SUM | Y-SUM  | Z-SUM  |
|------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1    | .000  | .000   | 90.265 | .000  | .000   | 90.265 |
| 2    | .000  | .000   | .000   | .000  | .000   | 90.265 |
| 3    | .000  | 89.480 | .000   | .000  | 89.480 | 90.265 |



SASTAG0

MODE  
SHAPE

MODE 1

MINIMA

X .0000E+00

Y -.5951E-09

Z .0000E+00

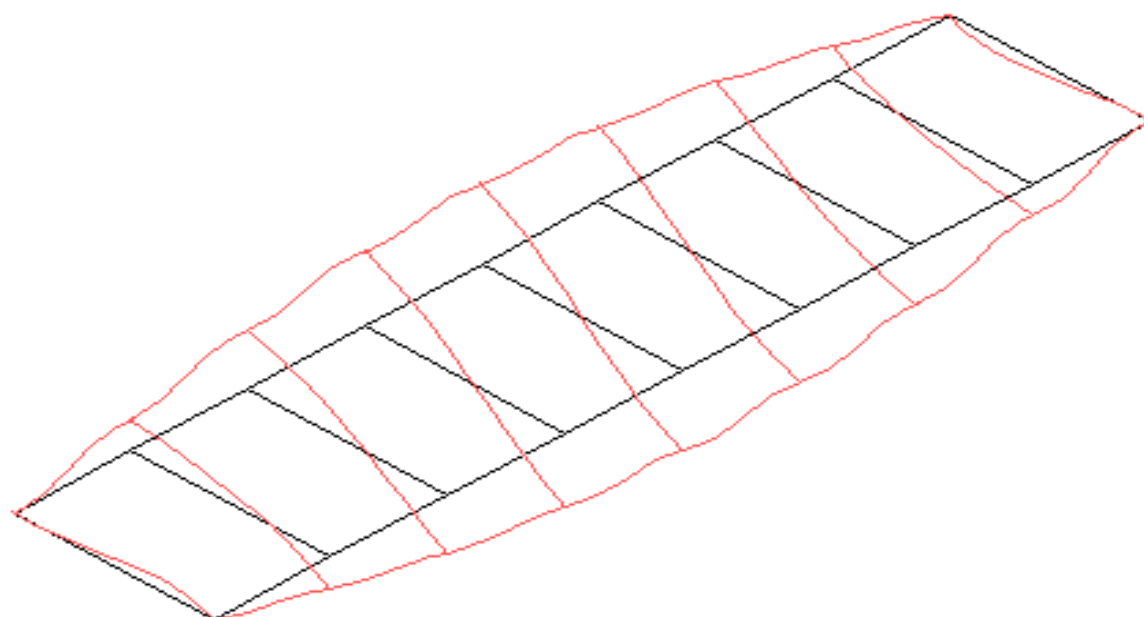
MAXIMA

X .1197E-08

Y .7030E-09

Z .1659E-02

SAP90



SASTAG0

MODE  
SHAPE

MODE 2

MINIMA

X  $-.2468\text{E}-08$

Y  $-.7738\text{E}-09$

Z  $-.1647\text{E}-02$

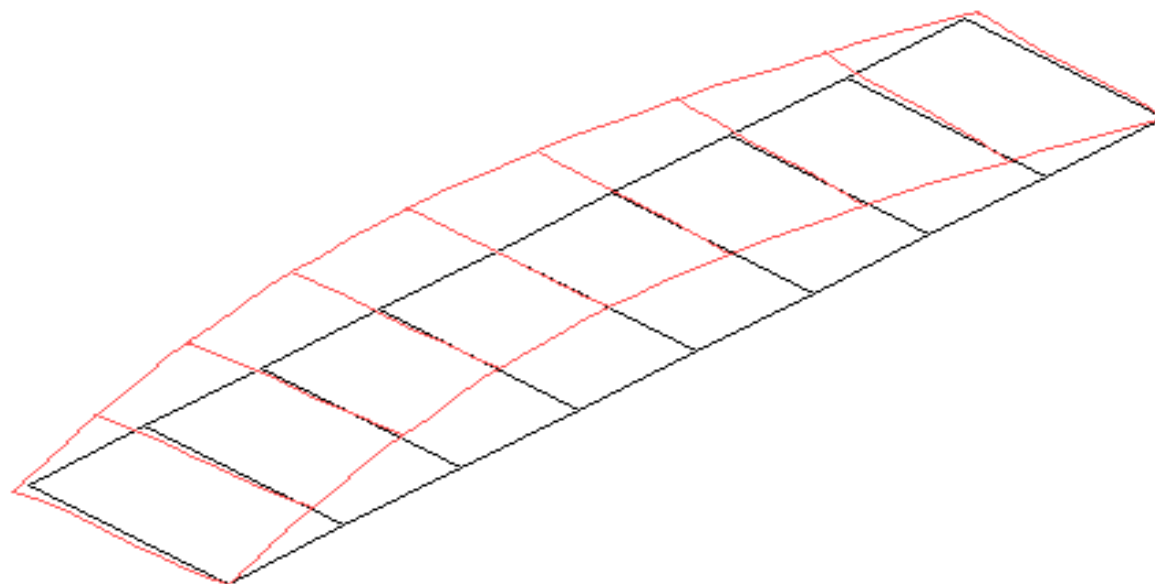
MAXIMA

X  $.7785\text{E}-09$

Y  $.6070\text{E}-09$

Z  $.1647\text{E}-02$

SAP90



SASTAG0

MODE  
SHAPE

MODE 3

MINIMA

X  $-.2611\text{E}-03$

Y  $.0000\text{E}+00$

Z  $-.1526\text{E}-06$

MAXIMA

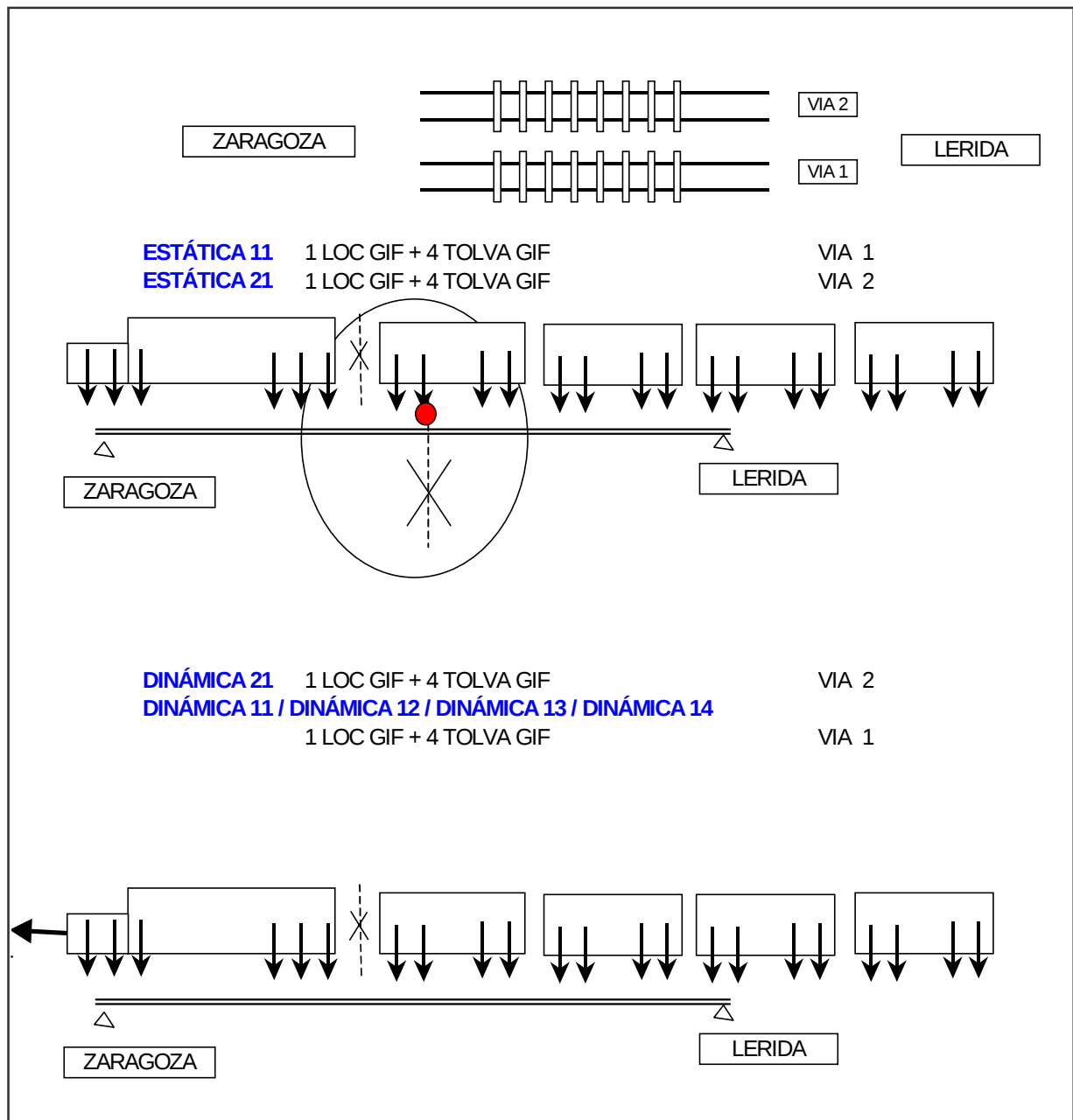
X  $.2611\text{E}-03$

Y  $.1636\text{E}-02$

Z  $.1460\text{E}-06$

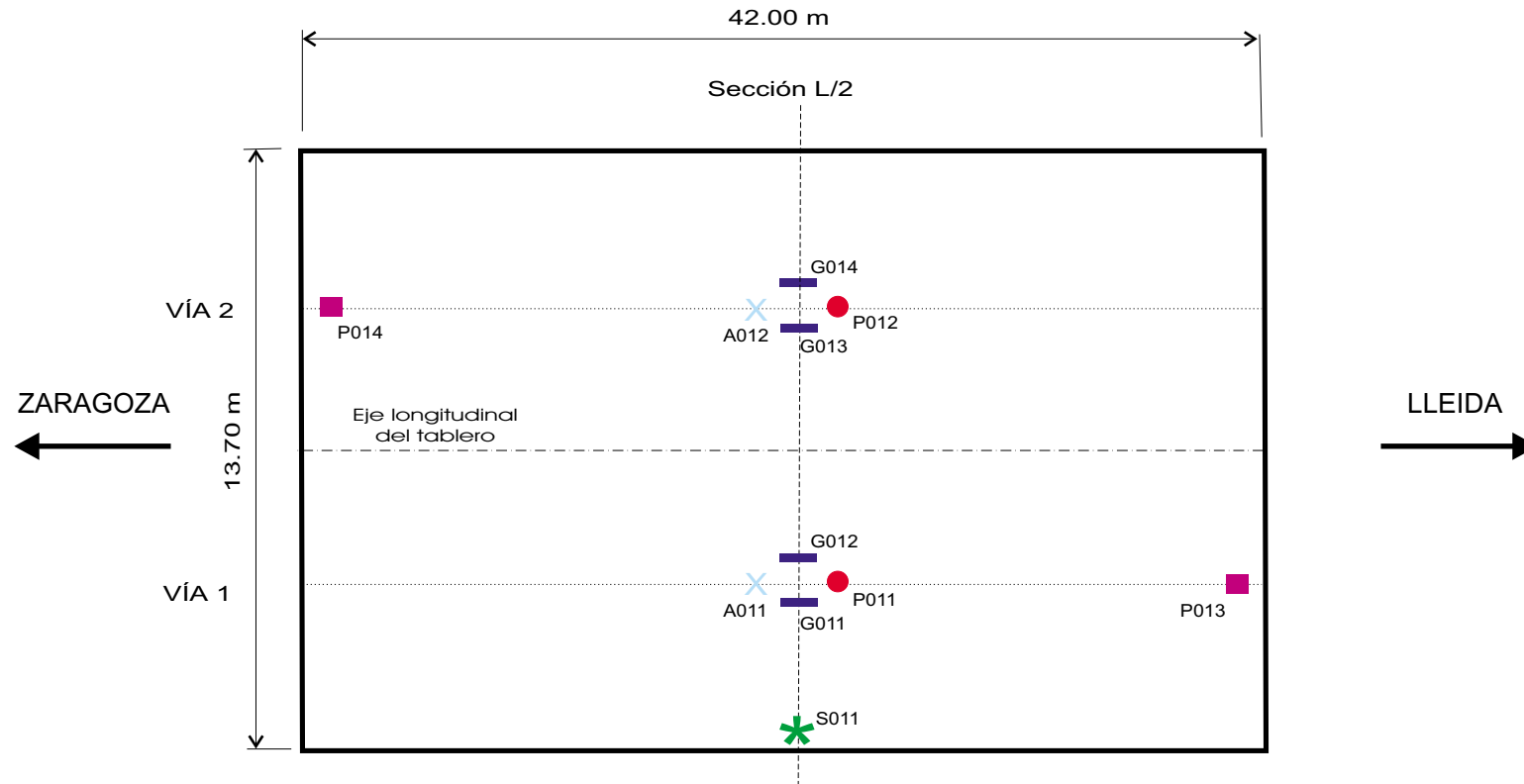
**SAP90**

## **ANEJO 2C: TREN DE CARGAS Y SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE MEDIDA**



Croquis de la disposición de cargas

26VI02  
L.A.V. MADRID-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA  
BASE MONTAGUT  
CROQUIS DE INSTRUMENTACIÓN



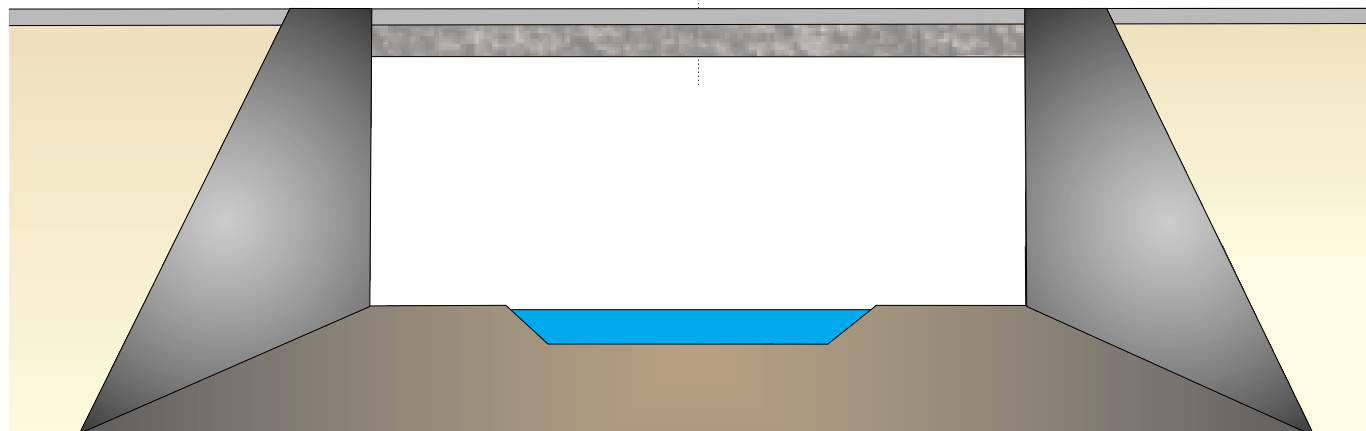
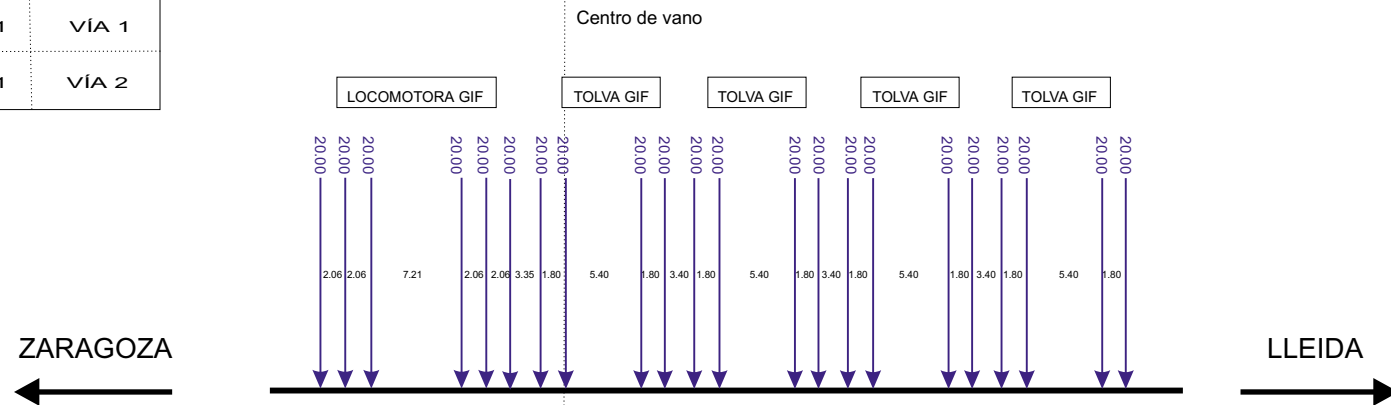
- Flecha en L/2
- ▬ Banda extensométrica
- Descenso de apoyos
- × Acelerómetro
- ✱ Sismómetro

