

**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA  
E INSPECCIONES DE PUENTES EN EL TRAMO  
LA ROCA DEL VALLÉS-RIUDELLOTS DE LA SELVA  
DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD  
MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA.**

**TRAMO: LA ROCA DEL VALLÉS-RIUDELLOTS DE LA SELVA**



**INFORME DE PRUEBA DE CARGA**

**SUBTRAMO: RIELLS I VIABREA-MASSANES**

**Viaducto de Repiaix**

**Código: 0178VI01**

**P.K.Obra: 601+021 P.K.Línea: 678+344**

**Abril de 2010**

## ÍNDICE

### **1.- INTRODUCCIÓN**

1.1.- Introducción

1.2.- Antecedentes

### **2.- OBJETO**

### **3.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

### **4.- INSPECCIÓN PRELIMINAR**

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

5.1.- Definición de los elementos.

5.2.- Acciones consideradas

5.3.- Modelización empleada

5.4.- Materiales y coeficiente de cálculo

5.5.- Comentarios al Proyecto.

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

6.1.- Acciones reproducidas

6.2.- Puntos de medición

6.3.- Equipos utilizados

6.4.- Resultados previstos

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

7.1.- Descripción

7.2.- Resultados obtenidos

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

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



**ANEJOS****ANEJO 1: DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR EL ADIF****ANEJO 2: PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA****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 (A2)****ANEJO 7: ACTA A1 Y FICHA DE SEGUIMIENTO****ANEJO 8: PLANIMETRÍA Y NIVELACIÓN DE LA ESTRUCTURA****ANEJO 9: INSPECCIÓN DE CAUCE**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- Introducción**

A instancias del A.D.I.F., la UTE PC LAV LA ROCA DEL VALLÉS – RIUDELLOTS DE LA SELVA, redacta el presente documento cuyo objeto es la presentación y análisis de los resultados obtenidos durante la realización de la Prueba de Carga efectuada con anterioridad a la recepción del Viaducto sobre el río Repiaix, situado en el P.K de línea 678+344 (obra 601+021), perteneciente a la Línea Ferroviaria de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa, tramo: La Roca – Riudellots, subtramo: Riells I Viabrea – Massanes.

### **1.2.- Antecedentes**

La redacción del presente informe se efectúa dentro del marco del Contrato de Consultoría y Asistencia (Clave AV 002/09) para la “Realización de Pruebas de Carga para la recepción de la Línea de Alta Velocidad Madrid –Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa: Subtramo Sant Celoni - Riells I Viabrea”.

## 2.- OBJETO

El objeto del documento es presentar las actividades desarrolladas en la estructura de referencia, exponiendo los resultados obtenidos en la misma y realizando el análisis de dichos resultados, a fin de poder emitir las conclusiones y recomendaciones oportunas.

Las actividades principales desarrolladas han consistido en:

- Inspección de la estructura.
- Redacción del proyecto de Prueba de Carga.
- Realización de la Prueba de Carga.
- Análisis de los resultados.

La inspección previa de la estructura tuvo lugar el día 25 de noviembre de 2009 y la prueba de carga del viaducto se realizó el día 18 de febrero del 2010.

### 3.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo con los datos obtenidos en la Inspección Previa y con la documentación suministrada por el Peticionario, se describen, a continuación, las principales características de la estructura que soportará en el futuro el tráfico ferroviario generado por la futura Línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa.

El viaducto se trata de una estructura isostática de un vano con una luz de 36 m. El tablero tiene un ancho de 14,60 m y sección artesa abierta de hormigón postesado, de canto constante 3,20 m que representa una esbeltez de 1/10.9, formada por una losa inferior de 0,80 m de espesor, y dos alas de un espesor variable de 0,70 m en el arranque con la losa inferior a 1,10 m en las alas superiores. Para compensar la fuerte asimetría de eje horizontal, la sección se complementa con unas alas superiores, que permite aumentar la cabeza de comprensión, y que dan cabida a la barandilla, el paseo, y un espacio para la colocación de las cimentaciones de apoyo para los postes de catenaria, con un ancho de 2,10 m. Esta sección cuenta con un ancho interior libre para la plataforma de 10,40 m.

Los estribos son cerrados con aletas en vuelta y su cimentación de tipo profundo consta de un encepado de 14,0 x 6,0 x 1,75 m de 6 pilotes de 1500 mm de diámetro cada uno.

El tipo de hormigón del tablero es HP-40. El acero pasivo utilizado para los elementos estructurales es del tipo B 500 S, mientras que el acero activo del tablero empleado fue Y 1860 S7.



#### **4.- INSPECCIÓN PRELIMINAR**

Como se ha mencionado anteriormente, la inspección previa a la realización de la prueba de carga, fue realizada por técnicos de GEOCISA, el día 25 de noviembre de 2009, con la estructura ya finalizada. Durante la inspección no se detectaron ningún tipo de anomalías en la estructura.

## 5.- ANÁLISIS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA

A partir de una revisión de Proyecto constructivo de la estructura, se emiten los comentarios que se transcriben a continuación.

### 5.1.- Definición de los elementos.

|                                              |                                   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo de estructura                           | Tablero de sección artesa abierta |
| Dimensiones internas                         | 10,40 m de ancho libre            |
| Ancho del tablero (m)                        | 14,60                             |
| Longitud (m)                                 | 36,00                             |
| Espesor losa inferior (m)                    | 0,80                              |
| Espesor del alma (m)                         | 0,70                              |
| Resistencia del tablero (N/mm <sup>2</sup> ) | 40                                |

### 5.2.- Acciones consideradas

Las cargas aplicadas para el cálculo del tablero en los modelos de cálculo empleados son las siguientes:

#### - Cargas permanentes

- Peso propio.
- Cargas muertas.
- Pretensado y esfuerzos hiperestáticos del pretensado.
- Acciones diferidas de retracción y fluencia.
- Cargas horizontales producidas por el rozamiento en apoyos deslizantes.

#### - Sobrecargas

Sobrecargas de uso: sobrecarga en paseos y sobrecarga ferroviaria. Dentro de esta última están incluidas las acciones horizontales producidas por el frenado, arranque, fuerza centrífuga y lazo.

- Acciones térmicas: variación uniforme de la temperatura y gradiente térmico.

- Interacción longitudinal carril-tablero.
- Viento.
- Acciones accidentales

Para el cálculo de la estructura se han considerado las siguientes normativas:

- Instrucción relativa a las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril IAPF.
- Eurocódigo 1.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE.
- Norma de construcción sismorresistente NCSE-02.

### **5.3.- Modelización empleada**

Para realizar el cálculo longitudinal del tablero, se realizó un modelo de viga continua de un vano.

Para la realización del cálculo de la subestructura, se realizaron diferentes cálculos de pórtico plano, obteniéndose los movimientos en los apoyos y las acciones en cabeza de pilas.

Se han utilizado los siguientes programas para la resolución de distintos cálculos intermedios:

**PUENTE CONTINUO:** Programa utilizado para la resolución de estructuras reticulares mediante cálculo matricial, permitiendo el tratamiento del pretensado.

**PÓRTICO:** Programa de cálculo de estructuras reticuladas planas, que son resueltas mediante cálculo matricial.

**ANSYS 5.4:** Programa de elementos finitos que analiza el comportamiento global de la estructura.

**ROTURA:** Programa utilizado para la obtención de momentos últimos.

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

Los materiales utilizados en la obra y los correspondientes coeficientes de seguridad fueron:

- Hormigón en tablero: HP-40;  $\gamma_c=1,50$ .
- Hormigón de pilotes, estribos y aceras: HA-25;  $\gamma_c=1,50$ .
- Acero pasivo : B-500-S;  $\gamma_s=1,15$ .
- Acero activo: Y 1860 S7;  $\gamma_s=1,15$ .

#### **5.5.- Comentarios al Proyecto.**

A partir de una revisión de la documentación con que se cuenta, referente al Proyecto constructivo, se considera que el cálculo de la estructura es correcto y acorde a la normativa vigente.

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

Se exponen a continuación las distintas etapas que constituyeron el plan de prueba del marco analizado. La programación de los ensayos coincidió con lo previsto en el Proyecto de Prueba de Carga desarrollado para esta estructura.

### **6.1.- Acciones reproducidas**

Las sobrecargas utilizadas en las pruebas han sido suministradas por el Peticionario. Éstas consistieron en dos locomotoras inglesas serie 37 de 1200 KN de peso total cada una. La locomotora inglesa Serie 37 está formada por 2 boggies con 3 ejes cada uno, con una carga por eje de 200 KN (Anejo 3).

Se ha previsto un estado de carga en el que se situarán las locomotoras con el segundo eje del primer boggie de las mismas coincidente con el centro de luz del viaducto. En el Anejo 3 se adjunta el croquis del tren de carga descrito, así como la disposición del mismo sobre la estructura para el único estado de carga considerado.

#### **Pruebas estáticas:**

El estado de carga considerado es el que produce los máximos esfuerzos sobre el viaducto. La colocación de las sobrecargas y el registro de las lecturas en los puntos instrumentados, se llevó a cabo de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Escalón 0: Medida de lecturas iniciales.
- Escalón 1: Colocación de las dos locomotoras Inglesas en sendas vías.
- Escalón 2: Estabilización, medida y registro de las lecturas.
- Escalón 3: Medida y registro de las lecturas durante un tiempo no inferior a 10 minutos, comprobando la estabilidad de las medidas.
- Escalón 4: Descarga de ambas locomotoras de la estructura.
- Escalón 5: Realización de lecturas comprobando que se alcanza la recuperación de, al menos, el 85% de la flecha máxima medida en un tiempo no superior al mantenimiento de la carga.

**Pruebas dinámicas:**

Las pruebas dinámicas se realizaron con una de las locomotoras circulando a lo largo de una de las vías, para la obtención de parámetros tales como el coeficiente de impacto, el amortiguamiento y la frecuencia de vibración. Han sido realizadas las siguientes pruebas dinámicas:

- Paso del tren de cargas por la vía a 5 km/h.
- Paso del tren de cargas por la vía a 30 km/h.
- Paso del tren de cargas a la máxima velocidad posible, en torno a 80 km/h.
- Prueba de frenado en la que el tren de cargas adquirió una velocidad previa de 80 km/h.

A partir de un tratamiento analítico de los resultados obtenidos en las pruebas dinámicas citadas se han determinado tres parámetros que caracterizan la respuesta dinámica de la estructura. Estos son:

- Frecuencia
- Coeficiente de Impacto
- Amortiguamiento.

**6.2.- Puntos de medición**

Las medidas realizadas durante la prueba han sido las siguientes:

- Descensos verticales (flechas)
- Aceleraciones

La instrumentación de la estructura fue realizada en un solo grupo.

Se colocaron tres puntos de flecha en la sección del centro de la luz, dos de ellos en sendas aristas de la viga artesa y el restante en coincidencia con el eje longitudinal de la misma. Además, en la sección de cuartos de la luz se colocó otro punto de flecha, también sobre el eje longitudinal del tablero.

Adicionalmente, en ambos extremos y en las proximidades del estribo se colocaron transductores para la medición de los descensos de apoyo.

### 6.3.- Equipos utilizados

Para la medición de las flechas en todos los vanos de la estructura, se emplearon transductores de desplazamiento (L.V.D.T.; Linear Variable Differential Transducers) con un rango de al menos 25 mm de rango y 0,02 mm de incertidumbre. Mientras que, para la medición de los descensos de apoyos se emplearon transductores de desplazamientos de al menos +/- 5 mm de rango y 0,01 mm de incertidumbre.

En las pruebas dinámicas se registraron aceleraciones verticales mediante la colocación de un acelerómetro tipo piezoeléctrico situado en el centro de luz del puente (Anejo 3). El acelerómetro empleado es el de tipo piezoeléctrico con un rango de los 0,15 a 1000 Hz y una sensibilidad de 10.000 mV/g.

### 6.4.- Resultados previstos

En el Anejo 2 (Proyecto de prueba de carga) se han obtenido las flechas esperadas durante la prueba, exponiéndose a continuación el resumen de los valores calculados para el estado considerado:

| PUNTO Nº | SECCIÓN                                   | FLECHA<br>(mm) |
|----------|-------------------------------------------|----------------|
| P – 1    | L/2 en arista derecha de la viga artesa   | 4,03           |
| P – 2    | L/2 en arista izquierda de la viga artesa | 4,03           |
| P – 3    | L/2 en eje longitudinal de viga artesa    | 4,03           |
| P – 4    | L/2 en eje longitudinal de viga artesa    | 2,99           |

Mediante un análisis modal realizado con el programa CivilCad se calcularon los valores de las frecuencias y los periodos correspondientes a los tres primeros modos de vibración de la estructura, los cuales se presentan a continuación:

| MODO | FRECUENCIA (Hz.) | PERÍODO (seg.) |
|------|------------------|----------------|
| 1    | 4,0              | 0,248          |
| 2    | 16,3             | 0,062          |
| 3    | 37,0             | 0,027          |



## 7.- PRUEBA DE CARGA

### 7.1.- Descripción

Los ensayos de prueba de carga fueron realizados por un equipo especializado de GEOCISA, el día 18 de febrero del 2010.

La secuencia de realización de la prueba estática y la prueba dinámica para el viaducto fue la siguiente:

| PRUEBA ESTÁTICA |        |             |            |
|-----------------|--------|-------------|------------|
| Día             | Estado | Hora inicio | Hora final |
| 18/02/2010      | 1      | 12:43       | 12:59      |

| PRUEBA DINÁMICA |          |         |             |
|-----------------|----------|---------|-------------|
| Día             | Grupo    | Tipo    | Hora inicio |
| 18/02/2010      | Equipo 1 | Lenta   | 14:03       |
|                 |          | Din30   | 14:05       |
|                 |          | DinMax  | 14:08       |
|                 |          | DinFren | 14:13       |

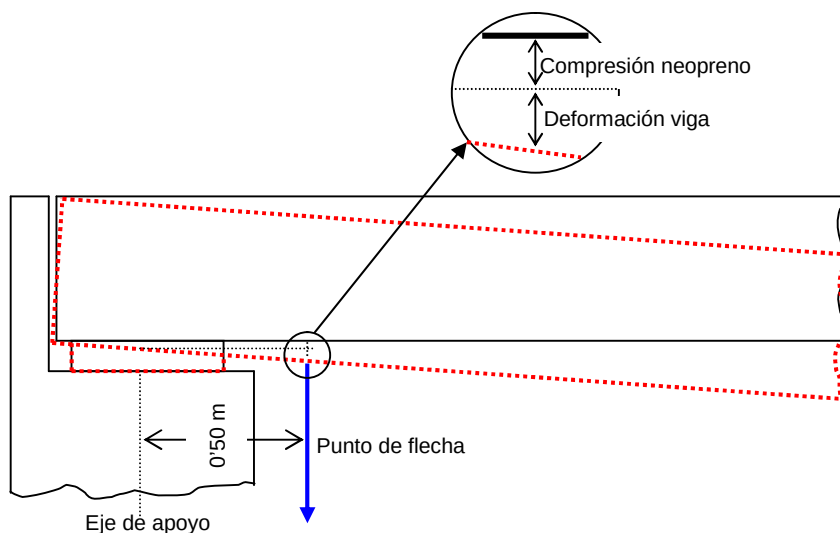
### 7.2.- Resultados obtenidos

#### Prueba de carga estática

Una vez estabilizadas las medidas se obtuvieron los valores correspondientes a la prueba estática, que se acompañan en las tablas adjuntas.

A continuación se presenta la interpretación de algunas de las columnas de la tabla antes mencionada.

- La columna “Prevista” es la flecha teórica, recogida en el proyecto para cada punto de medida.
- La columna “Flecha Obtenida” corresponde a las flechas registradas en los distintos puntos con la carga completa, considerando la lectura al comienzo y una vez estabilizada la medida.
- La columna “Flecha Neta” se obtiene restando a los valores contenidos en la columna anterior, los correspondientes descensos de apoyos situados en los estribos y en las pilas de la estructura ensayada. Cabe destacar que en los casos en que la instrumentación del apoyo no pueda realizarse exactamente en el eje del mismo, deberá corregirse el valor del descenso registrado, con el propósito de tener en cuenta la deformación de la viga, de acuerdo con el esquema que se presenta a continuación:.



- La columna “% Alcanzado” expresa la relación entre el valor previsto y la flecha máxima alcanzada, en tanto por ciento.
- En la columna “% Remanente” se encuentra una relación entre la máxima flecha obtenida y la flecha una vez descargada la estructura, permitiéndose constatar si existe una adecuada recuperación de la estructura.

Se completa esta información con los gráficos de las pruebas estáticas que se incluyen en el Anejo 4.

| REFERENCIA | Prevista | Flecha obtenida | Flecha Neta | % Alcanzado | Remanente | % Recuperación |
|------------|----------|-----------------|-------------|-------------|-----------|----------------|
| E 1-1      |          | 0,19            |             |             |           |                |
| E 2-1      |          | 0,20            |             |             |           |                |
| P-1        | 4,03     | 2,84            | 2,65        | 66          | -0,08     | 100            |
| P-2        | 4,03     | 3,46            | 3,27        | 81          | -0,08     | 100            |
| P-3        | 4,03     | 3,02            | 2,83        | 70          | -0,06     | 100            |
| P-4        | 2,99     | 1,88            | 1,79        | 60          | -0,23     | 100            |

### **Pruebas dinámicas:**

A partir de un tratamiento analítico de los resultados obtenidos en estas pruebas se determinan tres parámetros que caracterizan la respuesta dinámica de la estructura analizada, éstos son:

- Coeficiente de impacto.
- Frecuencia.
- Amortiguamiento.

#### **- Coeficiente de impacto:**

El valor del coeficiente de impacto, en un determinado punto instrumentado, se ha calculado a partir de la comparación entre los máximos desplazamientos dinámicos registrados, ya sea en la prueba dinámica a 30 km/h, en la de máxima velocidad o en la de frenado, con el correspondiente a la señal registrada en la prueba dinámica lenta (5 km/h).

A continuación se presentan los resultados obtenidos en estas pruebas, conjuntamente con los correspondientes valores calculados del coeficiente de impacto.

| REFERENCIA | Lenta | Din. 30 | Din. Máx | Coef. Impacto |
|------------|-------|---------|----------|---------------|
| P-1        | 2,02  | 2,00    | 2,00     | 0,99          |
| P-2        | 1,75  | 1,74    | 1,74     | 1,00          |
| P-3        | 1,06  | 1,05    | 1,05     | 1,00          |
| P-4        | 1,16  | 1,12    | 1,15     | 1,00          |

- Análisis de frecuencias:

Se ha llevado a cabo un análisis de frecuencias mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier (F.F.T.) de las señales registradas en las pruebas dinámicas, principalmente de las aceleraciones. De este modo, se ha transformado la señal en el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El cálculo de la F.F.T. se realiza mediante programa dentro del propio ordenador. Se obtiene como resultado final del análisis un espectro que permite determinar los valores de las frecuencias en Hz., de al menos, los tres primeros modos de vibración de la estructura.

A partir del análisis espectral de las aceleraciones registradas durante las pruebas dinámicas se obtuvo la siguiente frecuencia:

| VANO   | Frecuencia (Hz) |
|--------|-----------------|
| VANO 1 | 4,1             |

Los gráficos obtenidos del análisis de frecuencias de las señales dinámicas registradas durante las pruebas están contenidos en el Anejo 4.

- Amortiguamiento:

La estimación del coeficiente de amortiguamiento, para los distintos vanos, se ha obtenido a partir del análisis del registro de aceleraciones de la prueba dinámica de frenado. Dado que para la estructura ensayada estos registros presentaron un aspecto tal que resulta imposible estimar el amortiguamiento a través del método del decremento logarítmico ( $\delta$ ). Por lo tanto, para el cálculo de este parámetro en los distintos vanos, en primer lugar se ha obtenido el espectro de potencia de la parte de la señal que se encuentra en vibraciones libres y, posteriormente, se ha determinado mediante la aplicación de las expresiones desarrolladas por Kawasumi – Shima, el índice de amortiguamiento crítico ( $\xi$ ) según se presenta en la figura adjunta.

$$\xi \cong \frac{A}{2} \left( 1 - \frac{3}{8} A^2 \right) \quad A = \left( \frac{w_2^2 - w_1^2}{w_2^2 + w_1^2} \right) / \sqrt{(\lambda - 1)}$$

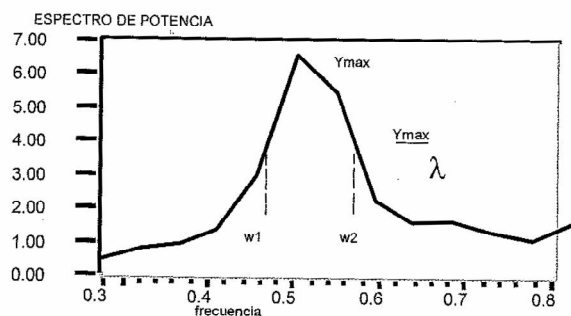


Figura 1. Obtención del amortiguamiento, método de Kawasumi y Shima<sup>5</sup>

Finalmente, los valores del decremento se determinan a partir de la siguiente expresión:

$$\delta = \xi \times (2\pi)$$

A continuación, se muestra el coeficiente de amortiguamiento obtenido:

| VANO  | Amortiguamiento |
|-------|-----------------|
| Único | 0,06            |

## 8.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos que se expresan en las tablas anteriores se realizan los siguientes comentarios, referidos al análisis del viaducto.

### Pruebas estáticas.

- Los valores de flechas obtenidos en los puntos instrumentados están por debajo de los valores previstos en el Proyecto de la Prueba de carga. Posiblemente se deba a que la rigidez de la estructura es mayor de la prevista, en cualquier caso son acordes con las Recomendaciones para la realización de Pruebas de carga en puentes de Ferrocarril.
- El máximo valor de flecha obtenido fue 3,27 mm que representa el 81 % del valor previsto. A su vez, la relación entre la luz y esta flecha máxima ha resultado de 11.009.
- Una vez descargada la estructura, se obtuvieron recuperaciones del 100% en todos los puntos instrumentados, por tanto acordes con las Recomendaciones para la realización de Pruebas de carga en puentes de Ferrocarril.

### Pruebas dinámicas.

- Los valores del coeficiente de impacto, calculados a partir de la comparación entre las distintas señales registradas en las pruebas dinámicas están comprendidos entre 0,99 y 1,00. El valor medio del coeficiente de impacto es de 1,00, el cual se considera adecuado para este tipo de estructuras.
- A partir del análisis espectral de las aceleraciones registradas durante las pruebas dinámicas, se obtuvo un valor de la frecuencia propia, prácticamente, igual que el previsto en el Proyecto de 4,04 Hz. El valor obtenido de la frecuencia de las estructura de 4,1 Hz.
- Se ha estimado el valor de amortiguamiento a partir del registro de aceleración en la estructura instrumentada, obteniéndose un valor de 0,06, valor que se considera adecuado para la estructura ensayada.

## 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo expuesto en los apartados precedentes pueden extraerse las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- Los valores de las flechas obtenidas para todos los puntos instrumentados resultaron adecuados y acordes con las *“Recomendaciones para la realización de Pruebas de carga en Puentes de Ferrocarril”*.
- La relación entre la flecha máxima obtenida y la luz arroja un valor adecuado y muy superior a la relación crítica.
- Una vez descargada la estructura, se obtuvieron recuperaciones del 100 % en todos los puntos instrumentados. Esto permite concluir que durante la realización de la prueba de carga todos los vanos han permanecido en régimen elástico.
- Los valores del coeficiente de impacto calculados a partir de la comparación entre las distintas señales registradas en las pruebas dinámicas han resultado próximos a la unidad, lo que indica que la estructura, prácticamente, no experimenta amplificaciones debido a las acciones dinámicas.
- A partir del análisis espectral de las aceleraciones registradas durante las pruebas dinámicas se obtuvo un valor de la frecuencia propia de 4,10 Hz., el cuál, prácticamente, coincide con el valor previsto en el proyecto de 4,04 Hz.
- Se ha estimado el valor de amortiguamiento a partir de los registros de aceleración en el centro del viaducto instrumentado, obteniéndose un valor de 0,063. Este valor es adecuado para este tipo de estructuras.
- A su vez, durante el desarrollo de la prueba no se detectó la aparición de fisuras ni de cualquier otro tipo de anomalías en las zonas objeto de estudio.

Por todo ello, se considera que el comportamiento de la estructura en estudio ha sido correcto durante el desarrollo de la prueba de carga.

El presente informe consta de veintidós páginas selladas y correlativamente numeradas desde el número uno al número veintidós, y de nueve anejos sin paginar relacionados en el índice.

Madrid, abril de 2010



FDO.: D. MARCOS ROS GARCÍA  
Responsable trabajos de Campo



FDO.: D. RUBÉN CUESTA VALPARÍS  
Trabajos de Gabinete



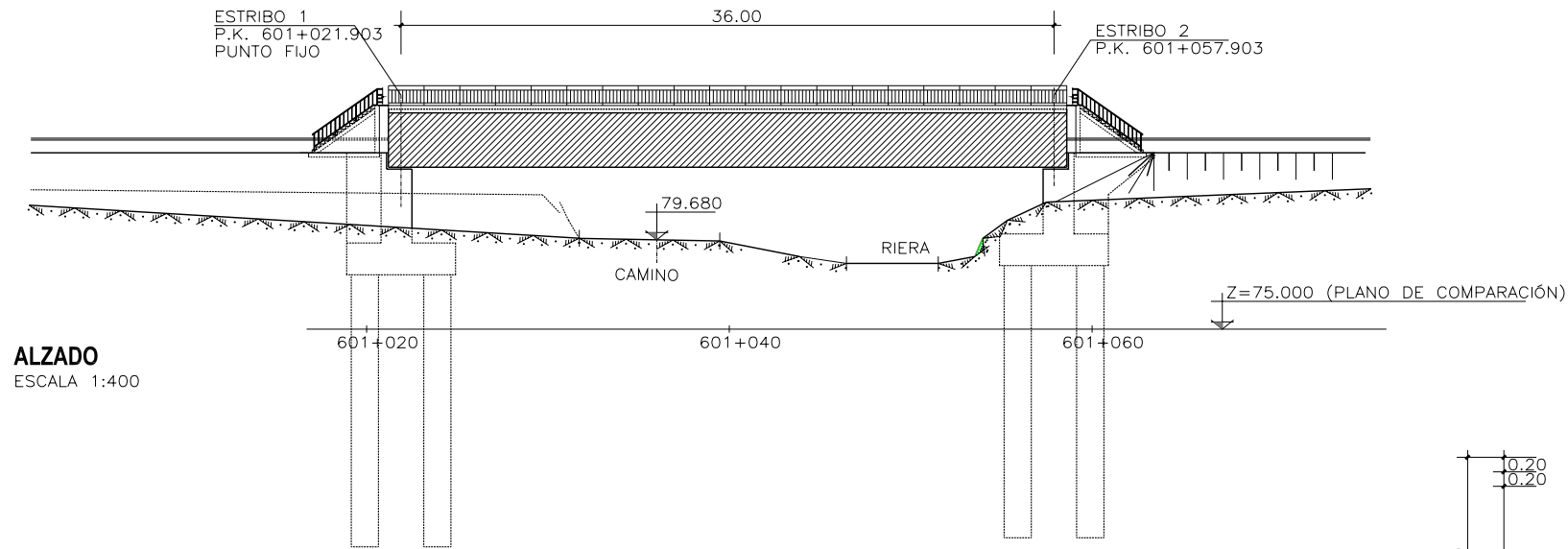
FDO.: D. JULIO CASAL MACÍAS  
Coordinador General Prueba de Carga

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación expresa de UTE  
PC LAV LA ROCA DEL VALLÉS – RIUDELLOTS DE LA SELVA (GEOCISA – INTEMAC).

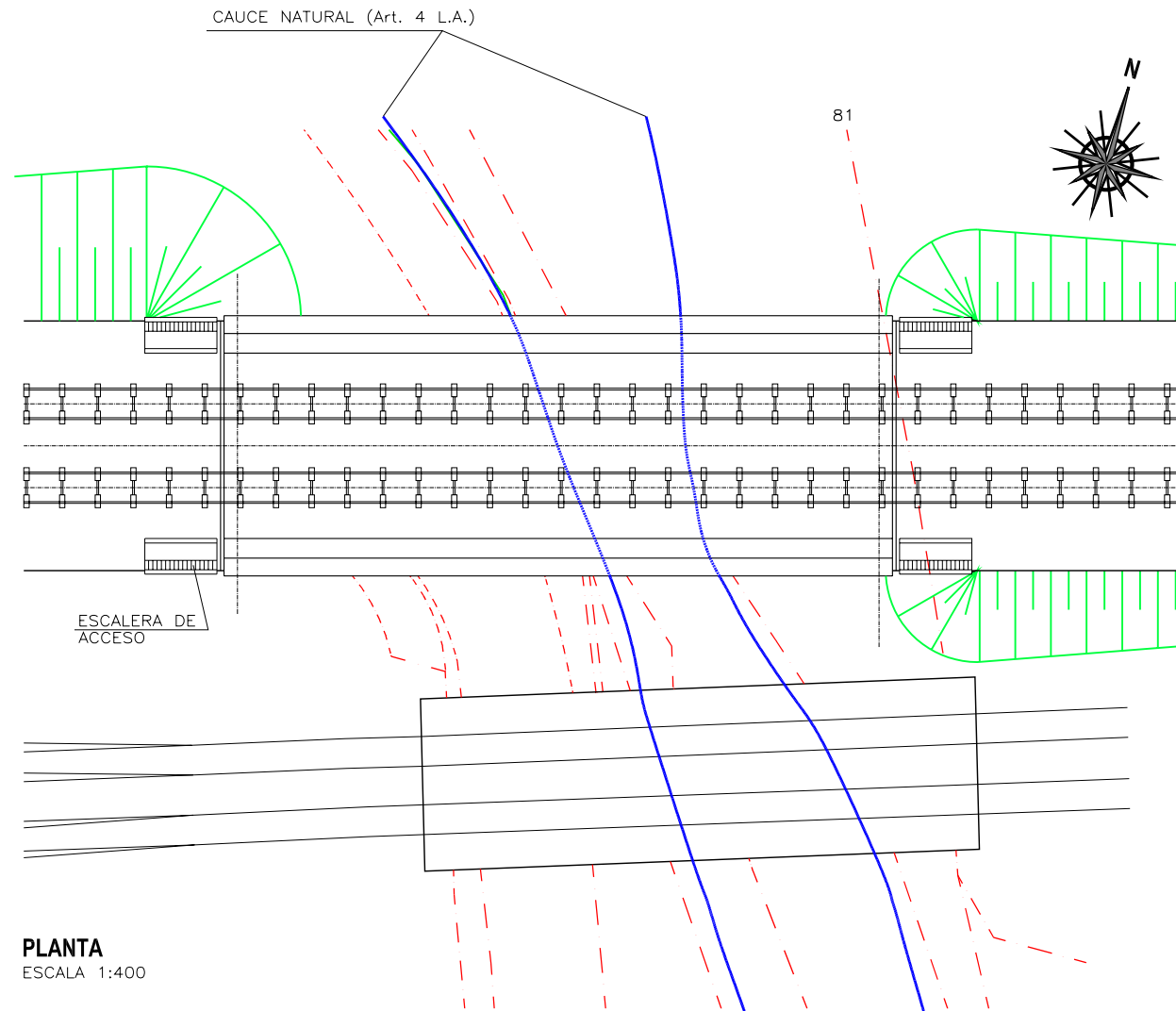


## ANEJOS

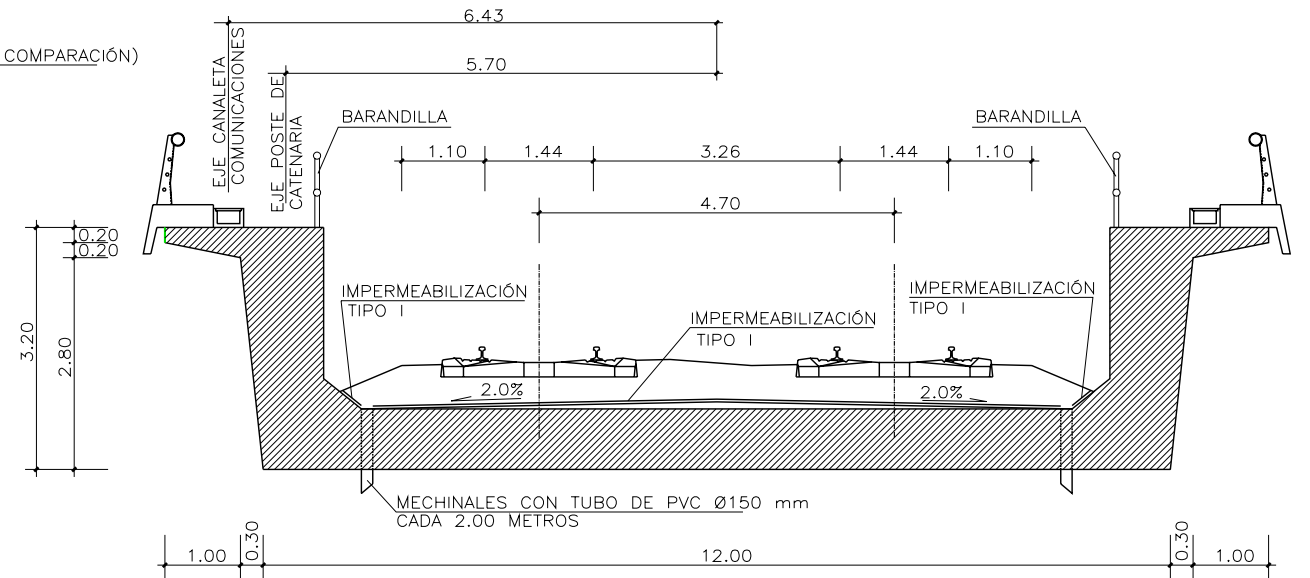
## **ANEJO 1: DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR EL ADIF**



ALZADO  
ESCALA 1:400



PLANTA  
ESCALA 1:400



SECCIÓN  
ESCALA 1:100

#### CONTROL DE CALIDAD

| MATERIAL  | DEFINICIÓN          | NIVEL DE CONTROL | COEFICIENTE DE SEGURIDAD | RECUBRIMIENTOS DE ARMADURA (mm) | MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO | MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³) |
|-----------|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| HORMIGÓN  | NIVELACIÓN          | HM-15            | HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL  |                                 |                              |                                     |
|           | PILOTES             | HA-25/F/20/      | ESTADÍSTICO              | 75                              | 0.45                         | 350                                 |
|           | ENCEPADOS ESTRIBOS  | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | ALZADO ESTRIBOS     | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | TABLERO             | HP-40/F/20/      | ESTADÍSTICO              | 25                              | 0.60                         | 300                                 |
| ACERO     | ACERAS              | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | ARMADURAS PASIVAS   | B 500 S          | NORMAL                   | Ys=1.15                         |                              |                                     |
| EJECUCIÓN | ARMADURAS ACTIVAS   | Y 1860 S7        | NORMAL                   | Ys=1.15                         |                              |                                     |
|           | TODOS LOS ELEMENTOS | INTENSO          | SEGÚN IAP-98             |                                 |                              |                                     |

PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO

## ANEJO 2: PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA

**PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA DEL VIADUCTO SOBRE EL  
RÍO REPIAIX PERTENECIENTE AL NUEVO ACCESO  
FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD MADRID – ZARAGOZA –  
BARCELONA – FRONTERA FRANCESA  
TRAMO: RIELLS I VIABREA - MASSANES**

**FEBRERO 2010**

## ÍNDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA
- 3.- JUSTIFICACIÓN DE LA CARGA DE LA PRUEBA
- 4.- MEDICIONES A REALIZAR
- 5.- PLAN DE CARGA Y PROGRAMACIÓN DEL ENSAYO
  - 5.1.- PRUEBAS ESTÁTICAS
  - 5.2.- PRUEBAS DINÁMICAS
- 6.- RESULTADOS PREVISTOS

## ANEJOS

- I. DOCUMENTACIÓN FACILITADA
- II. CÁLCULOS DE LA PRUEBA DE CARGA
- III. CROQUIS DE INSTRUMENTACIÓN Y DISPOSICIÓN DE CARGAS

## **1.- INTRODUCCIÓN**

A instancias del A.D.I.F., la UTE PC LAV LA ROCA DEL VALLÉS – RIUDELLOTS DE LA SELVA, redacta el presente documento cuyo objeto es la especificación de la Prueba de Carga preceptiva con anterioridad a la recepción del Viaducto sobre río Repiaix situado entre los P.P.K.K de obra 601+021,903 y 601+057,903, perteneciente a la Línea Ferroviaria de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa -, tramo: Riells I Viabrea – Massanes.

