

# Medida por vibración de la tensión en alambres, cordones y barras

BIENVENIDO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (\*)

**RESUMEN** El conocimiento de la tensión real a la que están sometidos los elementos de acero que trabajan a tracción formando parte de piezas de hormigón armado o pretensado o bien arriostrando conjuntos estructurales diversos constituye una información muy valiosa, si no esencial, para efectuar evaluaciones precisas de su comportamiento y nivel de seguridad.

Las barras, alambres o cables interiores encargados de soportar los esfuerzos de tracción por flexión en jácenas y viguetas de hormigón armado o pretensado o los tirantes exteriores de atado entre muros solicitados a tracción pura, son ejemplos de elementos que están sometidos a tensiones cuya magnitud es preciso conocer para estimar adecuadamente el nivel de sollicitación real que soporta en servicio la pieza de la que forman parte y analizar su reserva de seguridad.

Para efectuar la medición de las tensiones de estos elementos conviene disponer de un método escasamente destructivo, que sea sencillo, rápido y lo suficientemente preciso para el fin que se pretende. Por ello tiene interés estudiar la validez de la utilización del método vibratorio en los tirantes metálicos del tipo aludido, considerando las condiciones reales en las que estos trabajan habitualmente.

## MEASUREMENT BY VIBRATION OF THE STRESS IN WIRES, FLANGES AND BARS

**ABSTRACT** A knowledge of the true stress to which the steel elements are subjected when they work under tension, forming part of blocks of reinforced or prestressed concrete, or bracing diverse structural complexes, constitutes a truly valuable piece of information, although not essential, when it comes to making precise evaluations of their behaviour and degree of safety.

The internal bars, wires or cables which have to support the bending tensile stresses found in girders and beams of reinforced or prestressed concrete, or the external securing stays between walls subjected to pure tension, are examples of elements which are submitted to stresses whose magnitude must be known in order to adequately estimate the true level of strain supported by the piece of which they are part, and to analyse their safety margin.

In order to carry out the measurement of the stresses in these elements, what is required is a minimally destructive method, that is simple, rapid and sufficiently precise for the given purpose. It is therefore worth studying the validity of the use of the vibratory method on the metallic stays mentioned, taking into consideration the real conditions under which they habitually have to work.

**Palabras clave:** Vibración; Tensión; Cables.

## 1. EL MÉTODO VIBRATORIO

El método se basa en la teoría de las cuerdas vibrantes que tiene en cuenta la relación existente entre la frecuencia propia de un cable y el esfuerzo de tracción que soporta.

El procedimiento operativo consiste en fijar uno o varios acelerómetros al cable cuya tensión se pretende medir. Se provoca la excitación del conjunto mediante un pequeño golpe y se registran y analizan las vibraciones producidas. En el caso de mediciones a efectuar en cables embebidos, obviamente se hace preciso eliminar previamente el recubrimiento y hormigón próximo que los envuelve, dejándolos exentos en una longitud determinada.

Los acelerómetros pueden ser de diversos tipos. Los de tipo piezoeléctrico están constituidos de una masa solidarizada a un cuarzo piezoeléctrico. Cuando este conjunto entra en vibra-

ción, la masa aplica una fuerza al elemento piezoeléctrico. Esta fuerza es proporcional a la aceleración. El cuarzo genera entonces una señal eléctrica proporcional a esta fuerza y por tanto a la aceleración. Para que la medida efectuada corresponda fielmente a la vibración del cable, la fijación del sensor debe impedir cualquier movimiento del captador respecto al cable.

El analizador de Fourier es un elemento fundamental en la cadena de medida de vibraciones. Es él el que efectúa la transformada de Fourier de la señal generada por los captadores, proporcionando el espectro de frecuencias, es decir el diagrama que relaciona la amplitud con las diferentes frecuencias presentes en la señal estudiada.

## 2. SOPORTE TEÓRICO

Se entiende por cuerda vibrante, un hilo tenso, con masa pero sin rigidez alguna a flexión. La frecuencia de vibración viene dada por la conocida fórmula:

$$f_1 = 1/2l \sqrt{T/\mu}$$

(\*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.

donde:

$f_i$  : frecuencia para el modo  $i$ .