## **ANEJO 3: ESQUEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TREN DE CARGA**

Madrid, Octubre de 2001

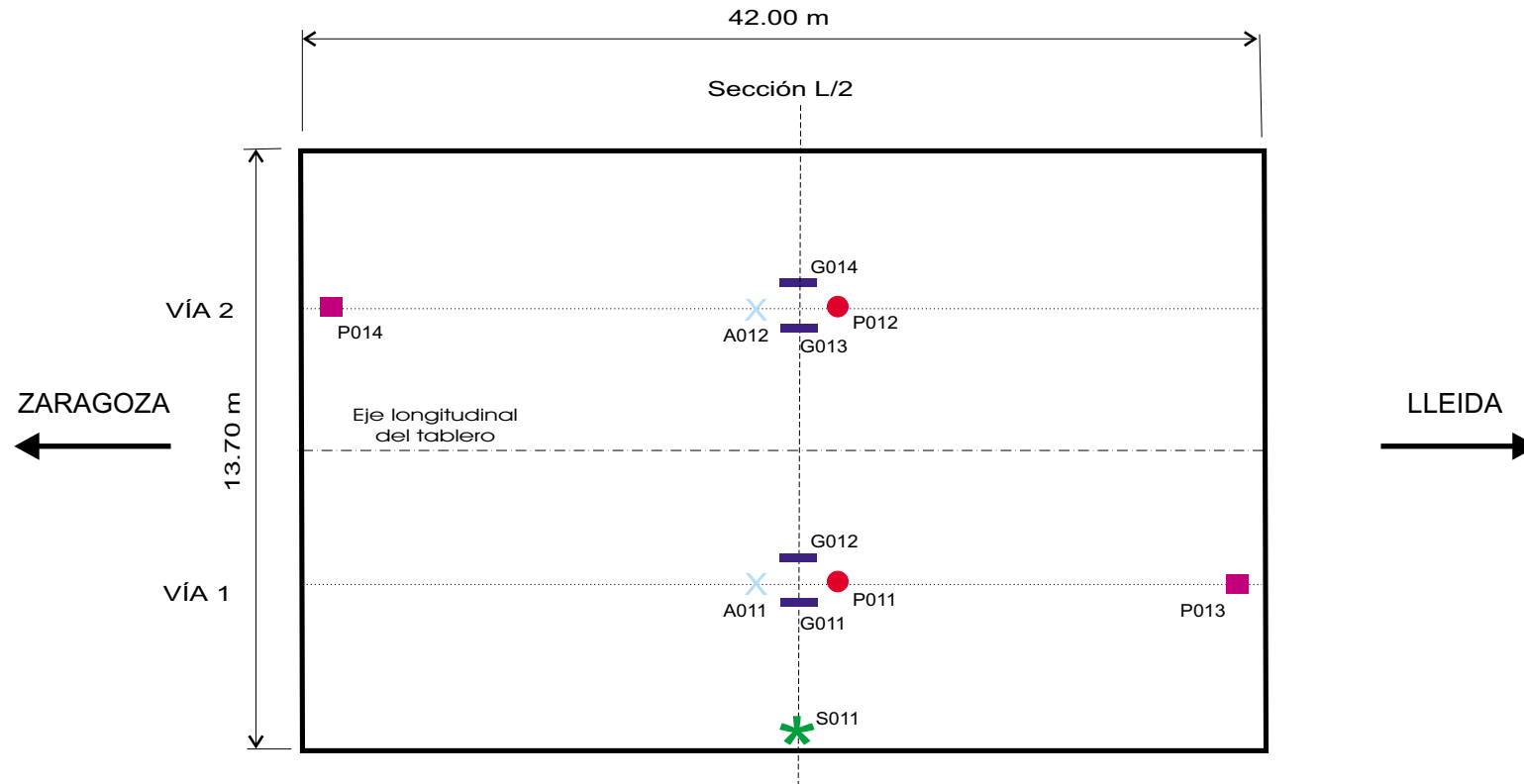
26VI02  
L.A.V. MADRID-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA  
BASE MONTAGUT  
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

|        |       |
|--------|-------|
| EST 11 | VÍA 1 |
| EST21  | VÍA 2 |



NOTA: Distancias en metros  
Cargas en Tn/eje

26VI02  
L.A.V. MADRID-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA  
BASE MONTAGUT  
CROQUIS DE INSTRUMENTACIÓN



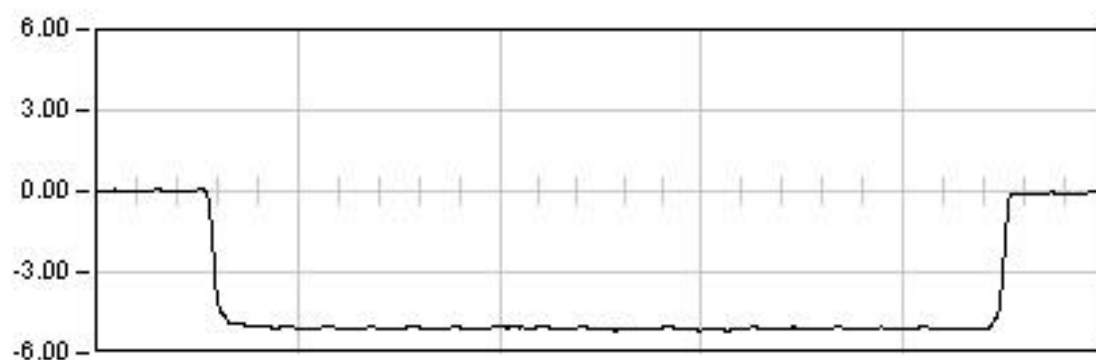
- Flecha en L/2
- Banda extensométrica
- Descenso de apoyos
- × Acelerómetro
- ✱ Sismómetro

## **ANEJO 4: REGISTRO DE MEDIDAS**

Madrid, Octubre de 2001

# 26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P011 Canal : 00 Unidades : mm



## ESTATICA 11

1152.0 Seg

Est: -5.02

Max: -5.16

Min: 0.07

Rem: -0.06



## ESTATICA 21

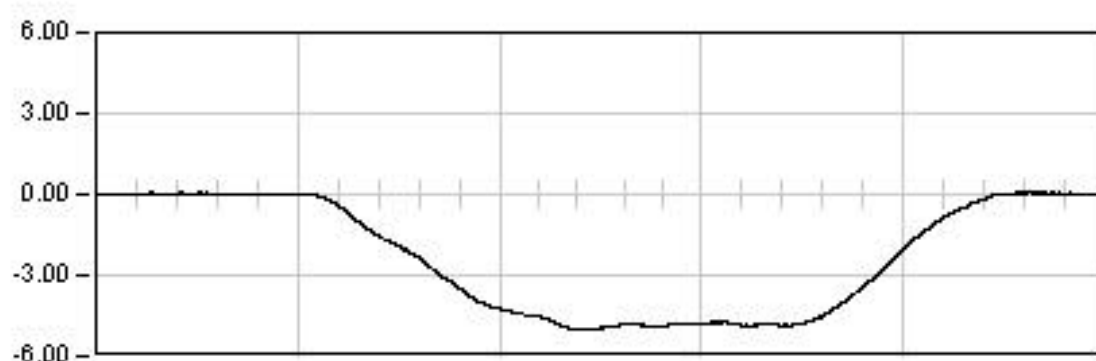
1307.0 Seg

Est: -1.33

Max: -1.44

Min: 0.11

Rem: -0.06



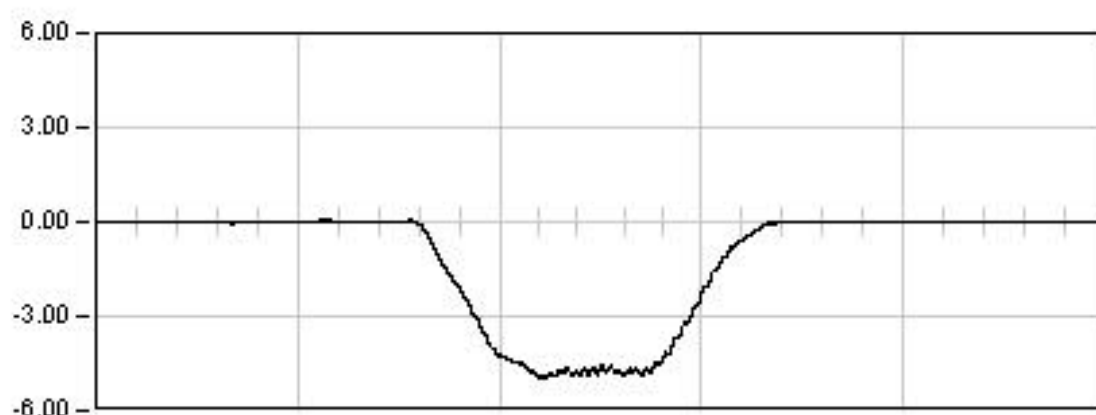
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: -5.03

Min: 0.06

Rem: -0.00



## DINAMICA 12

26.0 Seg

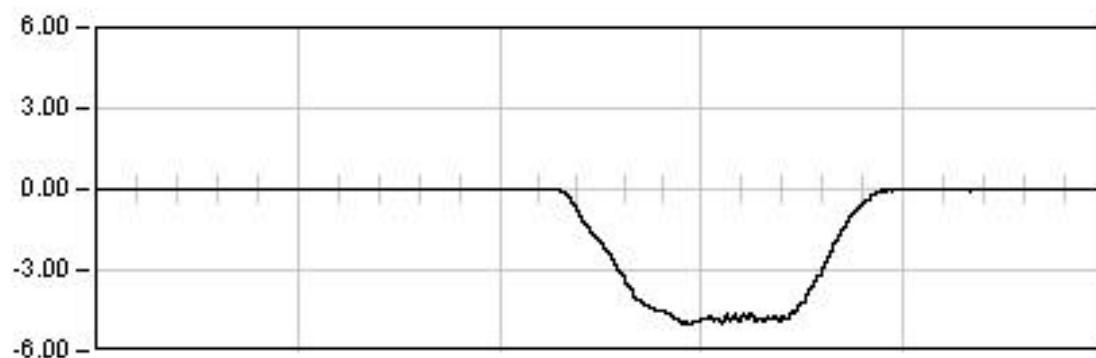
Max: -4.99

Min: 0.07

Rem: 0.01

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P011      Canal : 00      Unidades : mm



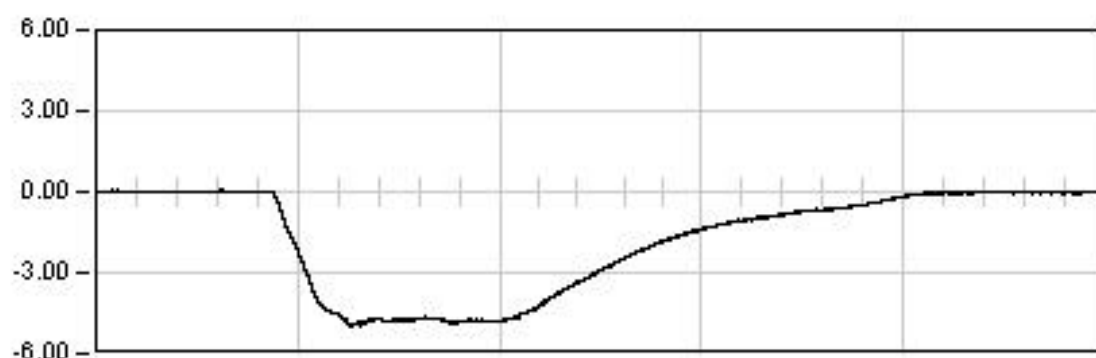
**DYNAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      -5.00

Min:      0.05

Rem:      -0.01



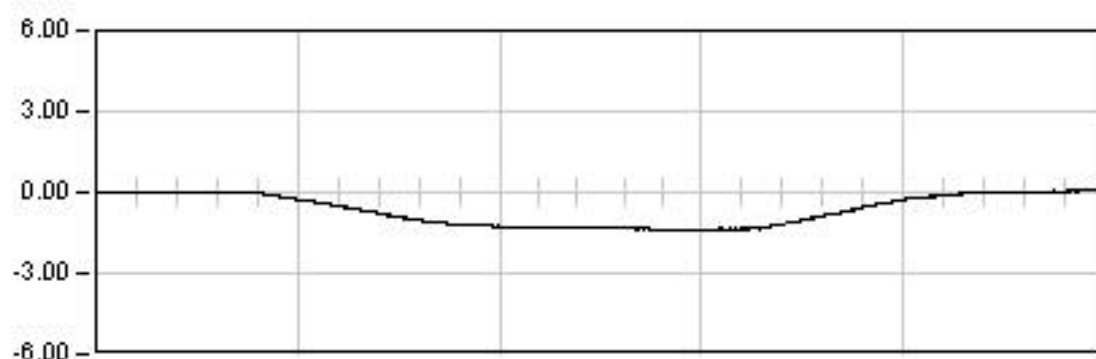
**DYNAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      -4.96

Min:      0.06

Rem:      -0.03



**DYNAMICA 21**

116.0      Seg

Max:      -1.39

Min:      0.08

Rem:      0.07

# 26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P012      Canal : 34      Unidades : mm



## ESTATICA 11

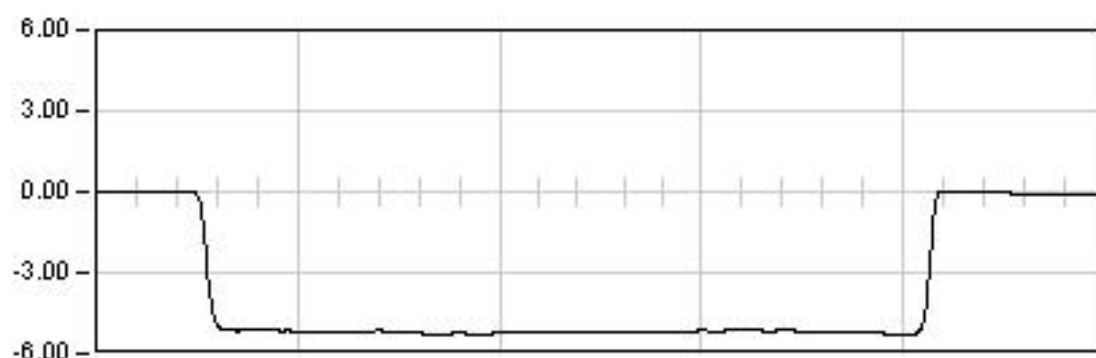
1152.0 Seg

Est: -1.53

Max: -1.54

Min: 0.09

Rem: 0.03



## ESTATICA 21

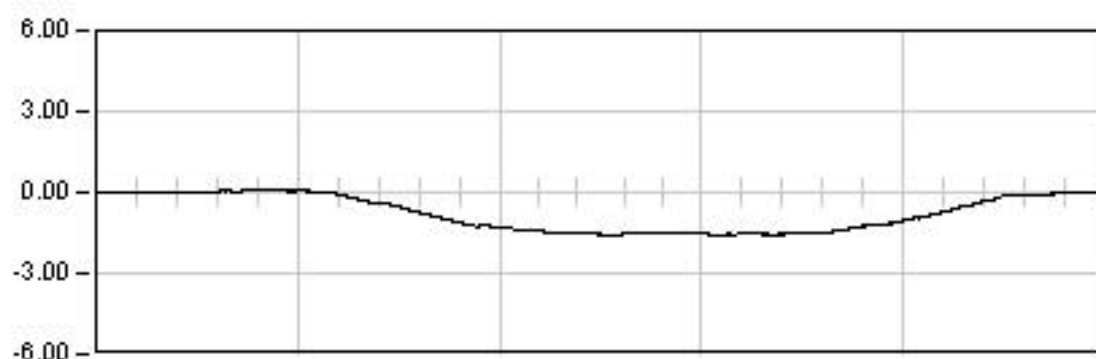
1307.0 Seg

Est: -5.28

Max: -5.28

Min: 0.05

Rem: -0.07



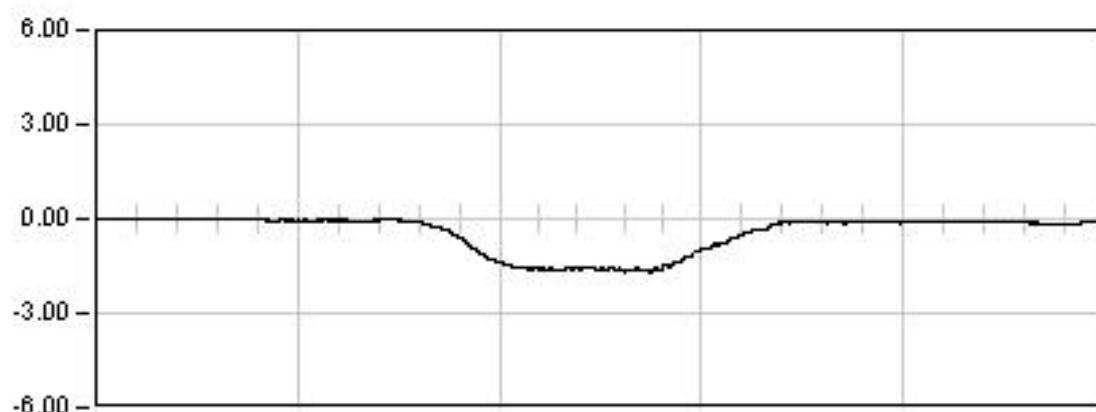
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: -1.59