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

De acuerdo con los datos obtenidos en la Inspección Previa y con la documentación suministrada por el Peticionario, se describen, a continuación, las principales características de la estructura que soportará en el futuro el tráfico ferroviario generado por la futura Línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa.

El viaducto a ensayar se trata de una estructura de un vano con una luz de 36 m. El tablero tiene un ancho de 14,60 m.

El tablero en sección artesa abierta de hormigón postesado, de canto constante 3,20 m que representa una esbeltez de 1/10.9, formada por una losa inferior de 0,80 m de espesor, y dos alas de un espesor variable de 0,7 m en el arranque con la losa inferior a 1,10 m en las alas superiores. Para compensar la fuerte asimetría de eje horizontal, la sección se complementa con unas alas superiores, que permite aumentar la cabeza de comprensión, y que dan cabida a la barandilla, el paseo, y un espacio para la colocación de las cimentaciones de apoyo para los postes de catenaria, con un ancho de 2,10 m.

Esta sección cuenta con una ancho interior libre para la plataforma de 10,40 m.

Los estribos son cerrados con aletas en vuelta y su cimentación es de tipo profundo que consta un encepado de 14,0 x 6,0 x 1,75 m de 6 pilotes de 1500 mm de diámetro cada uno.

El tipo de hormigón del tablero es HP-40. El acero pasivo utilizado para los elementos estructurales es del tipo B 500 S, mientras que el acero activo del tablero empleado fue Y 1860 S7.



**3.- JUSTIFICACIÓN DE LA CARGA DE LA PRUEBA.**

Las sobrecargas a utilizar en las pruebas serán suministradas por el Peticionario. Éstas consistirán en dos locomotoras inglesas serie 37 de 1200 KN de peso total cada una. La locomotora inglesa Serie 37 está formada por 2 boggies con 3 ejes cada uno, con una carga por eje de 200 KN (Anejo III)

Se ha previsto un estado de carga en el que se situarán las locomotoras con el segundo eje del primer boggie de las mismas coincidente con el centro de luz del marco.

En el Anejo III se adjunta el croquis del tren de carga descrito, así como la disposición del mismo sobre la estructura para el único estado de carga considerado.

Además de las hipótesis de carga propias de la prueba, se han considerado las hipótesis de proyecto dadas por la IAPF 2007 "Instrucción de acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril".

Las hipótesis de carga, así como sus combinaciones correspondientes, válidas todas ellas para la estructura considerada en el presente documento, se detallan a continuación:

| <b>HIPÓTESIS</b> | <b>ESPECIFICACIÓN</b>                   |
|------------------|-----------------------------------------|
| 1                | Peso propio                             |
| 2                | Cargas Permanentes                      |
| 3                | Tren de carga de la Instrucción UIC 71  |
| 4                | Estado Nº 1: (2 Locomotoras en el vano) |

Para el análisis estático y dinámico de la estructura se ha desarrollado un modelo matemático empleando el módulo BARRAS del Programa CivilCAD 2000. El tablero del puente se discretiza mediante una directriz de barras de trazado recto en el espacio 3D.

El programa realiza el cálculo de esfuerzos y deformaciones causados por las acciones de las cargas de la prueba y por las cargas de la Instrucción. A su vez a través de se realiza un análisis modal de la estructura con el objeto de obtener la frecuencia propia de la estructura.

Con el objeto de establecer una comparación entre las acciones de la Instrucción y las acciones debidas a la prueba se han calculado los momentos flectores y las flechas en las secciones centrales de la estructura. Las distintas comparaciones realizadas se detallan a continuación:

Considerando únicamente las sobrecargas:

| <b>MOM. MAX.</b><br><b>IAP</b><br><b>[KN·m]</b> | <b>MOM. MAX.</b><br><b>PRUEBA</b><br><b>[KN·m]</b> | <b>%</b> | <b>FLECHA MAX.</b><br><b>IAP</b><br><b>[mm]</b> | <b>FLECHA MAX.</b><br><b>PRUEBA</b><br><b>[mm]</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|
| 33923                                           | 14380                                              | 42,4     | 9,70                                            | 4,03                                               | 41,6     |

Considerando las cargas permanentes y las sobrecargas:

| <b>MOM. MAX.</b><br><b>IAP</b><br><b>[KN·m]</b> | <b>MOM. MAX.</b><br><b>PRUEBA</b><br><b>[KN·m]</b> | <b>%</b> | <b>FLECHA MAX.</b><br><b>IAP</b><br><b>[mm]</b> | <b>FLECHA MAX.</b><br><b>PRUEBA</b><br><b>[mm]</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|
| 112169                                          | 92626                                              | 82,6     | 33,08                                           | 27,41                                              | 82,9     |

En todos los casos los porcentajes alcanzados de los momentos máximos y flechas de la prueba resultan inferiores a los alcanzados aplicando las sobrecargas de la Instrucción.

#### **4.- MEDICIONES A REALIZAR**

Las medidas a realizar durante la prueba serán las siguientes:

- Descensos verticales (flechas)
- Aceleraciones

La instrumentación de la estructura se realizará en un solo grupo.

Se colocarán tres puntos de flecha en la sección del centro de la luz , dos de ellos en sendas arisras de la viga artesa y el restante en coincidencia con el eje longitudinal de la misma. Además, en la sección de cuartos de la luz se colocará otro punto de flecha también sobre el eje longitudinal del tablero.

Adicionalmente, en ambos extremos y en las proximidades del estribo se colocaran transductores para la medición de los descensos de apoyo.

Para la medición de las flechas en todos los vanos de la estructura, se emplearán transductores de desplazamiento (L.V.D.T.; Linear Variable Differential Transducers) con un rango de al menos 25 mm de rango y 0,02 mm de incertidumbre. Mientras que para para la medición de los descensos de apoyos se emplearán transductores de desplazamientos de al menos +/- 5 mm de rango y 0,01 mm de incertidumbre.

En las pruebas dinámicas se registrarán aceleraciones verticales mediante la colocación de un acelerómetro tipo piezoeléctrico situado en el centro de luz del puente (Anejo III). El acelerómetro que se utilizará será del tipo servoacelerómetro con un rango del orden de 0-40 Hz con compensación interna de 1g, para medida de aceleraciones verticales lineales.

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

### **5.1.- Pruebas estáticas.**

El estado de carga considerado es el que produce los máximos esfuerzos sobre el marco.

Las medidas se realizarán de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Escalón 0: Medida de lecturas iniciales.
- Escalón 1: Colocación de las dos locomotoras Inglesas en sendas vías.
- Escalón 2: Estabilización, medida y registro de las lecturas.
- Escalón 3: Medida y registro de las lecturas durante un tiempo no inferior a 10 minutos, comprobando la estabilidad de las medidas.
- Escalón 4: Descarga de ambas locomotoras de la estructura.
- Escalón 5: Realización de lecturas comprobando que se alcanza la recuperación de, al menos, el 85% de la flecha máxima medida en un tiempo no superior al mantenimiento de la carga.

### **5.2.- Pruebas dinámicas.**

Las pruebas dinámicas se realizarán con una de las locomotoras circulando a lo largo de una de las vías para la obtención de parámetros tales como el coeficiente de impacto, el amortiguamiento y la frecuencia de vibración. Se realizarán las siguientes pruebas dinámicas:

- Paso del tren de cargas por la vía a 5 km/h.
- Paso del tren de cargas por la vía a 30 km/h.
- Paso del tren de cargas por la vía a la máxima velocidad posible.
- Una prueba de frenado, en la que el tren de cargas adquirirá la máxima velocidad posible.

A partir de un tratamiento analítico de los resultados obtenidos en las pruebas dinámicas citadas se determinarán tres parámetros que caracterizarán la respuesta dinámica de la estructura. Estos son:

- Frecuencia
- Coeficiente de Impacto
- Amortiguamiento.

- Análisis de frecuencias:

Se llevará a cabo un análisis de frecuencias mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier (F.F.T.) de las señales dinámicas provenientes de las pruebas de frenado, principalmente aceleraciones. De este modo, se transformará la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Se obtendrá como resultado final del análisis un espectro que permitirá determinar, principalmente, los valores de la frecuencia propia de ambas partes de la estructura, en Hz, correspondiente al modo de vibrar de flexión. Estos valores de frecuencia propia obtenidos en las pruebas dinámicas de frenado o de máxima velocidad se compararán con los valores de la frecuencia propia previstos en el apartado 6 para el marco.

- Coeficiente de impacto:

El valor del coeficiente de impacto o de incremento dinámico,  $\phi$ , se calculará a partir de la relación entre el máximo desplazamiento dinámico registrado en las distintas pruebas, en cada uno de los puntos instrumentados del tablero, con respecto al correspondiente a la señal registrada en la prueba dinámica lenta (5 Km/h).

- Amortiguamiento:

La estimación del coeficiente de amortiguamiento, dado por el decremento logarítmico,  $\delta$ , se determinará a partir del análisis de las señales dinámicas, principalmente aceleraciones obtenidas en el tablero. Para ello se utilizará sólo la parte del registro correspondiente a vibraciones libres (es decir, una vez que la locomotora Inglesa abandone la estructura).

La medida del amortiguamiento viscoso se obtendrá a través del valor del decremento logarítmico, parámetro que caracteriza a las estructuras reales. Dicho decremento para una vibración sinusoidal amortiguada pura vendrá dado por:

$$\delta = L_n \left[ \frac{V_n}{V_{n+m}} \right] \cdot \left[ \frac{1}{m} \right]$$

donde:

$V_n$ : valor del pico en el ciclo n.

$V_{n+m}$ : valor del pico en el ciclo n+m.

**6.- RESULTADOS PREVISTOS.**

En el Anejo II (Cálculos) se han obtenido las flechas esperadas durante la prueba, exponiéndose a continuación el resumen de los valores calculados para el único estado considerado:

| PUNTO Nº | SECCIÓN                                   | FLECHA<br>(mm) |
|----------|-------------------------------------------|----------------|
| P – 1    | L/2 en arista derecha de la viga artesa   | 4,03           |
| P – 2    | L/2 en arista izquierda de la viga artesa | 4,03           |
| P – 3    | L/2 en eje longitudinal de viga artesa    | 4,03           |
| P – 4    | L/2 en eje longitudinal de viga artesa    | 2,99           |

Mediante un análisis modal realizado con el programa CivilCad se calcularon los valores de las frecuencias los periodos correspondientes a los tres primeros modos de vibración de la estructura, los cuales se presentan a continuación:

| MODO | FRECUENCIA (Hz.) | PERÍODO (seg.) |
|------|------------------|----------------|
| 1    | 4,039            | 0,248          |
| 2    | 16,260           | 0,062          |
| 3    | 37,037           | 0,027          |

El presente informe consta de doce páginas selladas y correlativamente numeradas desde la uno a la doce, y de tres anejos sin paginar relacionados en el índice.

Madrid, febrero 2009

**POR EL ÁREA AUSCULTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS:**



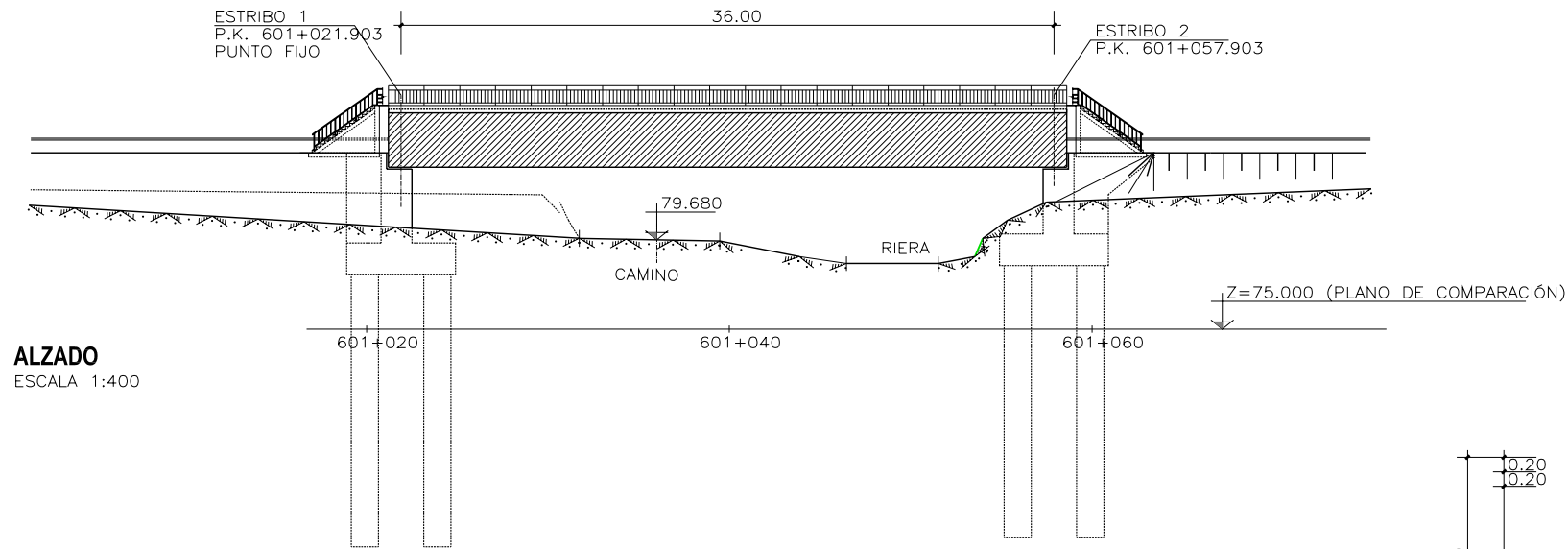
FDO.: Julio Casal Macias.

Coordinador General Pruebas de Carga

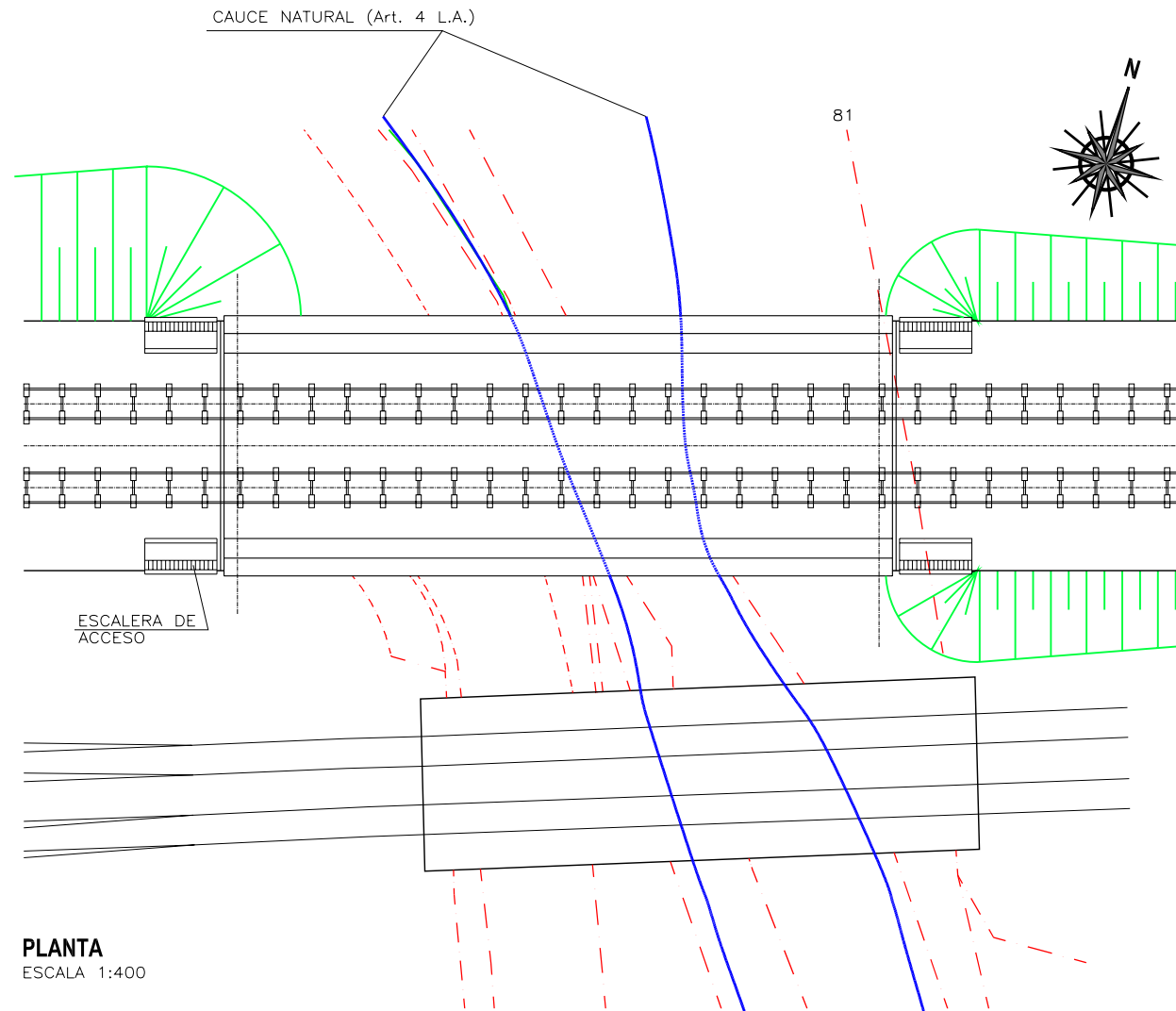
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación expresa de GEOCISA



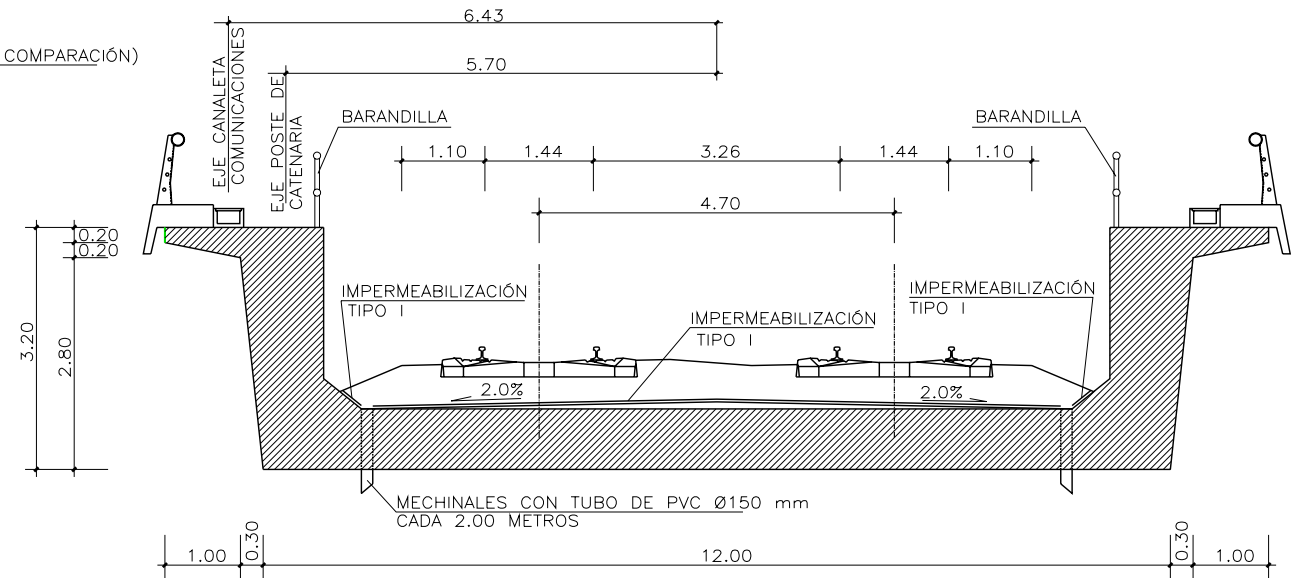
## **I.- DOCUMENTACIÓN FACILITADA**



ALZADO  
ESCALA 1:400



PLANTA  
ESCALA 1:400



SECCIÓN  
ESCALA 1:100

#### CONTROL DE CALIDAD

| MATERIAL  | DEFINICIÓN          | NIVEL DE CONTROL | COEFICIENTE DE SEGURIDAD | RECUBRIMIENTOS DE ARMADURA (mm) | MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO | MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³) |
|-----------|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| HORMIGÓN  | NIVELACIÓN          | HM-15            | HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL  |                                 |                              |                                     |
|           | PILOTES             | HA-25/F/20/      | ESTADÍSTICO              | 75                              | 0.45                         | 350                                 |
|           | ENCEPADOS ESTRIBOS  | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | ALZADO ESTRIBOS     | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | TABLERO             | HP-40/F/20/      | ESTADÍSTICO              | 25                              | 0.60                         | 300                                 |
| ACERO     | ACERAS              | HA-25/B/20/      | ESTADÍSTICO              | 30                              | 0.60                         | 275                                 |
|           | ARMADURAS PASIVAS   | B 500 S          | NORMAL                   | Ys=1.15                         |                              |                                     |
| EJECUCIÓN | ARMADURAS ACTIVAS   | Y 1860 S7        | NORMAL                   | Ys=1.15                         |                              |                                     |
|           | TODOS LOS ELEMENTOS | INTENSO          | SEGÚN IAP-98             |                                 |                              |                                     |

PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO

## **II.- CÁLCULOS DE LA PRUEBA DE CARGA**

## Índice

### 1.- INTRODUCCIÓN

### 2.- ANÁLISIS ESTÁTICO DEL TABLERO

2.1.- Datos introducidos en el programa

2.2.- Desplazamiento verticales de los nudos

2.3.- Esfuerzos en las barras

### 3.- ANÁLISIS DINÁMICO DEL TABLERO

## **1. - INTRODUCCIÓN**

Para el análisis estático y dinámico de la estructura se ha desarrollado un modelo matemático empleando el módulo BARRAS del Programa CivilCAD 2000.

El tablero del puente se discretiza mediante una directriz de barras de trazado recto en el espacio 3D.

El programa realiza el cálculo de esfuerzos (Apartado 2.3) y deformaciones (Apartado 2.2) causados por las acciones de las distintas Pruebas de carga y por las cargas de la Instrucción.

También realiza un análisis modal de la estructura cuyos resultados se presentan en el Apartado 3.

## **2. - ANÁLISIS ESTÁTICO DEL TABLERO**

## **2.1.- Datos Introducidos en el programa de ordenador**



\*\* CivilCAD2000 - Versión 54.8-3664 - Autores: L.M.Callís, J.M.Roig, I.Callís \*\*  
 \*\*\*\*

MODULO DE CALCULO MATRICIAL  
 =====

Estructura de barras reticuladas.

Listado generado el día 14-02-2010 a las 09:50:13.

Nombre del proyecto : repiaix

COORDENADAS NUDOS

| Nodo | X      | Y     | Z     |
|------|--------|-------|-------|
| 1    | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 2    | 1.800  | 0.000 | 0.000 |
| 3    | 3.600  | 0.000 | 0.000 |
| 4    | 5.400  | 0.000 | 0.000 |
| 5    | 7.200  | 0.000 | 0.000 |
| 6    | 9.000  | 0.000 | 0.000 |
| 7    | 10.800 | 0.000 | 0.000 |
| 8    | 12.600 | 0.000 | 0.000 |
| 9    | 14.400 | 0.000 | 0.000 |
| 10   | 16.200 | 0.000 | 0.000 |
| 11   | 18.000 | 0.000 | 0.000 |
| 12   | 19.800 | 0.000 | 0.000 |
| 13   | 21.600 | 0.000 | 0.000 |
| 14   | 23.400 | 0.000 | 0.000 |
| 15   | 25.200 | 0.000 | 0.000 |
| 16   | 27.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17   | 28.800 | 0.000 | 0.000 |
| 18   | 30.600 | 0.000 | 0.000 |
| 19   | 32.400 | 0.000 | 0.000 |
| 20   | 34.200 | 0.000 | 0.000 |
| 21   | 36.000 | 0.000 | 0.000 |

RELACIONES NODALES

| Barra | Nodo 1 | Nodo 2 | Longitud |
|-------|--------|--------|----------|
| 1     | 1      | 2      | 1.800    |
| 2     | 2      | 3      | 1.800    |
| 3     | 3      | 4      | 1.800    |
| 4     | 4      | 5      | 1.800    |
| 5     | 5      | 6      | 1.800    |
| 6     | 6      | 7      | 1.800    |
| 7     | 7      | 8      | 1.800    |
| 8     | 8      | 9      | 1.800    |
| 9     | 9      | 10     | 1.800    |
| 10    | 10     | 11     | 1.800    |
| 11    | 11     | 12     | 1.800    |
| 12    | 12     | 13     | 1.800    |
| 13    | 13     | 14     | 1.800    |
| 14    | 14     | 15     | 1.800    |
| 15    | 15     | 16     | 1.800    |
| 16    | 16     | 17     | 1.800    |
| 17    | 17     | 18     | 1.800    |
| 18    | 18     | 19     | 1.800    |
| 19    | 19     | 20     | 1.800    |
| 20    | 20     | 21     | 1.800    |

INFORMACION BARRAS

| Barra  | Material | Area       | I1        | I2         | I3          | Area2     |
|--------|----------|------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| Area3  |          |            |           |            |             |           |
| 1 a 20 | 1        | 15.7600002 | 0.1000000 | 14.1169996 | 309.9899902 | 0.0000000 |

#### DEFINICION EJES LOCALES

| Barra  | Codigo | Xaux  | Yaux  | Zaux  |
|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 a 20 | 0      | 6.000 | 0.000 | 0.000 |

#### MATERIALES

| Material | E           | Poisson | Densidad | C. Termico |
|----------|-------------|---------|----------|------------|
| 1        | 3200000.000 | 0.200   | 0.00000  | 0.0000000  |

#### APOYOS

| Nodo | Ux<br>Kfx   | Uy<br>Kfy   | Uz<br>Kfz   | Gx<br>Kmx   | Gy<br>Kmy   | Gz<br>Kmz   |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1    | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 0<br>0.0000 | 1<br>0.0000 |
| 21   | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 1<br>0.0000 | 0<br>0.0000 | 1<br>0.0000 |

#### CARGAS ACTUANTES

Tipo de carga T1: Peso propio 1 Hipotesis  
Carga de duraci3n r1pida.  
Tipo de carga T2: Carga muerta 1 Hipotesis  
Carga de duraci3n r1pida.  
Tipo de carga T3: UIC 1 Hipotesis  
Carga de duraci3n r1pida.  
Tipo de carga T4: Estado E1 1 Hipotesis  
Carga de duraci3n r1pida.