$l$  : luz.

$T$  : tensión.

$\mu$  : masa por metro lineal.

$i$  : modo de vibración.

Si un cable se comporta como una cuerda vibrante la curva que representa las frecuencias correspondientes a los sucesivos modos de vibración será una recta de pendiente  $1/2 l \sqrt{T/\mu}$ , circunstancia cuya comprobación exigiría la obtención de las frecuencias de varios modos de vibración.

Sin embargo, este comportamiento no se producirá en general en las barras y cables usuales, los cuales tienen una rigidez no despreciable y sus extremos presentan un tipo de coacción muy próxima al empotramiento.

En consecuencia, si se pretende un acercamiento teórico a la respuesta real de estos elementos, se hace necesario estudiar las vibraciones de una barra tensa teniendo en cuenta su rigidez a flexión y en situación de biempotramiento.

Este estudio ha sido realizado por Morse y Ingard en su obra "Theoretical Acoustics". La ecuación diferencial que rige el movimiento en el tiempo es la siguiente:

$$T d^2y/dx^2 - EI d^4y/dx^4 = \mu d^2y/dt^2$$

donde:

$T$  : tensión.

$EI$  : módulo de rigidez.

$\mu$  : masa por metro lineal.

La ecuación de las frecuencias es transcendente y es preciso resolverla por métodos numéricos, pero Morse y Ingard indican la fórmula aproximada:

$$f_i = 1/2 l \sqrt{T/\mu} (1 + 2 \sqrt{EI/Tl^3}) + (4 + \pi^2/2) EI/Tl^3$$

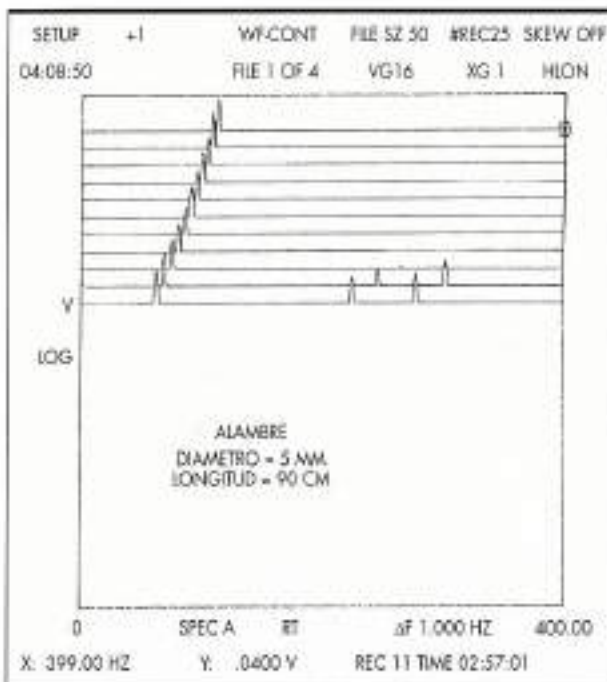


FIGURA 1.

que da la frecuencia de los modos de vibración cuando el término  $EI/Tl^3$  es pequeño.

Para la aplicación de esta fórmula se precisa conocer el módulo de elasticidad, la inercia a flexión y la luz, así como tener garantía de que los extremos de la barra se encuentran perfectamente empotrados. Estas exigencias no parecen difíciles de cumplir en buena parte de los elementos a los que se ha aludido, por lo que adquiere especial interés su empleo, siempre que se compruebe experimentalmente que las determinaciones se realizan con una fiabilidad aceptable.

Por otra parte, cuando se tratan de realizar mediciones de frecuencias en alambres o tendones de masa reducida, la propia masa del acelerómetro, aún siendo también pequeña, es frecuentemente de magnitud comparable a la de los primeros por lo que puede llegar a influir notablemente sobre sus vibraciones libres, modificando considerablemente las frecuencias naturales de aquellos. La influencia de la masa del acelerómetro sobre las vibraciones del cable dependerá además de su ubicación. Una interpretación adecuada de los resultados exigirá en general, por tanto, tener en cuenta esta masa adicional y su posición en el tramo de cable sometido a excitación.