Min: 0.10

Rem: -0.01



## DINAMICA 12

26.0 Seg

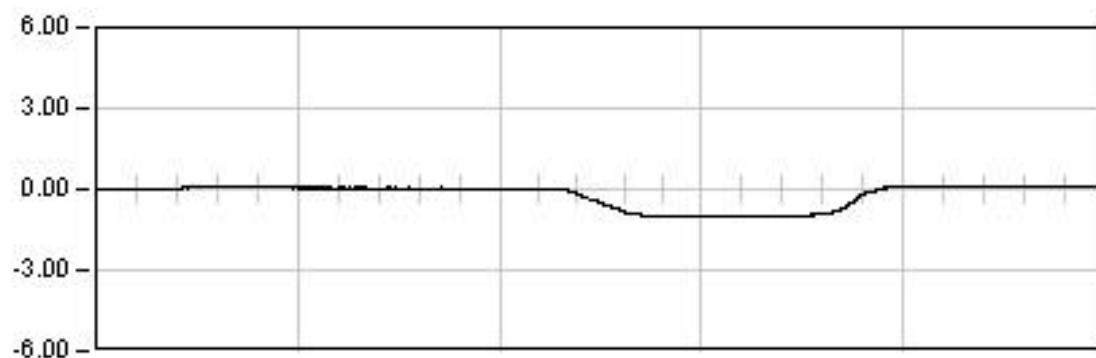
Max: -1.69

Min: 0.01

Rem: -0.11

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P012      Canal : 34      Unidades : mm



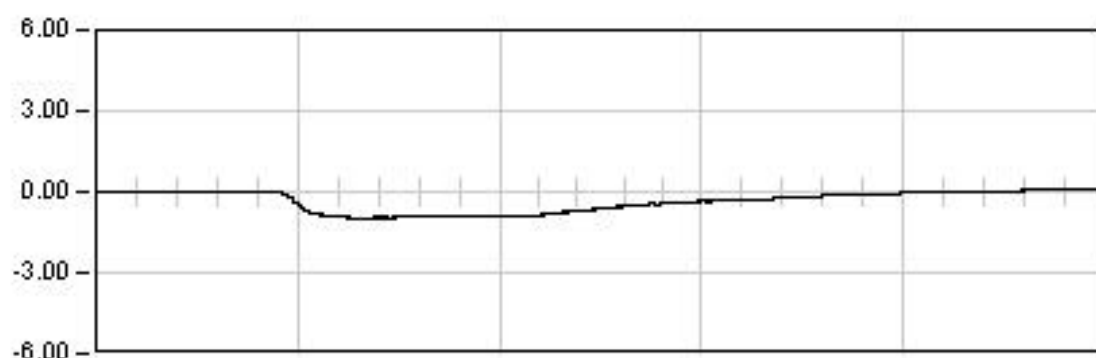
**DYNAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      -1.03

Min:      0.11

Rem:      0.07



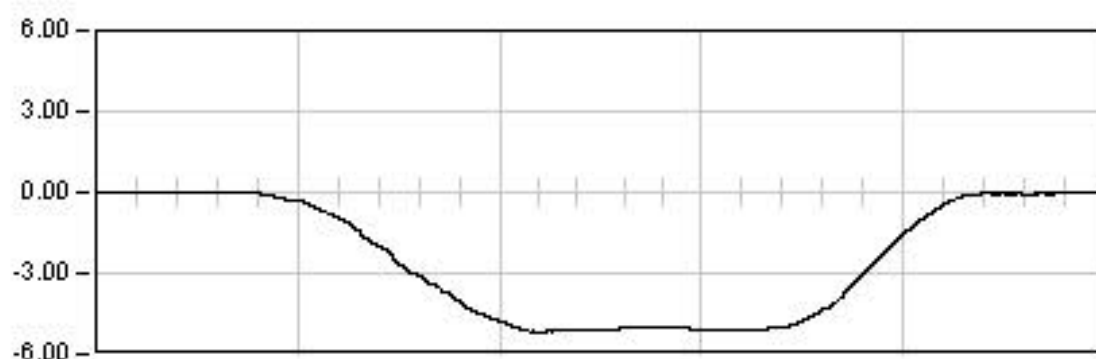
**DYNAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      -1.00

Min:      0.09

Rem:      0.03



**DYNAMICA 21**

116.0      Seg

Max:      -5.18

Min:      0.05

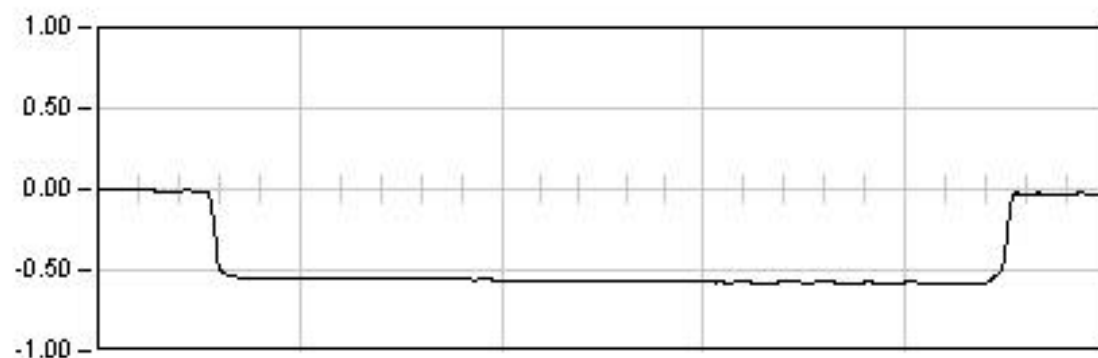
Rem:      0.01

# 26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P013

Canal : 01

Unidades : mm



## ESTATICA 11

1152.0 Seg

Est: -0.58

Max: -0.59

Min: 0.01

Rem: -0.03



## ESTATICA 21

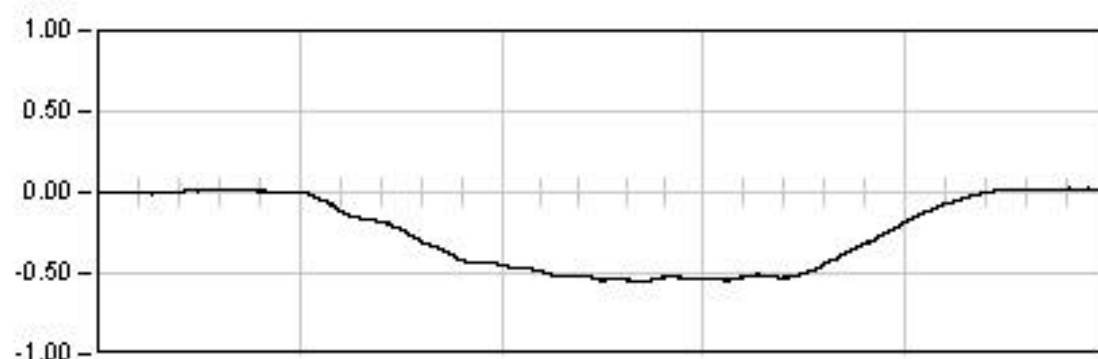
1307.0 Seg

Est: -0.13

Max: -0.13

Min: 0.01

Rem: -0.02



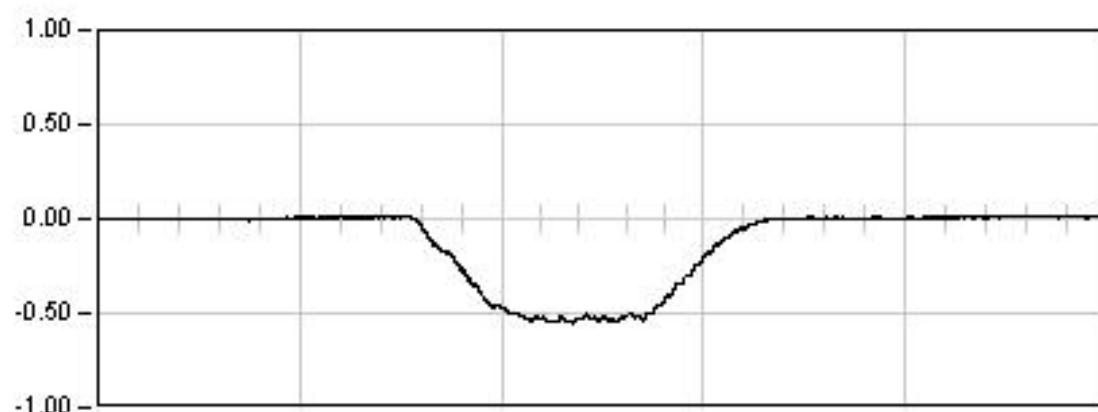
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: -0.55

Min: 0.03

Rem: 0.02



## DINAMICA 12

26.0 Seg

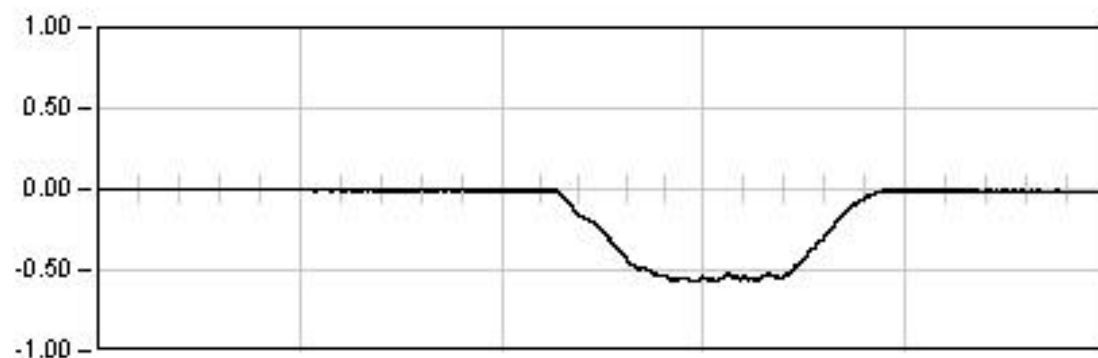
Max: -0.56

Min: 0.02

Rem: 0.01

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P013      Canal : 01      Unidades : mm



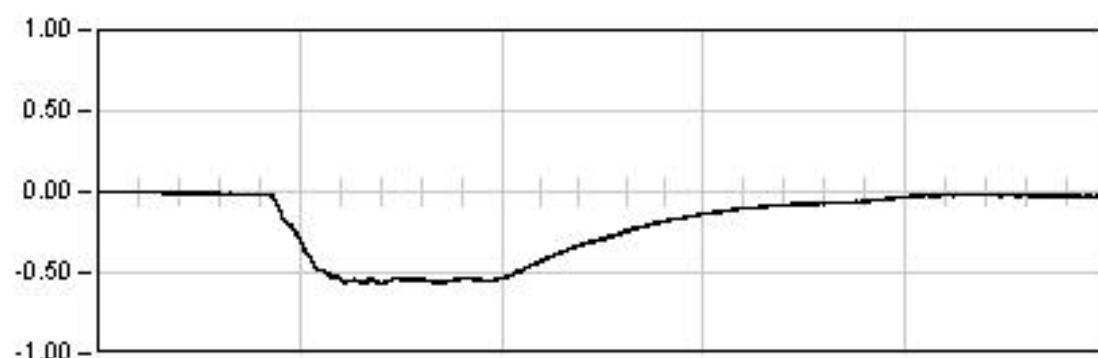
**DYNAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      -0.57

Min:      0.00

Rem:      -0.01



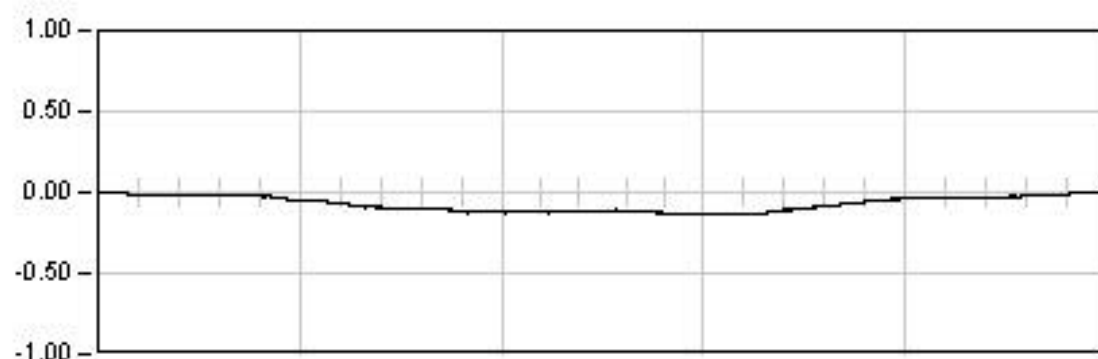
**DYNAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      -0.57

Min:      0.00

Rem:      -0.03



**DYNAMICA 21**

116.0      Seg

Max:      -0.14

Min:      0.01

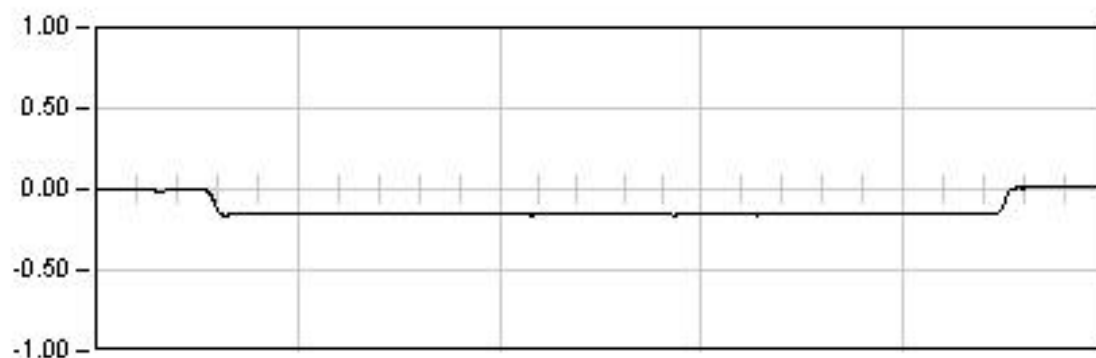
Rem:      0.01

# 26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P014

Canal : 02

Unidades : mm



## ESTATICA 11

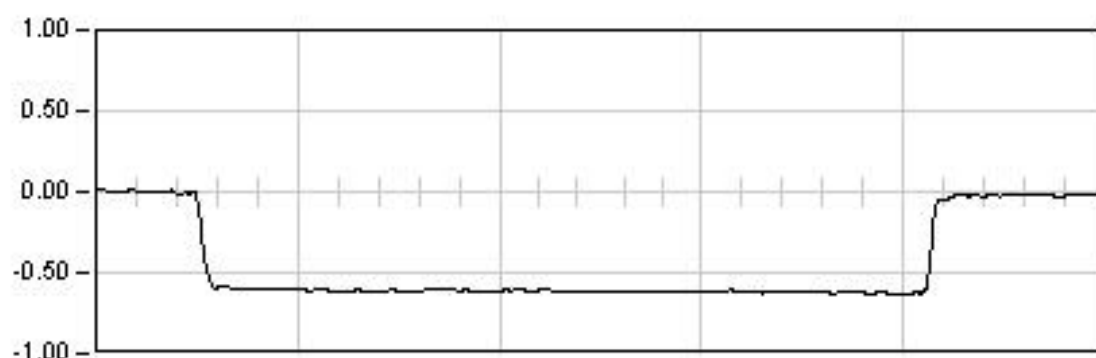
1152.0 Seg

Est: -0.15

Max: -0.16

Min: 0.02

Rem: 0.01



## ESTATICA 21

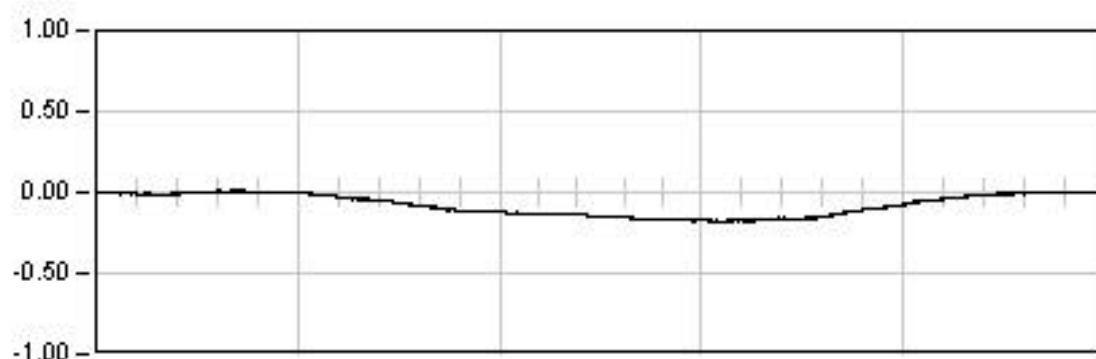
1307.0 Seg

Est: -0.63

Max: -0.63

Min: 0.02

Rem: -0.02



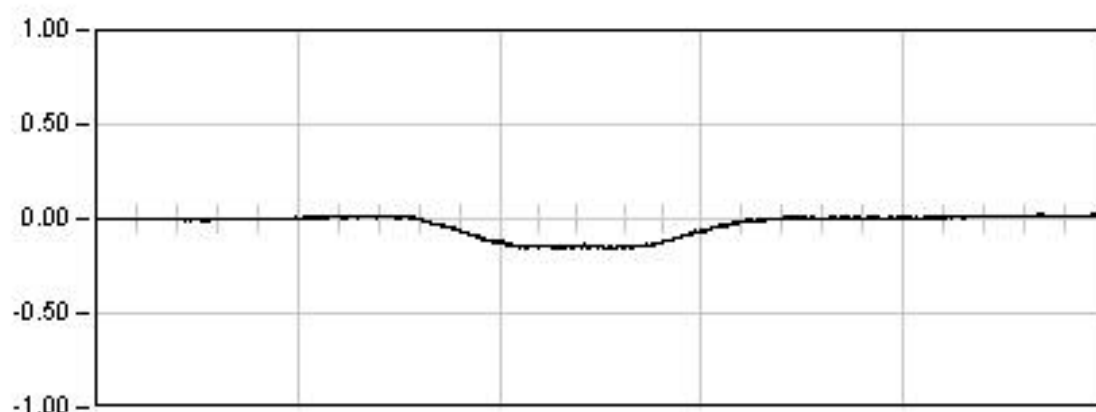
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: -0.18