Peso propio : Hipotesis T1-1

#### Cargas lineales en barras

|                    | Barra | Distancia<br>inicial | Distancia<br>final | Carga<br>inicial | Carga<br>final |
|--------------------|-------|----------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Carga lineal eje Z | 1     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 2     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 3     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 4     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 5     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 6     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 7     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 8     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 9     | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 10    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 11    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 12    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 13    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 14    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 15    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 16    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 17    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 18    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 19    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |
| Carga lineal eje Z | 20    | 0.0000               | 1.8000             | -37.5000         | -37.5000       |

Carga muerta : Hipotesis T2-1

Viaducto de Ripiaix. Prueba de Carga

## Cargas lineales en barras

|                    | Barra | Distancia<br>inicial | Distancia<br>final | Carga<br>inicial | Carga<br>final |
|--------------------|-------|----------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Carga lineal eje Z | 1     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 2     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 3     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 4     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 5     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 6     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 7     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 8     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 9     | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 10    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 11    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 12    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 13    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 14    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 15    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 16    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 17    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 18    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 19    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |
| Carga lineal eje Z | 20    | 0.0000               | 1.8000             | -10.8000         | -10.8000       |

UIC : Hipotesis T3-1

## Cargas puntuales en barras

| Barra | Ejes  | Distan. | Fx/F1 | Fy/F2 | Fz/F3   | Mx/M1 | My/M2 | Mz/M3 |
|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 9     | Glob. | 1.200   | 0.000 | 0.000 | -50.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10    | Glob. | 1.000   | 0.000 | 0.000 | -50.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11    | Glob. | 0.800   | 0.000 | 0.000 | -50.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 12    | Glob. | 0.600   | 0.000 | 0.000 | -50.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

## Cargas lineales en barras

|                    | Barra | Distancia<br>inicial | Distancia<br>final | Carga<br>inicial | Carga<br>final |
|--------------------|-------|----------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Carga lineal eje Z | 1     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 2     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 3     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 4     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 5     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 6     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 7     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 8     | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 9     | 0.0000               | 0.4000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 12    | 1.4000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 13    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 14    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 15    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 16    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 17    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 18    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 19    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |
| Carga lineal eje Z | 20    | 0.0000               | 1.8000             | -16.0000         | -16.0000       |

Estado E1 : Hipotesis T4-1

## Cargas puntuales en barras

| Barra | Ejes  | Distan. | Fx/F1 | Fy/F2 | Fz/F3   | Mx/M1 | My/M2 | Mz/M3 |
|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 3     | Glob. | 1.690   | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Viaducto de Ripiaix. Prueba de Carga

|    |       |       |       |       |         |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 5  | Glob. | 0.120 | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 6  | Glob. | 0.470 | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9  | Glob. | 1.570 | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | Glob. | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 12 | Glob. | 0.350 | 0.000 | 0.000 | -40.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

## **2.2.- Desplazamientos verticales de los nudos**

## DESPLAZAMIENTOS NODALES

## Peso propio : Hipotesis T1-1

| Nodo | Ux         | Uy         | Uz         | Gx         | Gy          | Gz         |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 1    | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.0016137   | 0.00000000 |
| 2    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0028906 | 0.00000000 | 0.0015903   | 0.00000000 |
| 3    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0056991 | 0.00000000 | 0.0015234   | 0.00000000 |
| 4    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0083515 | 0.00000000 | 0.0014177   | 0.00000000 |
| 5    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0107824 | 0.00000000 | 0.0012781   | 0.00000000 |
| 6    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0129352 | 0.00000000 | 0.0011095   | 0.00000000 |
| 7    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0147619 | 0.00000000 | 0.0009166   | 0.00000000 |
| 8    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0162234 | 0.00000000 | 0.0007044   | 0.00000000 |
| 9    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0172890 | 0.00000000 | 0.0004777   | 0.00000000 |
| 10   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0179371 | 0.00000000 | 0.0002413   | 0.00000000 |
| 11   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0181546 | 0.00000000 | -0.00000000 | 0.00000000 |
| 12   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0179371 | 0.00000000 | -0.0002413  | 0.00000000 |
| 13   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0172890 | 0.00000000 | -0.0004777  | 0.00000000 |
| 14   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0162234 | 0.00000000 | -0.0007044  | 0.00000000 |
| 15   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0147619 | 0.00000000 | -0.0009166  | 0.00000000 |
| 16   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0129352 | 0.00000000 | -0.0011095  | 0.00000000 |
| 17   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0107824 | 0.00000000 | -0.0012781  | 0.00000000 |
| 18   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0083515 | 0.00000000 | -0.0014177  | 0.00000000 |
| 19   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0056991 | 0.00000000 | -0.0015234  | 0.00000000 |
| 20   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0028906 | 0.00000000 | -0.0015903  | 0.00000000 |
| 21   | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0016137  | 0.00000000 |

## Carga muerta : Hipotesis T2-1

| Nodo | Ux         | Uy         | Uz         | Gx         | Gy         | Gz         |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1    | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.0004648  | 0.00000000 |
| 2    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0008325 | 0.00000000 | 0.0004580  | 0.00000000 |
| 3    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0016413 | 0.00000000 | 0.0004387  | 0.00000000 |
| 4    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0024052 | 0.00000000 | 0.0004083  | 0.00000000 |
| 5    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0031053 | 0.00000000 | 0.0003681  | 0.00000000 |
| 6    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0037253 | 0.00000000 | 0.0003195  | 0.00000000 |
| 7    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0042514 | 0.00000000 | 0.0002640  | 0.00000000 |
| 8    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0046723 | 0.00000000 | 0.0002029  | 0.00000000 |
| 9    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0049792 | 0.00000000 | 0.0001376  | 0.00000000 |
| 10   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0051659 | 0.00000000 | 0.0000695  | 0.00000000 |
| 11   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0052285 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 12   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0051659 | 0.00000000 | -0.0000695 | 0.00000000 |
| 13   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0049792 | 0.00000000 | -0.0001376 | 0.00000000 |
| 14   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0046723 | 0.00000000 | -0.0002029 | 0.00000000 |
| 15   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0042514 | 0.00000000 | -0.0002640 | 0.00000000 |
| 16   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0037253 | 0.00000000 | -0.0003195 | 0.00000000 |
| 17   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0031053 | 0.00000000 | -0.0003681 | 0.00000000 |
| 18   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0024052 | 0.00000000 | -0.0004083 | 0.00000000 |
| 19   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0016413 | 0.00000000 | -0.0004387 | 0.00000000 |
| 20   | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0008325 | 0.00000000 | -0.0004580 | 0.00000000 |
| 21   | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0004648 | 0.00000000 |

## UIC : Hipotesis T3-1

| Nodo | Ux         | Uy         | Uz         | Gx         | Gy        | Gz         |
|------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 1    | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.0008619 | 0.00000000 |
| 2    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0015444 | 0.00000000 | 0.0008502 | 0.00000000 |
| 3    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0030474 | 0.00000000 | 0.0008164 | 0.00000000 |
| 4    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0044713 | 0.00000000 | 0.0007625 | 0.00000000 |
| 5    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0057817 | 0.00000000 | 0.0006907 | 0.00000000 |
| 6    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0069483 | 0.00000000 | 0.0006030 | 0.00000000 |
| 7    | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.0079443 | 0.00000000 | 0.0005015 | 0.00000000 |

|    |           |           |            |           |            |           |
|----|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 8  | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0087466 | 0.0000000 | 0.0003882  | 0.0000000 |
| 9  | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0093359 | 0.0000000 | 0.0002652  | 0.0000000 |
| 10 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0096967 | 0.0000000 | 0.0001346  | 0.0000000 |
| 11 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0098182 | 0.0000000 | 0.0000000  | 0.0000000 |
| 12 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0096967 | 0.0000000 | -0.0001346 | 0.0000000 |
| 13 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0093359 | 0.0000000 | -0.0002652 | 0.0000000 |
| 14 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0087466 | 0.0000000 | -0.0003882 | 0.0000000 |
| 15 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0079443 | 0.0000000 | -0.0005015 | 0.0000000 |
| 16 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0069483 | 0.0000000 | -0.0006030 | 0.0000000 |
| 17 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0057817 | 0.0000000 | -0.0006907 | 0.0000000 |
| 18 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0044713 | 0.0000000 | -0.0007625 | 0.0000000 |
| 19 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0030474 | 0.0000000 | -0.0008164 | 0.0000000 |
| 20 | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0015444 | 0.0000000 | -0.0008502 | 0.0000000 |
| 21 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000  | 0.0000000 | -0.0008619 | 0.0000000 |

Estado E1 : Hipotesis T4-1

| Nodo | Ux        | Uy        | Uz         | Gx        | Gy         | Gz        |
|------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1    | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000  | 0.0000000 | 0.0003776  | 0.0000000 |
| 2    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0006763 | 0.0000000 | 0.0003720  | 0.0000000 |
| 3    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0013325 | 0.0000000 | 0.0003553  | 0.0000000 |
| 4    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0019486 | 0.0000000 | 0.0003274  | 0.0000000 |
| 5    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0025056 | 0.0000000 | 0.0002901  | 0.0000000 |
| 6    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0029886 | 0.0000000 | 0.0002457  | 0.0000000 |
| 7    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0033871 | 0.0000000 | 0.0001966  | 0.0000000 |
| 8    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0036949 | 0.0000000 | 0.0001450  | 0.0000000 |
| 9    | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0039074 | 0.0000000 | 0.0000908  | 0.0000000 |
| 10   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0040201 | 0.0000000 | 0.0000340  | 0.0000000 |
| 11   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0040296 | 0.0000000 | -0.0000234 | 0.0000000 |
| 12   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0039368 | 0.0000000 | -0.0000791 | 0.0000000 |
| 13   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0037472 | 0.0000000 | -0.0001307 | 0.0000000 |
| 14   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0034701 | 0.0000000 | -0.0001762 | 0.0000000 |
| 15   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0031164 | 0.0000000 | -0.0002157 | 0.0000000 |
| 16   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0026972 | 0.0000000 | -0.0002491 | 0.0000000 |
| 17   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0022234 | 0.0000000 | -0.0002764 | 0.0000000 |
| 18   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0017058 | 0.0000000 | -0.0002977 | 0.0000000 |
| 19   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0011554 | 0.0000000 | -0.0003128 | 0.0000000 |
| 20   | 0.0000000 | 0.0000000 | -0.0005832 | 0.0000000 | -0.0003220 | 0.0000000 |
| 21   | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000  | 0.0000000 | -0.0003250 | 0.0000000 |

### **2.3.- Esfuerzos en las barras**



ESFUERZOS EN BARRAS

| Barra | Hipo-<br>tesis | Nodo | Axil | Cortante<br>eje 2(Q2) | Cortante<br>eje 3(Q3) | Torsor<br>(M1) | Flector<br>eje 2(M2) | Flector<br>eje 3(M3) |
|-------|----------------|------|------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| 1     | T1-1           | 1    | 0.00 | 0.00                  | 675.00                | 0.00           | 0.00                 | 0.00                 |
|       |                | 2    | 0.00 | 0.00                  | 607.50                | 0.00           | 1154.25              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 1    | 0.00 | 0.00                  | 194.40                | 0.00           | 0.00                 | 0.00                 |
|       |                | 2    | 0.00 | 0.00                  | 174.96                | 0.00           | 332.42               | 0.00                 |
|       | T3-1           | 1    | 0.00 | 0.00                  | 336.80                | 0.00           | 0.00                 | 0.00                 |
|       |                | 2    | 0.00 | 0.00                  | 308.00                | 0.00           | 580.32               | 0.00                 |
|       | T4-1           | 1    | 0.00 | 0.00                  | 155.33                | 0.00           | 0.00                 | 0.00                 |
|       |                | 2    | 0.00 | 0.00                  | 155.33                | 0.00           | 279.60               | 0.00                 |
| 2     | T1-1           | 2    | 0.00 | 0.00                  | 607.50                | 0.00           | 1154.25              | 0.00                 |
|       |                | 3    | 0.00 | 0.00                  | 540.00                | 0.00           | 2187.00              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 2    | 0.00 | 0.00                  | 174.96                | 0.00           | 332.42               | 0.00                 |
|       |                | 3    | 0.00 | 0.00                  | 155.52                | 0.00           | 629.86               | 0.00                 |
|       | T3-1           | 2    | 0.00 | 0.00                  | 308.00                | 0.00           | 580.32               | 0.00                 |
|       |                | 3    | 0.00 | 0.00                  | 279.20                | 0.00           | 1108.80              | 0.00                 |
|       | T4-1           | 2    | 0.00 | 0.00                  | 155.33                | 0.00           | 279.60               | 0.00                 |
|       |                | 3    | 0.00 | 0.00                  | 155.33                | 0.00           | 559.20               | 0.00                 |
| 3     | T1-1           | 3    | 0.00 | 0.00                  | 540.00                | 0.00           | 2187.00              | 0.00                 |
|       |                | 4    | 0.00 | 0.00                  | 472.50                | 0.00           | 3098.25              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 3    | 0.00 | 0.00                  | 155.52                | 0.00           | 629.86               | 0.00                 |
|       |                | 4    | 0.00 | 0.00                  | 136.08                | 0.00           | 892.30               | 0.00                 |
|       | T3-1           | 3    | 0.00 | 0.00                  | 279.20                | 0.00           | 1108.80              | 0.00                 |
|       |                | 4    | 0.00 | 0.00                  | 250.40                | 0.00           | 1585.44              | 0.00                 |
|       | T4-1           | 3    | 0.00 | 0.00                  | 155.33                | 0.00           | 559.20               | 0.00                 |
|       |                | 4    | 0.00 | 0.00                  | 115.33                | 0.00           | 834.40               | 0.00                 |
| 4     | T1-1           | 4    | 0.00 | 0.00                  | 472.50                | 0.00           | 3098.25              | 0.00                 |
|       |                | 5    | 0.00 | 0.00                  | 405.00                | 0.00           | 3888.00              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 4    | 0.00 | 0.00                  | 136.08                | 0.00           | 892.30               | 0.00                 |
|       |                | 5    | 0.00 | 0.00                  | 116.64                | 0.00           | 1119.74              | 0.00                 |
|       | T3-1           | 4    | 0.00 | 0.00                  | 250.40                | 0.00           | 1585.44              | 0.00                 |
|       |                | 5    | 0.00 | 0.00                  | 221.60                | 0.00           | 2010.24              | 0.00                 |
|       | T4-1           | 4    | 0.00 | 0.00                  | 115.33                | 0.00           | 834.40               | 0.00                 |
|       |                | 5    | 0.00 | 0.00                  | 115.33                | 0.00           | 1042.00              | 0.00                 |
| 5     | T1-1           | 5    | 0.00 | 0.00                  | 405.00                | 0.00           | 3888.00              | 0.00                 |
|       |                | 6    | 0.00 | 0.00                  | 337.50                | 0.00           | 4556.25              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 5    | 0.00 | 0.00                  | 116.64                | 0.00           | 1119.74              | 0.00                 |
|       |                | 6    | 0.00 | 0.00                  | 97.20                 | 0.00           | 1312.20              | 0.00                 |
|       | T3-1           | 5    | 0.00 | 0.00                  | 221.60                | 0.00           | 2010.24              | 0.00                 |
|       |                | 6    | 0.00 | 0.00                  | 192.80                | 0.00           | 2383.20              | 0.00                 |
|       | T4-1           | 5    | 0.00 | 0.00                  | 115.33                | 0.00           | 1042.00              | 0.00                 |
|       |                | 6    | 0.00 | 0.00                  | 75.33                 | 0.00           | 1182.40              | 0.00                 |
| 6     | T1-1           | 6    | 0.00 | 0.00                  | 337.50                | 0.00           | 4556.25              | 0.00                 |
|       |                | 7    | 0.00 | 0.00                  | 270.00                | 0.00           | 5103.00              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 6    | 0.00 | 0.00                  | 97.20                 | 0.00           | 1312.20              | 0.00                 |
|       |                | 7    | 0.00 | 0.00                  | 77.76                 | 0.00           | 1469.66              | 0.00                 |
|       | T3-1           | 6    | 0.00 | 0.00                  | 192.80                | 0.00           | 2383.20              | 0.00                 |
|       |                | 7    | 0.00 | 0.00                  | 164.00                | 0.00           | 2704.32              | 0.00                 |
|       | T4-1           | 6    | 0.00 | 0.00                  | 75.33                 | 0.00           | 1182.40              | 0.00                 |
|       |                | 7    | 0.00 | 0.00                  | 35.33                 | 0.00           | 1264.80              | 0.00                 |
| 7     | T1-1           | 7    | 0.00 | 0.00                  | 270.00                | 0.00           | 5103.00              | 0.00                 |
|       |                | 8    | 0.00 | 0.00                  | 202.50                | 0.00           | 5528.25              | 0.00                 |
|       | T2-1           | 7    | 0.00 | 0.00                  | 77.76                 | 0.00           | 1469.66              | 0.00                 |
|       |                | 8    | 0.00 | 0.00                  | 58.32                 | 0.00           | 1592.14              | 0.00                 |
|       | T3-1           | 7    | 0.00 | 0.00                  | 164.00                | 0.00           | 2704.32              | 0.00                 |

|    |      |    |      |      |         |      |         |      |
|----|------|----|------|------|---------|------|---------|------|
|    | T4-1 | 8  | 0.00 | 0.00 | 135.20  | 0.00 | 2973.60 | 0.00 |
|    |      | 7  | 0.00 | 0.00 | 35.33   | 0.00 | 1264.80 | 0.00 |
|    |      | 8  | 0.00 | 0.00 | 35.33   | 0.00 | 1328.40 | 0.00 |
| 8  | T1-1 | 8  | 0.00 | 0.00 | 202.50  | 0.00 | 5528.25 | 0.00 |
|    |      | 9  | 0.00 | 0.00 | 135.00  | 0.00 | 5832.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 8  | 0.00 | 0.00 | 58.32   | 0.00 | 1592.14 | 0.00 |
|    |      | 9  | 0.00 | 0.00 | 38.88   | 0.00 | 1679.62 | 0.00 |
|    | T3-1 | 8  | 0.00 | 0.00 | 135.20  | 0.00 | 2973.60 | 0.00 |
|    |      | 9  | 0.00 | 0.00 | 106.40  | 0.00 | 3191.04 | 0.00 |
|    | T4-1 | 8  | 0.00 | 0.00 | 35.33   | 0.00 | 1328.40 | 0.00 |
|    |      | 9  | 0.00 | 0.00 | 35.33   | 0.00 | 1392.00 | 0.00 |
| 9  | T1-1 | 9  | 0.00 | 0.00 | 135.00  | 0.00 | 5832.00 | 0.00 |
|    |      | 10 | 0.00 | 0.00 | 67.50   | 0.00 | 6014.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 9  | 0.00 | 0.00 | 38.88   | 0.00 | 1679.62 | 0.00 |
|    |      | 10 | 0.00 | 0.00 | 19.44   | 0.00 | 1732.10 | 0.00 |
|    | T3-1 | 9  | 0.00 | 0.00 | 106.40  | 0.00 | 3191.04 | 0.00 |
|    |      | 10 | 0.00 | 0.00 | 50.00   | 0.00 | 3342.32 | 0.00 |
|    | T4-1 | 9  | 0.00 | 0.00 | 35.33   | 0.00 | 1392.00 | 0.00 |
|    |      | 10 | 0.00 | 0.00 | -4.67   | 0.00 | 1446.40 | 0.00 |
| 10 | T1-1 | 10 | 0.00 | 0.00 | 67.50   | 0.00 | 6014.25 | 0.00 |
|    |      | 11 | 0.00 | 0.00 | -0.00   | 0.00 | 6075.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 10 | 0.00 | 0.00 | 19.44   | 0.00 | 1732.10 | 0.00 |
|    |      | 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 1749.60 | 0.00 |
|    | T3-1 | 10 | 0.00 | 0.00 | 50.00   | 0.00 | 3342.32 | 0.00 |
|    |      | 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 3392.32 | 0.00 |
|    | T4-1 | 10 | 0.00 | 0.00 | -4.67   | 0.00 | 1446.40 | 0.00 |
|    |      | 11 | 0.00 | 0.00 | -4.67   | 0.00 | 1438.00 | 0.00 |
| 11 | T1-1 | 11 | 0.00 | 0.00 | -0.00   | 0.00 | 6075.00 | 0.00 |
|    |      | 12 | 0.00 | 0.00 | -67.50  | 0.00 | 6014.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 1749.60 | 0.00 |
|    |      | 12 | 0.00 | 0.00 | -19.44  | 0.00 | 1732.10 | 0.00 |
|    | T3-1 | 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 3392.32 | 0.00 |
|    |      | 12 | 0.00 | 0.00 | -50.00  | 0.00 | 3342.32 | 0.00 |
|    | T4-1 | 11 | 0.00 | 0.00 | -4.67   | 0.00 | 1438.00 | 0.00 |
|    |      | 12 | 0.00 | 0.00 | -44.67  | 0.00 | 1357.60 | 0.00 |
| 12 | T1-1 | 12 | 0.00 | 0.00 | -67.50  | 0.00 | 6014.25 | 0.00 |
|    |      | 13 | 0.00 | 0.00 | -135.00 | 0.00 | 5832.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 12 | 0.00 | 0.00 | -19.44  | 0.00 | 1732.10 | 0.00 |
|    |      | 13 | 0.00 | 0.00 | -38.88  | 0.00 | 1679.62 | 0.00 |
|    | T3-1 | 12 | 0.00 | 0.00 | -50.00  | 0.00 | 3342.32 | 0.00 |
|    |      | 13 | 0.00 | 0.00 | -106.40 | 0.00 | 3191.04 | 0.00 |
|    | T4-1 | 12 | 0.00 | 0.00 | -44.67  | 0.00 | 1357.60 | 0.00 |
|    |      | 13 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 1219.20 | 0.00 |
| 13 | T1-1 | 13 | 0.00 | 0.00 | -135.00 | 0.00 | 5832.00 | 0.00 |
|    |      | 14 | 0.00 | 0.00 | -202.50 | 0.00 | 5528.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 13 | 0.00 | 0.00 | -38.88  | 0.00 | 1679.62 | 0.00 |
|    |      | 14 | 0.00 | 0.00 | -58.32  | 0.00 | 1592.14 | 0.00 |
|    | T3-1 | 13 | 0.00 | 0.00 | -106.40 | 0.00 | 3191.04 | 0.00 |
|    |      | 14 | 0.00 | 0.00 | -135.20 | 0.00 | 2973.60 | 0.00 |
|    | T4-1 | 13 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 1219.20 | 0.00 |
|    |      | 14 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 1066.80 | 0.00 |
| 14 | T1-1 | 14 | 0.00 | 0.00 | -202.50 | 0.00 | 5528.25 | 0.00 |
|    |      | 15 | 0.00 | 0.00 | -270.00 | 0.00 | 5103.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 14 | 0.00 | 0.00 | -58.32  | 0.00 | 1592.14 | 0.00 |
|    |      | 15 | 0.00 | 0.00 | -77.76  | 0.00 | 1469.66 | 0.00 |
|    | T3-1 | 14 | 0.00 | 0.00 | -135.20 | 0.00 | 2973.60 | 0.00 |
|    |      | 15 | 0.00 | 0.00 | -164.00 | 0.00 | 2704.32 | 0.00 |
|    | T4-1 | 14 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 1066.80 | 0.00 |
|    |      | 15 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 1066.80 | 0.00 |

|    |      |    |      |      |         |      |         |      |
|----|------|----|------|------|---------|------|---------|------|
|    |      | 15 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 914.40  | 0.00 |
| 15 | T1-1 | 15 | 0.00 | 0.00 | -270.00 | 0.00 | 5103.00 | 0.00 |
|    |      | 16 | 0.00 | 0.00 | -337.50 | 0.00 | 4556.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 15 | 0.00 | 0.00 | -77.76  | 0.00 | 1469.66 | 0.00 |
|    |      | 16 | 0.00 | 0.00 | -97.20  | 0.00 | 1312.20 | 0.00 |
|    | T3-1 | 15 | 0.00 | 0.00 | -164.00 | 0.00 | 2704.32 | 0.00 |
|    |      | 16 | 0.00 | 0.00 | -192.80 | 0.00 | 2383.20 | 0.00 |
|    | T4-1 | 15 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 914.40  | 0.00 |
|    |      | 16 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 762.00  | 0.00 |
| 16 | T1-1 | 16 | 0.00 | 0.00 | -337.50 | 0.00 | 4556.25 | 0.00 |
|    |      | 17 | 0.00 | 0.00 | -405.00 | 0.00 | 3888.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 16 | 0.00 | 0.00 | -97.20  | 0.00 | 1312.20 | 0.00 |
|    |      | 17 | 0.00 | 0.00 | -116.64 | 0.00 | 1119.74 | 0.00 |
|    | T3-1 | 16 | 0.00 | 0.00 | -192.80 | 0.00 | 2383.20 | 0.00 |
|    |      | 17 | 0.00 | 0.00 | -221.60 | 0.00 | 2010.24 | 0.00 |
|    | T4-1 | 16 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 762.00  | 0.00 |
|    |      | 17 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 609.60  | 0.00 |
| 17 | T1-1 | 17 | 0.00 | 0.00 | -405.00 | 0.00 | 3888.00 | 0.00 |
|    |      | 18 | 0.00 | 0.00 | -472.50 | 0.00 | 3098.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 17 | 0.00 | 0.00 | -116.64 | 0.00 | 1119.74 | 0.00 |
|    |      | 18 | 0.00 | 0.00 | -136.08 | 0.00 | 892.30  | 0.00 |
|    | T3-1 | 17 | 0.00 | 0.00 | -221.60 | 0.00 | 2010.24 | 0.00 |
|    |      | 18 | 0.00 | 0.00 | -250.40 | 0.00 | 1585.44 | 0.00 |
|    | T4-1 | 17 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 609.60  | 0.00 |
|    |      | 18 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 457.20  | 0.00 |
| 18 | T1-1 | 18 | 0.00 | 0.00 | -472.50 | 0.00 | 3098.25 | 0.00 |
|    |      | 19 | 0.00 | 0.00 | -540.00 | 0.00 | 2187.00 | 0.00 |
|    | T2-1 | 18 | 0.00 | 0.00 | -136.08 | 0.00 | 892.30  | 0.00 |
|    |      | 19 | 0.00 | 0.00 | -155.52 | 0.00 | 629.86  | 0.00 |
|    | T3-1 | 18 | 0.00 | 0.00 | -250.40 | 0.00 | 1585.44 | 0.00 |
|    |      | 19 | 0.00 | 0.00 | -279.20 | 0.00 | 1108.80 | 0.00 |
|    | T4-1 | 18 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 457.20  | 0.00 |
|    |      | 19 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 304.80  | 0.00 |
| 19 | T1-1 | 19 | 0.00 | 0.00 | -540.00 | 0.00 | 2187.00 | 0.00 |
|    |      | 20 | 0.00 | 0.00 | -607.50 | 0.00 | 1154.25 | 0.00 |
|    | T2-1 | 19 | 0.00 | 0.00 | -155.52 | 0.00 | 629.86  | 0.00 |
|    |      | 20 | 0.00 | 0.00 | -174.96 | 0.00 | 332.42  | 0.00 |
|    | T3-1 | 19 | 0.00 | 0.00 | -279.20 | 0.00 | 1108.80 | 0.00 |
|    |      | 20 | 0.00 | 0.00 | -308.00 | 0.00 | 580.32  | 0.00 |
|    | T4-1 | 19 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 304.80  | 0.00 |
|    |      | 20 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 152.40  | 0.00 |
| 20 | T1-1 | 20 | 0.00 | 0.00 | -607.50 | 0.00 | 1154.25 | 0.00 |
|    |      | 21 | 0.00 | 0.00 | -675.00 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
|    | T2-1 | 20 | 0.00 | 0.00 | -174.96 | 0.00 | 332.42  | 0.00 |
|    |      | 21 | 0.00 | 0.00 | -194.40 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
|    | T3-1 | 20 | 0.00 | 0.00 | -308.00 | 0.00 | 580.32  | 0.00 |
|    |      | 21 | 0.00 | 0.00 | -336.80 | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
|    | T4-1 | 20 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 152.40  | 0.00 |
|    |      | 21 | 0.00 | 0.00 | -84.67  | 0.00 | 0.00    | 0.00 |

## **4. - ANÁLISIS DINÁMICO DEL TABLERO**

Nombre del proyecto : repiaix.

LISTADO DEL CALCULO DINAMICO

=====

Listado de frecuencias y periodos

=====

| Modo | Frecuencia(Hz) | Periodo(s) | Error vectorial (unitario) |
|------|----------------|------------|----------------------------|
| 1    | 4.064876       | 0.246010   | 0.000000                   |
| 2    | 16.259397      | 0.061503   | 0.000000                   |
| 3    | 36.582576      | 0.027335   | 0.000000                   |
| 4    | 43.179650      | 0.023159   | 0.000000                   |
| 5    | 49.165494      | 0.020339   | 0.000000                   |

Listado de modos de vibración

=====

| Autov. | Nodo | Ux    | Uy    | Uz     | Gx    | Gy     | Gz    |
|--------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1      | 1    | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | -0.087 | 0.000 |
| 1      | 2    | 0.000 | 0.000 | 0.156  | 0.000 | -0.086 | 0.000 |
| 1      | 3    | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | -0.083 | 0.000 |
| 1      | 4    | 0.000 | 0.000 | 0.454  | 0.000 | -0.078 | 0.000 |
| 1      | 5    | 0.000 | 0.000 | 0.588  | 0.000 | -0.071 | 0.000 |
| 1      | 6    | 0.000 | 0.000 | 0.707  | 0.000 | -0.062 | 0.000 |
| 1      | 7    | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | -0.051 | 0.000 |
| 1      | 8    | 0.000 | 0.000 | 0.891  | 0.000 | -0.040 | 0.000 |
| 1      | 9    | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | -0.027 | 0.000 |
| 1      | 10   | 0.000 | 0.000 | 0.988  | 0.000 | -0.014 | 0.000 |
| 1      | 11   | 0.000 | 0.000 | 1.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000 |
| 1      | 12   | 0.000 | 0.000 | 0.988  | 0.000 | 0.014  | 0.000 |
| 1      | 13   | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | 0.027  | 0.000 |
| 1      | 14   | 0.000 | 0.000 | 0.891  | 0.000 | 0.040  | 0.000 |
| 1      | 15   | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | 0.051  | 0.000 |
| 1      | 16   | 0.000 | 0.000 | 0.707  | 0.000 | 0.062  | 0.000 |
| 1      | 17   | 0.000 | 0.000 | 0.588  | 0.000 | 0.071  | 0.000 |
| 1      | 18   | 0.000 | 0.000 | 0.454  | 0.000 | 0.078  | 0.000 |
| 1      | 19   | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | 0.083  | 0.000 |
| 1      | 20   | 0.000 | 0.000 | 0.156  | 0.000 | 0.086  | 0.000 |
| 1      | 21   | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.087  | 0.000 |
| 2      | 1    | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | -0.175 | 0.000 |
| 2      | 2    | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | -0.166 | 0.000 |
| 2      | 3    | 0.000 | 0.000 | 0.588  | 0.000 | -0.141 | 0.000 |
| 2      | 4    | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | -0.103 | 0.000 |
| 2      | 5    | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | -0.054 | 0.000 |
| 2      | 6    | 0.000 | 0.000 | 1.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000 |
| 2      | 7    | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | 0.054  | 0.000 |
| 2      | 8    | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | 0.103  | 0.000 |
| 2      | 9    | 0.000 | 0.000 | 0.588  | 0.000 | 0.141  | 0.000 |
| 2      | 10   | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | 0.166  | 0.000 |
| 2      | 11   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | 0.000 | 0.175  | 0.000 |
| 2      | 12   | 0.000 | 0.000 | -0.309 | 0.000 | 0.166  | 0.000 |
| 2      | 13   | 0.000 | 0.000 | -0.588 | 0.000 | 0.141  | 0.000 |
| 2      | 14   | 0.000 | 0.000 | -0.809 | 0.000 | 0.103  | 0.000 |
| 2      | 15   | 0.000 | 0.000 | -0.951 | 0.000 | 0.054  | 0.000 |
| 2      | 16   | 0.000 | 0.000 | -1.000 | 0.000 | -0.000 | 0.000 |
| 2      | 17   | 0.000 | 0.000 | -0.951 | 0.000 | -0.054 | 0.000 |
| 2      | 18   | 0.000 | 0.000 | -0.809 | 0.000 | -0.103 | 0.000 |
| 2      | 19   | 0.000 | 0.000 | -0.588 | 0.000 | -0.141 | 0.000 |
| 2      | 20   | 0.000 | 0.000 | -0.309 | 0.000 | -0.166 | 0.000 |

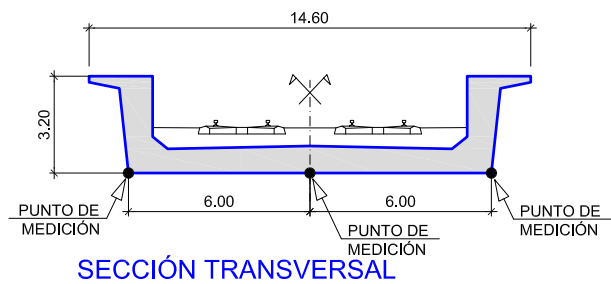
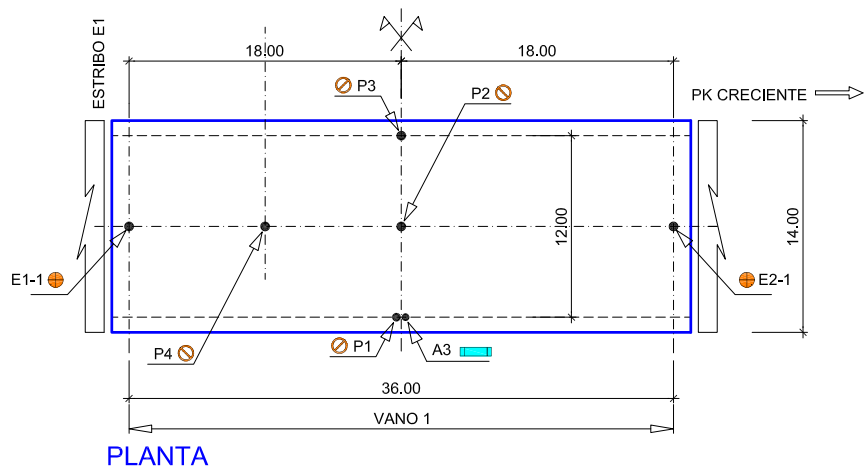
|   |    |       |       |        |       |        |        |
|---|----|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 2 | 21 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | -0.175 | 0.000  |
| 3 | 1  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | -0.262 | 0.000  |
| 3 | 2  | 0.000 | 0.000 | 0.454  | 0.000 | -0.233 | 0.000  |
| 3 | 3  | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | -0.154 | 0.000  |
| 3 | 4  | 0.000 | 0.000 | 0.988  | 0.000 | -0.041 | 0.000  |
| 3 | 5  | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | 0.081  | 0.000  |
| 3 | 6  | 0.000 | 0.000 | 0.707  | 0.000 | 0.185  | 0.000  |
| 3 | 7  | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | 0.249  | 0.000  |
| 3 | 8  | 0.000 | 0.000 | -0.156 | 0.000 | 0.259  | 0.000  |
| 3 | 9  | 0.000 | 0.000 | -0.588 | 0.000 | 0.212  | 0.000  |
| 3 | 10 | 0.000 | 0.000 | -0.891 | 0.000 | 0.119  | 0.000  |
| 3 | 11 | 0.000 | 0.000 | -1.000 | 0.000 | -0.000 | 0.000  |
| 3 | 12 | 0.000 | 0.000 | -0.891 | 0.000 | -0.119 | 0.000  |
| 3 | 13 | 0.000 | 0.000 | -0.588 | 0.000 | -0.212 | 0.000  |
| 3 | 14 | 0.000 | 0.000 | -0.156 | 0.000 | -0.259 | 0.000  |
| 3 | 15 | 0.000 | 0.000 | 0.309  | 0.000 | -0.249 | 0.000  |
| 3 | 16 | 0.000 | 0.000 | 0.707  | 0.000 | -0.185 | 0.000  |
| 3 | 17 | 0.000 | 0.000 | 0.951  | 0.000 | -0.081 | 0.000  |
| 3 | 18 | 0.000 | 0.000 | 0.988  | 0.000 | 0.041  | 0.000  |
| 3 | 19 | 0.000 | 0.000 | 0.809  | 0.000 | 0.154  | 0.000  |
| 3 | 20 | 0.000 | 0.000 | 0.454  | 0.000 | 0.233  | 0.000  |
| 3 | 21 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.262  | 0.000  |
|   |    |       |       |        |       |        |        |
| 4 | 1  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 4 | 2  | 0.000 | 0.032 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.035  |
| 4 | 3  | 0.000 | 0.119 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.060  |
| 4 | 4  | 0.000 | 0.244 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.077  |
| 4 | 5  | 0.000 | 0.390 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.085  |
| 4 | 6  | 0.000 | 0.543 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.085  |
| 4 | 7  | 0.000 | 0.690 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.077  |
| 4 | 8  | 0.000 | 0.818 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.064  |
| 4 | 9  | 0.000 | 0.916 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.045  |
| 4 | 10 | 0.000 | 0.979 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.023  |
| 4 | 11 | 0.000 | 1.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 4 | 12 | 0.000 | 0.979 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.023 |
| 4 | 13 | 0.000 | 0.916 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.045 |
| 4 | 14 | 0.000 | 0.818 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.064 |
| 4 | 15 | 0.000 | 0.690 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.077 |
| 4 | 16 | 0.000 | 0.543 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.085 |
| 4 | 17 | 0.000 | 0.390 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.085 |
| 4 | 18 | 0.000 | 0.244 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.077 |
| 4 | 19 | 0.000 | 0.119 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.060 |
| 4 | 20 | 0.000 | 0.032 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | -0.035 |
| 4 | 21 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
|   |    |       |       |        |       |        |        |
| 5 | 1  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 2  | 0.156 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 3  | 0.309 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 4  | 0.454 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 5  | 0.588 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 6  | 0.707 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 7  | 0.809 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 8  | 0.891 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 9  | 0.951 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 10 | 0.988 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 11 | 1.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 12 | 0.988 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 13 | 0.951 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 14 | 0.891 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 15 | 0.809 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 16 | 0.707 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 17 | 0.588 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 18 | 0.454 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 5 | 19 | 0.309 | 0.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  |

|   |    |       |       |       |       |       |       |
|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5 | 20 | 0.156 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 21 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