Una cuerda sin masa ni inercia, de longitud  $l$ , sometida a una tensión  $T$ , que puede suponerse que permanece constante para pequeños desplazamientos y que soporta una masa  $m$  a una distancia  $a$  de un extremo, para oscilaciones pequeñas presenta unas frecuencias naturales que vienen dadas por la fórmula:

$$f = 1/2 l \sqrt{T/l} + ma(l-a)$$

Si comparamos esta expresión con la correspondiente a una cuerda vibrante con su masa repartida, obtendremos como masa por unidad de longitud equivalente a una masa  $m$  situada a una distancia  $a$  del extremo, la siguiente:

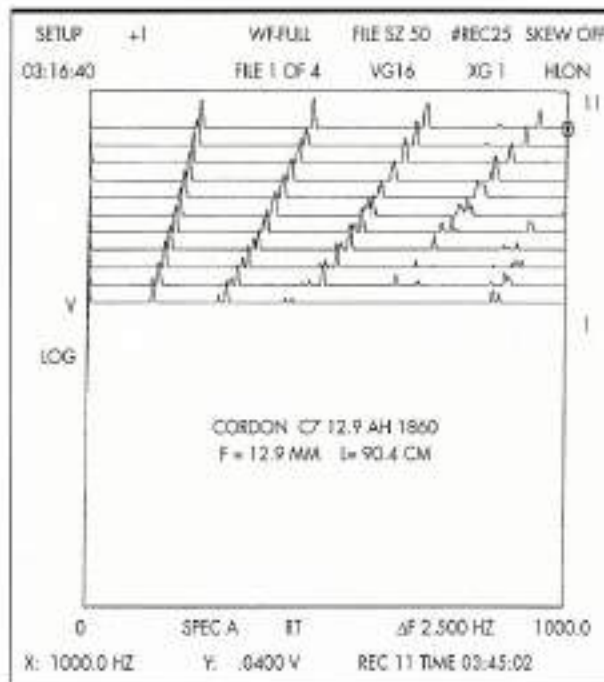


FIGURA 2.



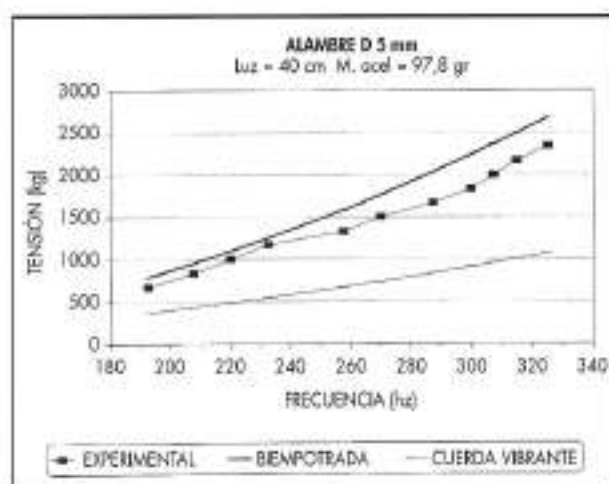


FIGURA 3.

$$\mu_{\text{aol}} = \pi^2 a (l-a) m / l^3$$

Añadiendo esta masa equivalente del acelerómetro a la masa propia del cable en la expresión general que tiene en cuenta su rigidez y las condiciones de empotramiento de los extremos obtendremos tras las operaciones pertinentes, la siguiente ecuación en  $T$ , que permite obtener explícitamente de una manera aproximada el valor de la tensión en función de la frecuencia:

$$T^2 - (B^2 - 2A) T + A^2 = 0$$

donde:

$$B = (2 f_l l^3 (\mu_{\text{aol}} + \mu_{\text{eq}})) / i - (2^3 E D^4 / l)$$

$$A = (4 + i^2 \pi^2 / 2) E I / l^3$$

### 3. ENSAYOS ANALIZADOS

Para analizar la validez del modelo teórico de vibración que tiene en cuenta tanto la rigidez y condiciones de empotramiento de los cables como la masa del acelerómetro, se han