Min: 0.01

Rem: 0.00



## DINAMICA 12

26.0 Seg

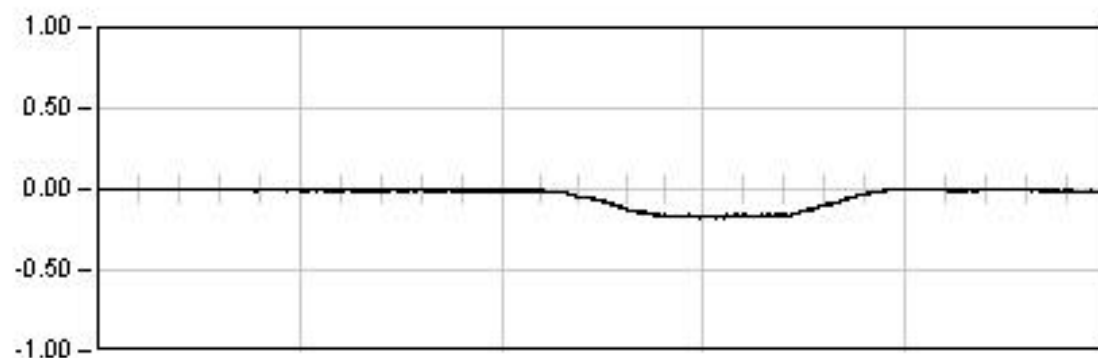
Max: -0.16

Min: 0.02

Rem: 0.02

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : P014      Canal : 02      Unidades : mm



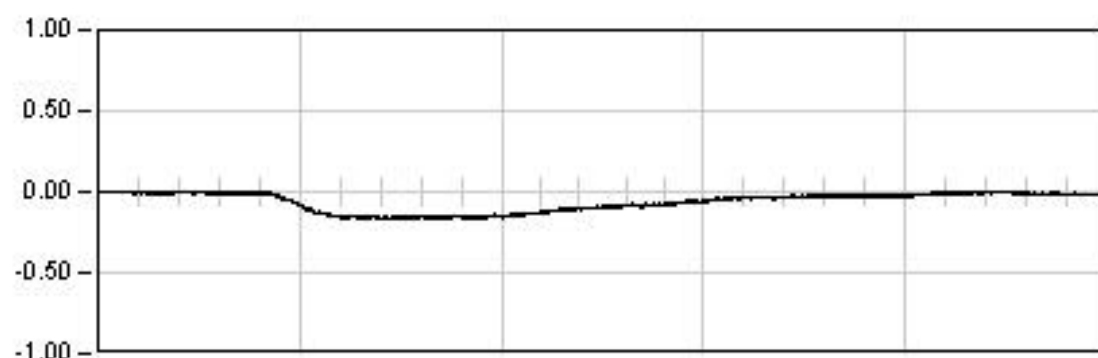
**DYNAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      -0.18

Min:      0.01

Rem:      -0.01



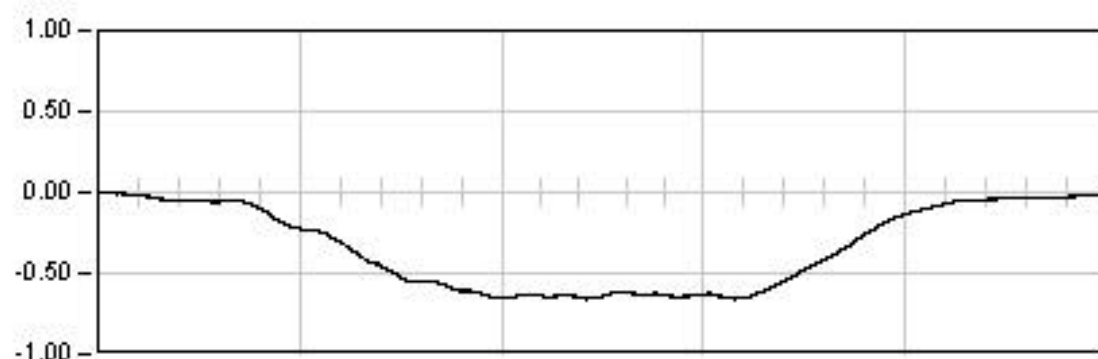
**DYNAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      -0.17

Min:      0.01

Rem:      -0.01



**DYNAMICA 21**

116.0      Seg

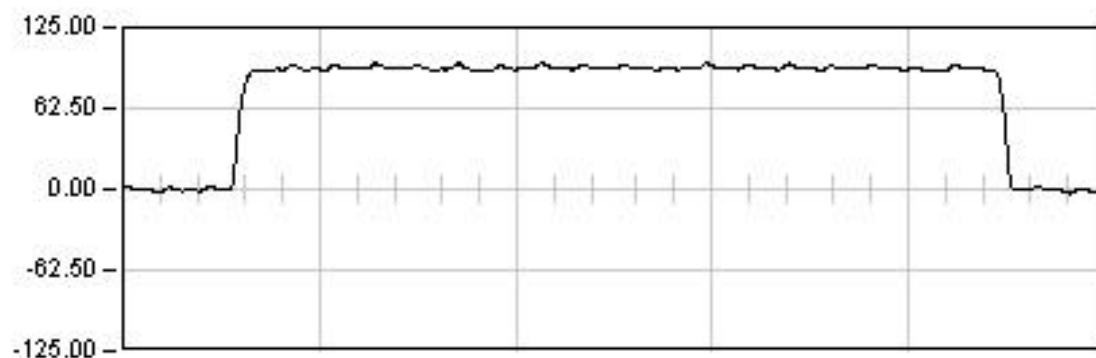
Max:      -0.66

Min:      0.00

Rem:      -0.01

# 26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G011      Canal : 04      Unidades :  $\mu E$



## ESTATICA 11

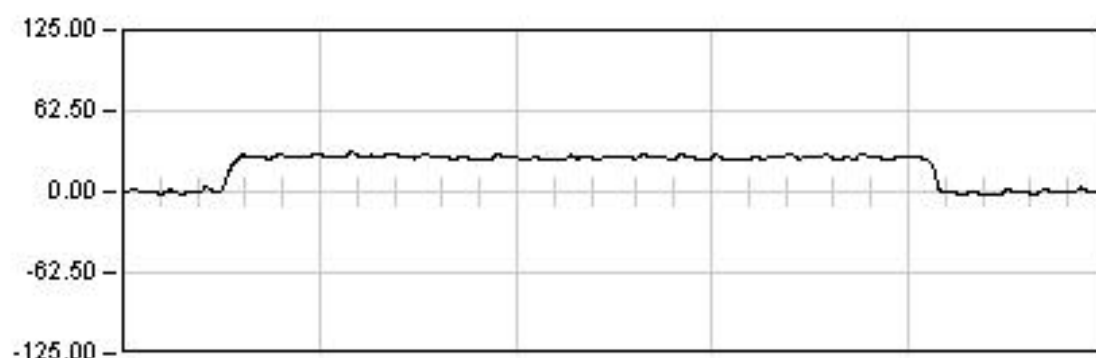
1152.0 Seg

Est: 92.07

Max: 97.43

Min: -3.19

Rem: -1.17



## ESTATICA 21

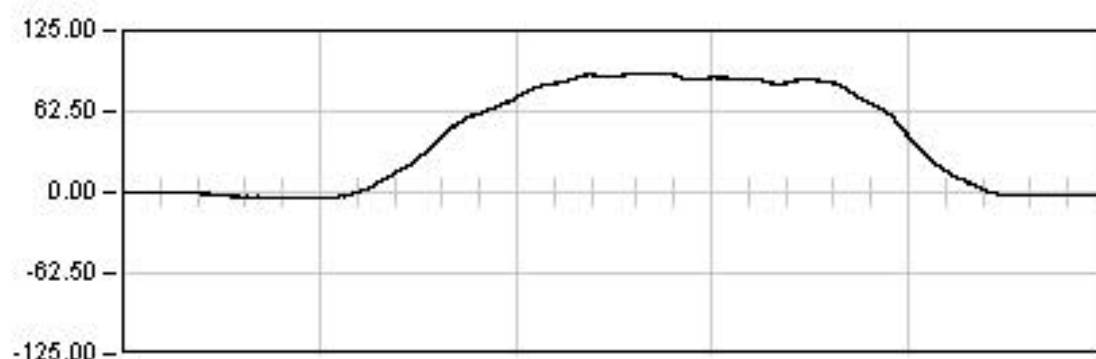
1307.0 Seg

Est: 26.59

Max: 31.02

Min: -2.76

Rem: 0.27



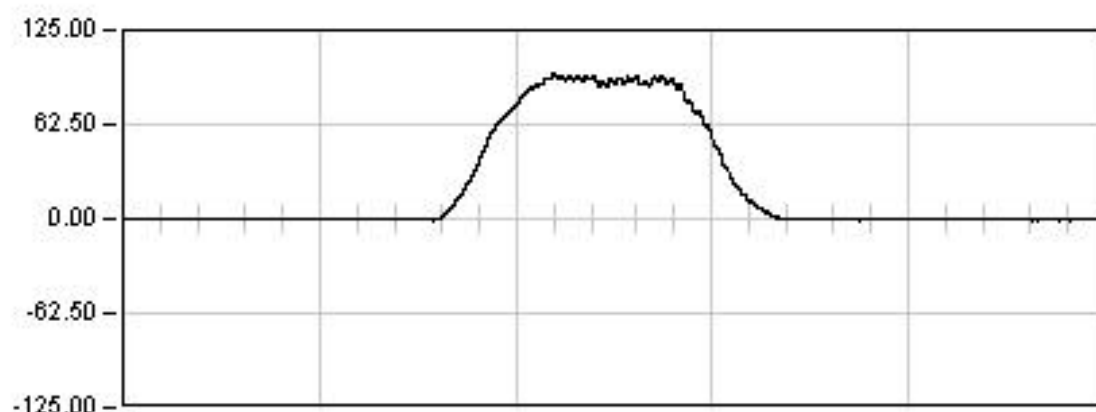
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: 92.03

Min: -4.69

Rem: -1.90



## DINAMICA 12

26.0 Seg

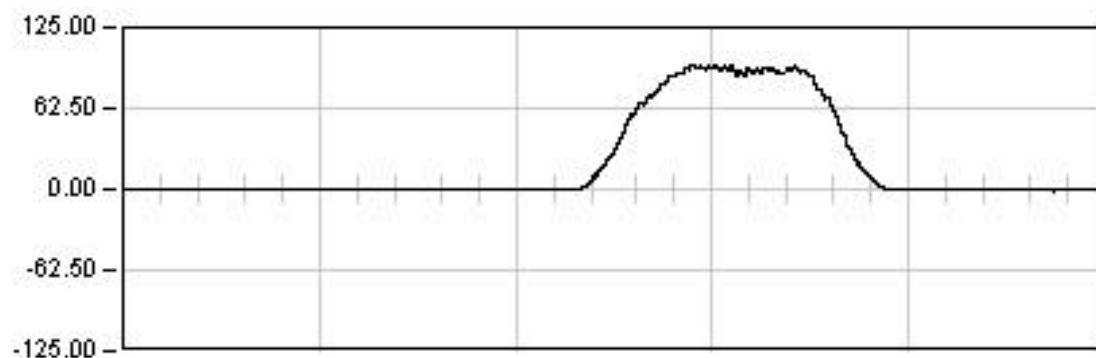
Max: 96.02

Min: -1.67

Rem: -0.17

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G011      Canal : 04      Unidades :  $\mu E$



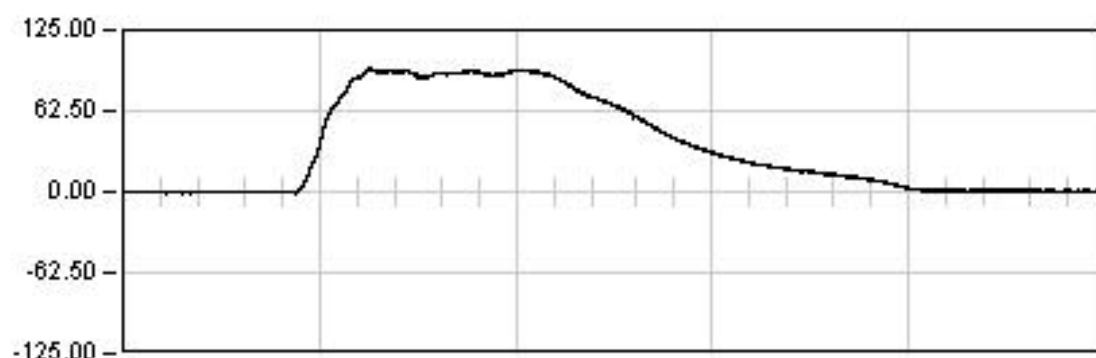
**DINAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      96.53

Min:      -2.03

Rem:      -0.65



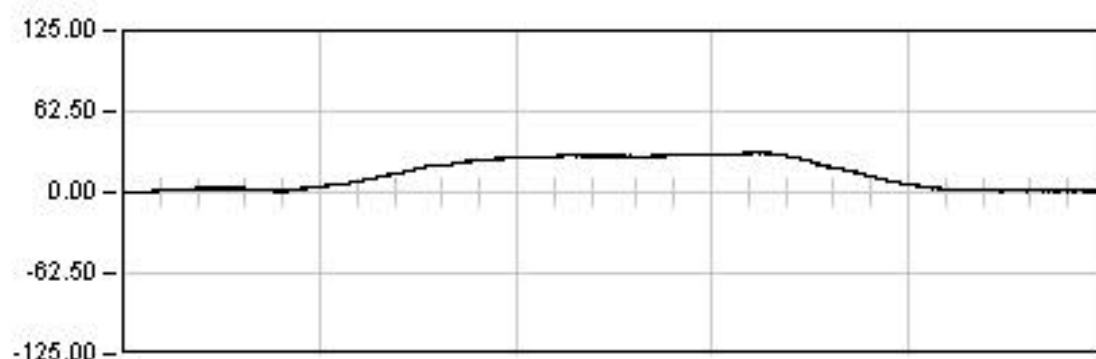
**DINAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      95.76