### III.- CROQUIS DE INSTRUMENTACIÓN Y DISPOSICIÓN DE CARGAS



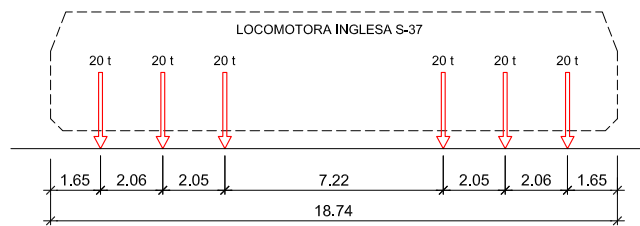
# OBRA DE DRENAJE 6.6. INSTRUMENTACIÓN



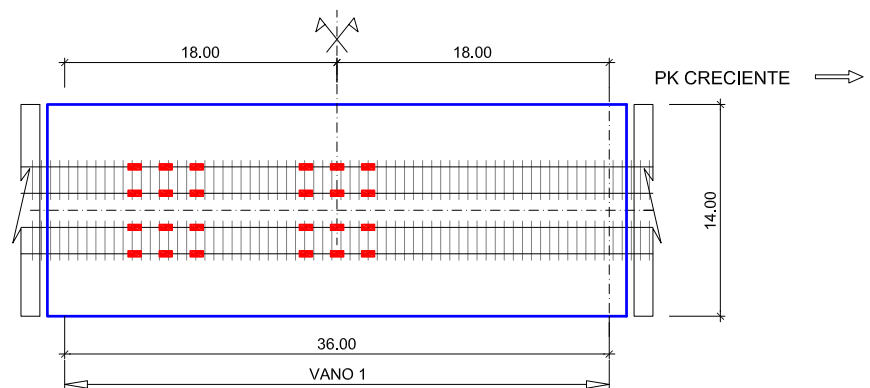
## SIMBOLOGÍA

-  FLECHA CENTRO DE VANO
-  DESCENSO EN APOYOS
-  ACELERÓMETRO

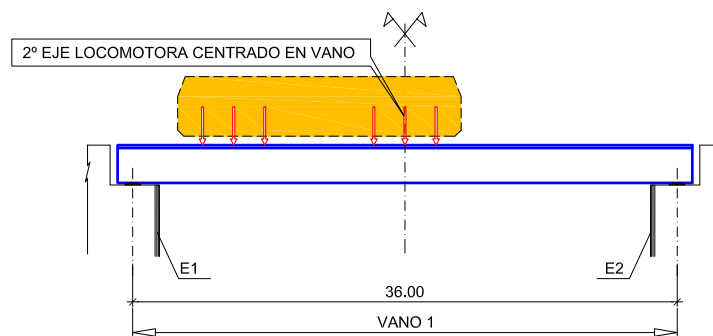
## VIADUCTO REPIAIX. TREN PARA LA PRUEBA



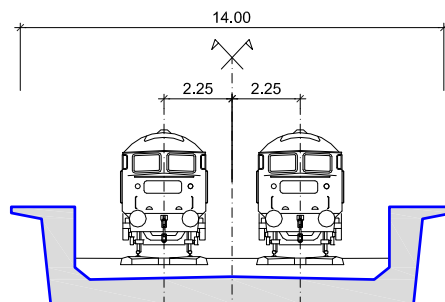
## POSICIÓN PARA ESTADO DE CARGA E1



PLANTA



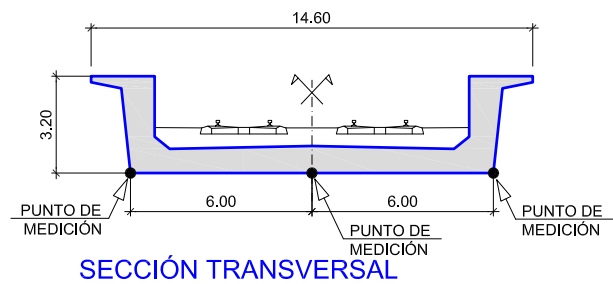
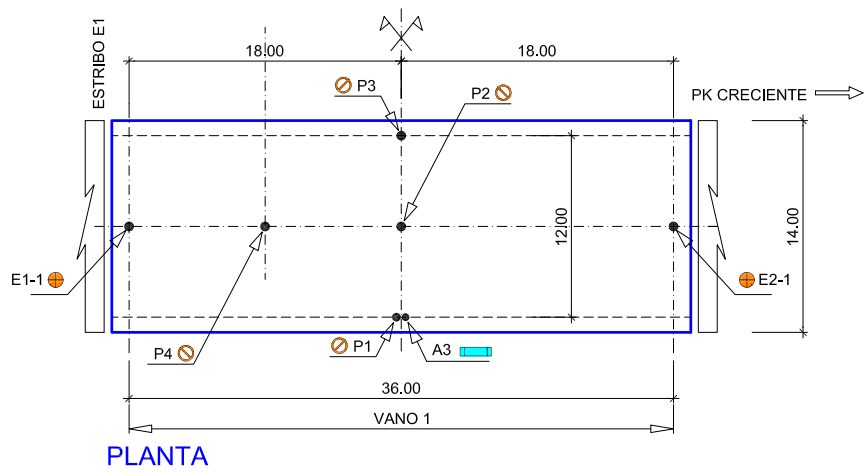
ALZADO



SECCIÓN TRANSVERSAL

## **ANEJO 3 ESQUEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TREN DE CARGAS**

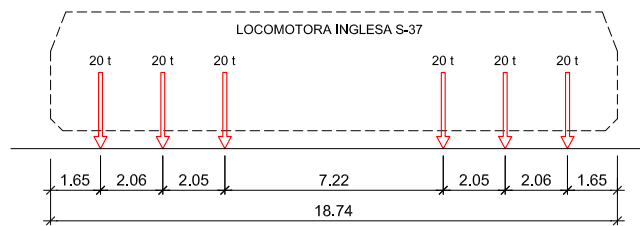
# OBRA DE DRENAJE 6.6. INSTRUMENTACIÓN



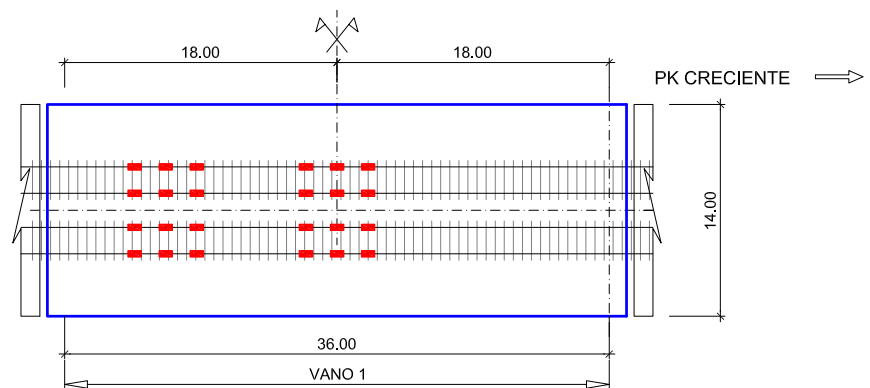
## SIMBOLOGÍA

-  FLECHA CENTRO DE VANO
-  DESCENSO EN APOYOS
-  ACCELERÓMETRO

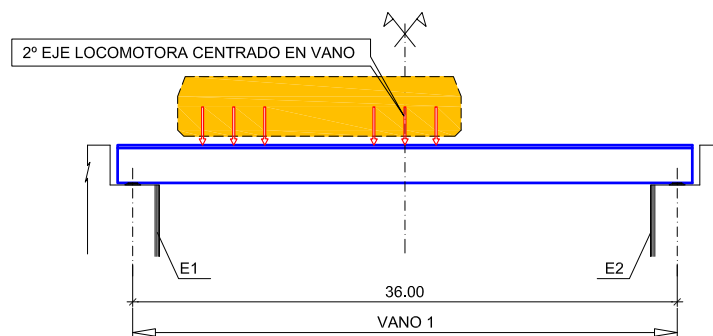
## VIADUCTO REPIAIX. TREN PARA LA PRUEBA



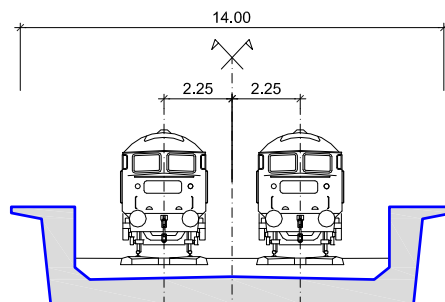
## POSICIÓN PARA ESTADO DE CARGA E1



PLANTA



ALZADO



SECCIÓN TRANSVERSAL

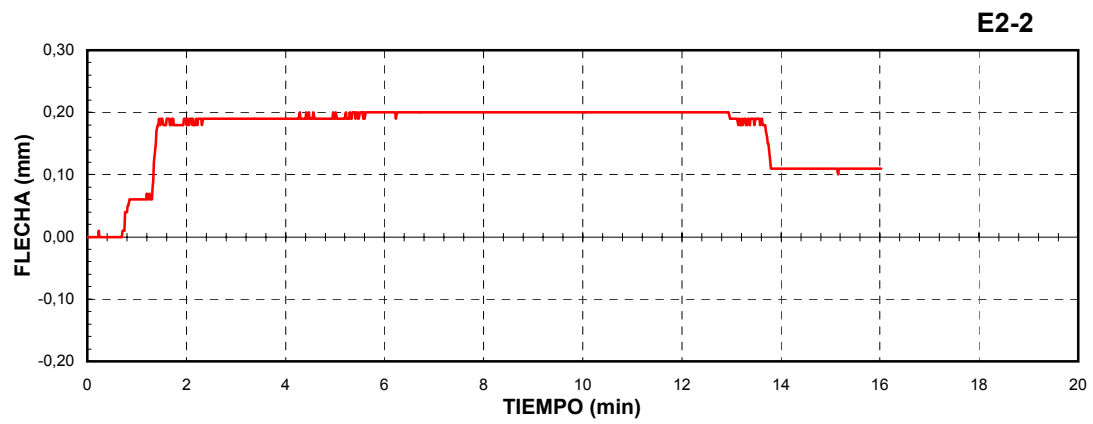
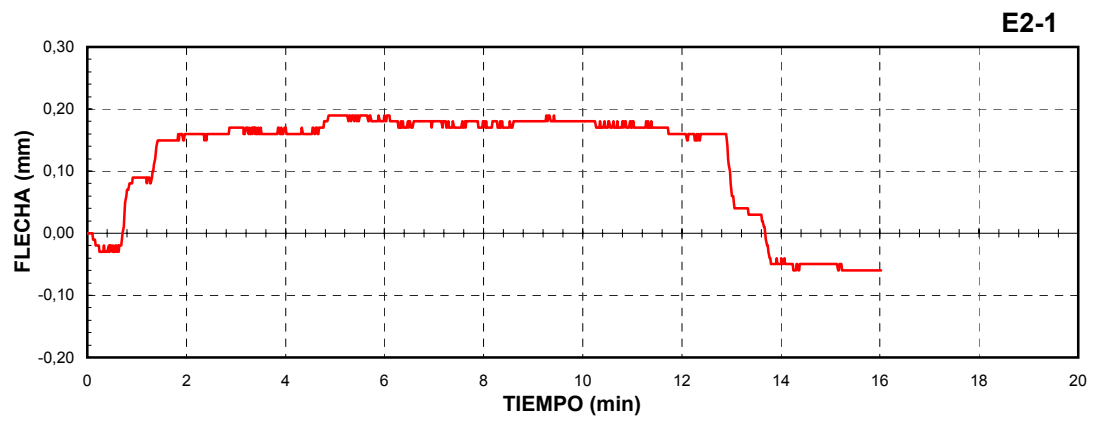
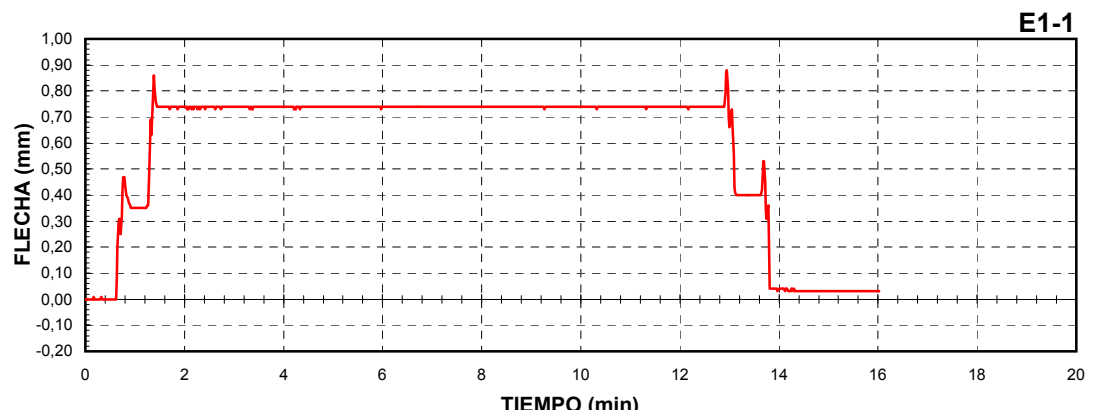
## **ANEJO 4: REGISTRO DE MEDIDAS**

**VIADUCTO DE REPIAIX**

**CARGA VANO 1**

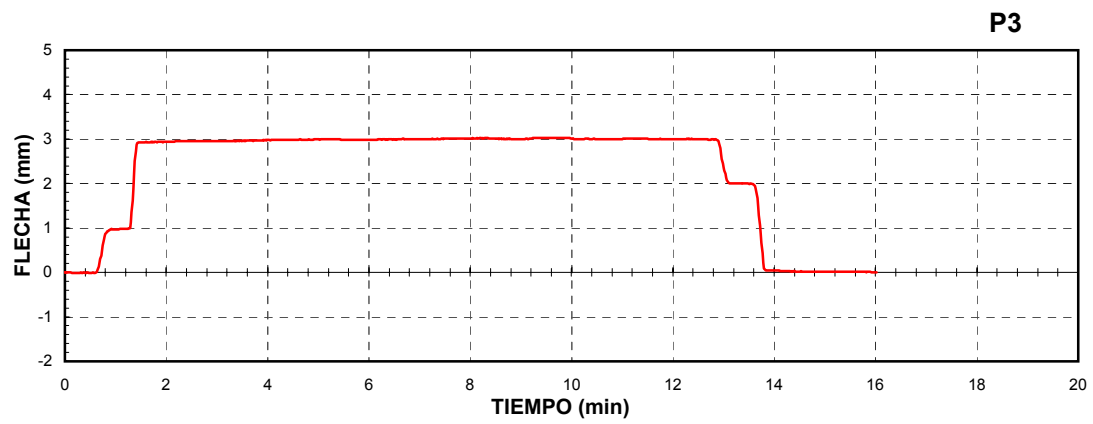
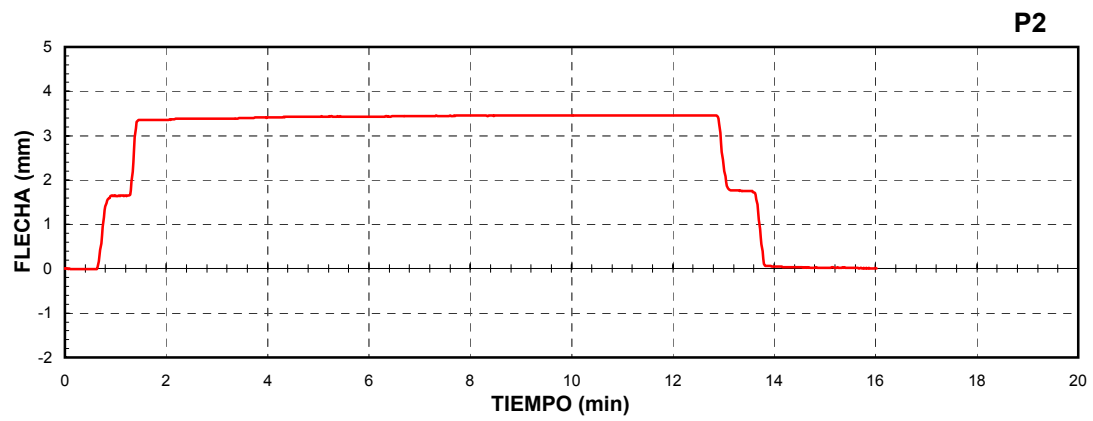
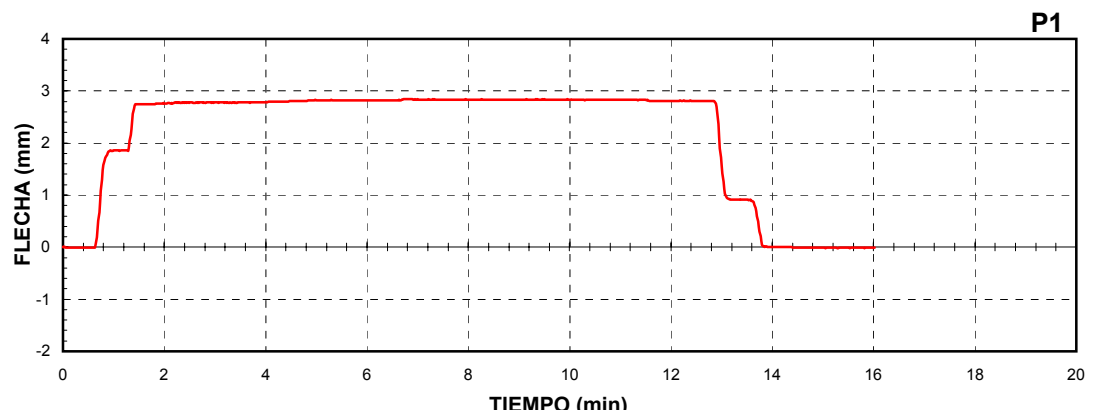
***PRUEBA ESTÁTICA***