Min:      -1.30

Rem:      0.47



**DINAMICA 21**

116.0      Seg

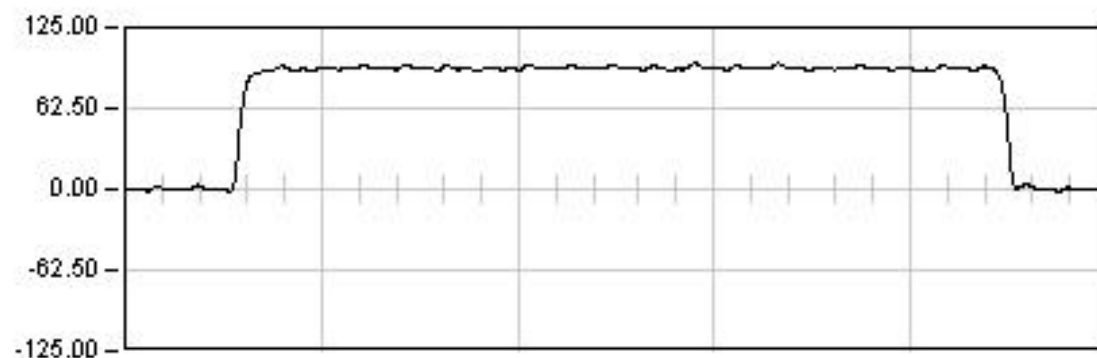
Max:      30.34

Min:      -0.22

Rem:      1.05

# 26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G012      Canal : 05      Unidades :  $\mu E$



## ESTATICA 11

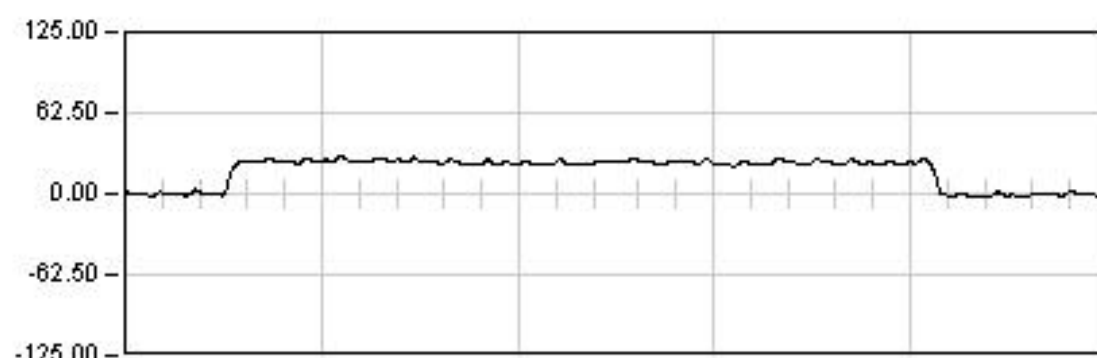
1152.0 Seg

Est: 92.25

Max: 97.10

Min: -1.59

Rem: -0.05



## ESTATICA 21

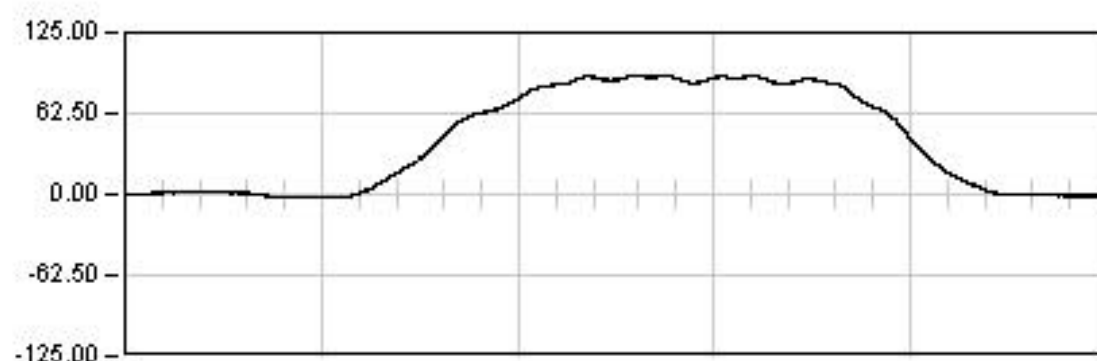
1307.0 Seg

Est: 23.90

Max: 29.00

Min: -2.48

Rem: -0.17



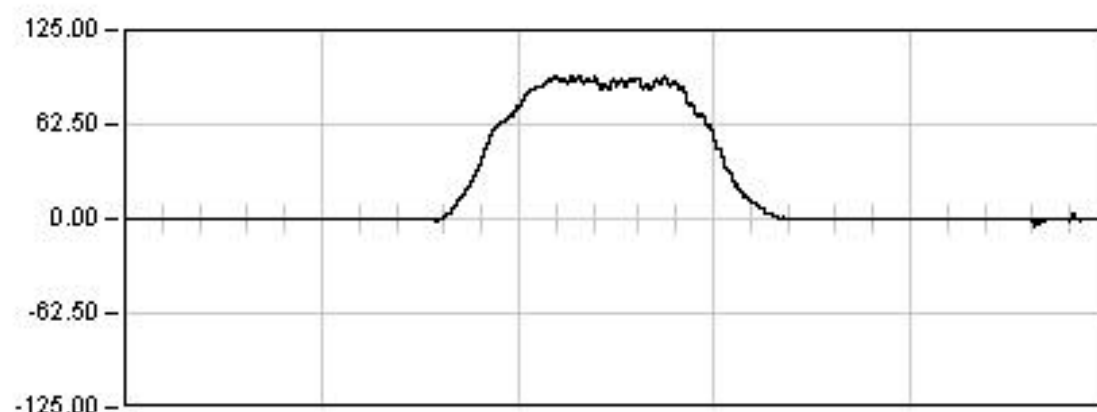
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: 91.59

Min: -3.12

Rem: -1.00



## DINAMICA 12

26.0 Seg

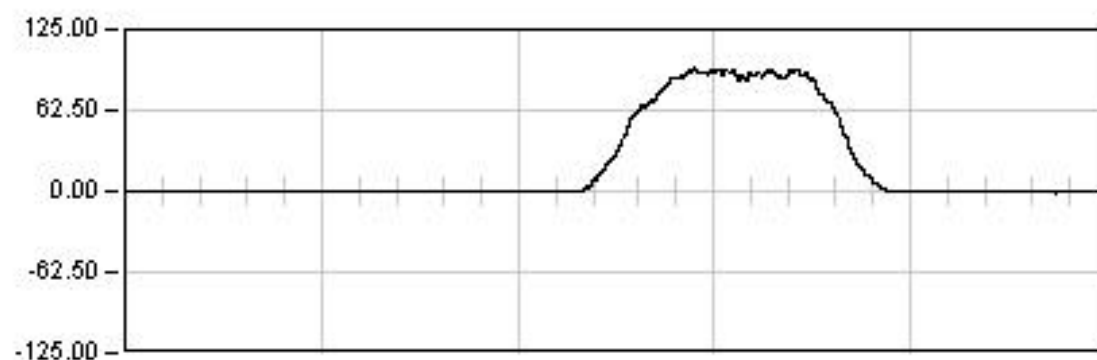
Max: 94.83

Min: -5.49

Rem: -0.33

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G012      Canal : 05      Unidades :  $\mu E$



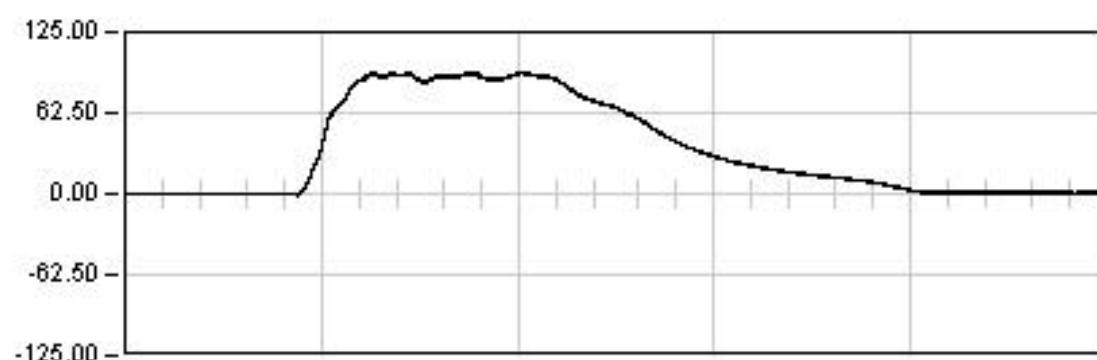
**DINAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      95.31

Min:      -1.08

Rem:      -0.57



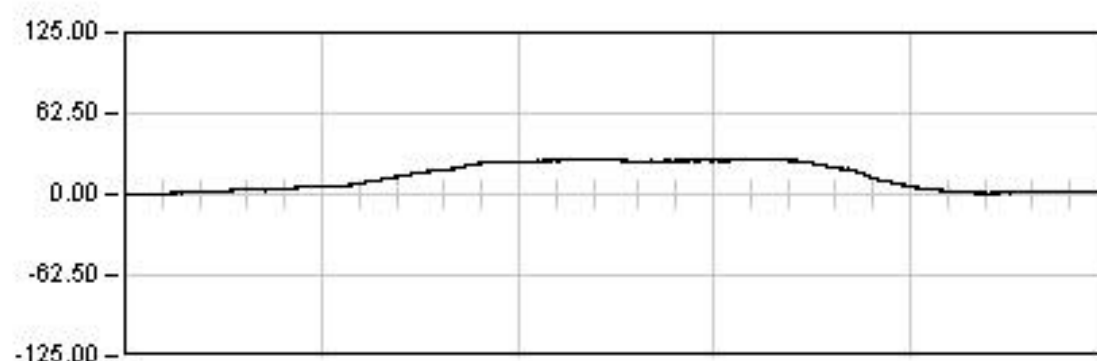
**DINAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      94.54

Min:      -1.10

Rem:      0.74



**DINAMICA 21**

116.0      Seg

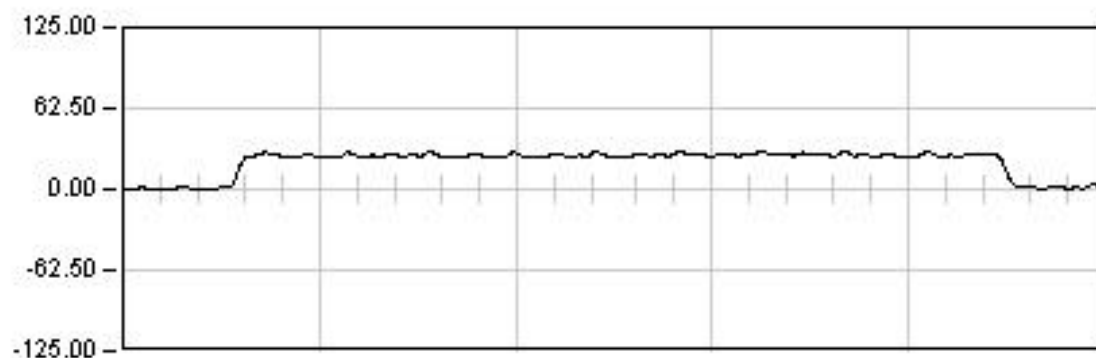
Max:      27.83

Min:      -0.30

Rem:      1.66

# 26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G013      Canal : 06      Unidades :  $\mu E$



## ESTATICA 11

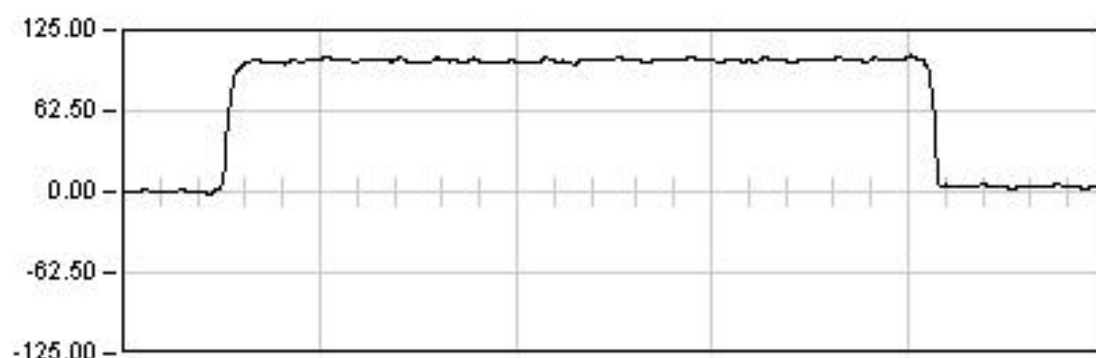
1152.0 Seg

Est: 27.57

Max: 29.58

Min: -1.02

Rem: 1.63



## ESTATICA 21

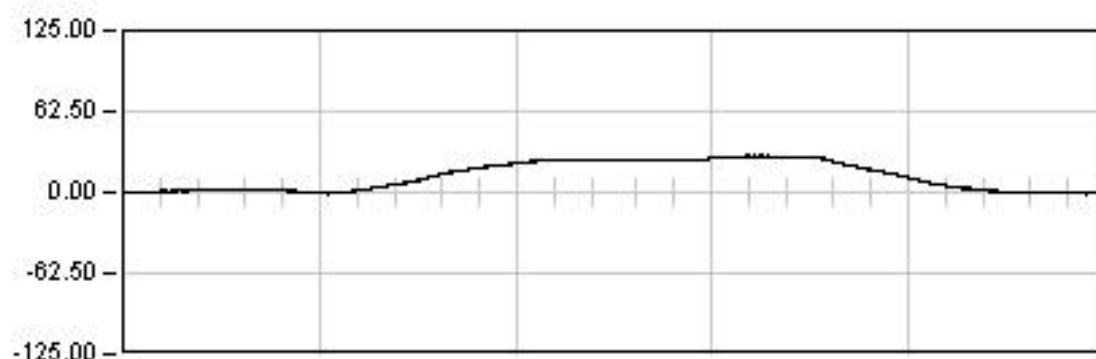
1307.0 Seg

Est: 104.48

Max: 105.35

Min: -1.49

Rem: 3.87



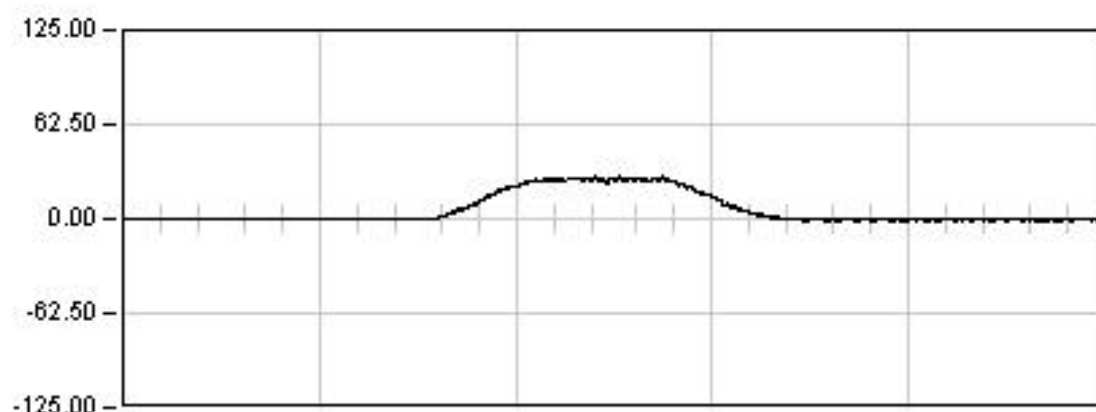
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: 28.26

Min: -1.17

Rem: -0.68



## DINAMICA 12

26.0 Seg

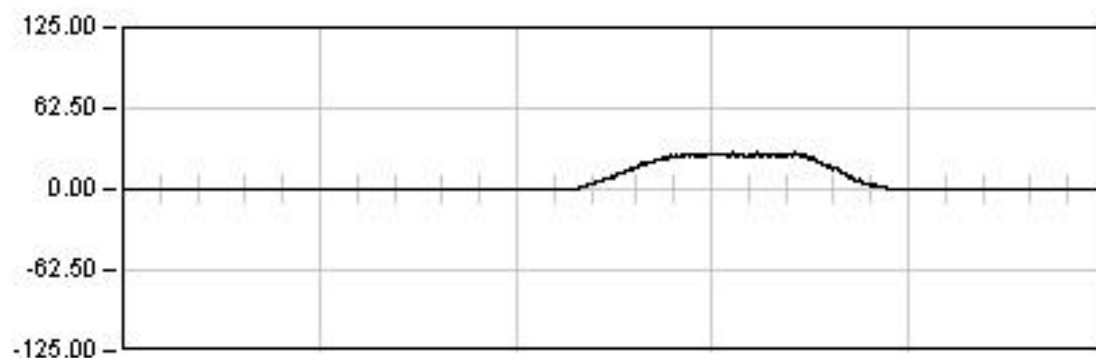
Max: 28.08

Min: -1.22

Rem: -0.40

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G013      Canal : 06      Unidades :  $\mu E$