## VIADUCTO DE REPIAIX

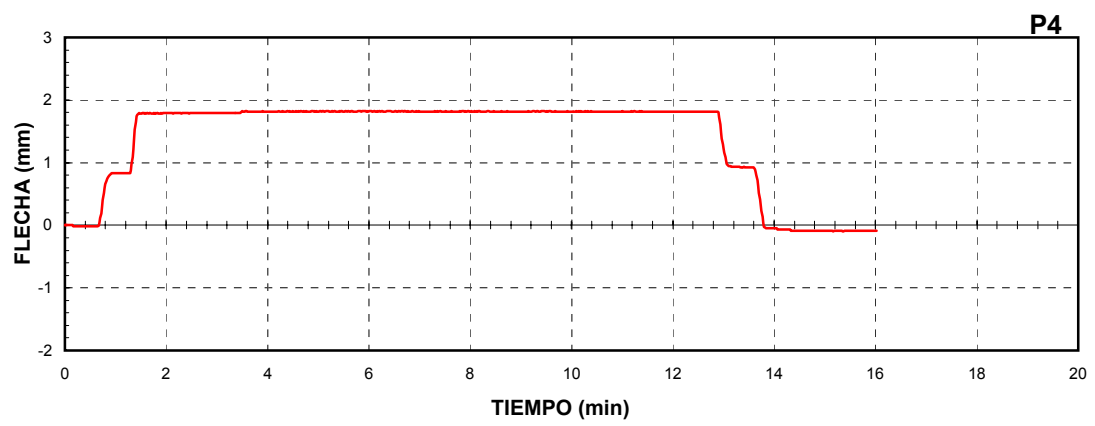




## VIADUCTO DE REPIAIX



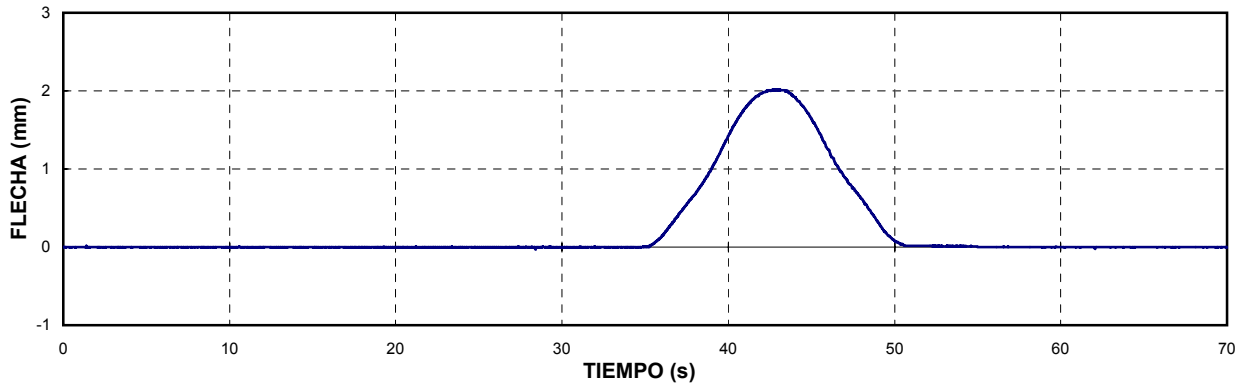
## VIADUCTO DE REPIAIX



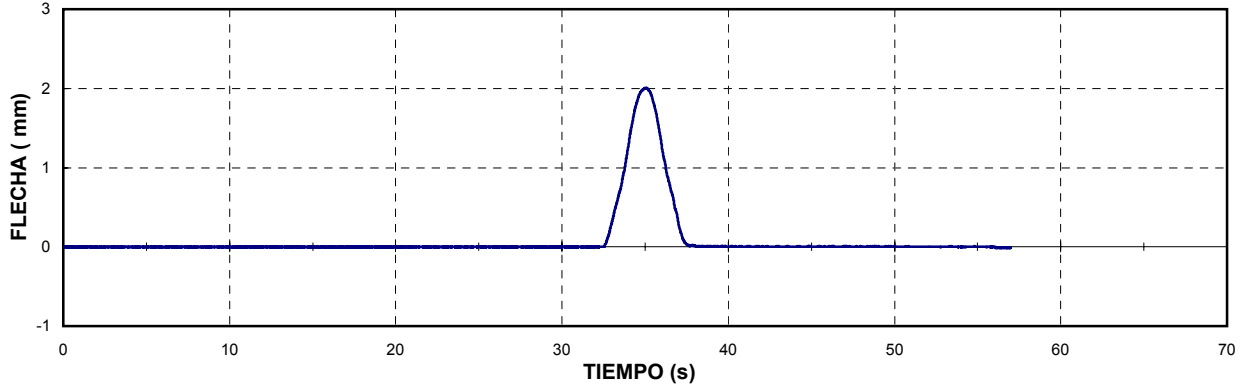
# **VIADUCTO DE REPIAIX**

## ***PRUEBAS DINÁMICAS***

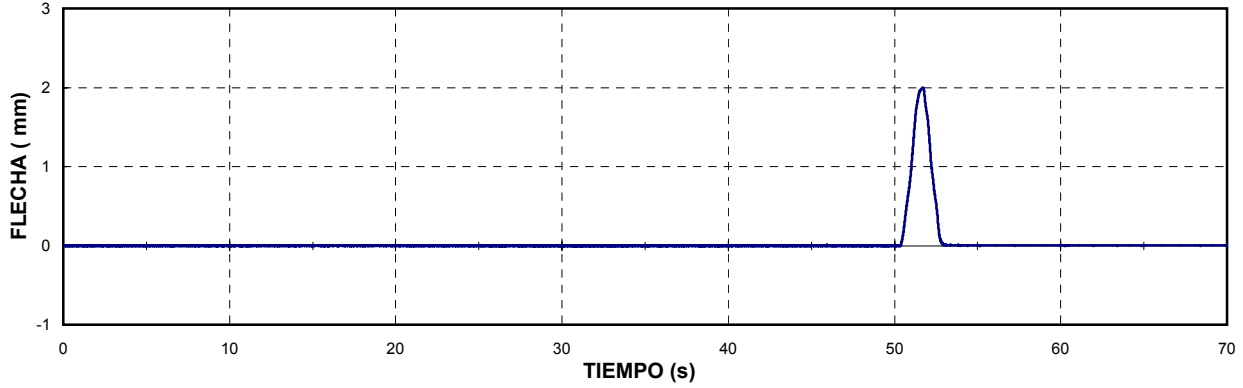
CUASI-ESTÁTICA



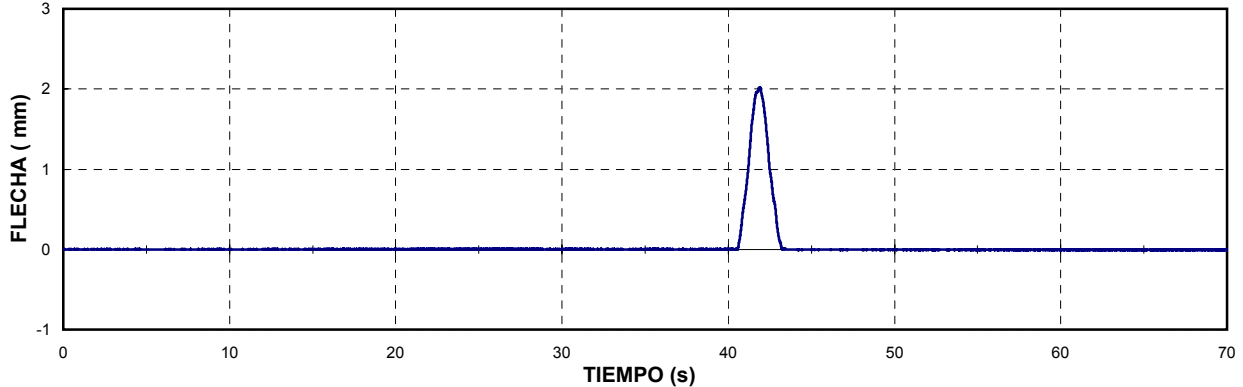
DINÁMICA 30 km/h



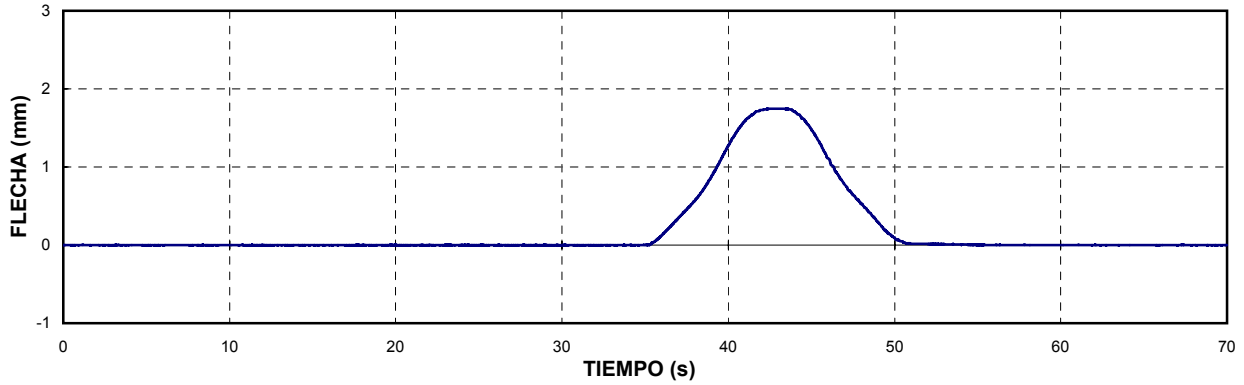
DINÁMICA MAX VELOCIDAD



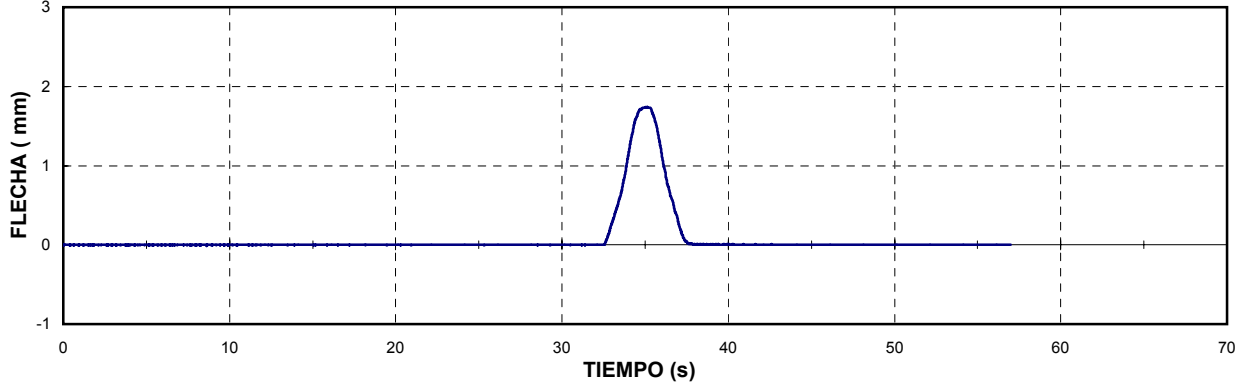
DINÁMICA DE FRENADO



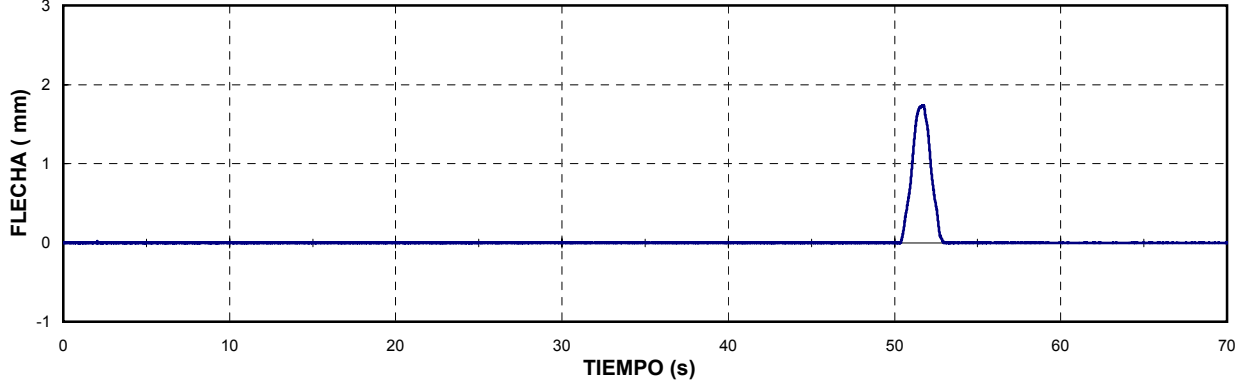
CUASI-ESTÁTICA



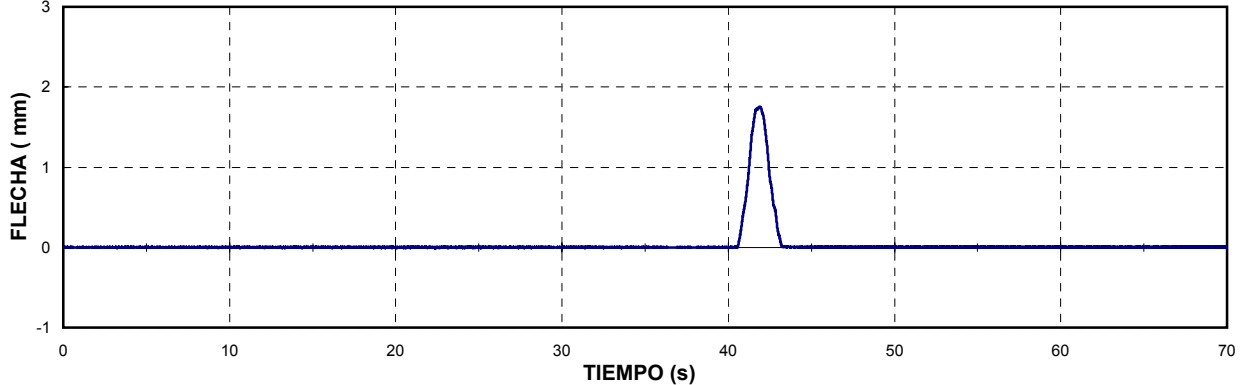
DINÁMICA 30 km/h



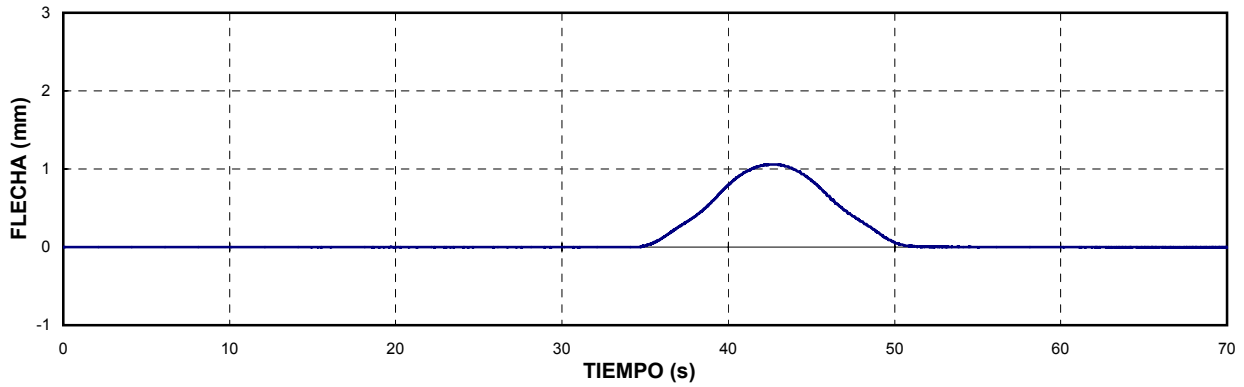
DINÁMICA MAX VELOCIDAD



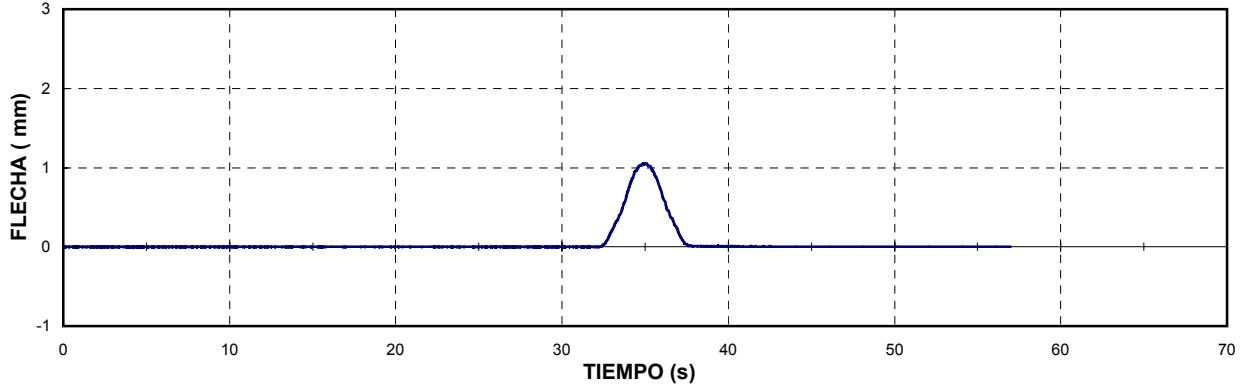
DINÁMICA DE FRENADO



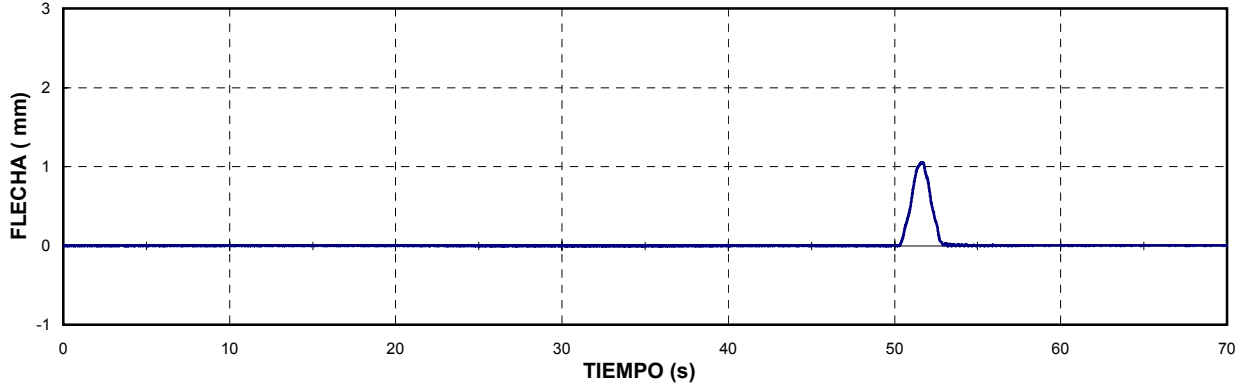
CUASI-ESTÁTICA



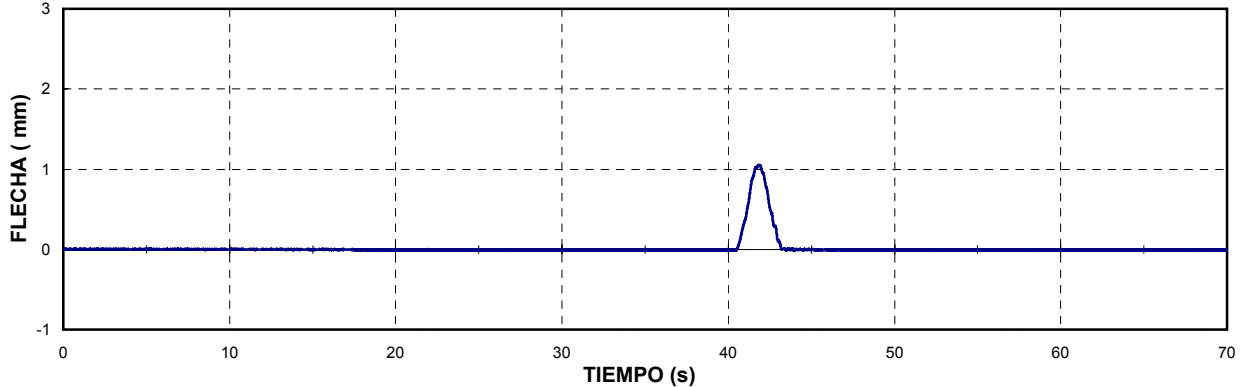
DINÁMICA 30 km/h



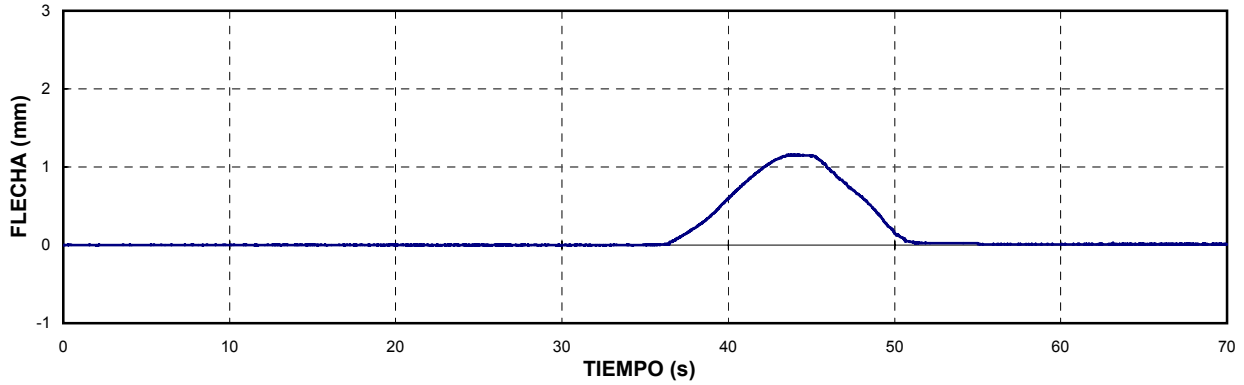
DINÁMICA MAX VELOCIDAD



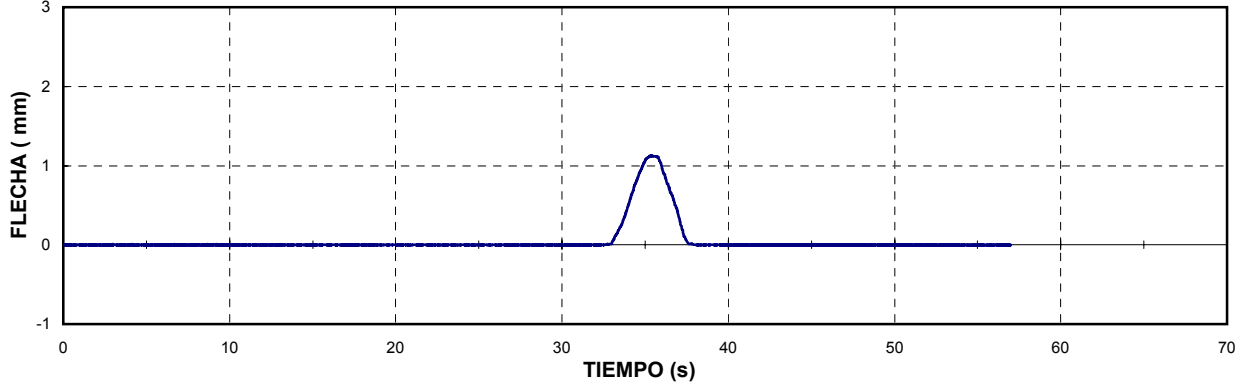
DINÁMICA DE FRENADO



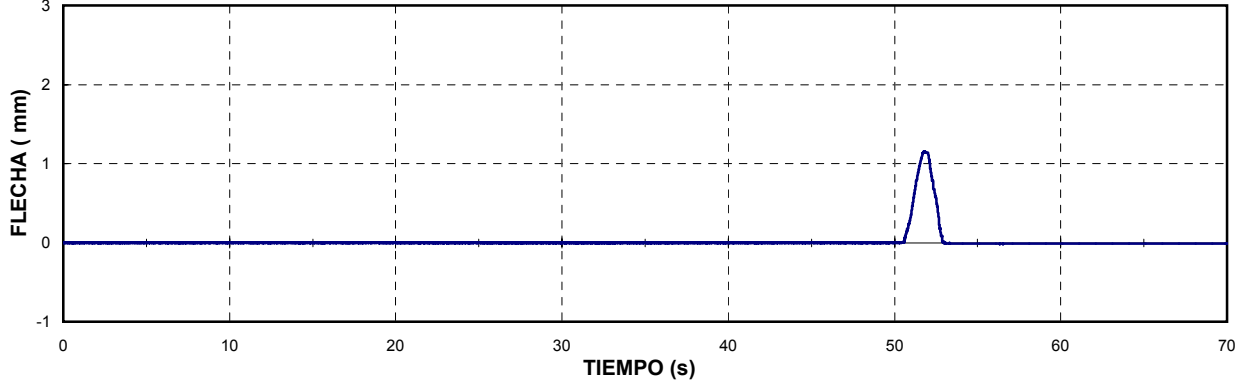
CUASI-ESTÁTICA



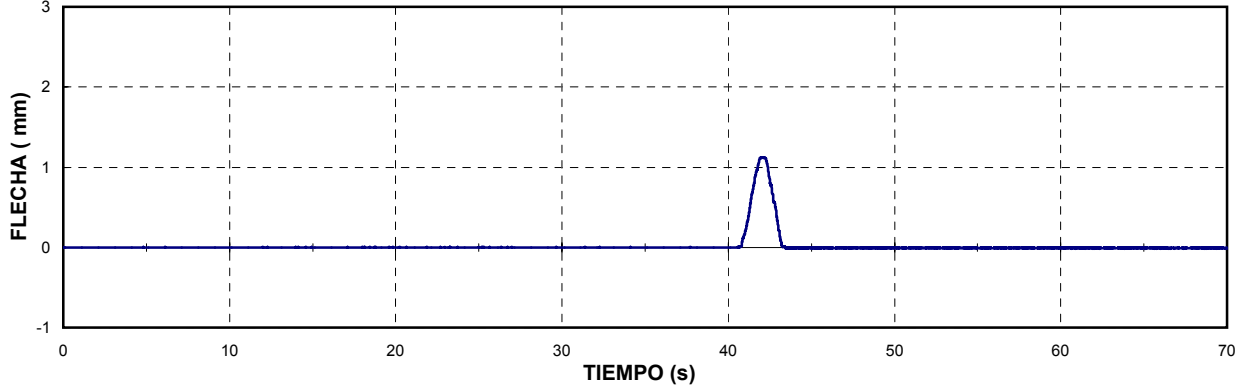
DINÁMICA 30 km/h

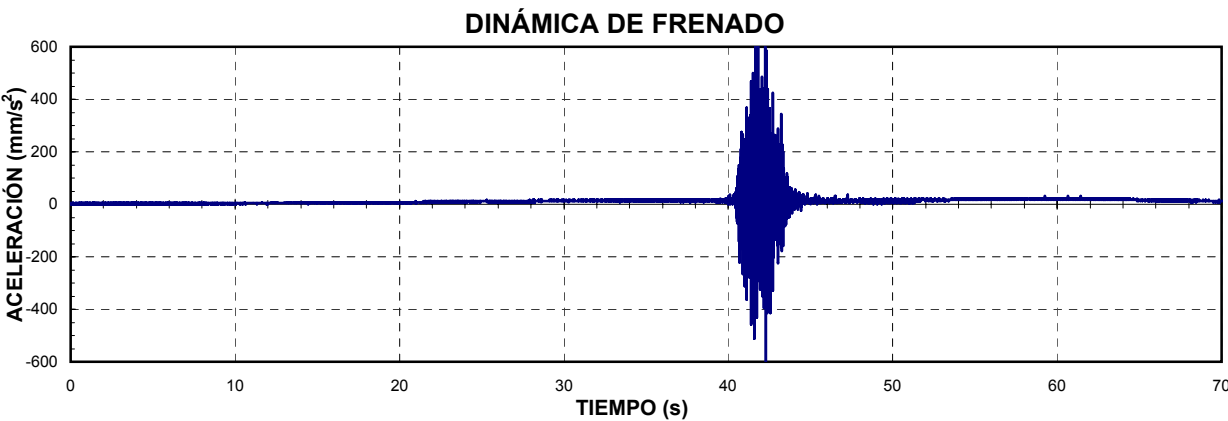
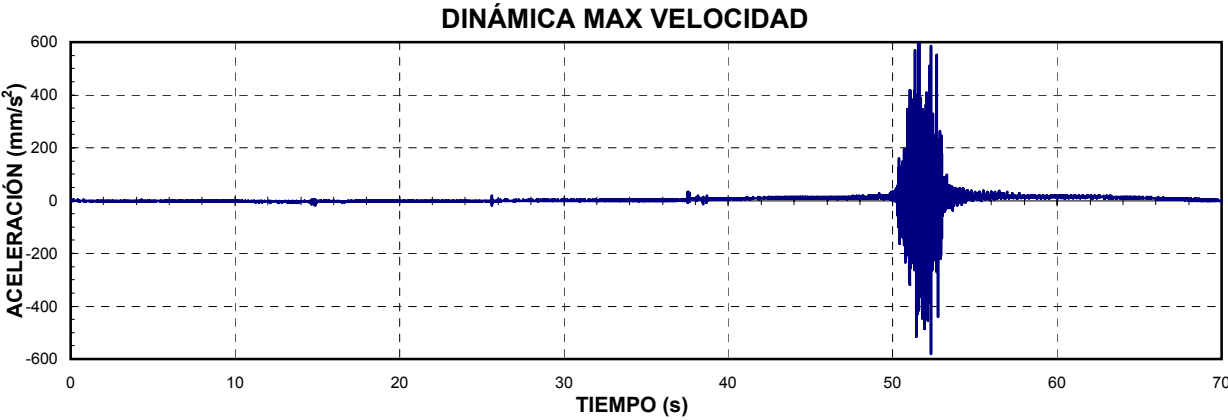
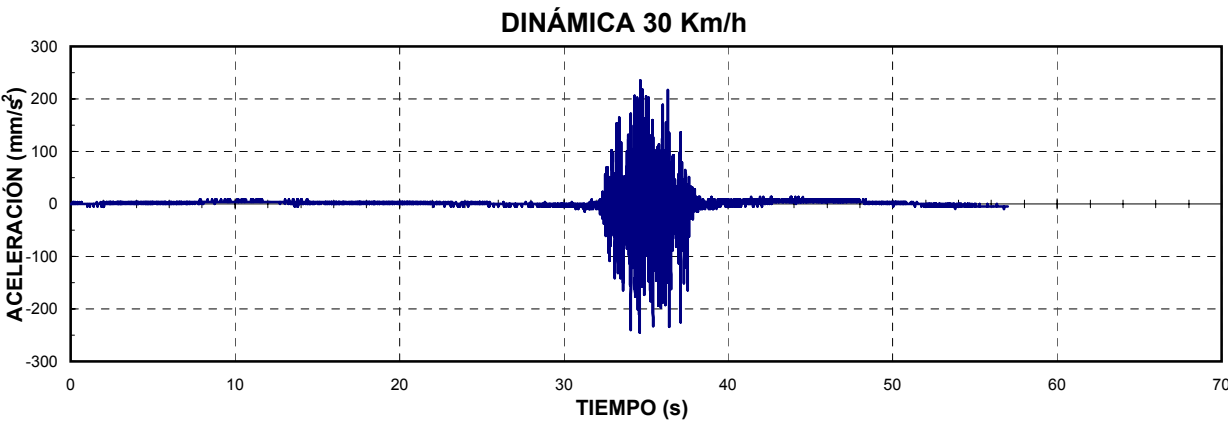
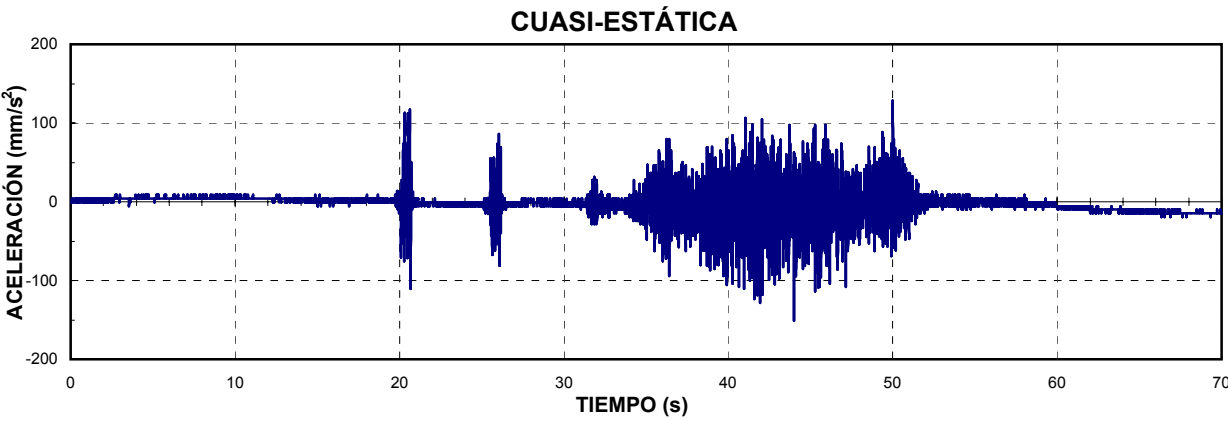


DINÁMICA MAX VELOCIDAD



DINÁMICA DE FRENADO

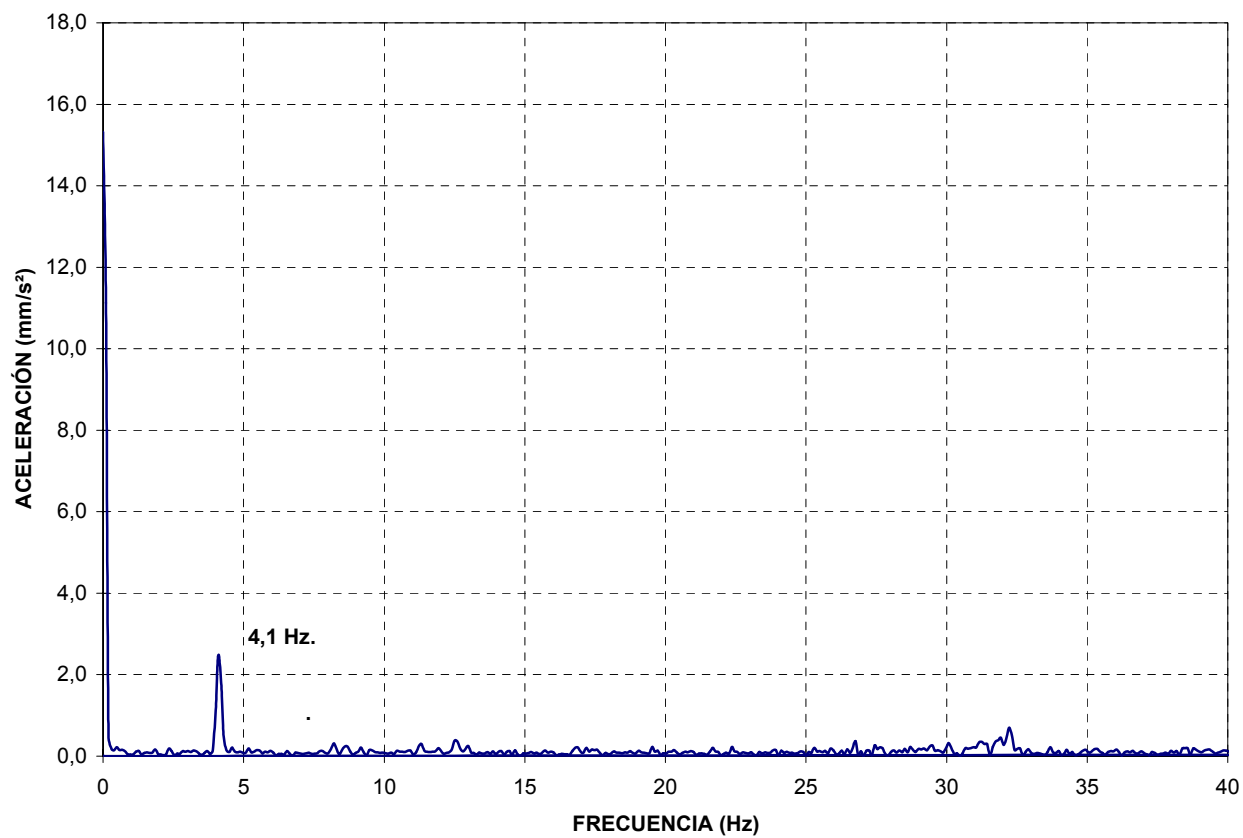
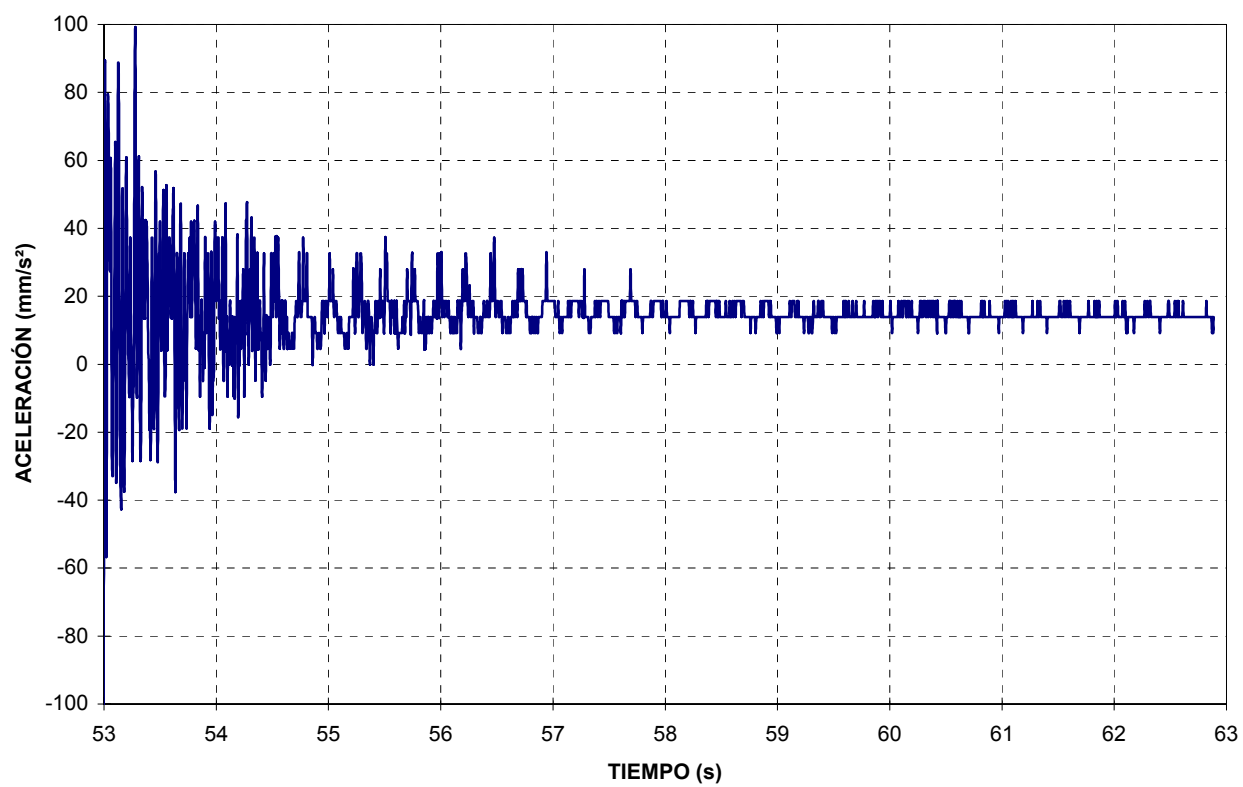






## VIADUCTO DE REPÍAIK

### ANÁLISIS FRECUENCIAL



## **ANEJO 5: REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

**RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS**

Nº 1.- Vista general de la estructura.

Nº 2.- Plataforma.

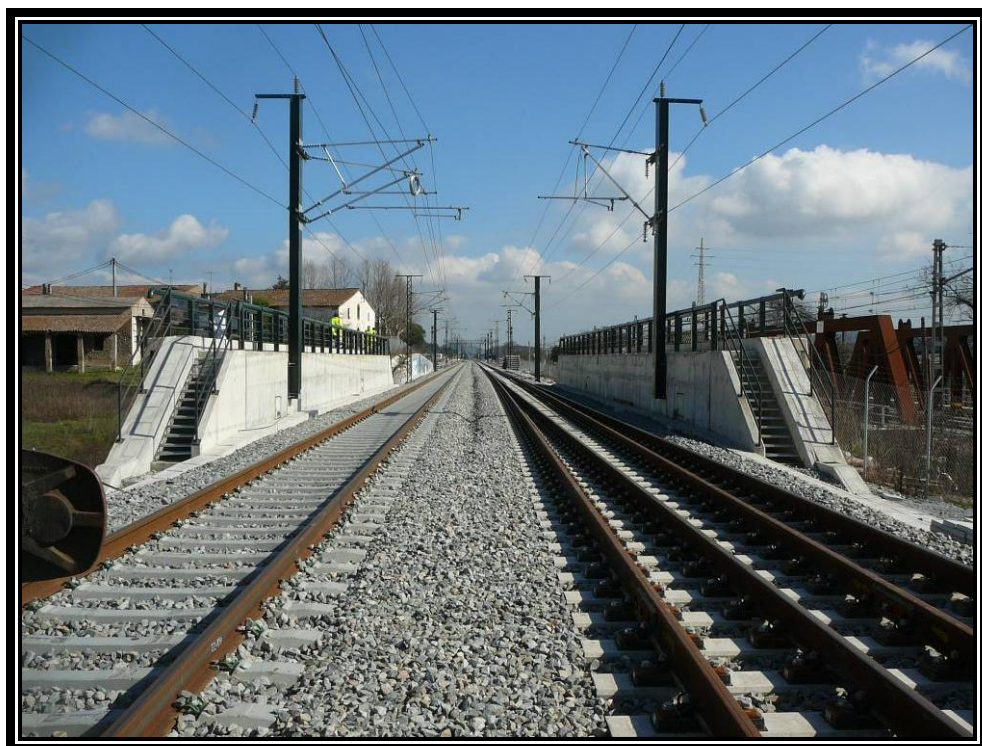
Nº 3.- Vista inferior de la estructura.

Nº 4.- Realización de prueba estática.

Nº 5.- Realización de prueba dinámica.



Nº 1.- Vista general de la estructura.



Nº 2.- Plataforma.

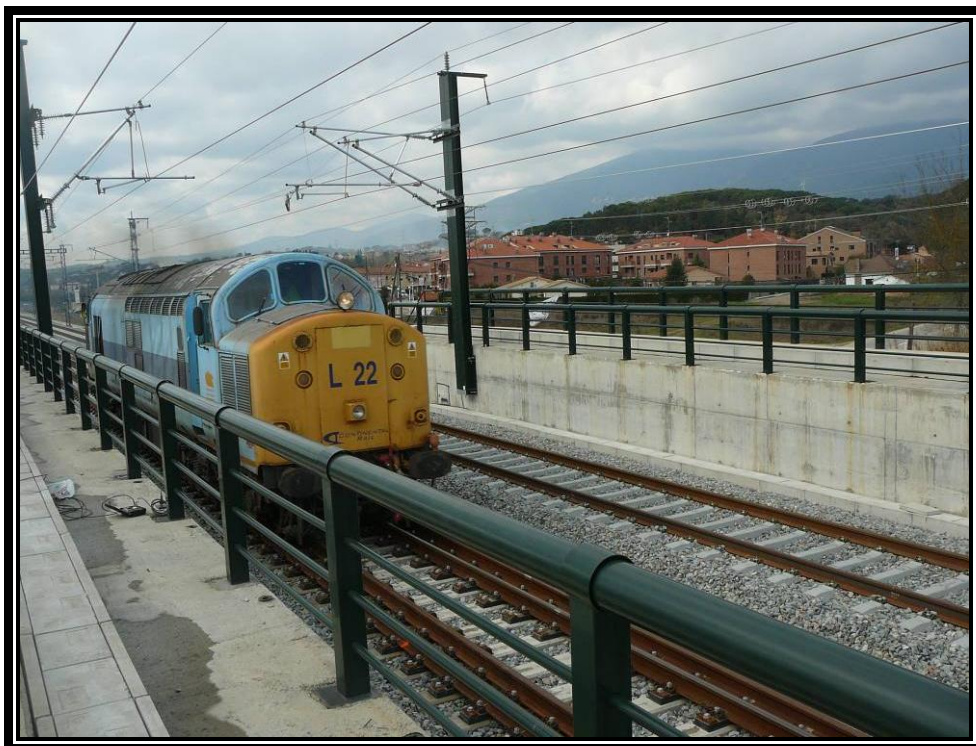




Nº 3.-Vista inferior de la estructura.



Nº 4.- Realización de prueba estática.



Nº 5.- Realización de prueba dinámica.

## **ANEJO 6: ACTA DE LA PRUEBA DE CARGA (A2)**



**MODELO A2 DE ACTA DE PRUEBA DE CARGA****TIPO DE PRUEBA : Recepción de obra nueva****FECHA DE PRUEBA: 18/02/2010****IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADMINISTRADOR:                                | Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (A.D.I.F.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| LÍNEA:                                        | Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| TRAMO:                                        | La Roca del Vallés – Riudellots de la Selva; Subtramo: Riells - Massanes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| P.K.:                                         | Obra: 601+021; Línea: 678+344                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| PROVINCIA:                                    | Girona                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| DENOMINACIÓN:                                 | VIADUCTO DE REPIAIX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| REFERENCIA :                                  | 0178VI01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA O PARTE DE ELLA: | El viaducto a ensayar se trata de una estructura de un vano con una luz de 36 m. El tablero tiene un ancho de 14,60 m. El tablero en sección artesana abierta de hormigón postesado, de canto constante 3,20 m que representa una esbeltez de 1/10.9, formada por una losa inferior de 0,80 m de espesor, y dos almas de un espesor variable de 0,7 m en el arranque con la losa inferior a 1,10 m en las alas superiores. Para compensar la fuerte asimetría de eje horizontal, la sección se complementa con unas alas superiores, que permite aumentar la cabeza de comprensión, con un ancho de 2,10 m. Esta sección cuenta con una anchura interior libre para la plataforma de 10,40 m. El tipo de hormigón del tablero es HP-40. El acero pasivo utilizado para los elementos estructurales es del tipo B 500 S, mientras que el acero activo del tablero fue Y 1860 S7. |

**ASISTENTES**

| NOMBRES           | ENTIDAD |
|-------------------|---------|
| Marcos Ros García | GEOCISA |
|                   |         |

**CONDICIONES ATMOSFÉRICAS**

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Temperatura: 8° C | Humedad relativa: 71% |
|-------------------|-----------------------|

**PUNTOS DE MEDIDA INSTALADOS**

|                         |                          | Vano 1 |  |  |  | Totales |
|-------------------------|--------------------------|--------|--|--|--|---------|
| FLECHAS                 | EQUIPO ÓPTICO            | 0      |  |  |  | 0       |
|                         | TRANS. DE DESPLAZAMIENTO | 7      |  |  |  | 7       |
| DEFORMACIONES UNITARIAS | BANDAS EXTENSOMÉTRICAS   | 0      |  |  |  | 0       |
| REGISTRO DE VIBRACIONES | ACELERÓMETROS            | 1      |  |  |  | 1       |
| OTROS                   |                          |        |  |  |  |         |

**TRENES DE CARGA UTILIZADOS**

| VEHÍCULO                                                                     |            | NÚMERO | MATRÍCULA | PESO UNITARIO (kN) |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|-----------|--------------------|------|
| PREVISTO                                                                     | REAL       |        |           | PREVISTO           | REAL |
| LOCOMOTORA                                                                   | LOCOMOTORA | 2      |           | 1200               | 1200 |
| PORCENTAJE DE SOLICITACIÓN RESPECTO A INSTRUCCIÓN: < 70%                     |            |        |           |                    |      |
| SENTIDO DE CIRCULACIÓN PARA LAS PRUEBAS DINÁMICAS : Sentido creciente de PKs |            |        |           |                    |      |
| HORARIO DE COMIENZO: 12:43                                                   |            |        |           |                    |      |

**RESULTADOS BÁSICOS ALCANZADOS EN LA ESTRUCTURA**

|                                                                 |          |                                |                         |         |      |               |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|-------------------------|---------|------|---------------|--|--|--|
|                                                                 |          |                                |                         |         | Vano | 1             |  |  |  |
| PORCENTAJE DE RESPUESTA RESPECTO AL PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA | Estática | En general                     | Flechas                 |         | 65%  |               |  |  |  |
|                                                                 |          |                                | Deformaciones unitarias |         | -    |               |  |  |  |
|                                                                 | Dinámica | Pruebas simplificadas          | Flechas                 |         |      |               |  |  |  |
|                                                                 |          |                                | Deformaciones unitarias |         |      |               |  |  |  |
| PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN                                      | Estática | Frecuencia propia de vibración |                         |         | 102% |               |  |  |  |
|                                                                 |          | En general                     | Flechas                 |         | 100% |               |  |  |  |
|                                                                 |          |                                | Deformaciones unitarias |         | -    |               |  |  |  |
| ANOMALÍAS EN LA INSPECCIÓN VISUAL: Ninguna                      |          |                                |                         |         |      |               |  |  |  |
| OBSERVACIONES:                                                  |          |                                |                         |         |      |               |  |  |  |
| CONDICIONES DE PUESTA EN SERVICIO:                              |          | APTO                           | X                       | NO APTO |      | RESTRICCIONES |  |  |  |

Firma de los Asistentes

  
Marcos Ros García  


## **ANEJO 7: ACTA A1 Y FICHA DE SEGUIMIENTO**

# MODELO A1 DE COMUNICACIÓN DE INSPECCIONES AL REGISTRO

|                    |           |                     |            |
|--------------------|-----------|---------------------|------------|
| TIPO DE INSPECCIÓN | PRINCIPAL | FECHA DE INSPECCIÓN | 18/02/2010 |
|--------------------|-----------|---------------------|------------|

| IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA |                                                                           |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| ADMINISTRADOR                   | ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (A.D.I.F.)                 |
| LÍNEA                           | LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA - FRONTERA FRANCESA |
| TRAMO                           | LA ROCA DEL VALLÉS-RIUDELLOTS DE LA SELVA                                 |
| SUBTRAMO                        | RIELLS - MASSANES                                                         |
| P.K.                            | Obra: 601+021 Línea: 678+344                                              |
| PROVINCIA                       | GIRONA                                                                    |
| DENOMINACIÓN                    | VIADUCTO DE REPÀIX                                                        |
| REFERENCIA                      | 0178VI01                                                                  |
| AÑO APROXIMADO DE CONSTRUCCIÓN  | 2009                                                                      |

| DATOS DEL RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN |                                                                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ENTIDAD                                | GEOCISA                                                                                 |
| INGENIERO RESPONSABLE                  | MARCOS ROS GARCÍA                                                                       |
| DIRECCIÓN                              | LOS LLANOS DE JEREZ 10-12 28823 - COSLADA - MADRID                                      |
| TELÉFONO                               | 916603283 FAX 916672300 E-MAIL <a href="mailto:mrosq@geocisa.com">mrosq@geocisa.com</a> |

| CARACTERÍSTICAS BÁSICAS Y TIPOLOGÍA |          |                                               |                                                   |                                           |                                           |  |
|-------------------------------------|----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--|
| Nº DE VANOS                         |          | 1                                             | LUCES DE CADA VANO (m):                           |                                           | 36,00                                     |  |
| LONGITUD TOTAL (m):                 |          | 36,00                                         |                                                   |                                           |                                           |  |
| OBSTÁCULO SALVADO                   |          | CARRETERA <input checked="" type="checkbox"/> | FF.CC. <input type="checkbox"/>                   | CAUCE <input checked="" type="checkbox"/> |                                           |  |
|                                     |          | CAMINO <input type="checkbox"/>               | OTROS <input type="checkbox"/>                    | ÁNGULO DE INCIDENCIA (º)                  | 68                                        |  |
| LÍNEA ELECTRIFICADA                 |          | SI <input checked="" type="checkbox"/>        | NO <input type="checkbox"/>                       |                                           |                                           |  |
| VÍA                                 |          | ÚNICA <input type="checkbox"/>                | DOBLE <input checked="" type="checkbox"/>         | Nº DE VIAS:                               | 2                                         |  |
|                                     |          | SOLDADA <input checked="" type="checkbox"/>   | CON JUNTAS <input type="checkbox"/>               |                                           |                                           |  |
|                                     |          | ENCARRILADORA                                 | SI <input type="checkbox"/>                       | NO <input checked="" type="checkbox"/>    |                                           |  |
|                                     |          | CONTRACARRILES                                | SI <input type="checkbox"/>                       | NO <input checked="" type="checkbox"/>    |                                           |  |
|                                     |          | APARATOS DE DILATACIÓN                        | SI <input type="checkbox"/>                       | NO <input checked="" type="checkbox"/>    |                                           |  |
|                                     |          | RECTA <input checked="" type="checkbox"/>     | CURVA A DCHA. <input type="checkbox"/>            | CURVA A IZQ. <input type="checkbox"/>     |                                           |  |
| TIPOLOGÍA DE PUENTE                 |          | METÁLICO <input type="checkbox"/>             |                                                   |                                           |                                           |  |
|                                     |          | FÁBRICA <input type="checkbox"/>              |                                                   |                                           |                                           |  |
|                                     |          | HORMIGÓN <input checked="" type="checkbox"/>  | TRAMOS EN ARCO <input type="checkbox"/>           |                                           |                                           |  |
|                                     |          | OTROS <input type="checkbox"/>                | TRAMOS RECTOS <input checked="" type="checkbox"/> |                                           |                                           |  |
| TIPO DE MATERIAL                    | ESTRIBOS | HORMIGÓN <input checked="" type="checkbox"/>  | PIEDRA <input type="checkbox"/>                   | LADRILLO <input type="checkbox"/>         |                                           |  |
|                                     | PILAS    | HORMIGÓN <input type="checkbox"/>             | PIEDRA <input type="checkbox"/>                   | LADRILLO <input type="checkbox"/>         | METÁLICAS <input type="checkbox"/>        |  |
|                                     | ARCOS    | HORMIGÓN <input type="checkbox"/>             | PIEDRA <input type="checkbox"/>                   | LADRILLO <input type="checkbox"/>         | METÁLICAS <input type="checkbox"/>        |  |
|                                     | TABLERO  | HORMIGÓN <input checked="" type="checkbox"/>  | LOSA <input type="checkbox"/>                     | VIGAS <input type="checkbox"/>            | CAJÓN <input checked="" type="checkbox"/> |  |
|                                     |          | METÁLICO <input type="checkbox"/>             | VIGAS ALMA LLENA <input type="checkbox"/>         | CELOSIA <input type="checkbox"/>          |                                           |  |

| DAÑOS DE CLASE 1     |                        |               |                            |                           |                             |   |                           |                              |
|----------------------|------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|------------------------------|
| ELEMENTO ESTRUCTURAL |                        | TIPO DE DAÑOS |                            | LOCALIZADO O GENERALIZADO | PLAZO DE REPARACIÓN (meses) |   | LIMITACIÓN DE CIRCULACIÓN | REQUIERE INSPECCIÓN ESPECIAL |
| A                    | ESTRIBO nº             | A             | GOLPES, ROTURAS            | L                         | 6                           | A | VELOCIDAD                 | SI                           |
| B                    | PILA nº                | B             | FISURAS, GRIETAS           |                           | 12                          | B | CARGAS                    |                              |
| C                    | ARCO nº                | C             | DESCALCES EN CIMENTACIONES | G                         | 24                          | C | GÁLIBO                    | NO                           |
| D                    | TABLERO METÁLICO nº    | D             | DESPLOMES, BASCULAMIENTOS  | DAÑOS DETECTADOS:         | 36                          | D | SEÑALIZAR                 |                              |
| E                    | TABLERO DE HORMIGÓN nº | E             | OXIDACIONES, CORROSIONES   |                           |                             |   |                           |                              |
| F                    | VIA I, II, ...         | F             | ASIENTOS, DESNIVELACIONES  |                           |                             |   |                           |                              |
| G                    | OTROS                  | G             | OTROS                      |                           |                             |   |                           |                              |

| EVALUACIÓN GLOBAL DE DAÑOS RESPECTO A LA INSPECCIÓN ANTERIOR |                                          |                                     |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| SIN EVOLUCIÓN <input type="checkbox"/>                       | POCO IMPORTANTE <input type="checkbox"/> | IMPORTANTE <input type="checkbox"/> |

| RESULTADO DE LA INSPECCIÓN                    |                                                              |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| FAVORABLE <input checked="" type="checkbox"/> | DESFAVORABLE (CON DAÑOS DE CLASE 1) <input type="checkbox"/> |

Firma del Inspector

*Marcos Ros*

MARCOS ROS GARCÍA  
Responsable de los trabajos de campo



**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

**IDENTIFICACIÓN**

|                                         |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| ID (Identificador de la estructura)     | VIADUCTO DE REPIAIX      |
| P.K. INICIAL (sentido Barcelona-Girona) | 601+021                  |
| P.K. FINAL (sentido Barcelona-Girona)   | 601+057                  |
| TIPO                                    | Viaducto ( luz > 50 m) ▼ |
| SUBTRAMO                                | Riells- Massanes ▼       |
| FECHA DE LA INSPECCIÓN                  | 18/02/2010               |
| OBSERVACIONES                           |                          |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**DATOS GENERALES**

|                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|
| NOMBRE                        | VIADUCTO DE REPIAIX                      |
| TIPOLOGÍA GENERAL             | TABLERO EN CAJÓN ▼                       |
| TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL         | ESTRUCTURA CONTINUA ▼                    |
| Nº DE VÍAS                    | 2                                        |
| VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)       |                                          |
| TIPO DE ACCESO                | VEHÍCULO AUTOMOVIL ▼                     |
| OBSTÁCULO SALVADO             | RÍO ▼                                    |
| NOMBRE OBSTÁCULO SALVADO      | ARROYO DE REPIAIX                        |
| OTRO OBSTÁCULO SALVADO        | CARRETERA ▼                              |
| NOMBRE OTRO OBSTÁCULO SALVADO | CAMÍ DE PERE RIBOT                       |
| OBSERVACIONES                 | El tablero en seccion de artesa abierta. |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**PARÁMETROS GEOMÉTRICOS**

|                                                              |                                           |           |   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|---|
| LONGITUD TOTAL (m)                                           | 36,00                                     |           |   |
| Nº DE VANOS                                                  | 1                                         |           |   |
| LONGITUD MEDIA DEL VANO (m)                                  | 36,00                                     |           |   |
| LUZ DE CADA VANO (m)                                         | 36,00                                     |           |   |
| ALTURA MÁXIMA DE ESTRIBOS (m)                                | 4,68                                      |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE ESTRIBOS (m)                               | 14,00                                     |           |   |
| ALTURA MÁXIMA DE PILAS (m)                                   |                                           |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE PILAS (m)                                  |                                           |           |   |
| ESPESOR MÁXIMO DE PILAS (m)                                  |                                           |           |   |
| GÁLIBO INFERIOR (m)                                          | -                                         |           |   |
| ANCHURA MÁXIMA DE TRAMOS (m)                                 | 14,60                                     |           |   |
| CANTO MÁXIMO DE TRAMOS EN CENTRO DE VANOS (m)                | 3,20                                      |           |   |
| Nº DE ELEMENTOS PRINCIPALES EN EL TRAMO                      | 1                                         |           |   |
| SEPARACIÓN ENTRE ELEMENTOS PRINCIPALES (m)                   |                                           |           |   |
| CANTO DE ELEMENTOS PRINCIPALES                               | CONSTANTE                                 | ▼         |   |
| CANTO MÁXIMO DE ELEMENTOS PRINCIPALES EN CENTRO DE VANOS (m) | 3,20                                      |           |   |
| GÁLIBO IZQUIERDO (m)                                         |                                           |           |   |
| GÁLIBO DERECHO (m)                                           |                                           |           |   |
| ENTREVÍA (m)                                                 | 4,70                                      |           |   |
| TRAZADO DE VÍA EN PLANTA (m)                                 |                                           | R (recto) | ▼ |
| PERALTE DE VÍA DE ENTRADA (m)                                |                                           |           |   |
| PERALTE DE VÍA DE CENTRO (m)                                 |                                           |           |   |
| PERALTE DE VÍA DE SALIDA (m)                                 |                                           |           |   |
| OBSERVACIONES                                                | Las pilas son circulares y de doble fuste |           |   |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**29/01/2010**

**MATERIALES**

MATERIAL CONSTITUYENTE

HORMIGÓN PRETENSADO ▼

**TRAMOS**

TIPOLOGÍA DE TRAMOS

TABLERO DE VIGAS ▼

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE TRAMOS

ESTRUCTURA CONTINUA ▼

MATERIAL EN TRAMOS

HORMIGÓN PRETENSADO ▼

IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURA DE TRAMOS

SI ▼

ELEMENTOS DE DRENAJE EN TRAMOS

LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES ▼

**ESTRIBOS**

TIPOLOGÍA DE ESTRIBOS

MUROS FRONTAL Y EN VUELTAS ▼

MATERIAL BASE EN ESTRIBOS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

PROTECCIÓN EN PIE DE ESTRIBOS

NO EXISTE ▼

TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN EN ESTRIBOS

ENCEPADO Y PILOTES ▼

MATERIAL BASE EN CIMENTACIÓN DE ESTRIBOS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

**PILAS**

TIPOLOGÍA DE PILAS

FUSTES ▼

SECCIÓN DE PILAS

CONSTANTE ▼

TAJAMARES

▼

MATERIAL BASE EN PILAS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN EN PILAS

ENCEPADO Y PILOTES ▼

MATERIAL BASE EN CIMENTACIÓN DE PILAS

HORMIGÓN ARMADO O EN MASA ▼

**APARATOS Y JUNTAS DE DILATACIÓN**

APARATOS DE APOYO

TIPO POT ▼

JUNTAS DE DILATACIÓN

NO EXISTEN ▼

TIPOLOGÍA DE JUNTAS DE DILATACIÓN

MURETES GUARDABALASTO Y CUBREJUNTAS ▼

APARATOS DE DILATACIÓN DE CARRILES

NO EXISTEN ▼

**VARIOS**

PASEOS DE SERVICIO

AMBOS LADOS ▼

OBSERVACIONES

Los paseos de servicio se encuentran sobre las alas superiores de la sección, salvando el desnivel tramos de escalera de doce peldaños.

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA-**  
**FRONTERA FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**ESTADO ACTUAL ESTRIBOS**

|                                           |                                                |   |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------|---|
| 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                  | 0: No existen defectos                         | ▼ |
| Corrosión y disgregación                  |                                                | ▼ |
| Humedades y filtraciones                  | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica | ▼ |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias |                                                | ▼ |
| Desagüe de mechinales                     |                                                | ▼ |
| Abombamientos                             |                                                | ▼ |
| Desplomes o basculamientos                |                                                | ▼ |
| Asentamientos                             |                                                | ▼ |
| Descalces                                 |                                                | ▼ |
| Socavaciones                              |                                                | ▼ |
| Depósitos en coronación                   |                                                | ▼ |
| Daños en coronación                       |                                                | ▼ |
| Daños en espaldón                         |                                                | ▼ |
| Balasto encastrado                        |                                                | ▼ |
| Daños en protección de pie de estribos    |                                                | ▼ |
| Daños en cimentaciones vistas             |                                                | ▼ |
| Vegetación aflorando                      |                                                | ▼ |
| Vegetación adosada                        |                                                | ▼ |
| OBSERVACIONES ESTRIBOS                    |                                                |   |
| <b>ESTADO GENERAL ESTRIBOS</b>            | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica | ▼ |



**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA-**  
**FRONTERA FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**ESTADO ACTUAL ALETAS O MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO**

|                                           |                        |   |
|-------------------------------------------|------------------------|---|
| 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                  | 0: No existen defectos | ▼ |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias |                        | ▼ |
| Desagüe de mechinales                     |                        | ▼ |
| Abombamientos                             |                        | ▼ |
| Desplomes o basculamientos                |                        | ▼ |
| Asentamientos                             |                        | ▼ |
| Descalces                                 |                        | ▼ |
| Socavaciones                              |                        | ▼ |
| Depósitos en coronación                   |                        | ▼ |
| Daños en coronación                       |                        | ▼ |
| Daños en protección de pie de estribos    |                        | ▼ |
| Daños en cimentaciones vistas             |                        | ▼ |
| Vegetación aflorando                      |                        | ▼ |
| Vegetación adosada                        |                        | ▼ |
| OBSERVACIONES ESTRIBOS                    |                        |   |
| <b>ESTADO GENERAL ALETAS</b>              | 0: No existen defectos | ▼ |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA-**  
**FRONTERA FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**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

**ESTADO GENERAL PILAS**



**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**ESTADO ACTUAL APARATOS DE APOYO**

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

OBSERVACIONES APARATOS DE APOYO

**ESTADO GENERAL APARATOS DE APOYO**

0: No existen



**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**

| <b><u>ESTADO ACTUAL ESTRUCTURA DE TRAMOS</u></b>          |                                                  |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 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                    | ▼                                                |
| Fisuras y grietas transversales losas                     | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica ▼ |
| Fisuras y grietas oblicuas losas                          | ▼                                                |
| Fisuras y grietas longitudinales en alas superiores vigas | ▼                                                |
| Fisuras y grietas transversales en alas superiores vigas  | ▼                                                |
| Fisuras y grietas longitudinales conexión alas-alma       | ▼                                                |
| Fisuras y grietas transversales alma vigas                | ▼                                                |
| Fisuras y grietas inclinadas alma vigas                   | ▼                                                |
| Fisuras y grietas longitudinales alma vigas               | ▼                                                |
| Fisuras y grietas longitudinales ala inferior             | ▼                                                |
| Fisuras y grietas transversales ala inferior              | ▼                                                |
| Fisuras y daños en testeros                               | ▼                                                |
| Golpes y roturas                                          | 0: No existen ▼                                  |
| Coqueras y nidos de grava                                 | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica ▼ |
| Meteorización y degradación                               | ▼                                                |
| Desprendimientos                                          | ▼                                                |
| Carbonatación y desagregación                             | ▼                                                |
| Armaduras vistas someras                                  | ▼                                                |
| Corrosión y disgregación                                  | ▼                                                |
| Humedades y filtraciones                                  | ▼                                                |
| Desagües obturados                                        | ▼                                                |
| Incrustaciones calcáreas y eflorescencias                 | ▼                                                |
| Abombamientos                                             | ▼                                                |
| Asentamientos y desnivelaciones                           | ▼                                                |
| Juntas longitudinales degradadas                          | ▼                                                |
| Juntas transversales degradadas                           | ▼                                                |
| Vegetación aflorando                                      | ▼                                                |
| Vegetación adosada                                        | ▼                                                |
| OBSERVACIONES ESTRUCTURA DE TRAMOS                        | Escasa longitud de las gargolas.                 |
| <b><u>ESTADO GENERAL ESTRUCTURA DE TRAMOS</u></b>         | 2: Defectos con riesgo de evolución patológica ▼ |

**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPIAIX**  
**18/02/2010**

**ESTADO ACTUAL RESTO DE ELEMENTOS**

|                          |  |   |
|--------------------------|--|---|
| Impermeabilización       |  | ▼ |
| Drenaje longitudinal     |  | ▼ |
| Drenaje transversal      |  | ▼ |
| Muretes guardabalasto    |  | ▼ |
| Juntas de dilatación     |  | ▼ |
| Juntas de longitudinales |  | ▼ |
| Conducciones y canaletas |  | ▼ |
| Anclajes de postes       |  | ▼ |
| Barandillas              |  | ▼ |

OBSERVACIONES RESTO DE ELEMENTOS

**ESTADO GENERAL RESTO DE ELEMENTOS**



**INSPECCIONES ESTRUCTURAS**  
**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - ZARAGOZA - BARCELONA- FRONTERA**  
**FRANCESA.**

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

**VIADUCTO DE REPÍAX**  
**18/02/2010**

**ESTADO ACTUAL**

**ESTADO GENERAL**

ESTADO GENERAL ESTRIBOS

ESTADO GENERAL ALETAS

ESTADO GENERAL PILAS

ESTADO GENERAL APARATOS DE APOYO

ESTADO GENERAL ESTRUCTURA DE TRAMOS

ESTADO GENERAL RESTO DE ELEMENTOS

2: Defectos con riesgo de evolución patológica

0: No existen

2: Defectos con riesgo de evolución patológica

OBSERVACIONES

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

**Construcción de la infraestructura y posterior medición  
para el control de movimientos por medios topográficos  
de las estructuras de la línea de alta velocidad  
Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa.**

**Tramo: Riells - Massanes.**

**Viaducto de Repiaix**

Junio de 2010



## **MEMORIA**

## **ÍNDICE**

- 1. Criterios para la implantación del sistema.**
- 2. Descripción de los elementos implantados para el control.**
- 3. Instrumental utilizado y método de trabajo:**
  - 3.1. Planimetría**
  - 3.2. Nivelación**
- 4. Viaducto y su ubicación.**
- 5. Descripción de la infraestructura de control.**
- 6. Observación y cálculos:**
  - 6.1. Planimétrica.**
  - 6.2. Altimétrica.**

## **1. Criterios para la implantación del sistema.**

Con el objeto de controlar posibles movimientos en las estructuras se diseña una red de pilares fijos de observación y de bases de nivelación que se situarán, de acuerdo con el criterio acordado, dentro de los terrenos de Adif, ya sea bajo el tablero o dentro de las vallas.

A continuación se enumeran los criterios que deben cumplir las estructuras objeto de control topográfico, así como las características y puntos de control necesarios para cada caso:

- Estructuras que salven cauces de ríos, arroyos, ramblas o vías de comunicación: se controlará el vano o vanos que salvan el obstáculo, los vanos adyacentes y ambos estribos.
- Estructuras hiperestáticas de gran longitud ( $n^{\circ}$  de vanos  $\geq 5$ ): en este caso, se ha establecido como criterio el control de varios grupos de vanos a lo largo del puente con el fin de tener un muestreo representativo del comportamiento de la estructura, así como el seguimiento en ambos estribos.
- Estructuras singulares: Se llevará a cabo el control topográfico en los elementos principales del puente, tales como pilas, estribos y arcos.
- Estructuras con pilas con una altura superior a los 20 metros.

De este modo se controlarán, como mínimo, el 50 % de todas las pilas de cada estructura y también a ambos estribos.

### **1.1 Control planimétrico:**

El número de pilares será objeto de un cuidadoso estudio para implantar una red que mejor se adapte a cada estructura y tendrá al menos dos, que deberán ser visibles entre sí, desde los que deberán verse la mayor cantidad de señales de puntería. Por lo tanto la ubicación de las dianas deberá hacerse con relación al proyecto definitivo de distribución de bases. El número de puntos de control en cada estructura dependerá de la tipología de pilas:

- En estructuras con pilas de fuste único se instalará para cada pila una señal de puntería en coronación o cabeza de pila y para pilas con una altura superior a 20 metros, otra señal en pie de pila, a una altura tal que no sea directamente accesible.
- En estructuras con pilas de fuste múltiple se controlará cada fuste extremo, en los mismos puntos que se indican en el caso de pilas de fuste único.

En los estribos se dispondrá de una señal en ambos lados del alzado frontal.

## **1.2. Control altimétrico:**

Para el control altimétrico de las estructura es de fundamental importancia partir de bases de nivelación que no sufran alteraciones en su posición, fijándolas en lugares que no tengan influencia de los movimientos de la estructura ni de los terraplenes que en la mayoría de los casos la continúan.

Al colocar los clavos de nivelación sobre el tablero, que es sin duda lo más indicado para el control, se debe resolver dónde colocar los puntos fijos y que se puedan vincular entre sí de manera simple. En el caso de encontrar por ejemplo roca a una distancia razonable de la estructura donde enclavar la base, no habrá que buscar otra solución.

Pero si lo que antecede y continúa de la estructura es terraplén, lo más probable es que tenga movimientos, haciéndolo inadecuado como referencia fija. Colocar la base en la parte inferior, fuera del terraplén, conlleva el problema de trasladar la cota hasta arriba del tablero. Esto puede resultar muy engorroso y hasta imposible en algunos lugares, además de introducir errores que resultan inaceptables para los resultados esperados.

Lo que se propone es colocar la base de nivelación en la parte inferior, cerca del estribo, y en dicho estribo colocar un clavo de nivelación horizontal. Sobre la estructura colocar otro clavo, coincidiendo lo más posible con la vertical que pasa por el inferior. De esta manera ambos clavos mantendrán la diferencia de altura inalterada ya que están fijados a una misma estructura de hormigón y no será necesario conocer la medida que los separa.

El proceso de medición sería entonces, partir de la base y medir el clavo horizontal. Luego darle al clavo sobre el tablero una cota arbitraria y a partir de éste hacer la nivelación del resto. En controles futuros sólo habrá que verificar si ha habido movimiento relativo entre la base y el clavo inferior. Si se encuentra alguna diferencia, se le aplicará la misma al clavo sobre el tablero y con este nuevo valor se verificará el resto de los clavos.

Es importante que se coloquen dos bases en cada extremo y también dos clavos horizontales a cada lado del estribo para tener control entre ambas bases y detectar si alguna ha sido movida.

El número de puntos de control en cada estructura dependerá, al igual que en la planimetría, del tipo de pilas:

- En estructuras con pilas de fuste único se instalará en coronación, para cada pila, un clavo para nivelación en un lateral de la plataforma.

- En estructuras con pilas de fuste múltiple se instalará en coronación, y para cada pila extrema, un clavo para nivelación en cada lateral de la plataforma.
- En estribos se dispondrán en todos los casos dos clavos para nivelación, uno en cada lateral.

Las bases de nivelación se fijarán a una zapata de hormigón, dos en cada extremo de la estructura. Se emplazarán siempre en terrenos de ADIF y en lo posible en lugares en los que no se corra el riesgo de que sufran alteraciones, manipulación o vandalismo.

## **2. Descripción de los elementos implantados para el control.**

- 2.1. Pilares de observación
- 2.2. Bases de nivelación.
- 2.3. Clavos de nivelación.
- 2.4. Placas de puntería. (dianas)

### **2.1. Pilares de observación**

Están contruidos de hormigón en masa con una base de 1,50 por 1,50 metros y 0,30 de altura; en el centro una columna armada de 315 milímetros de diámetro y un metro de altura se alza sobre la base. Para esto se utiliza un tubo de PVC de 1,20 metros que queda empotrado a la base. En el interior lleva una armadura de 4 hierros de 10mm con cercos del 8 cada 25 cm. En la base se coloca un mallazo de 25 por 25 cm en la parte inferior.

En la parte superior de la columna se ancla el centrado forzoso que consiste en una placa circular de acero inoxidable de 170 milímetros de diámetro y 10 de espesor; en el centro lleva soldado un tornillo de acero inoxidable con rosca Whitworth de paso de 5/8", donde se fija directamente la base nivelante del instrumento de medición o el prisma reflectante.

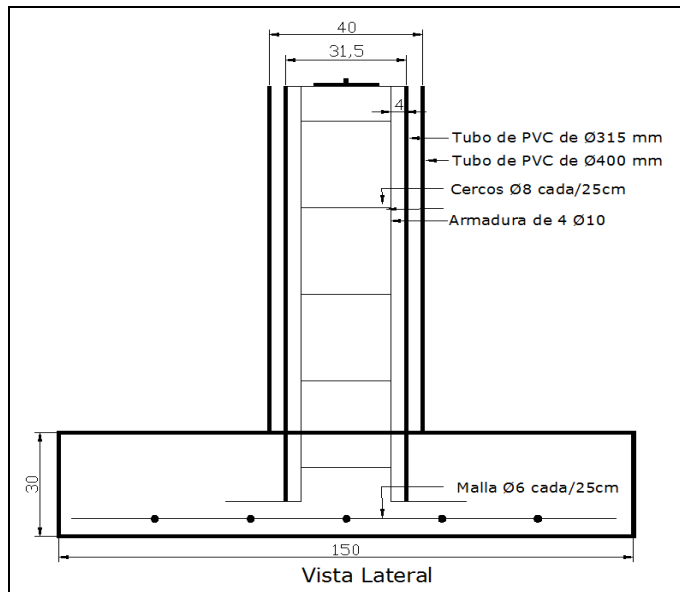
Esta placa se fija por medio de tres anclajes al hormigón del pilar y para su protección se coloca una tapa, también de acero inoxidable, fijada a la base mediante un pasador sujeto la vástago central y un candado de cierre.

Como protección del pilar se coloca un tubo exterior de PVC de 400 milímetros de diámetro separados del central por medio de tiras de poliestireno y poliuretano expandido.

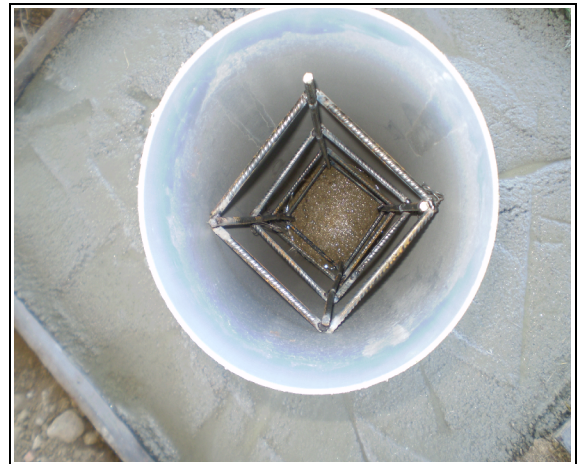
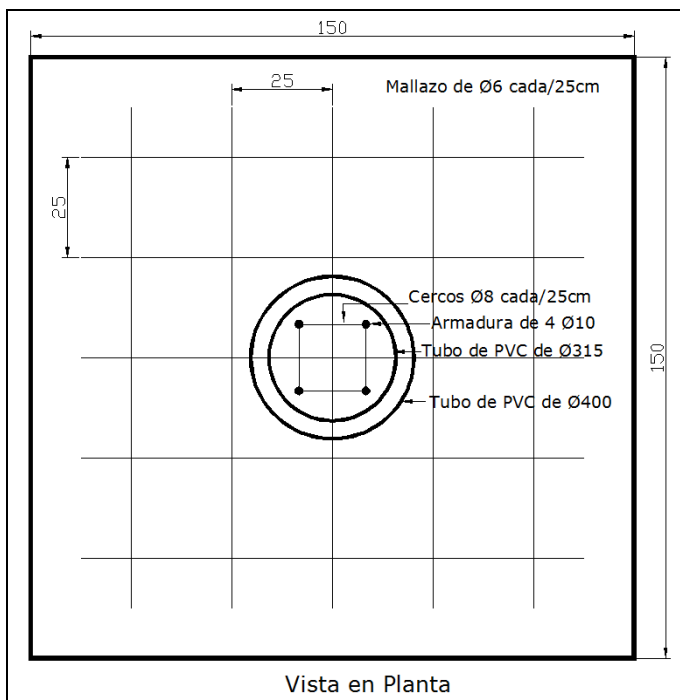
Para una mayor estabilidad del hito se construyen dentro de pozos excavados de la misma dimensión de la base, de tal manera que quedan enterradas y sólo el pilar sobresale.

La altura del pilar por sobre la zapata es de aproximadamente un metro dependiendo del tipo de terreno y la cantidad de hormigón utilizado.

## Documento gráfico descriptivo: Pilar de observación.



Para una mayor estabilidad la zapata de hormigón se construye totalmente enterrada.



En el interior lleva una armadura de 4 hierros de 10mm con cercos del 8 cada 25 cm



**Documento gráfico descriptivo: Pilar de observación.**



Tubo exterior de PVC de 400 milímetros de diámetro separados del central por medio de poliuretano expandido



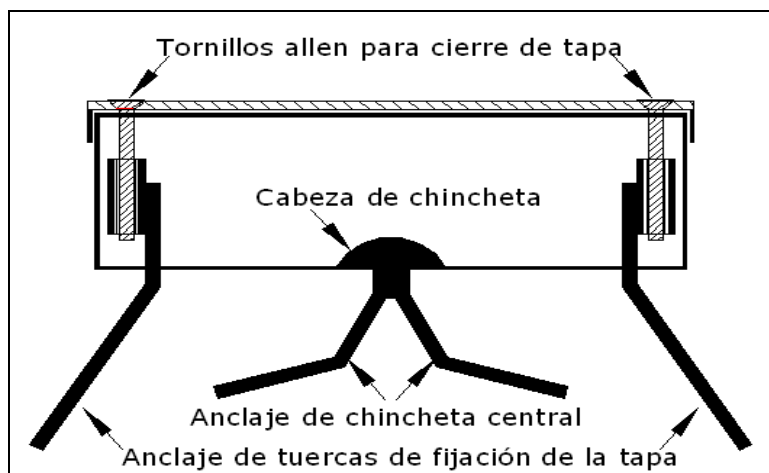


## 2.2. Base de nivelación

La base de nivelación está formada por una arqueta cilíndrica de acero inoxidable, de diámetro exterior 160 mm y 50 mm de altura. En su interior, en el centro, lleva un clavo de acero inoxidable tipo chincheta con dos anclajes que se empotran en el hormigón. La arqueta está provista de una tapa del mismo material, que se fija mediante tornillos tipo allen.

Para efectuar las lecturas, se desenrosca la tapa y la mira de nivelación se apoya en la cabeza semiesférica del clavo de la base.

### Documento gráfico descriptivo: Bases de nivelación.



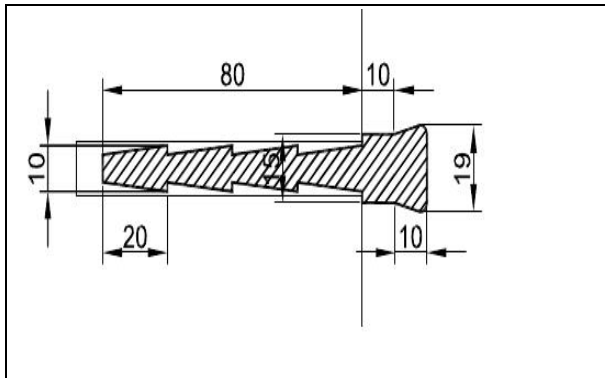
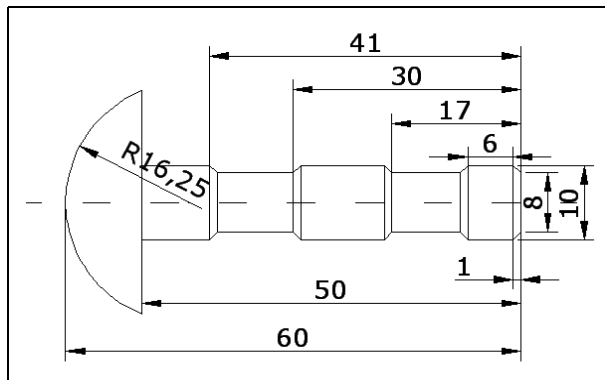
La base se fija en zapata de hormigón emplazada en terreno lo más estable posible y siempre dentro de los límites de propiedad de ADIF.

### 2.3. Clavos de nivelación

Hay dos tipos, ambos de acero inoxidable. Uno posee un vástago de 10 mm de diámetro y una cabeza semiesférica de 30 mm de diámetro; la longitud total es de 60 mm. Se empotran sobre el tablero del viaducto.

El otro tipo es para colocar horizontalmente en los estribos; tiene un diámetro de 20 mm y 90 mm de largo con escotaduras para su mejor fijación. Se fijan al hormigón con resinas de alta resistencia.