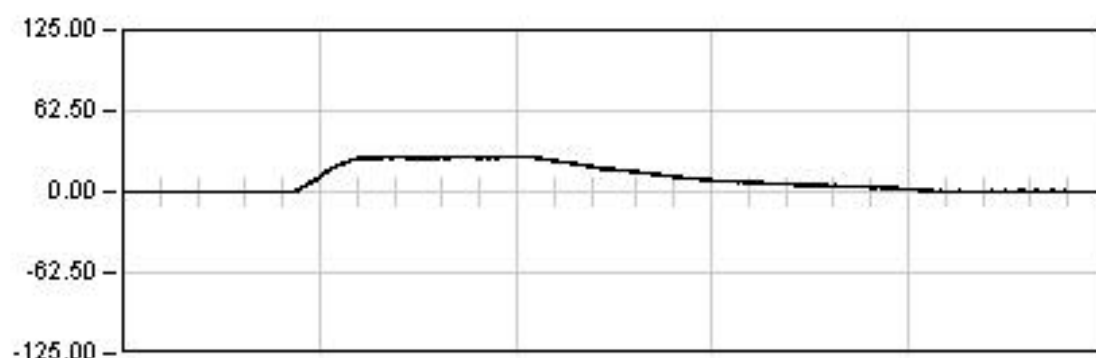
**DINAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      28.26

Min:      -0.58

Rem:      0.02



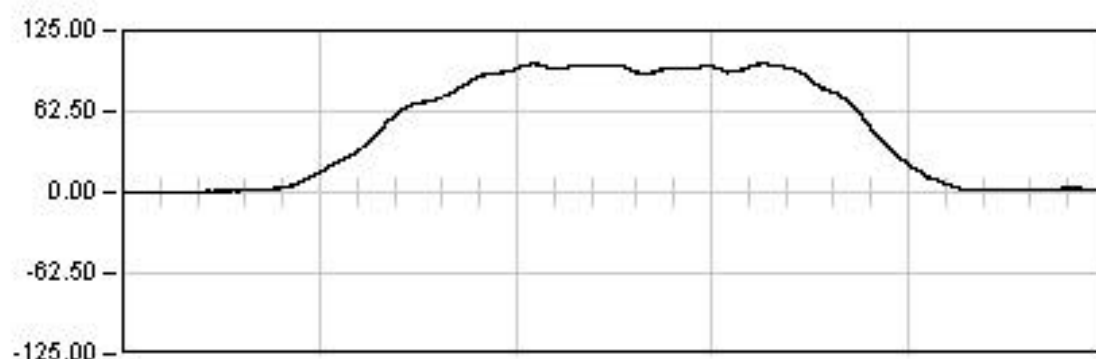
**DINAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      27.74

Min:      -0.68

Rem:      0.51



**DINAMICA 21**

116.0      Seg

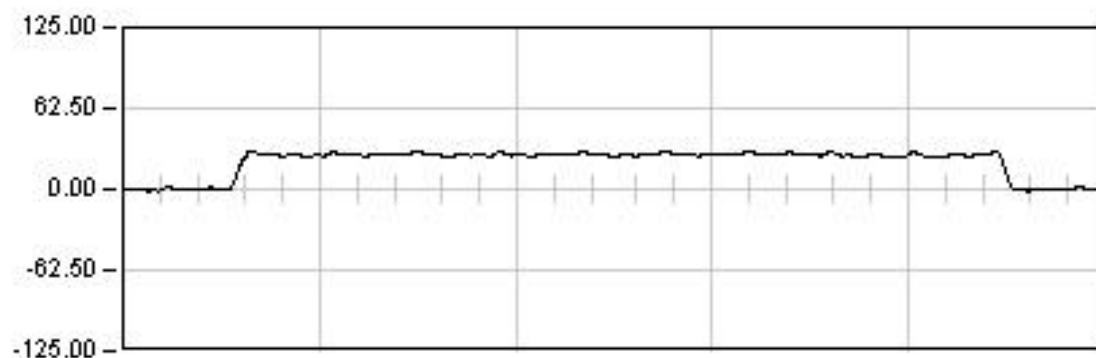
Max:      99.45

Min:      -0.28

Rem:      2.72

# 26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G014      Canal : 07      Unidades :  $\mu E$



## ESTATICA 11

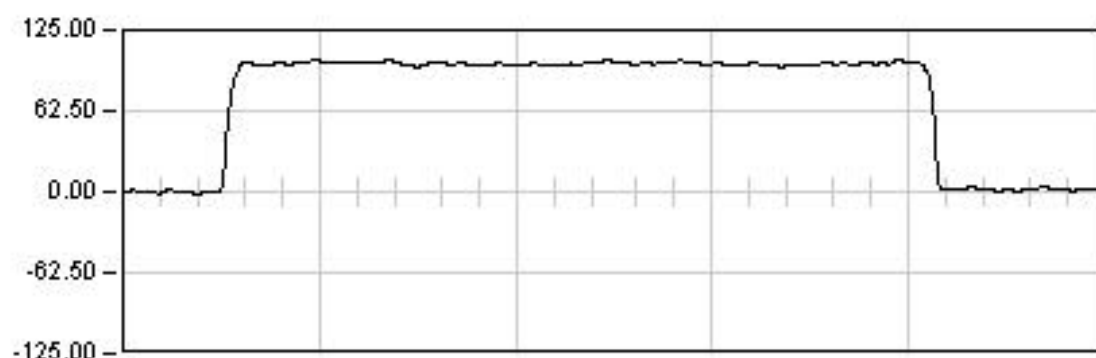
1152.0 Seg

Est: 25.88

Max: 29.81

Min: -1.21

Rem: 0.23



## ESTATICA 21

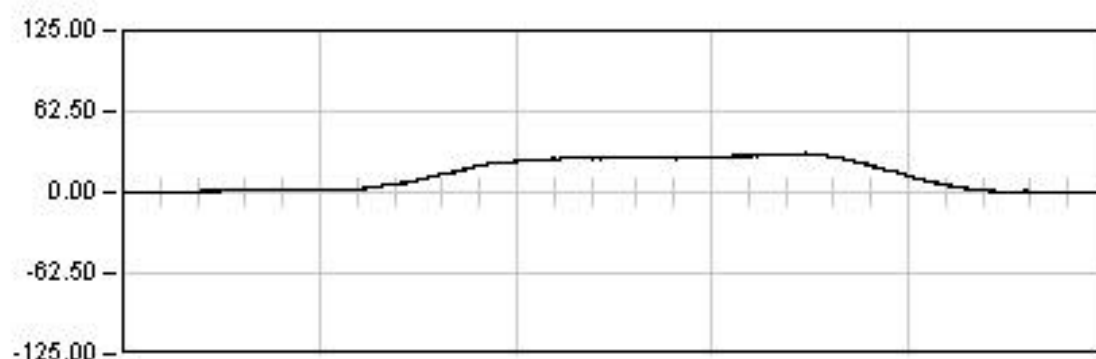
1307.0 Seg

Est: 99.85

Max: 102.90

Min: -1.77

Rem: 1.70



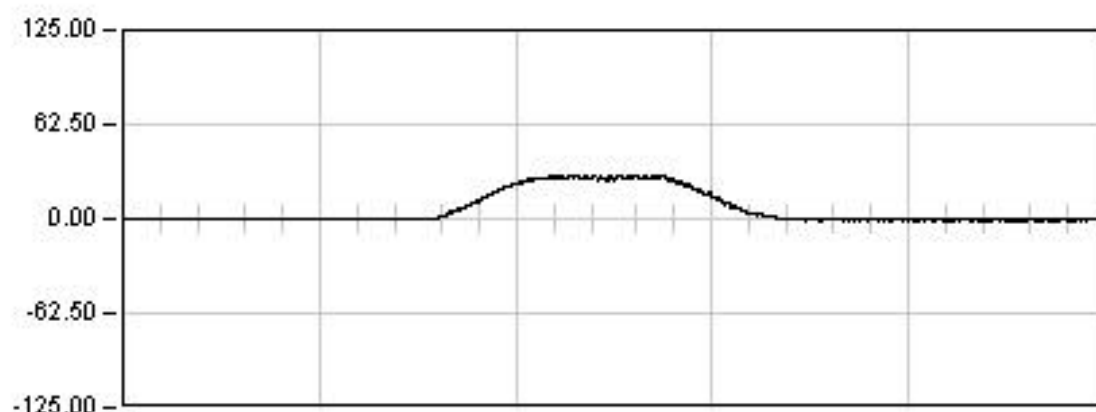
## DINAMICA 11

119.5 Seg

Max: 30.37

Min: -0.94

Rem: -0.16



## DINAMICA 12

26.0 Seg

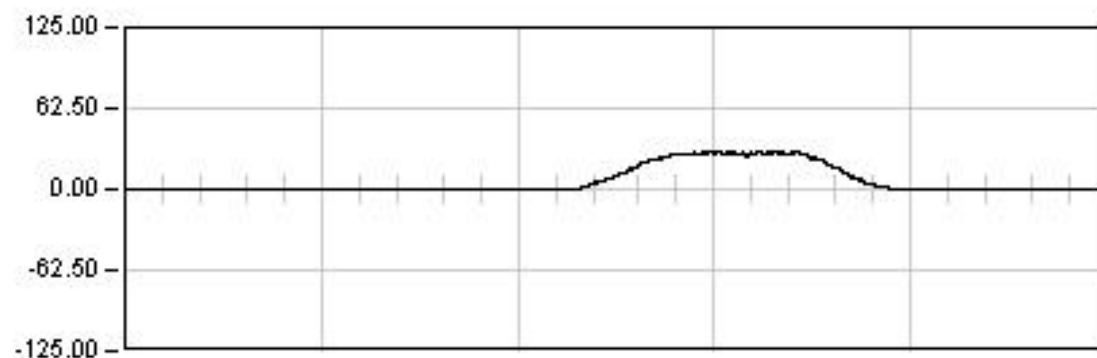
Max: 29.37

Min: -1.23

Rem: -0.57

26YI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Punto : G014      Canal : 07      Unidades :  $\mu E$



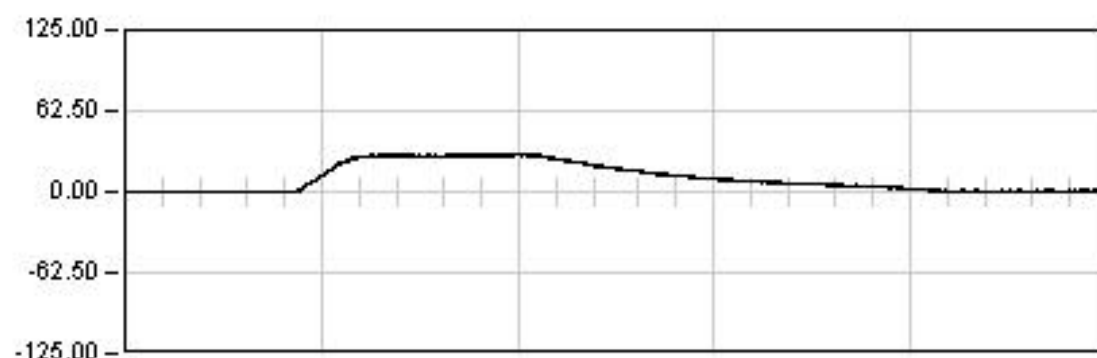
**DINAMICA 13**

26.0      Seg

Max:      29.49

Min:      -0.64

Rem:      -0.01



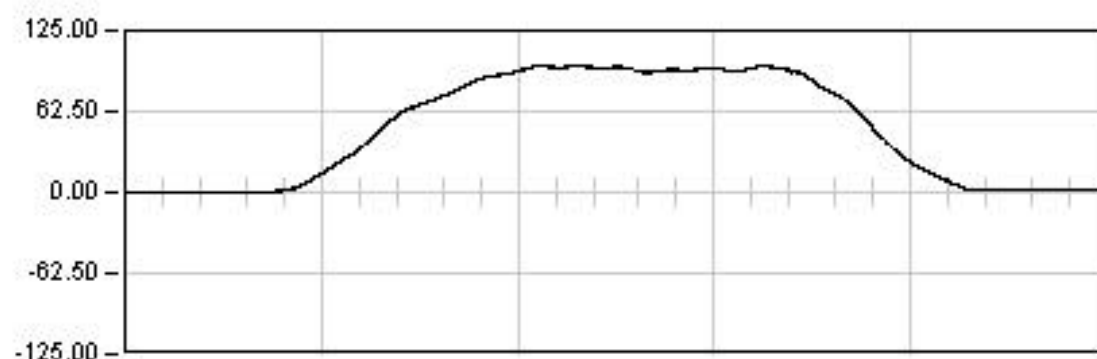
**DINAMICA 14**

58.0      Seg

Max:      29.25

Min:      -0.55

Rem:      0.60



**DINAMICA 21**

116.0      Seg

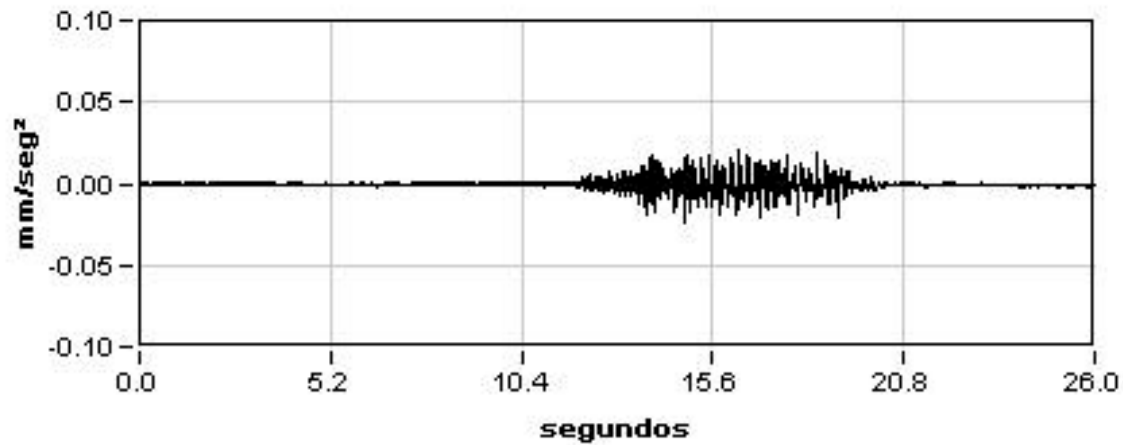
Max:      97.99

Min:      -0.24

Rem:      2.44

26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Prueba: din13 Punto: A011 Canal: 24

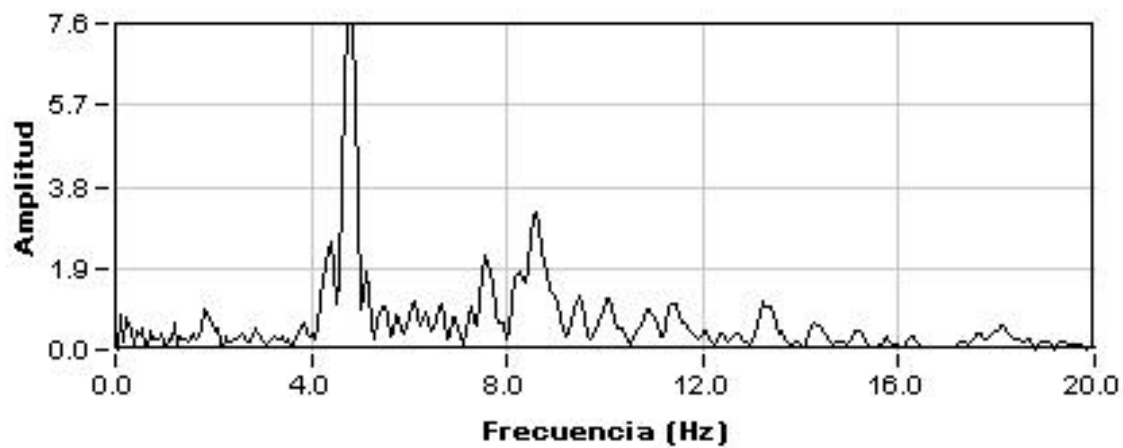
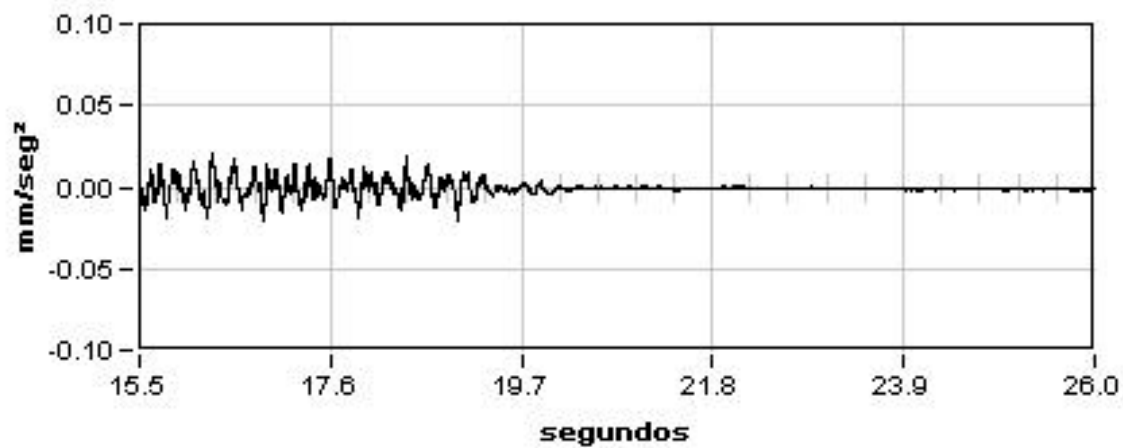