#### Documento gráfico descriptivo: Clavos de nivelación.





## **2.4. Placas o señales de puntería**

Las señales de puntería se instalan en los puntos de la estructura que se quieren controlar y deben ofrecer una buena visualización para facilitar la puntería y además resistir las condiciones ambientales sin deterioro.

Consisten en unas dianas reflectantes autoadesivas de 60 por 60 milímetros, montadas sobre una base de acero inoxidable de 70 por 80 milímetros por 2 de espesor.

Se fijan por medio de dos tornillos también de acero inoxidable a tacos expansivos colocados en perforaciones hechas en el hormigón, se le coloca también taco químico de alta resistencia para mejorar su fijación.

### **Documento gráfico descriptivo: Señal de puntería.**



### 3. Instrumental utilizado y método de trabajo.

#### 3.1. Planimetría

La obtención de las coordenadas planimétricas de las señales de puntería colocadas en la estructura se hace mediante triangulación, esto es, midiendo ángulos horizontal, vertical y distancia. La misma se realiza de acuerdo con los principios tradicionales de la topografía siendo el sistema de referencia utilizado uno arbitrario local.

Se estaciona el taquímetro en un pilar, arrumbando con otro de la red que tiene colocado un prisma. Se mide cada pilar, en los que previamente ya se ha fijado un prisma, al menos tres veces en CI, repitiendo lo mismo en CD. Luego se reitera este mismo procedimiento con cada diana visible, terminando con una nueva tanda de lecturas a las bases. Esto mismo se realiza en cada uno de los pilares que conforman la red diseñada.

Con los datos colectados se ajusta la red por el método de mínimos cuadrados. Primero se resuelve la red de pilares de observación y a partir de las coordenadas obtenidas de las bases, se ajusta la red de dianas. Los cálculos se realizan con una aplicación desarrollada para el programa GNU Octave de libre circulación que corre bajo el sistema operativo Linux.

#### Especificaciones:

Estación Total

Marca:

Sokkia

Modelo:

530R

Anteojo

Longitud:

171 mm

Abertura:

45 mm (EDM: 48 mm)

Aumentos:

30X

Imagen:

Directa

Resolución:

3"

Campo visual:

1° 30'

Enfoque mínimo:

1,3 m.

Tornillo de enfoque:

1 velocidad

Iluminación del retículo:

5 niveles de  
luminosidad

Círculos horizontales y verticales:

Codificador absoluto  
giratorio

Unidades de ángulo:

Grados/Gon/Mil

(seleccionable)

Lectura mínima en pantalla:

1" (0,2 mgon/0,005 mil)/5" (1 mgon/0,02 mil)

Precisión:

5" (1,5 mgon/0,02 mil)

Tiempo de medición:

Menos de 0,5 segundos

Compensador automático:

Encendido (V & H/V)/Apagado (seleccionable)

Tipo:

Sensor líquido de inclinación de 2 ejes



|                                                 |                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lectura mínima en pantalla:                     | Acorde con el mínimo ángulo de medición mostrado en pantalla                                                                        |
| Rango de compensación:                          | $\pm 3'$                                                                                                                            |
| Modo de medición:                               | Ángulo horizontal: Derecha/izquierda (seleccionable)                                                                                |
| Ángulo vertical:                                | Cenit/Vertical/Vertical $\pm 90^\circ$ /% (seleccionable)                                                                           |
| Medición de distancia                           |                                                                                                                                     |
| Método de medición:                             | Sistema de medición de observación coaxial por contraste de fases                                                                   |
| Origen de la señal:                             | (Diodo láser rojo de 690 nm (Clase 2 IEC60825-1 2001-2)                                                                             |
| Rango de medición:                              | (Con un prisma reflectante/prisma de lámina reflectante de Sokkia y en condiciones atmosféricas normales)                           |
| Lámina reflectante RS90N-K:                     | 3,0 a 500 m/1640 pies                                                                                                               |
| Lámina reflectante RS50N-K:                     | 3,0 a 300 m/980 pies                                                                                                                |
| Lámina reflectante RS10N-K:                     | 3,0 a 100 m/320 pies                                                                                                                |
| Prisma compacto CP01:                           | 1,3 a 800 m/2.620 pies                                                                                                              |
| Prisma estándar AP 01 X 1:                      | 1,3 a 4000 m/13000 pies                                                                                                             |
| Prisma estándar AP 03 X 3:                      | 1,3 a 5000 m/16000 pies                                                                                                             |
| Prisma ORIPA con minisoporte:                   | 1,3 a 500 m/1640 pies                                                                                                               |
| Sin prisma :                                    | 1,3 a 100 m / 320 pies                                                                                                              |
| Lectura mínima en pantalla:                     |                                                                                                                                     |
| Medición precisa:                               | 0,001 m/0,01 pies                                                                                                                   |
| Precisión:                                      |                                                                                                                                     |
| (con prisma) Medición precisa:                  | $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$                                                                                       |
| Origen de la señal:                             | LED infrarrojo (Clase 1 IEC 60825-1: 1993)                                                                                          |
| Corrección atmosférica:                         |                                                                                                                                     |
| Rango de introducción de temperatura:           | - 30 a 60°C (incrementos de 1°C)                                                                                                    |
| Rango de introducción de presión:               | 500 a 1.400 hPa (incrementos de 1hPa)<br>375 a 1.050 mmHg (incrementos de 1 mmHg)<br>14.8 a 41,3 pulgHg (incrementos de 0,1 pulgHg) |
| Rango de introducción de ppm:                   | -499 a 499 ppm (incrementos de 1 ppm)                                                                                               |
| Corrección de la constante del prisma:          | -99 a 99 mm (incrementos de 1 mm)<br>0 mm fijados para mediciones sin prisma                                                        |
| Curvatura terrestre y corrección de refracción: | No/Sí K=0,142 /Sí K=0,20 (seleccionable)                                                                                            |

### Necesidad de corrección atmosférica

La distancia se mide la con un haz de luz, pero la velocidad de dicha luz varía según el índice de refracción de la luz en la atmósfera. Este índice de refracción varía según la temperatura y la presión. Condiciones de temperatura y presión casi normales:

- Con una presión constante, un cambio de temperatura de 1°: un cambio de índice de 1 ppm.
- Con una temperatura constante, un cambio de presión de 3.6 hPa: un cambio de índice de 1 ppm.

Para realizar mediciones de alta precisión, hay que hallar el factor de corrección atmosférica, a partir de mediciones aún más precisas de la temperatura y de la presión, para luego realizar una corrección atmosférica.

### Corrección atmosférica para humedad relativa

La humedad ejerce una influencia menor, especialmente en las mediciones de distancias cortas. El efecto de la humedad se debe tener en cuenta en aquellos casos en que la temperatura y la humedad son muy elevadas y resulta necesario realizar mediciones de alta precisión de distancias especialmente largas que no es en este caso donde las distancias son cortas.

### **3.2. Nivelación**

Para el control de movimientos verticales de la estructura se realiza la nivelación geométrica de los clavos empotrados en el tablero y estribos.

El proceso consiste en partir de una cota fija, arbitraria, en este caso las bases ya colocadas en lugares no expuestos a movimientos y se recorre todo el tramo midiendo cada uno de los clavos en ambas direcciones, haciendo el cierre en el punto de partida. Se tiene así un error de cierre que deberá ser inferior a la tolerancia propuesta que es:

$$T = 1,5 (K)^{1/2}$$

donde K es la longitud del itinerario en kilómetros.

Para lograr mejores resultados deberán tenerse presentes algunas pautas como no hacer tramos de más de 50 metros, 25 a cada lado y siempre que sea posible desde el punto medio. Trabajar en horarios sin reverberación y en tiempos cortos en los que haya poca variación climática.

La mira deberá ser cuidadosamente colocada, nivelada y mantenida sin movimientos con ayuda de bastones. Tener especial cuidado en la fijación de las bases transitorias para puntos intermedios.

### Nivel Digital Trimble DINI.

**Precisión** . . . . . DIN 18723, desviación típica en la medición de altura  
en 1 km (3280,84 pies) de nivelación doble

*Trimble DINI 0,3 mm por km*

Medición electrónica

Mira invar precisa con escala codificada. . . . . 0,3 mm (0,001 pies)

Mira estándar con escala codificada. . . . . 1,0 mm (0,004 pies)

Medición visual . . . . . 1,5 mm (0,005 pies)

Medición de distancias . . . . . con una distancia de puntería  
de 20 m (65,62 pies)

Mira invar precisa con escala codificada. . . . . 20 mm (0,066 pies)

Mira estándar con escala codificada. . . . . 25 mm (0,082 pies)

Medición visual. . . . . 0,2 m (0,656 pies)

*Trimble DINI 0,7 mm por km*

Medición electrónica

Mira invar precisa con escala codificada. . . . . 0,7 mm (0,002 pies)

Mira estándar con escala codificada. . . . . 1,3 mm (0,004 pies)

Medición visual. . . . . 2,0 mm (0,007 pies)

Medición de distancias . . . . . con una distancia de puntería  
de 20 m (65,62 pies)

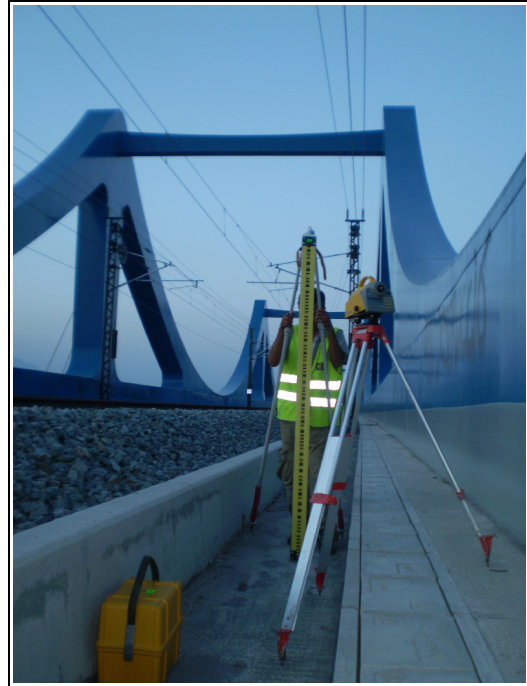
Mira invar precisa con escala codificada. . . . . 25 mm (0,082 pies)

Mira estándar con escala codificada. . . . . 30 mm (0,098 pies)

Medición visual. . . . . 0,3 m (0,984 pies)



**Documento gráfico descriptivo: Nivelaciones.**



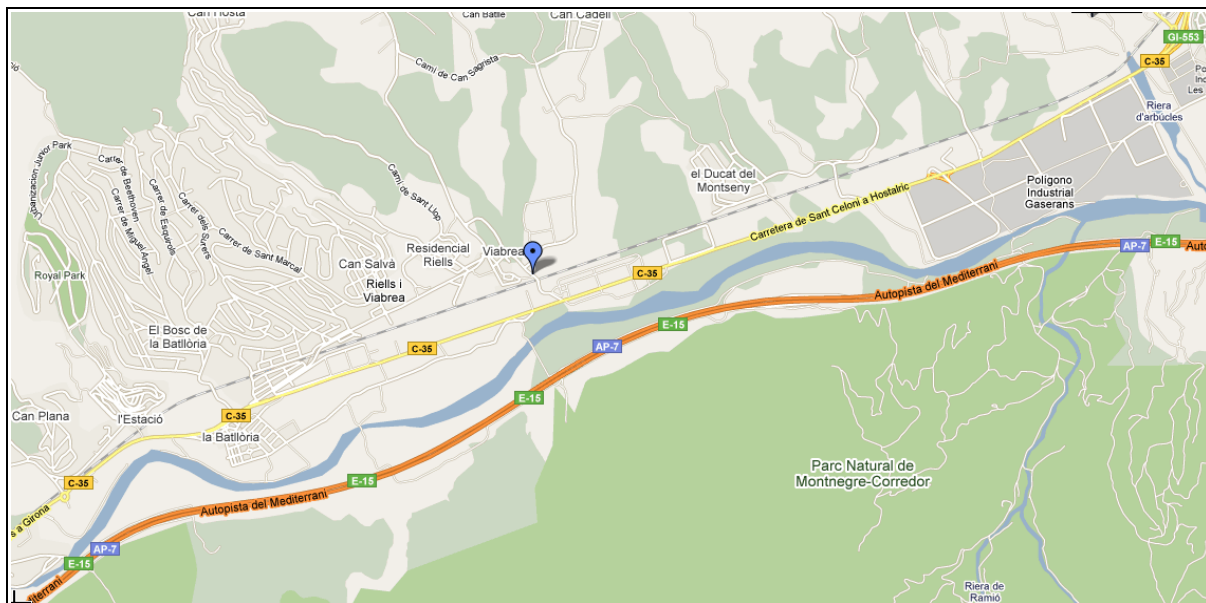
#### 4. Viaducto y su ubicación.

##### VIADUCTO DE REPIAIX

Estructura de 1 vano ubicada en los términos municipales entre Can Salvá y Sant Feliu de Buixalleu, comarca de la Selva, provincia de Gerona. Tiene un largo de 36 metros.

Se accede desde la carretera C35 girando por la calle Lugar del Riells SUP dirección GI-552, a los 250 metros se encuentra la estructura. Coordenadas: N 41° 43' 38'' E 2° 34' 14''.

##### Croquis



##### Croquis de detalle





# VIADUCTO DE REPIAIX



| Características geométricas de la estructura |    |
|----------------------------------------------|----|
| Nº de vanos                                  | 1  |
| Longitud                                     | 36 |
| Tipología de pila                            |    |

|                      | Control topográfico | Criterios:        |
|----------------------|---------------------|-------------------|
|                      |                     | Cauce y Carretera |
| Estribos             | Ambos               |                   |
| Pilas instrumentadas |                     |                   |

|                                                         | Unidades         |                     |
|---------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
|                                                         | Control en pilas | Control en estribos |
| Bases para estacionamiento de Estación Total (pilares)  | 2                |                     |
| Señales de puntería                                     |                  | 4                   |
| Clavos empotrables                                      |                  | 4                   |
| Base fija para nivelación de precisión (bases con tapa) | 4                |                     |

# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

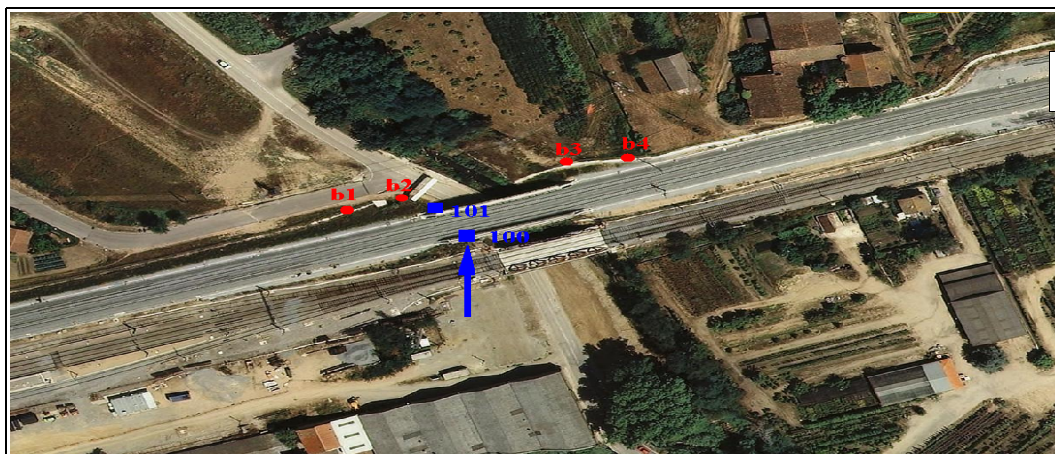
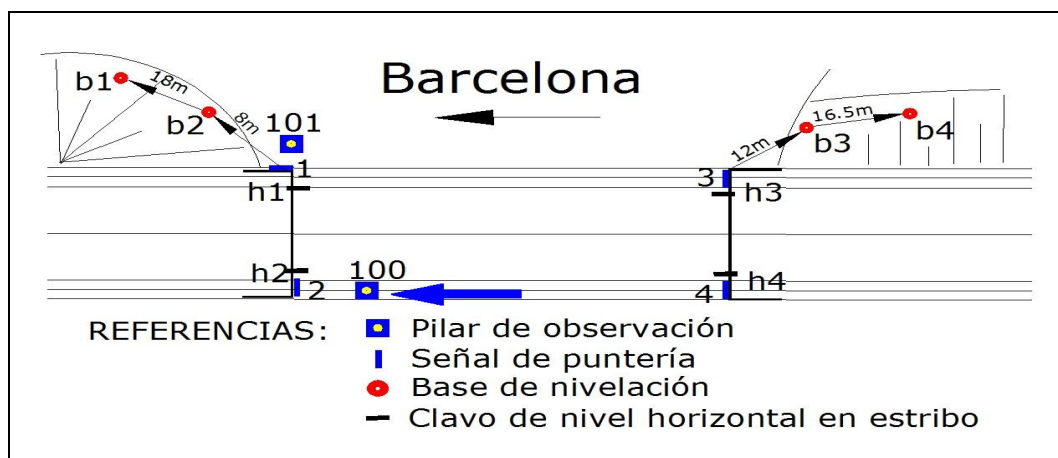
## DESCRIPCIÓN DE LOS VÉRTICES DE CONTROL

|                                    |                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>NOMBRE VIADUCTO:</b> DE REPIAIX | <b>MUNICIPIO:</b> CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| <b>PROVINCIA:</b> GERONA           | <b>FECHA:</b> JUNIO 2010                            |
| <b>PILAR NÚMERO:</b> 100           |                                                     |



Pilar de observación situado en el margen derecho de la estructura, fijado en zapata de hormigón de 1,5x1,5x0.30 metros, sobre roca firme.

Croquis de detalle



Satélite



# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

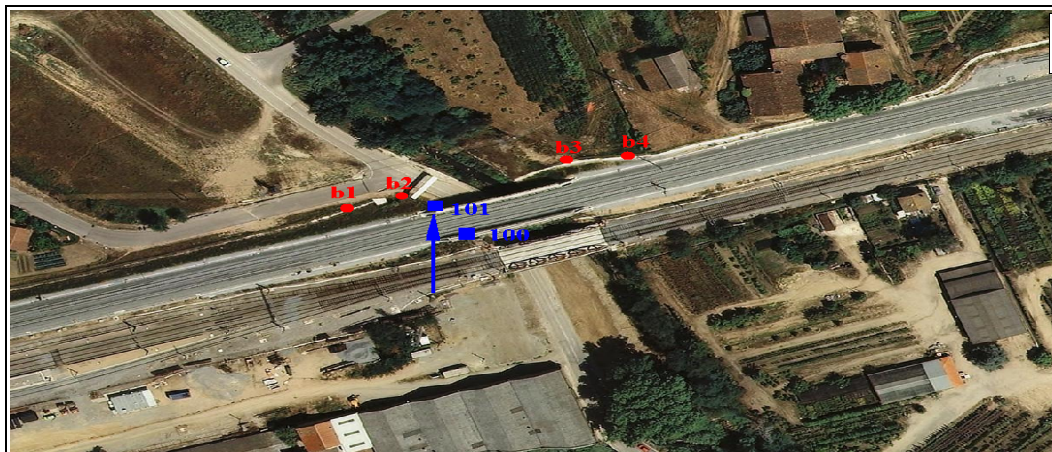
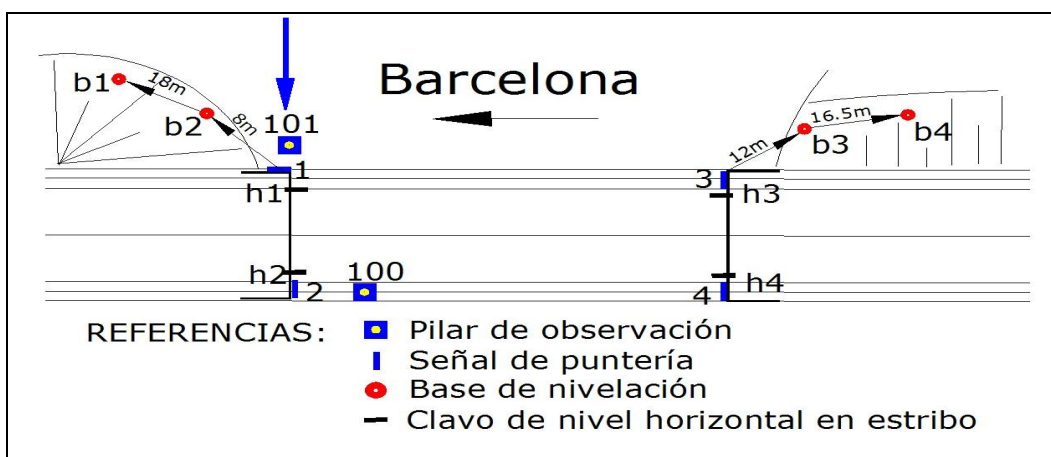
## DESCRIPCIÓN DE LOS VÉRTICES DE CONTROL

|                                    |                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>NOMBRE VIADUCTO:</b> DE REPIAIX | <b>MUNICIPIO:</b> CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| <b>PROVINCIA:</b> GERONA           | <b>FECHA:</b> JUNIO 2010                            |
| <b>PILAR NÚMERO:</b> 101           |                                                     |



Pilar de observación situado en el margen derecho de la estructura, fijado en zapata de hormigón de 1,5x1,5x0.30 metros,

Croquis de detalle

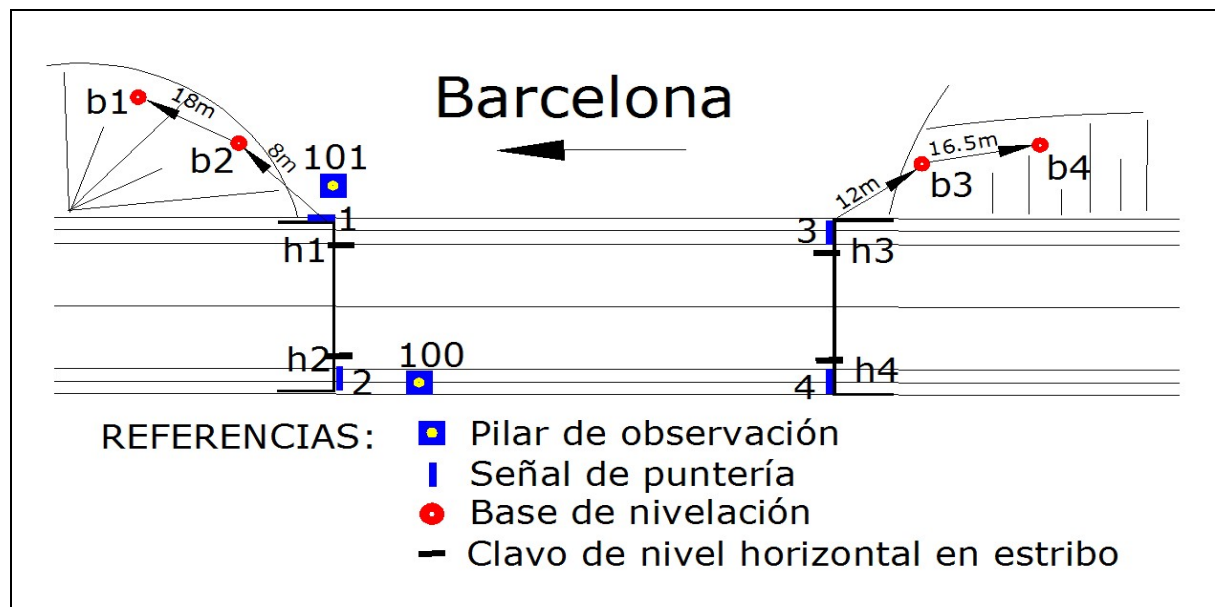


Satélite

# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

## DESCRIPCIÓN DE LAS SEÑALES DE PUNTERÍA

|                                          |                                                     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>NOMBRE VIADUCTO:</b> DE REPJAIX       | <b>MUNICIPIO:</b> CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| <b>PROVINCIA:</b> GERONA                 | <b>FECHA:</b> JUNIO 2010                            |
| <b>SEÑALES DE PUNTERÍA INSTALADAS:</b> 4 |                                                     |



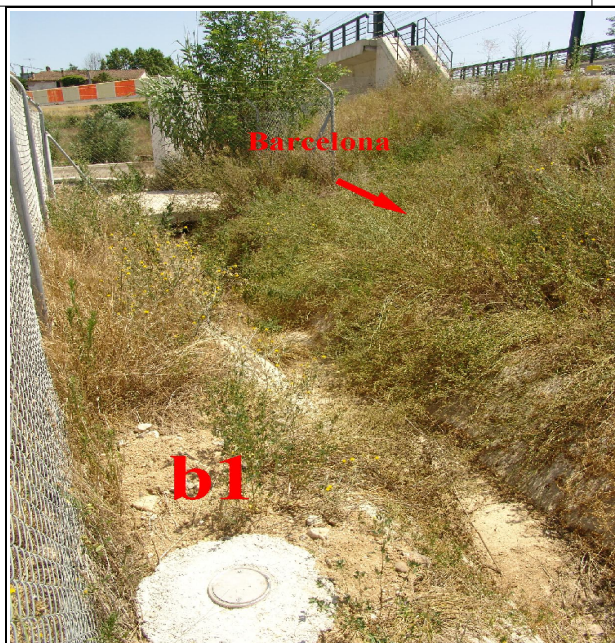
Se instalaron en los estribos 4 señales de puntería, una en cada extremo superior.



# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

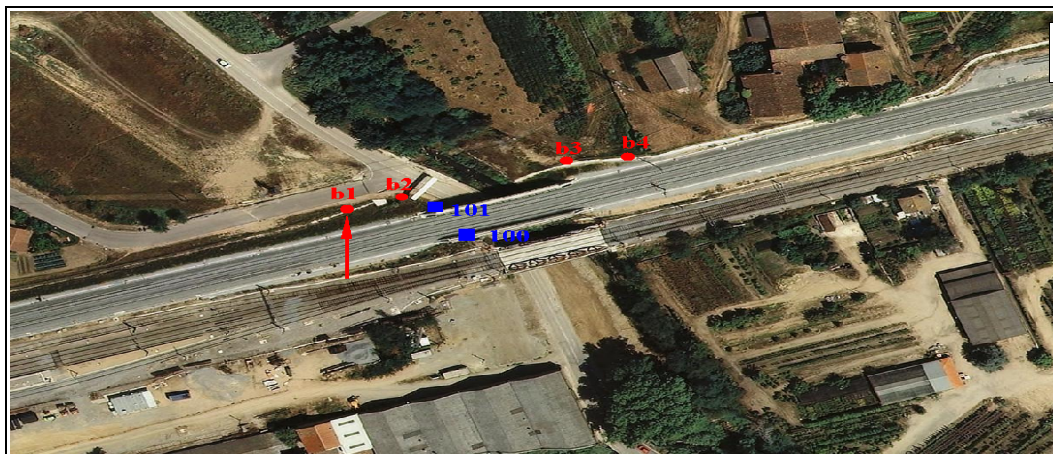
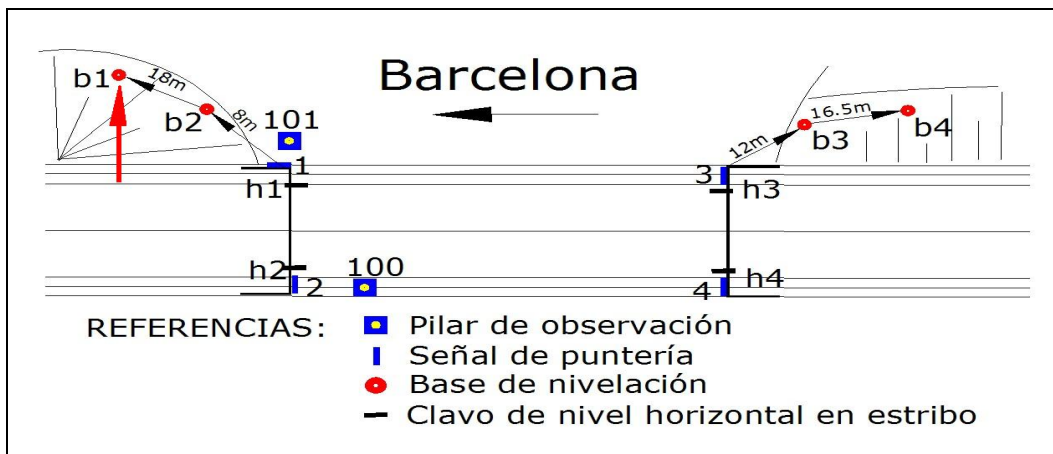
## DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE NIVELACIÓN

|                                    |                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>NOMBRE VIADUCTO:</b> DE REPJAIX | <b>MUNICIPIO:</b> CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| <b>PROVINCIA:</b> GERONA           | <b>FECHA:</b> JUNIO 2010                            |
| <b>BASE NÚMERO:</b> b1             |                                                     |



Base de nivelación fijada en zapata de hormigón, en el margen izquierdo de la estructura. En terreno firme fuera de terraplén

Croquis de detalle



Satélite



# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

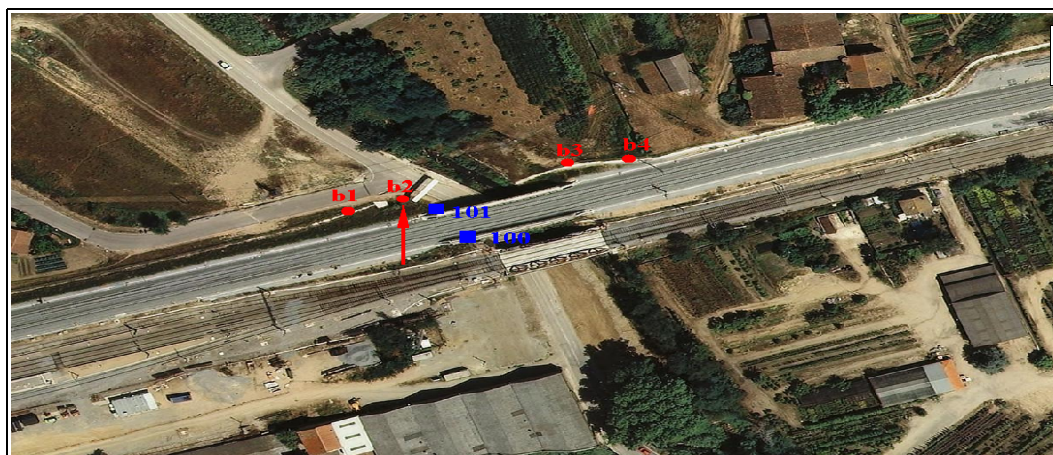
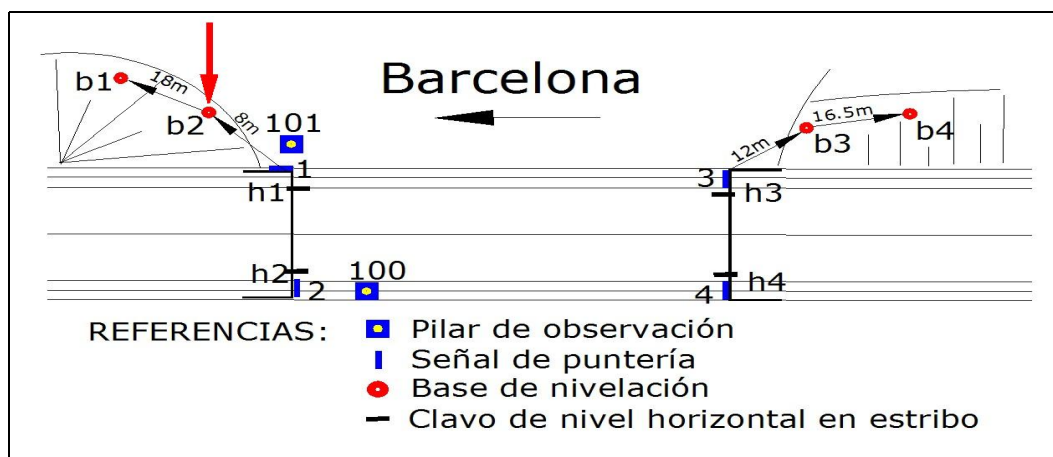
## DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE NIVELACIÓN

|                             |                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| NOMBRE VIADUCTO: DE REPIAIX | MUNICIPIO: CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| PROVINCIA: GERONA           | FECHA: JUNIO 2010                            |
| BASE NÚMERO: b2             |                                              |



Base de nivelación fijada en zapata de hormigón, en el margen izquierdo de la estructura. En terreno firme fuera de terraplén