**Máximo**

-0.02

**Mínimo**

0.02



**Amplitud**

7.59

**Frecuencia**

4.78

**Dec.Logarit.**

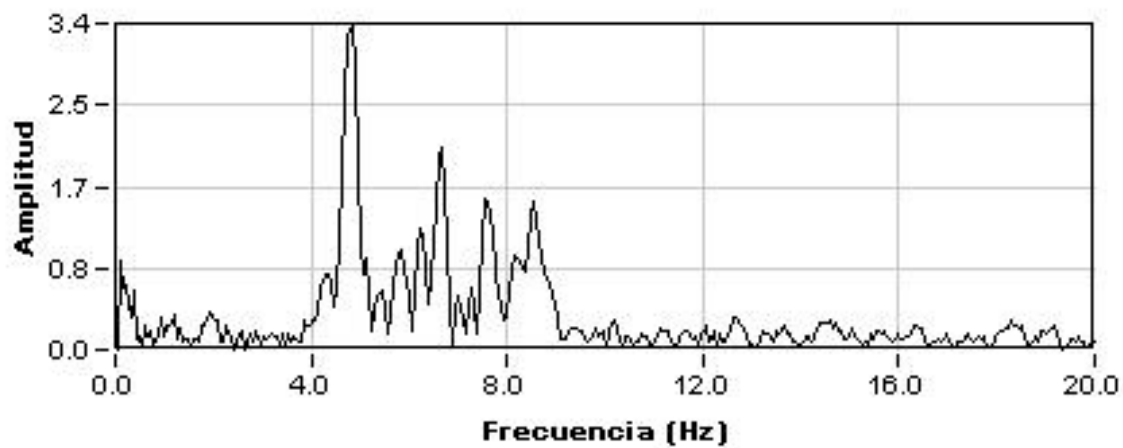
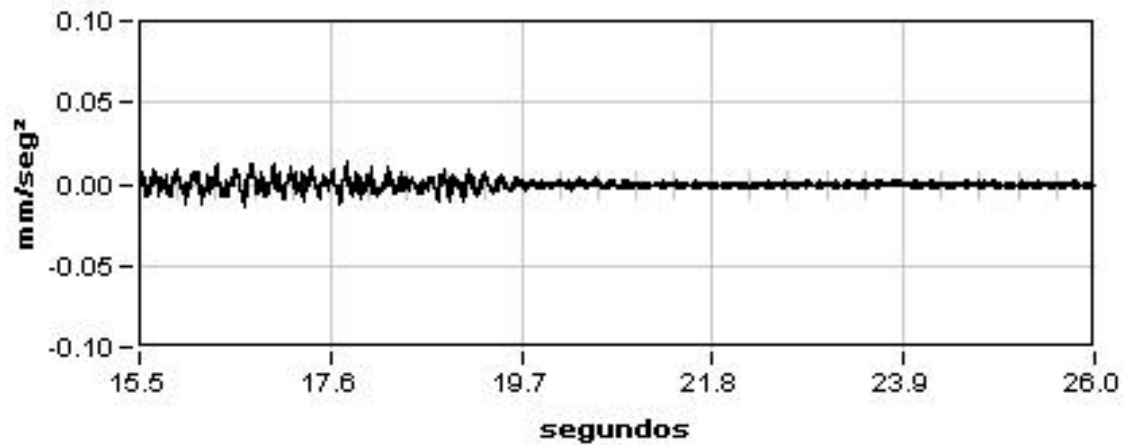
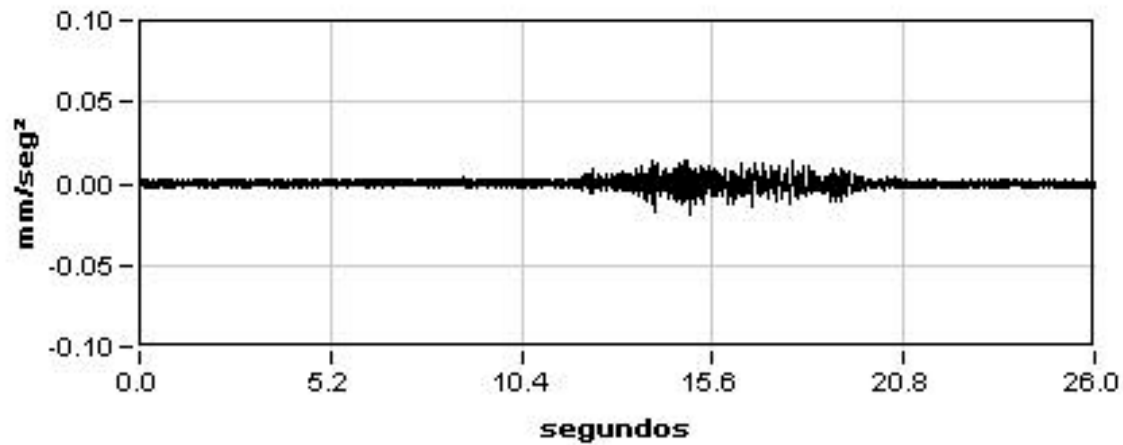
0.14

**Amortiguac.**

2.30 %

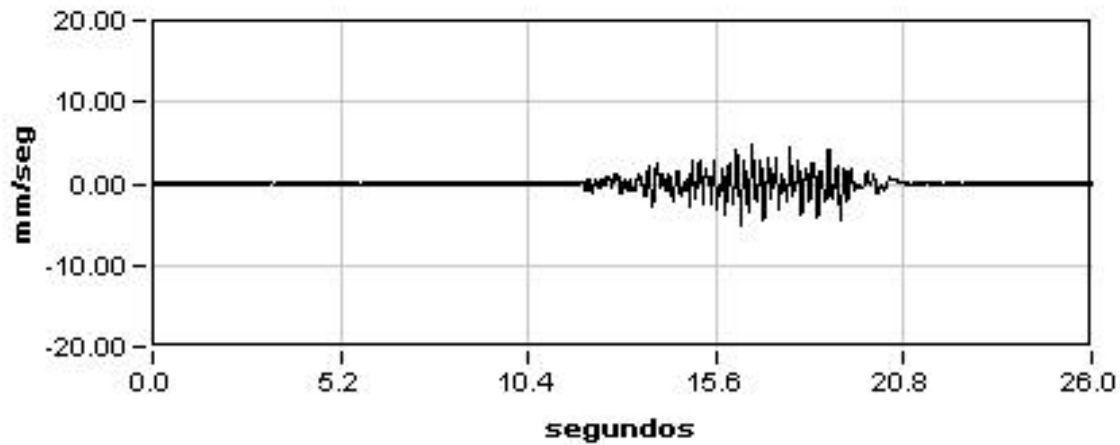
26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Prueba: din13 Punto: A012 Canal: 26



26VI02. L.A.V. MADRID-BARCELONA. BASE MONTAGUT

Prueba: din13 Punto: S011 Canal: 22

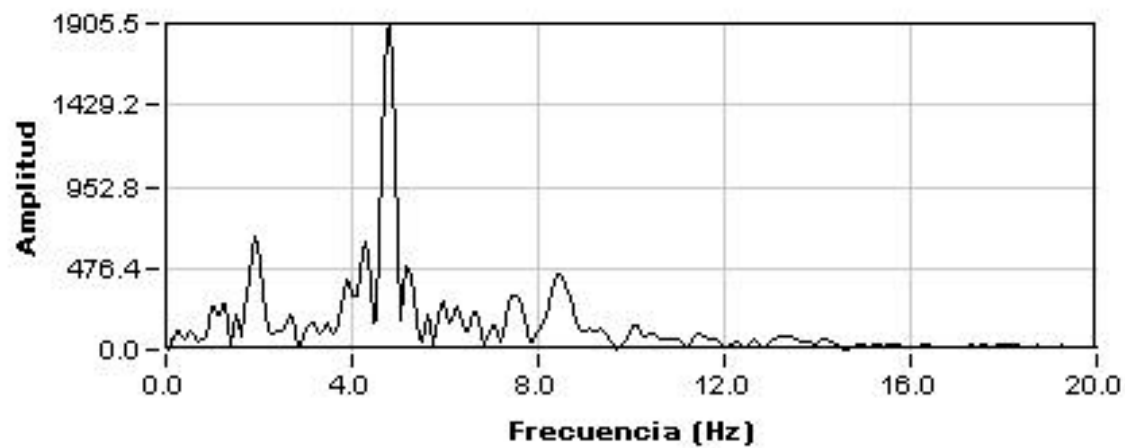
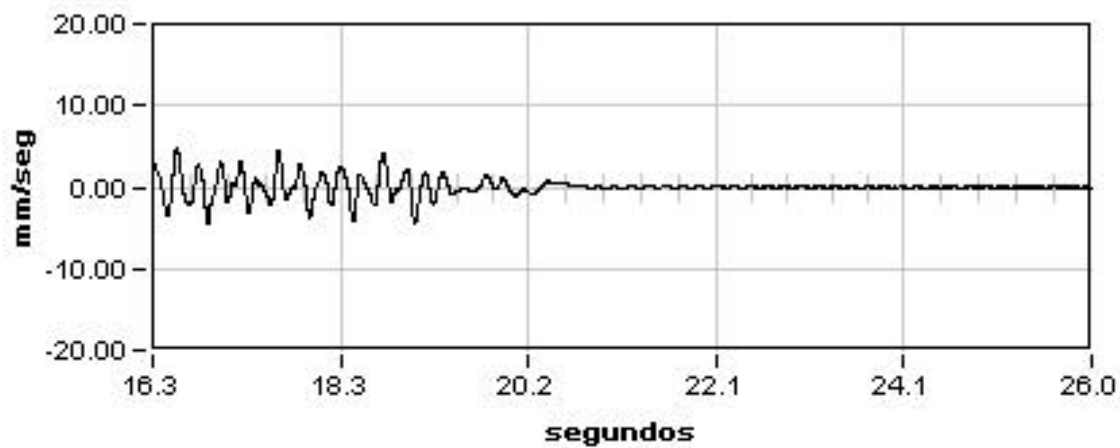


**Máximo**

-5.07

**Mínimo**

4.72



**Amplitud**

1905.54

**Frecuencia**

4.80

**Dec.Logarit.**

0.17

**Amortiguac.**

2.66 %

## **ANEJO 5: REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

**Madrid, Octubre de 2001**



**FOTOGRAFÍA 1: Vista general de la estructura**



**FOTOGRAFÍA 2: Vista superior del tablero**



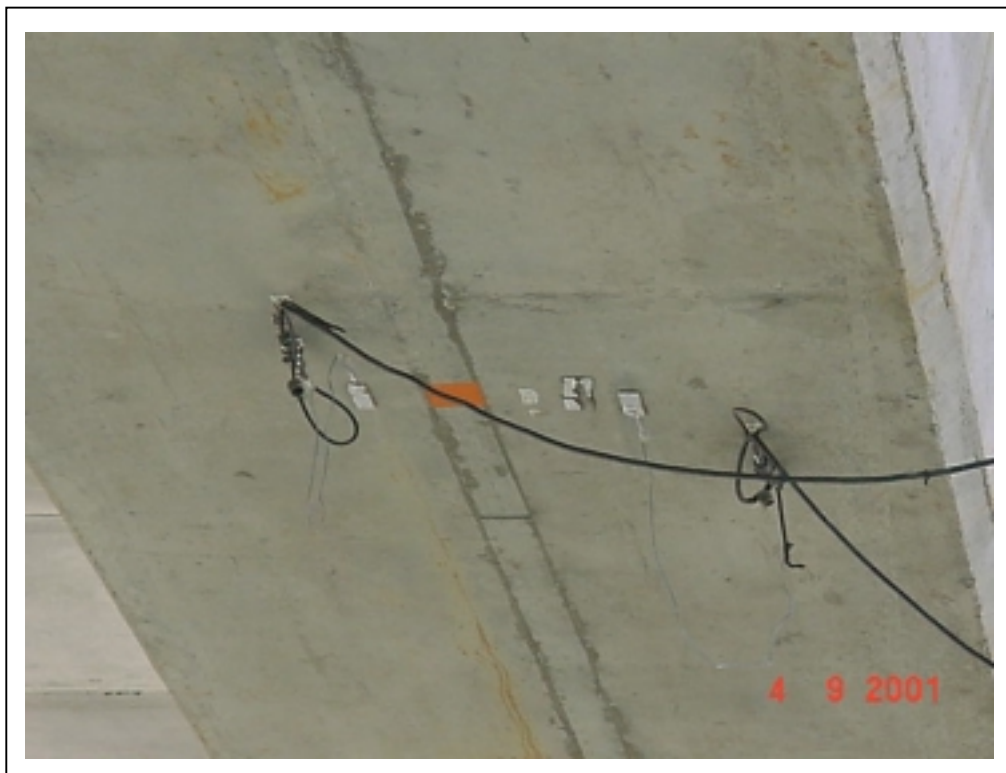
**FOTOGRAFÍA 3: Vista inferior del tablero**



**FOTOGRAFÍA 4: Vista de estribo y aleta**



**FOTOGRAFÍA 5: Instrumentación**



**FOTOGRAFÍA 6: Galgas y transductores en centro de vano**



**FOTOGRAFÍA 7: Tren de cargas sobre la estructura**



**FOTOGRAFÍA 8: Tren de cargas sobre la estructura**



**FOTOGRAFÍA 9: Posicionamiento de trenes**



**FOTOGRAFÍA 10: Detalle desperfecto junto a barandilla**

## **ANEJO 6: ACTA DE LA PRUEBA DE CARGA**

**Madrid, Octubre de 2001**

## ACTA DE LA PRUEBA DE CARGA

| <b>IDENTIFICACIÓN ESTRUCTURA</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD          | MADRID - BARCELONA - FRONTERA FRANCESA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| TRAMO                            | PUENTE DE EBRO - LLEIDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| P.K.                             | 28 + 421                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| IDENTIFICACIÓN INVENTARIO        | 26VI02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| NOMBRE                           | P.I. Canal de Sástago                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA           | Puente isostático de un vano de 30,85 m de luz. Sección de dos vigas artesas de hormigón pretensado, conectadas a una losa hormigón armado de 30 cm de espesor. La anchura del tablero es de 13,70 m y no presenta esviaje. Estribos de hormigón armado del tipo de muro frontal con aletas con cimentación directa. La altura máxima de estribos es de 6,08 m y su anchura máxima es de 13,70 m. |

| <b>ASISTENTES</b>                                            |  | ORGANISMO EMPRESA    |
|--------------------------------------------------------------|--|----------------------|
| D. JOSÉ MANUEL GALINDO ESCRIBANO<br>D. JUSTO CARRETERO PÉREZ |  | G.I.F.<br>T.I.F.S.A. |

| CONDICIONES ATMOSFÉRICAS                                                          |            |                                 |      |                   |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|------|-------------------|----------------|
| Temperatura                                                                       |            | 18,1-22,6 °C                    |      |                   |                |
| Humedad relativa                                                                  |            | 37,0-39,0 %                     |      |                   |                |
| INSTRUMENTACIÓN INSTALADA<br>(según Informe de Prueba de Carga para la Recepción) |            |                                 |      |                   | UNIDADES       |
| CONTROL DE FLECHAS                                                                |            | TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO |      |                   | 4              |
| GRADO TENSIONAL DE LAS VIGAS                                                      |            | GALGAS EXTENSOMÉTRICAS          |      |                   | 4              |
| REGISTRO DE VIBRACIONES                                                           |            | SISMÓMETRO                      |      |                   | 1              |
|                                                                                   |            | ACELERÓMETROS                   |      |                   | 2              |
| TRENES DE CARGA UTILIZADOS                                                        |            |                                 |      |                   |                |
|                                                                                   | VEHÍCULO   | NÚMERO                          | TIPO | PESO UNITARIO (t) | PESO TOTAL (t) |
| C1: COMPOSICIÓN UTILIZADA EN VÍA 1<br>(CIRCULACIÓN LLEIDA - ZARAGOZA)             | LOCOMOTORA | 1                               | GIF  | 120,0             | 200,0          |
|                                                                                   | TOLVAS     | 1                               | GIF  | 80,0              |                |
| C2: COMPOSICIÓN UTILIZADA EN VÍA 2<br>(CIRCULACIÓN LLEIDA - ZARAGOZA)             | LOCOMOTORA | 1                               | GIF  | 120,0             | 200,0          |
|                                                                                   | TOLVAS     | 1                               | GIF  | 80,0              |                |
| SENTIDO CIRCULACIÓN PARA PRUEBAS DIÁMICAS                                         |            | LLEIDA-ZARAGOZA                 |      |                   |                |

| <b>PRUEBAS DE CARGA REALIZADAS</b>               |           |                             |            |                             |            |       |
|--------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|-------|
|                                                  | VELOCIDAD | COMPOSICIÓN UTILIZADA VÍA 1 |            | COMPOSICIÓN UTILIZADA VÍA 2 |            |       |
|                                                  |           | HORA COMIENZO               | HORA FINAL | HORA COMIENZO               | HORA FINAL |       |
| Prueba estática ESTÁTICA 11                      |           | C1                          | 9:50       | 10:09                       | C2         | -     |
| Prueba estática ESTÁTICA 21                      |           | C1                          |            |                             | C2         | 11:15 |
| Prueba cuasi-estática DINÁMICA 11                | 5 km/h    | C1                          | -          | -                           | C2         | 11:09 |
| Prueba cuasi-estática DINÁMICA 11                | 5 km/h    | C1                          | 9:30       | 9:30                        | C2         | -     |
| Prueba a velocidad media DINÁMICA 12             | 40 km/h   | C1                          | 10:14      | 10:14                       | C2         | -     |
| Prueba a máxima velocidad DINÁMICA 13            | 80 km/h   | C1                          | 10:20      | 10:20                       | C2         | -     |
| Prueba de frenado a máxima velocidad DINÁMICA 14 | 80 km/h   | C1                          | 10:26      | 10:26                       | C2         | -     |

| <b>RESULTADOS BÁSICOS ALCANZADOS EN LA ESTRUCTURA</b>                 |                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resultados prueba                                                     | Acordes con los teóricos previstos en el Proyecto de Prueba de Carga                                                                                    |
| Recuperaciones                                                        | Superiores al 90 % en todos los casos. Comportamiento de la estructura: Elástico                                                                        |
| Anomalías detectadas en la inspección visual previa                   | Existen algunas fisuras en estribos con riesgo de evolución patológica, así como daños en el espaldón que pueden considerarse con evolución patológica. |
| Anomalías detectadas durante el proceso de carga y al final del mismo | Ninguna                                                                                                                                                 |
| Otros datos de Interés                                                | Ninguno                                                                                                                                                 |
| Comportamiento resistente de la estructura                            | Correcto durante la realización de las pruebas de carga                                                                                                 |
| Observaciones                                                         | Ninguna                                                                                                                                                 |