Croquis de detalle



Satélite



# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

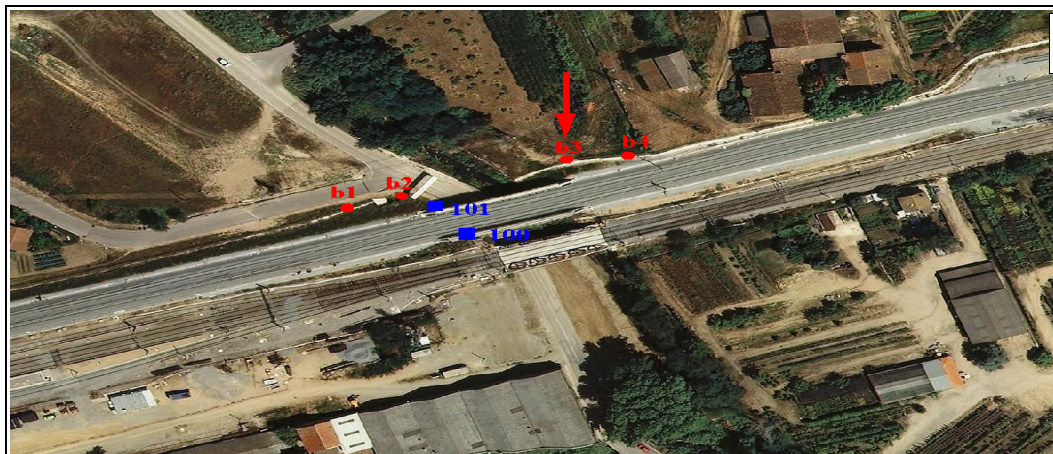
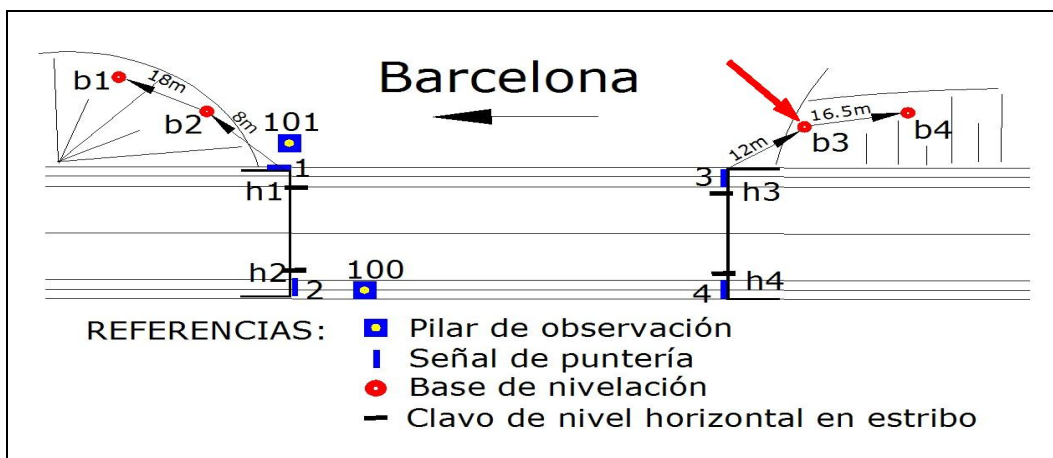
## DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE NIVELACIÓN

|                             |                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| NOMBRE VIADUCTO: DE REPIAIX | MUNICIPIO: CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| PROVINCIA: GERONA           | FECHA: JUNIO 2010                            |
| BASE NÚMERO: b3             |                                              |



Base de nivelación fijada en zapata de hormigón, en el margen izquierdo de la estructura. En terreno firme fuera de terraplén

Croquis de detalle

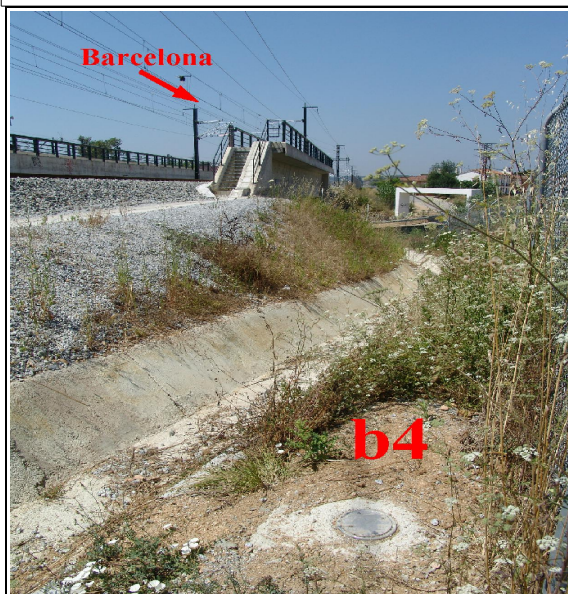


Satélite

# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

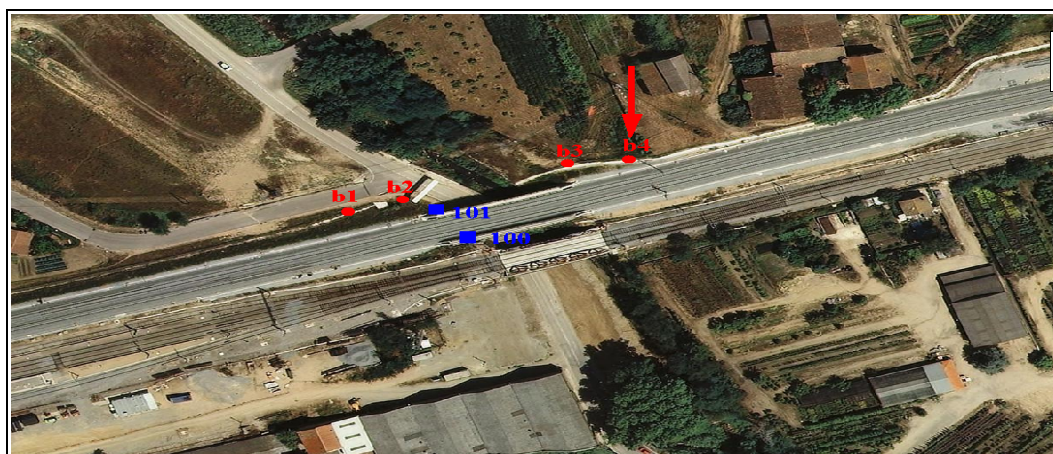
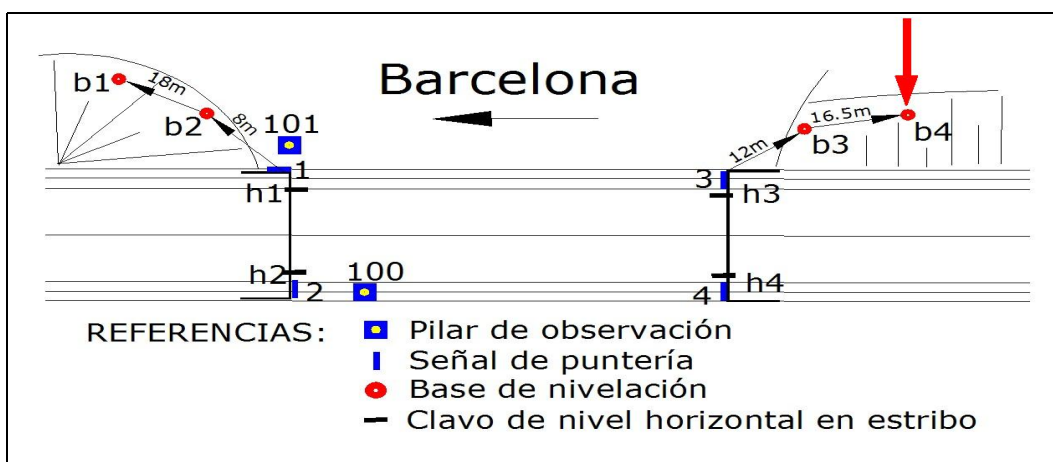
## DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE NIVELACIÓN

|                            |                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| NOMBRE VIADUCTO: DE REPJAX | MUNICIPIO: CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| PROVINCIA: GERONA          | FECHA: JUNIO 2010                            |
| BASE NÚMERO: b4            |                                              |



Base de nivelación fijada en zapata de hormigón, en el margen izquierdo de la estructura. En terreno firme fuera de terraplén

Croquis de detalle



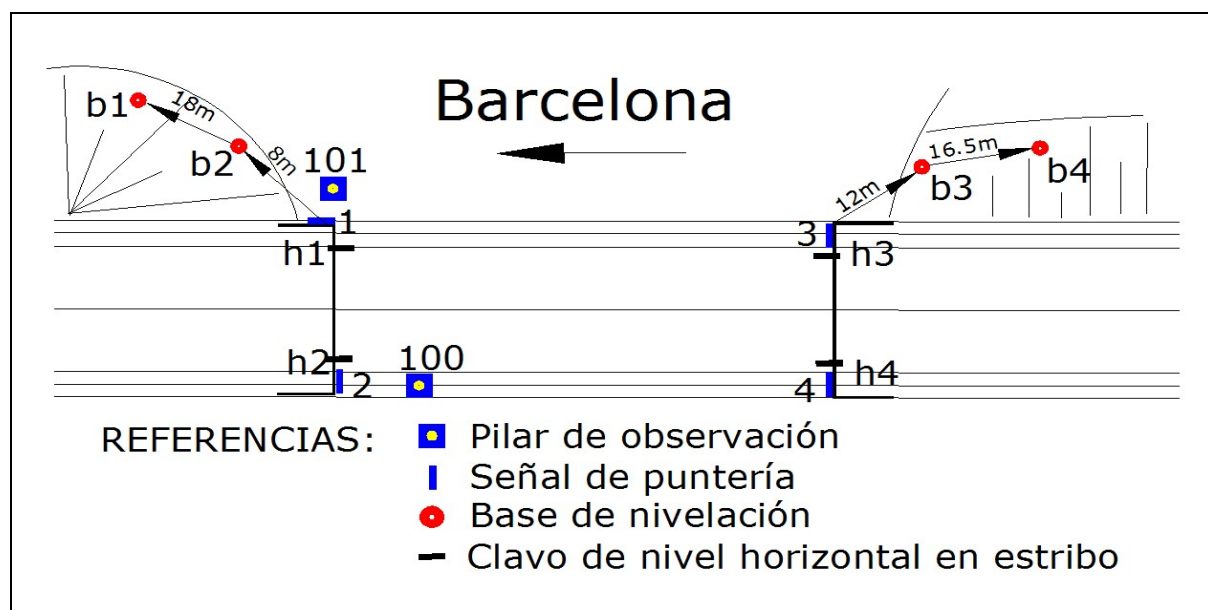
Satélite



# CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD (AVE) TRAMO: SANT CELONI - RIELLS

## DESCRIPCIÓN DE LOS CLAVOS DE NIVELACIÓN

|                                    |                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>NOMBRE VIADUCTO:</b> DE REPJAIX | <b>MUNICIPIO:</b> CAN SALVA-SANT FELIU DE BUIXALLEU |
| <b>PROVINCIA:</b> GERONA           | <b>FECHA:</b> JUNIO 2010                            |
| <b>CLAVOS INSTALADOS:</b> 4        |                                                     |



Se instalaron en el frontal de los estribos (parte inferior) 4 clavos de nivelación horizontales tipo “chincheta” de acero inoxidable.

## 6. Observación y Cálculos.

### 6.1. Planimetría

Datos de campo

Fecha: 15/06/2010 Hora: 18:30 Temperatura: 23° Presión atmosférica: 1002 hpa

| Estación | Pto. Visado | Áng. Horiz. | Áng. Vert. | Distancia |
|----------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 100      | 101         | 399.9998    | 99.8554    | 17.7730   |
| 100      | 101         | 399.9998    | 99.8556    | 17.7730   |
| 100      | 101         | 399.9998    | 99.8554    | 17.7734   |
| 100      | 101         | 199.9998    | 300.1450   | 17.7722   |
| 100      | 101         | 199.9998    | 300.1450   | 17.7728   |
| 100      | 101         | 199.9998    | 300.1452   | 17.7732   |
| 100      | 2           | 121.0516    | 322.0700   | 5.6968    |
| 100      | 2           | 121.0518    | 322.0702   | 5.6974    |
| 100      | 2           | 121.0504    | 322.0704   | 5.6970    |
| 100      | 3           | 296.7314    | 303.6732   | 32.4120   |
| 100      | 3           | 296.7306    | 303.6742   | 32.4130   |
| 100      | 3           | 296.7310    | 303.6732   | 32.4128   |
| 100      | 4           | 324.7794    | 304.1150   | 29.5220   |
| 100      | 4           | 324.7794    | 304.1150   | 29.5220   |
| 100      | 4           | 324.7794    | 304.1148   | 29.5220   |
| 100      | 2           | 321.0498    | 77.9300    | 5.6970    |
| 100      | 2           | 321.0498    | 77.9298    | 5.6978    |
| 100      | 2           | 321.0498    | 77.9294    | 5.6970    |
| 100      | 3           | 96.7286     | 96.3266    | 32.4092   |
| 100      | 3           | 96.7288     | 96.3266    | 32.4090   |
| 100      | 3           | 96.7288     | 96.3266    | 32.4092   |
| 100      | 4           | 124.7782    | 95.8864    | 29.5218   |
| 100      | 4           | 124.7780    | 95.8864    | 29.5222   |
| 100      | 4           | 124.7778    | 95.8864    | 29.5220   |
| 100      | 101         | 399.9988    | 99.8532    | 17.7730   |
| 100      | 101         | 399.9990    | 99.8536    | 17.7730   |
| 100      | 101         | 399.9990    | 99.8532    | 17.7736   |
| 100      | 101         | 200.0010    | 300.1484   | 17.7730   |
| 100      | 101         | 200.0010    | 300.1446   | 17.7726   |
| 100      | 101         | 200.0008    | 300.1440   | 17.7722   |
| 101      | 100         | 199.9994    | 100.7600   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 199.9996    | 100.7602   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 199.9996    | 100.7606   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 0.0006      | 299.2394   | 17.7736   |
| 101      | 100         | 0.0006      | 299.2396   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 0.0006      | 299.2398   | 17.7740   |
| 101      | 1           | 202.7894    | 66.7234    | 3.7342    |
| 101      | 1           | 202.7894    | 66.7234    | 3.7334    |
| 101      | 1           | 202.7896    | 66.7234    | 3.7336    |
| 101      | 3           | 129.4444    | 96.9280    | 36.1510   |
| 101      | 3           | 129.4444    | 96.9282    | 36.1510   |
| 101      | 3           | 129.4444    | 96.9284    | 36.1510   |
| 101      | 4           | 151.9198    | 97.1514    | 39.8060   |
| 101      | 4           | 151.9198    | 97.1516    | 39.8062   |
| 101      | 4           | 151.9196    | 97.1516    | 39.8060   |

| Estación | Pto. Visado | Áng. Horiz. | Áng. Vert. | Distancia |
|----------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 101      | 1           | 2.7920      | 333.2774   | 3.7326    |
| 101      | 1           | 2.7920      | 333.2776   | 3.7332    |
| 101      | 1           | 2.7920      | 333.2778   | 3.7330    |
| 101      | 3           | 329.4478    | 303.0708   | 36.1500   |
| 101      | 3           | 329.4474    | 303.0710   | 36.1490   |
| 101      | 3           | 329.4474    | 303.0710   | 36.1504   |
| 101      | 4           | 351.9208    | 302.8480   | 39.8010   |
| 101      | 4           | 351.9208    | 302.8482   | 39.8010   |
| 101      | 4           | 351.9210    | 302.8486   | 39.8018   |
| 101      | 100         | 0.0020      | 299.2454   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 0.0016      | 299.2456   | 17.7732   |
| 101      | 100         | 0.0018      | 299.2458   | 17.7738   |
| 101      | 100         | 200.0002    | 100.7628   | 17.7740   |
| 101      | 100         | 200.0000    | 100.7626   | 17.7742   |
| 101      | 100         | 200.0002    | 100.7624   | 17.7742   |

## Coordenadas aproximadas

| Punto | X         | Y         |
|-------|-----------|-----------|
| 1     | 999.8581  | 2014.5413 |
| 2     | 994.9320  | 2001.7396 |
| 3     | 1032.3141 | 2001.6612 |
| 4     | 1027.2565 | 1988.8206 |
| 100   | 1000.0000 | 2000.0000 |
| 101   | 999.9998  | 2017.7729 |

## Ajuste de la red de pilares de observación

### Observaciones angulares

| Observ. | Residuo | Test Baarda | Nº redund. | Mín. E. det |
|---------|---------|-------------|------------|-------------|
| 1       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 2       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 3       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 4       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 5       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 6       | -0.0024 | -1.5463     | 0.9583     | 0.0044      |
| 7       | -0.0034 | -2.1818     | 0.9583     | 0.0044      |
| 8       | -0.0032 | -2.0547     | 0.9583     | 0.0044      |
| 9       | -0.0032 | -2.0547     | 0.9583     | 0.0044      |
| 10      | 0.0012  | 0.7837      | 0.9583     | 0.0044      |
| 11      | 0.0012  | 0.7837      | 0.9583     | 0.0044      |
| 12      | 0.0014  | 0.9108      | 0.9583     | 0.0044      |
| 13      | 0.0028  | 1.8005      | 0.9583     | 0.0044      |
| 14      | 0.0026  | 1.6734      | 0.9583     | 0.0044      |
| 15      | 0.0026  | 1.6734      | 0.9583     | 0.0044      |
| 16      | 0.0016  | 1.0379      | 0.9583     | 0.0044      |
| 17      | 0.0016  | 1.0379      | 0.9583     | 0.0044      |
| 18      | 0.0016  | 1.0379      | 0.9583     | 0.0044      |
| 19      | 0.0002  | 0.1483      | 0.9583     | 0.0044      |
| 20      | 0.0006  | 0.4025      | 0.9583     | 0.0044      |
| 21      | 0.0004  | 0.2754      | 0.9583     | 0.0044      |
| 22      | 0.0020  | 1.2921      | 0.9583     | 0.0044      |
| 23      | 0.0022  | 1.4192      | 0.9583     | 0.0044      |
| 24      | 0.0020  | 1.2921      | 0.9583     | 0.0044      |

### Observación de distancias

|    |         |         |        |        |
|----|---------|---------|--------|--------|
| 1  | -0.0002 | -0.0930 | 0.9583 | 0.0058 |
| 2  | -0.0002 | -0.0930 | 0.9583 | 0.0058 |
| 3  | -0.0006 | -0.2857 | 0.9583 | 0.0058 |
| 4  | 0.0006  | 0.2926  | 0.9583 | 0.0058 |
| 5  | 0.0000  | 0.0035  | 0.9583 | 0.0058 |
| 6  | -0.0004 | -0.1891 | 0.9583 | 0.0058 |
| 7  | -0.0002 | -0.0923 | 0.9583 | 0.0058 |
| 8  | -0.0002 | -0.0924 | 0.9583 | 0.0058 |
| 9  | -0.0008 | -0.3814 | 0.9583 | 0.0058 |
| 10 | -0.0002 | -0.0918 | 0.9583 | 0.0058 |
| 11 | 0.0002  | 0.0997  | 0.9583 | 0.0058 |
| 12 | 0.0006  | 0.2923  | 0.9583 | 0.0058 |
| 13 | 0.0000  | 0.0133  | 0.9583 | 0.0058 |
| 14 | 0.0000  | 0.0137  | 0.9583 | 0.0058 |
| 15 | 0.0000  | 0.0143  | 0.9583 | 0.0058 |
| 16 | 0.0004  | 0.2070  | 0.9583 | 0.0058 |
| 17 | 0.0000  | 0.0140  | 0.9583 | 0.0058 |
| 18 | 0.0000  | 0.0137  | 0.9583 | 0.0058 |
| 19 | 0.0000  | 0.0047  | 0.9583 | 0.0058 |
| 20 | 0.0008  | 0.3898  | 0.9583 | 0.0058 |
| 21 | 0.0002  | 0.1004  | 0.9583 | 0.0058 |
| 22 | 0.0000  | 0.0178  | 0.9583 | 0.0058 |
| 23 | -0.0002 | -0.0788 | 0.9583 | 0.0058 |
| 24 | -0.0002 | -0.0791 | 0.9583 | 0.0058 |

## Desplazamientos de coordenadas ajustadas

| Punto | dx     | dy      |
|-------|--------|---------|
| 101   | 0.0008 | -0.0001 |

## Elipses de error

| Punto | S. mayor | S. menor | Azimut   |
|-------|----------|----------|----------|
| 101   | 0.0011   | 0.0002   | 399.9978 |

## Coordenadas ajustadas

| Punto | X         | Y         |
|-------|-----------|-----------|
| 100   | 1000.0000 | 2000.0000 |
| 101   | 1000.0006 | 2017.7728 |

Ajuste de toda la red considerando fijos las coordenadas ajustadas de los pilares de observación.

## Observaciones angulares

| Observ. | Residuo | Test Baarda | Nº redund. | Mín. E. det |
|---------|---------|-------------|------------|-------------|
| 1       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 2       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 3       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 4       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 5       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 6       | -0.0024 | -1.8281     | 1.0000     | 0.0043      |
| 7       | -0.0011 | -0.8778     | 0.8333     | 0.0047      |
| 8       | -0.0013 | -1.0424     | 0.8333     | 0.0047      |
| 9       | 0.0001  | 0.1097      | 0.8333     | 0.0047      |
| 10      | -0.0011 | -0.8513     | 0.8862     | 0.0046      |
| 11      | -0.0003 | -0.2129     | 0.8862     | 0.0046      |
| 12      | -0.0007 | -0.5321     | 0.8862     | 0.0046      |
| 13      | -0.0006 | -0.4515     | 0.8802     | 0.0046      |
| 14      | -0.0006 | -0.4515     | 0.8802     | 0.0046      |
| 15      | -0.0006 | -0.4515     | 0.8802     | 0.0046      |
| 16      | 0.0007  | 0.6035      | 0.8333     | 0.0047      |
| 17      | 0.0007  | 0.6035      | 0.8333     | 0.0047      |
| 18      | 0.0007  | 0.6035      | 0.8333     | 0.0047      |
| 19      | 0.0017  | 1.3832      | 0.8862     | 0.0046      |
| 20      | 0.0015  | 1.2235      | 0.8862     | 0.0046      |
| 21      | 0.0015  | 1.2235      | 0.8862     | 0.0046      |
| 22      | 0.0006  | 0.5094      | 0.8802     | 0.0046      |
| 23      | 0.0008  | 0.6696      | 0.8802     | 0.0046      |
| 24      | 0.0010  | 0.8297      | 0.8802     | 0.0046      |
| 25      | -0.0034 | -2.5794     | 1.0000     | 0.0043      |
| 26      | -0.0032 | -2.4291     | 1.0000     | 0.0043      |
| 27      | -0.0032 | -2.4291     | 1.0000     | 0.0043      |
| 28      | 0.0012  | 0.9266      | 1.0000     | 0.0043      |

| Observ. | Residuo | Test Baarda | Nº redund. | Mín. E. det |
|---------|---------|-------------|------------|-------------|
| 29      | 0.0012  | 0.9266      | 1.0000     | 0.0043      |
| 30      | 0.0014  | 1.0768      | 1.0000     | 0.0043      |
| 31      | 0.0028  | 2.1286      | 1.0000     | 0.0043      |
| 32      | 0.0026  | 1.9783      | 1.0000     | 0.0043      |
| 33      | 0.0026  | 1.9783      | 1.0000     | 0.0043      |
| 34      | 0.0016  | 1.2271      | 1.0000     | 0.0043      |
| 35      | 0.0016  | 1.2271      | 1.0000     | 0.0043      |
| 36      | 0.0016  | 1.2271      | 1.0000     | 0.0043      |
| 37      | 0.0013  | 1.0973      | 0.8333     | 0.0047      |
| 38      | 0.0013  | 1.0973      | 0.8333     | 0.0047      |
| 39      | 0.0011  | 0.9327      | 0.8333     | 0.0047      |
| 40      | 0.0011  | 0.8793      | 0.8990     | 0.0046      |
| 41      | 0.0011  | 0.8793      | 0.8990     | 0.0046      |
| 42      | 0.0011  | 0.8793      | 0.8990     | 0.0046      |
| 43      | 0.0004  | 0.2746      | 0.9180     | 0.0045      |
| 44      | 0.0004  | 0.2746      | 0.9180     | 0.0045      |
| 45      | 0.0006  | 0.4315      | 0.9180     | 0.0045      |
| 46      | -0.0013 | -1.0424     | 0.8333     | 0.0047      |
| 47      | -0.0013 | -1.0424     | 0.8333     | 0.0047      |
| 48      | -0.0013 | -1.0424     | 0.8333     | 0.0047      |
| 49      | -0.0023 | -1.8147     | 0.8990     | 0.0046      |
| 50      | -0.0019 | -1.4977     | 0.8990     | 0.0046      |
| 51      | -0.0019 | -1.4977     | 0.8990     | 0.0046      |
| 52      | -0.0006 | -0.5094     | 0.9180     | 0.0045      |
| 53      | -0.0006 | -0.5094     | 0.9180     | 0.0045      |
| 54      | -0.0008 | -0.6663     | 0.9180     | 0.0045      |
| 55      | 0.0002  | 0.1753      | 1.0000     | 0.0043      |
| 56      | 0.0006  | 0.4758      | 1.0000     | 0.0043      |
| 57      | 0.0004  | 0.3255      | 1.0000     | 0.0043      |
| 58      | 0.0020  | 1.5276      | 1.0000     | 0.0043      |
| 59      | 0.0022  | 1.6778      | 1.0000     | 0.0043      |
| 60      | 0.0020  | 1.5276      | 1.0000     | 0.0043      |

## Observación de distancias

| Observ. | Residuo | Test Baarda | Nº redund. | Mín. E. det |
|---------|---------|-------------|------------|-------------|
| 1       | -0.0002 | -0.1099     | 1.0000     | 0.0057      |
| 2       | -0.0002 | -0.1100     | 1.0000     | 0.0057      |
| 3       | -0.0006 | -0.3377     | 1.0000     | 0.0057      |
| 4       | 0.0006  | 0.3459      | 1.0000     | 0.0057      |
| 5       | 0.0000  | 0.0041      | 1.0000     | 0.0057      |
| 6       | -0.0004 | -0.2236     | 1.0000     | 0.0057      |
| 7       | 0.0003  | 0.2133      | 0.8333     | 0.0062      |
| 8       | -0.0002 | -0.1393     | 0.8333     | 0.0062      |
| 9       | 0.0002  | 0.1022      | 0.8333     | 0.0062      |
| 10      | -0.0012 | -0.6730     | 0.9396     | 0.0060      |
| 11      | -0.0021 | -1.2343     | 0.9396     | 0.0060      |
| 12      | -0.0020 | -1.1357     | 0.9396     | 0.0060      |
| 13      | 0.0001  | 0.0835      | 0.9318     | 0.0060      |
| 14      | 0.0001  | 0.0835      | 0.9318     | 0.0060      |
| 15      | 0.0001  | 0.0800      | 0.9318     | 0.0060      |
| 16      | 0.0001  | 0.0945      | 0.8333     | 0.0062      |

| Observ. | Residuo | Test Baarda | Nº redund. | Min. E. det |
|---------|---------|-------------|------------|-------------|
| 18      | 0.0002  | 0.1061      | 0.8333     | 0.0062      |
| 19      | 0.0016  | 0.9496      | 0.9396     | 0.0060      |
| 20      | 0.0018  | 1.0653      | 0.9396     | 0.0060      |
| 21      | 0.0016  | 0.9496      | 0.9396     | 0.0060      |
| 22      | 0.0003  | 0.1755      | 0.9318     | 0.0060      |
| 23      | -0.0001 | -0.0574     | 0.9318     | 0.0060      |
| 24      | 0.0001  | 0.0591      | 0.9318     | 0.0060      |
| 25      | -0.0002 | -0.1091     | 1.0000     | 0.0057      |
| 26      | -0.0002 | -0.1093     | 1.0000     | 0.0057      |
| 27      | -0.0008 | -0.4509     | 1.0000     | 0.0057      |
| 28      | -0.0002 | -0.1085     | 1.0000     | 0.0057      |
| 29      | 0.0002  | 0.1179      | 1.0000     | 0.0057      |
| 30      | 0.0006  | 0.3455      | 1.0000     | 0.0057      |
| 31      | 0.0000  | 0.0158      | 1.0000     | 0.0057      |
| 32      | 0.0000  | 0.0162      | 1.0000     | 0.0057      |
| 33      | 0.0000  | 0.0169      | 1.0000     | 0.0057      |
| 34      | 0.0004  | 0.2447      | 1.0000     | 0.0057      |
| 35      | 0.0000  | 0.0165      | 1.0000     | 0.0057      |
| 36      | 0.0000  | 0.0162      | 1.0000     | 0.0057      |
| 37      | -0.0008 | -0.4846     | 0.8333     | 0.0062      |
| 38      | -0.0001 | -0.0458     | 0.8333     | 0.0062      |
| 39      | -0.0002 | -0.1555     | 0.8333     | 0.0062      |
| 40      | -0.0014 | -0.7931     | 0.9418     | 0.0060      |
| 41      | -0.0014 | -0.7963     | 0.9418     | 0.0060      |
| 42      | -0.0014 | -0.7995     | 0.9418     | 0.0060      |
| 43      | -0.0027 | -1.5312     | 0.9366     | 0.0060      |
| 44      | -0.0029 | -1.6495     | 0.9366     | 0.0060      |
| 45      | -0.0027 | -1.5344     | 0.9366     | 0.0060      |
| 46      | 0.0006  | 0.4078      | 0.8333     | 0.0062      |
| 47      | 0.0001  | 0.0824      | 0.8333     | 0.0062      |
| 48      | 0.0003  | 0.1958      | 0.8333     | 0.0062      |
| 49      | -0.0004 | -0.2362     | 0.9418     | 0.0060      |
| 50      | 0.0006  | 0.3428      | 0.9418     | 0.0060      |
| 51      | -0.0008 | -0.4634     | 0.9418     | 0.0060      |
| 52      | 0.0023  | 1.3366      | 0.9366     | 0.0060      |
| 53      | 0.0023  | 1.3398      | 0.9366     | 0.0060      |
| 54      | 0.0015  | 0.8859      | 0.9366     | 0.0060      |
| 55      | 0.0000  | 0.0056      | 1.0000     | 0.0057      |
| 56      | 0.0008  | 0.4608      | 1.0000     | 0.0057      |
| 57      | 0.0002  | 0.1187      | 1.0000     | 0.0057      |
| 58      | 0.0000  | 0.0211      | 1.0000     | 0.0057      |
| 59      | -0.0002 | -0.0932     | 1.0000     | 0.0057      |
| 60      | -0.0002 | -0.0936     | 1.0000     | 0.0057      |

## Desplazamientos de coordenadas ajustadas

| Punto | dx     | dy      |
|-------|--------|---------|
| 1     | 0.0008 | -0.0002 |
| 2     | 0.0000 | 0.0000  |
| 3     | 0.0001 | -0.0001 |
| 4     | 0.0004 | 0.0000  |

## Elipses de error

| Punto | S. mayor | S. menor | Azimut   |
|-------|----------|----------|----------|
| 1     | 0.0017   | 0.0001   | 397.2093 |
| 2     | 0.0017   | 0.0001   | 378.9495 |
| 3     | 0.0011   | 0.0005   | 389.2308 |
| 4     | 0.0011   | 0.0005   | 366.5606 |

## Coordenadas ajustadas

| Punto | X         | Y         |
|-------|-----------|-----------|
| 1     | 999.8589  | 2014.5411 |
| 2     | 994.9320  | 2001.7396 |
| 3     | 1032.3142 | 2001.6611 |
| 4     | 1027.2569 | 1988.8206 |
| 100   | 1000.0000 | 2000.0000 |
| 101   | 1000.0006 | 2017.7728 |



## 6.2. Nivelación.

Tablero

Fecha: 15/06/2010 Hora: 18:30 Temperatura: 25°

Estribo Barcelona

|            | <i>Lecturas</i> |                 | <i>Distancias</i> |               | <i>Cotas</i> |
|------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|--------------|
|            | <i>Atras</i>    | <i>Adelante</i> | <i>Espalda</i>    | <i>Frente</i> |              |
| <b>b1r</b> | 0.9391          |                 | 11.92             |               | 100.0000     |
| <b>b2</b>  |                 | 1.6368          |                   | 6.96          | 99.3023      |
| b2r        | 0.6788          |                 | 3.89              |               |              |
| p1         |                 | 1.5343          |                   | 3.87          | 98.4468      |
| p1r        | 1.1143          |                 | 10.6              |               |              |
| <b>h1</b>  |                 | 1.2953          |                   | 6.62          | 98.2658      |
| <b>h2</b>  |                 | 1.2993          |                   | 8.23          | 98.2618      |
| p1r        | 1.5022          |                 | 4.09              |               |              |
| <b>b2</b>  |                 | 0.6467          |                   | 3.64          | 99.3023      |
| b2r        | 1.6626          |                 | 6.81              |               |              |
| <b>b1</b>  |                 | 0.9649          |                   | 11.94         | 100.0000     |
|            |                 |                 | <b>37.31</b>      | <b>41.27</b>  |              |

Estribo Francia

|            | <i>Lecturas</i> |                 | <i>Distancias</i> |               | <i>Cotas</i> |
|------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|--------------|
|            | <i>Atras</i>    | <i>Adelante</i> | <i>Espalda</i>    | <i>Frente</i> |              |
| <b>b4r</b> | 0.4489          |                 | 6.53              |               | 100.0000     |
| <b>b3</b>  |                 | 1.8797          |                   | 9.87          | 98.5692      |
| b3r        | 0.0683          |                 | 10.5              |               |              |
| p1         |                 | 1.3005          |                   | 7.08          | 97.3369      |
| p1r        | 0.9782          |                 | 8.55              |               |              |
| <b>h3</b>  |                 | 0.7081          |                   | 7.21          | 97.6071      |
| <b>h4</b>  |                 | 1.0833          |                   | 6.45          | 97.2318      |
| p1r        | 1.2684          |                 | 7.29              |               |              |
| <b>b3</b>  |                 | 0.0362          |                   | 10.24         | 98.5692      |
| b3r        | 1.9055          |                 | 9.72              |               |              |
| <b>b4r</b> |                 | 0.4747          |                   | 6.55          | 100.0000     |
|            |                 |                 | <b>42.59</b>      | <b>47.4</b>   |              |

### Resumen de las cotas de los puntos de nivelación

Estribo lado Barcelona

| Punto     | Cota            |
|-----------|-----------------|
| <b>b1</b> | <b>100.0000</b> |
| <b>b2</b> | <b>99.3023</b>  |
| <b>h3</b> | <b>98.2658</b>  |
| <b>h4</b> | <b>98.2618</b>  |

Estribo lado Francia

| Punto     | Cota            |
|-----------|-----------------|
| <b>b4</b> | <b>100.0000</b> |
| <b>b3</b> | <b>98.5692</b>  |
| <b>h3</b> | <b>97.6071</b>  |
| <b>h4</b> | <b>97.2318</b>  |

## ANEJO 9: INSPECCIÓN DE CAUCE

En esta estructura no hay inspección de cauce.