## **ANEJO 7: FICHA DE SEGUIMIENTO**

**Madrid, Octubre de 2001**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA Y ASISTENCIA  
PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA  
PARA LA RECEPCIÓN DE PUENTES DE LA  
LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD  
MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA.  
TRAMO: PUENTE DE EBRO-LLEIDA.  
BASE DE MONTAGUT.**



**FICHA DE SEGUIMIENTO (REVISIÓN 0)**

**SUBTRAMO IV  
P.I. CANAL DE SASTAGO  
26VI02**

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**IDENTIFICACIÓN**

|                                         |                               |
|-----------------------------------------|-------------------------------|
| ID (Identificador de la estructura)     | 26VI02                        |
| P.K. INICIAL (sentido Madrid-Barcelona) |                               |
| P.K. FINAL (sentido Madrid-Barcelona)   | 28+455                        |
| TIPO                                    | Puente (10 m < luz <= 50 m) ▼ |
| SUBTRAMO                                | ZARAGOZA-LLEIDA: IV ▼         |
| FECHA DE LA INSPECCIÓN                  | 19/07/01                      |
| OBSERVACIONES                           |                               |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**

ID (Identificador de la estructura)  
FECHA DE LA INSPECCIÓN

26VI02  
19/07/01

**DATOS GENERALES**

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| NOMBRE                  | P.I. CANAL DE SASTAGO |
| TIPOLOGÍA GENERAL       | TABLERO EN CAJÓN ▼    |
| TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL   | VANOS DISCONTINUOS ▼  |
| Nº DE VÍAS              | 2                     |
| VELOCIDAD MÁXIMA (km/h) | 350                   |
| TIPO DE ACCESO          | VEHÍCULO AUTOMOVIL ▼  |
| OBSTÁCULO SALVADO       | CANAL/CAMINO ▼        |
| OBSERVACIONES           |                       |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**PARÁMETROS GEOMÉTRICOS**

|                                                              |           |           |   |
|--------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---|
| LONGITUD TOTAL (m)                                           | 32,10     |           |   |
| Nº DE VANOS                                                  | 1         |           |   |
| LONGITUD MEDIA DEL VANO (m)                                  | 32,10     |           |   |
| LUZ DE CADA VANO (m)                                         | 30,85     |           |   |
| ALTURA MÁXIMA DE ESTRIBOS (m)                                | 6,08      |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE ESTRIBOS (m)                               | 13,70     |           |   |
| ALTURA MÁXIMA DE PILAS (m)                                   | -         |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE PILAS (m)                                  | -         |           |   |
| ESPESOR MÁXIMO DE PILAS (m)                                  | -         |           |   |
| GÁLIBO INFERIOR (m)                                          | 5,25      |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE TRAMOS (m)                                 | 13,70     |           |   |
| CANTO MÁXIMO DE TRAMOS EN CENTRO DE VANOS (m)                | 2,55      |           |   |
| Nº DE ELEMENTOS PRINCIPALES EN EL TRAMO                      | 2         |           |   |
| SEPARACIÓN ENTRE ELEMENTOS PRINCIPALES (m)                   | 6,60      |           |   |
| CANTO DE ELEMENTOS PRINCIPALES                               | CONSTANTE | ▼         |   |
| CANTO MÁXIMO DE ELEMENTOS PRINCIPALES EN CENTRO DE VANOS (m) | 2,30      |           |   |
| GÁLIBO IZQUIERDO (m)                                         | 3,40      |           |   |
| GÁLIBO DERECHO (m)                                           | 3,45      |           |   |
| ENTREVÍA (m)                                                 | 4,65      |           |   |
| TRAZADO DE VÍA EN PLANTA (m)                                 |           | R (recto) | ▼ |
| PERALTE DE VÍA DE ENTRADA (m)                                | 0.00      |           |   |
| PERALTE DE VÍA DE CENTRO (m)                                 | 0.00      |           |   |
| PERALTE DE VÍA DE SALIDA (m)                                 | 0.00      |           |   |
| OBSERVACIONES                                                |           |           |   |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**MATERIALES**

MATERIAL CONSTITUYENTE

HORMIGÓN EN MASA O ARMADO ▼

**TRAMOS**

TIPOLOGÍA DE TRAMOS

TABLERO EN CAJÓN ▼

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE TRAMOS

VANOS DISCONTINUOS ▼

MATERIAL EN TRAMOS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURA DE TRAMOS

SI ▼

ELEMENTOS DE DRENAJE EN TRAMOS

NO EXISTEN ▼

**ESTRIBOS**

TIPOLOGÍA DE ESTRIBOS

MURO FRONTAL Y ALETAS ▼

MATERIAL BASE EN ESTRIBOS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

PROTECCIÓN EN PIE DE ESTRIBOS

NO EXISTE ▼

TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN EN ESTRIBOS

CIMENTACIÓN DIRECTA ▼

MATERIAL BASE EN CIMENTACIÓN DE ESTRIBOS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

**PILAS**

TIPOLOGÍA DE PILAS

▼

SECCIÓN DE PILAS

▼

TAJAMARES

▼

MATERIAL BASE EN PILAS

▼

TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN EN PILAS

▼

MATERIAL BASE EN CIMENTACIÓN DE PILAS

▼

**APARATOS Y JUNTAS DE DILATACIÓN**

APARATOS DE APOYO

TIPO POT ▼

JUNTAS DE DILATACIÓN

AMBOS ESTRIBOS ▼

TIPOLOGÍA DE JUNTAS DE DILATACIÓN

MURETES GUARDABALASTO Y CUBREJUNTAS ▼

APARATOS DE DILATACIÓN DE CARRILES

NO EXISTEN ▼

**VARIOS**

PASEOS DE SERVICIO

AMBOS LADOS ▼

OBSERVACIONES

SÓLO EXISTE UNA CUBREJUNTAS SOBRE EL ESTRIBO DE ENTRADA.

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL ESTRIBOS**

|                                           |                                                |   |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------|---|
| Punzonado bajo apoyos                     | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Daños en unión frente y laterales         | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Juntas degradadas                         | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Golpes y roturas                          | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Fisuras y grietas                         | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica | ▼ |
| Coqueras y nidos de grava                 | 1: Defectos con incidencia en la estética      | ▼ |
| Meteorización y degradación               | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Desprendimientos                          | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Carbonatación y desagregación             | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Armaduras vistas someras                  | 1: Defectos con incidencia en la estética      | ▼ |
| Corrosión y disgregación                  | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Humedades y filtraciones                  | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Desagüe de mechinales                     | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Abombamientos                             | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Desplomes o basculamientos                | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Asentamientos                             | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Descalces                                 | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Socavaciones                              | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Depósitos en coronación                   | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Daños en coronación                       | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Daños en espaldón                         | 4: Defectos con evolución patológica           | ▼ |
| Balasto encastrado                        | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Daños en protección de pie de estribos    | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Daños en cimentaciones vistas             | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Vegetación aflorando                      | 0: No existen daños                            | ▼ |
| Vegetación adosada                        | 1: Defectos con incidencia en la estética      | ▼ |

**OBSERVACIONES ESTRIBOS**

CUBREJUNTAS A LA SALIDA SIN MONTAR. HAY LATIGUILLOS A LA VISTA.

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**

**26VI02**

**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL PILAS**

|                                           |   |
|-------------------------------------------|---|
| Punzonado bajo apoyos                     | ▼ |
| Daños en unión frente y laterales         | ▼ |
| Juntas degradadas                         | ▼ |
| Golpes y roturas                          | ▼ |
| Fisuras y grietas                         | ▼ |
| Coqueras y nidos de grava                 | ▼ |
| Meteorización y degradación               | ▼ |
| Desprendimientos                          | ▼ |
| Carbonatación y desagregación             | ▼ |
| Armaduras vistas someras                  | ▼ |
| Corrosión y disgregación                  | ▼ |
| Humedades y filtraciones                  | ▼ |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias | ▼ |
| Abombamientos                             | ▼ |
| Desplomes o basculamientos                | ▼ |
| Asentamientos                             | ▼ |
| Descalces                                 | ▼ |
| Socavaciones                              | ▼ |
| Depósitos en coronación                   | ▼ |
| Daños en coronación                       | ▼ |
| Daños en cimentaciones vistas             | ▼ |
| Vegetación aflorando                      | ▼ |
| Vegetación adosada                        | ▼ |

**OBSERVACIONES PILAS**

NO TIENE PILAS.

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL APARATOS DE APOYO**

|                                |                     |   |
|--------------------------------|---------------------|---|
| Envejecimiento                 | 0: No existen daños | ▼ |
| Corrosión                      | 0: No existen daños | ▼ |
| Suciedad y aterramiento        | 0: No existen daños | ▼ |
| Bloqueo o encastramiento       | 0: No existen daños | ▼ |
| Desplazamiento o deslizamiento | 0: No existen daños | ▼ |
| Aplastamiento                  | 0: No existen daños | ▼ |
| Reglaje incorrecto             | 0: No existen daños | ▼ |
| Desnivelaciones                | 0: No existen daños | ▼ |
| Falta de contacto              | 0: No existen daños | ▼ |
| Cunas de apoyo deterioradas    | 0: No existen daños | ▼ |
| Vegetación adosada             | 0: No existen daños | ▼ |

OBSERVACIONES APARATOS DE APOYO

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL ESTRUCTURA DE TRAMOS**

|                                               |                                           |   |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|---|
| Pintura envejecida y desprendida              |                                           | ▼ |
| Oxidación superficial                         |                                           | ▼ |
| Corrosiones locales activas                   |                                           | ▼ |
| Entalladuras y pérdidas de sección            |                                           | ▼ |
| Elementos metálicos deformados o rotos        |                                           | ▼ |
| Tornillos flojos o faltan                     |                                           | ▼ |
| Soldaduras fisuradas                          |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas longitudinales bóvedas      |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales clave         |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales riñones       |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales arranques     |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas longitudinales tímpanos     |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas verticales tímpanos         |                                           | ▼ |
| Separación y filtraciones tímpano-bóveda      |                                           | ▼ |
| Fisuras y grietas longitudinales losas        | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales losas         | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas verticales losas            | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas alas superiores vigas       | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas longitudinales alas-alma    | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales alma vigas    | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas inclinadas alma vigas       | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas longitudinales ala inferior | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y grietas transversales ala inferior  | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Fisuras y daños en testeros                   | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Golpes y roturas                              | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Coqueras y nidos de grava                     | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Meteorización y degradación                   | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Desprendimientos                              | 1: Defectos con incidencia en la estética | ▼ |
| Carbonatación y desagregación                 | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Armaduras vistas someras                      | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Corrosión y disgregación                      | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Humedades y filtraciones                      | 1: Defectos con incidencia en la estética | ▼ |
| Desagües obturados                            | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias     | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Abombamientos                                 | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Asentamientos y desnivelaciones               | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Juntas transversales degradadas               | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Vegetación aflorando                          | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Vegetación adosada                            | 0: No existen daños                       | ▼ |

OBSERVACIONES ESTRUCTURA DE TRAMOS

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL RESTO DE ELEMENTOS**

|                          |                                           |   |
|--------------------------|-------------------------------------------|---|
| Impermeabilización       | 1: Defectos con incidencia en la estética | ▼ |
| Drenaje longitudinal     | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Drenaje transversal      | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Muretes guardabalasto    | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Juntas de dilatación     | 4: Defectos con evolución patológica      | ▼ |
| Conducciones y canaletas | 0: No existen daños                       | ▼ |
| Barandillas              | 0: No existen daños                       | ▼ |

OBSERVACIONES RESTO DE ELEMENTOS

EL PUENTE NO TIENE DESAGÜES.

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**ESTADO ACTUAL**

**ESTADO GENERAL**

ESTADO GENERAL ESTRIBOS

ESTADO GENERAL PILAS

ESTADO GENERAL APARATOS DE APOYO

ESTADO GENERAL ESTRUCTURA DE TRAMOS

ESTADO GENERAL RESTO DE ELEMENTOS

OBSERVACIONES

2: Defectos con riesgo de evolución patológica

3: Defectos inicio evolución patológica

0: No existen daños

1: Defectos con incidencia en la estética

3: Defectos inicio evolución patológica

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**

**ID (Identificador de la estructura)**  
**FECHA DE LA INSPECCIÓN**

**26VI02**  
**19/07/01**

**IDENTIFICACIÓN ARCHIVOS FOTOGRÁFICOS**

**NOMBRE ARCHIVO**

|                  |                                                 |   |              |
|------------------|-------------------------------------------------|---|--------------|
| FOTOGRAFÍA Nº 1  | ALZADO DERECHO                                  | ▼ | 26VI0201.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 2  | ALZADO IZQUIERDO                                | ▼ | 26VI0202.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 3  | VISTA SUPERIOR DESDE ENTRADA                    | ▼ | 26VI0203.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 4  | VISTA SUPERIOR DESDE SALIDA                     | ▼ | 26VI0204.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 5  | ESTRIBO DE ENTRADA                              | ▼ | 26VI0205.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 6  | ESTRIBO DE SALIDA                               | ▼ | 26VI0206.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 7  | VISTA INFERIOR                                  | ▼ | 26VI0207.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 8  | DETALLE APOYO ESTRIBO DE SALIDA                 | ▼ | 26VI0208.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 9  | DETALLE ESPALDÓN ESTRIBO DE SALIDA LADO DERECHO | ▼ | 26VI0209.JPG |
| FOTOGRAFÍA Nº 10 |                                                 | ▼ |              |
| FOTOGRAFÍA Nº 11 |                                                 | ▼ |              |
| FOTOGRAFÍA Nº 12 |                                                 | ▼ |              |
| FOTOGRAFÍA Nº 13 |                                                 | ▼ |              |
| FOTOGRAFÍA Nº 14 |                                                 | ▼ |              |
| FOTOGRAFÍA Nº 15 |                                                 | ▼ |              |

OBSERVACIONES

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA**



FOTOGRAFÍA Nº 1: ALZADO DERECHO



FOTOGRAFÍA Nº 2: ALZADO IZQUIERDO

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**



FOTOGRAFÍA Nº 3: VISTA SUPERIOR DESDE ENTRADA



FOTOGRAFÍA Nº 4: VISTA SUPERIOR DESDE SALIDA

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**



FOTOGRAFÍA Nº 5: ESTRIBO DE ENTRADA



FOTOGRAFÍA Nº 6: ESTRIBO DE SALIDA

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**



FOTOGRAFÍA N° 7: VISTA INFERIOR



FOTOGRAFÍA N° 8: DETALLE APOYO ESTRIBO DE SALIDA

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**L.A.V. MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA**



FOTOGRAFÍA Nº 9: DETALLE ESPALDÓN ESTRIBO DE SALIDA LD

## **ANEJO 8: NIVELACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

Madrid, Octubre de 2001

En esta estructura no se ha efectuado la Planimetría y Nivelación.