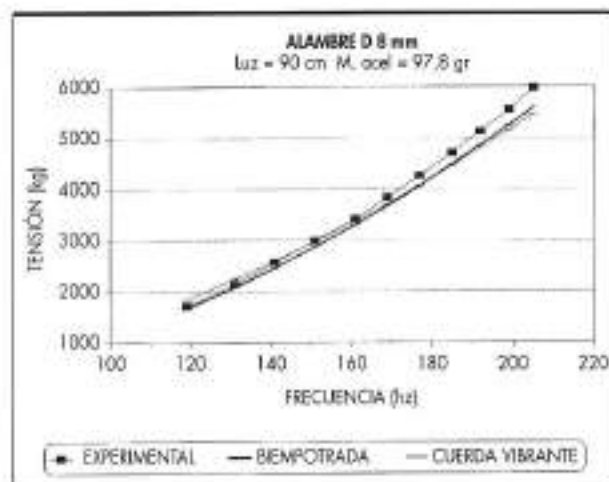


FIGURA 5.

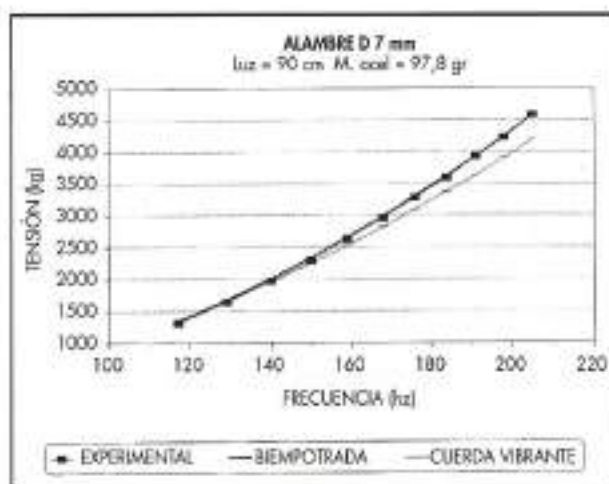


FIGURA 4.

utilizado fundamentalmente los resultados obtenidos en un estudio realizado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX en el año 1991, en el cual se analizaron las funciones de ajuste experimentales tensión-frecuencia, comparándolas con un modelo simple de cuerda vibrante.

En el estudio citado se llevaron a cabo una serie de ensayos sobre dos tipos de elementos: alambres individuales y cordones.

Los alambres eran de 4 diámetros diferentes: 5, 6, 7 y 8 mm.

Los cordones eran del tipo C7 de diámetros nominales de 9,3 mm, 12,9 mm, y 15,7 mm y masas respectivas 52 mm<sup>3</sup>, 100 mm<sup>3</sup> y 150 mm<sup>3</sup>.

Los ensayos se realizaron sobre dos muestras de cada uno de los alambres y cordones antes citados de longitudes aproximadas de 40 y 90 cm, respectivamente.

En cada uno de los ensayos se aplicaba una fuerza de tracción que aumentaba de forma progresiva desde un valor umbral que correspondía aproximadamente, al 20

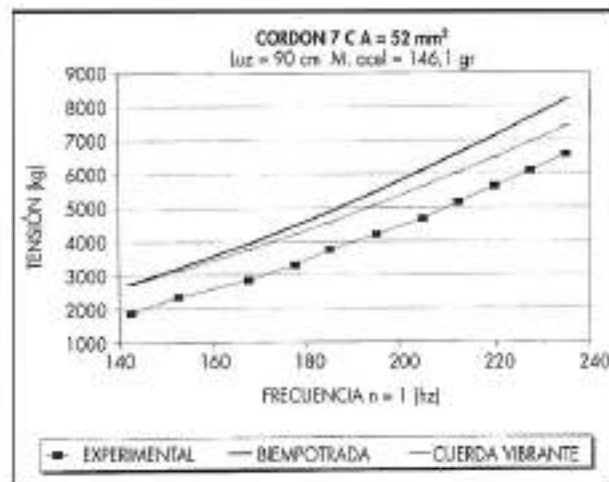


FIGURA 6.

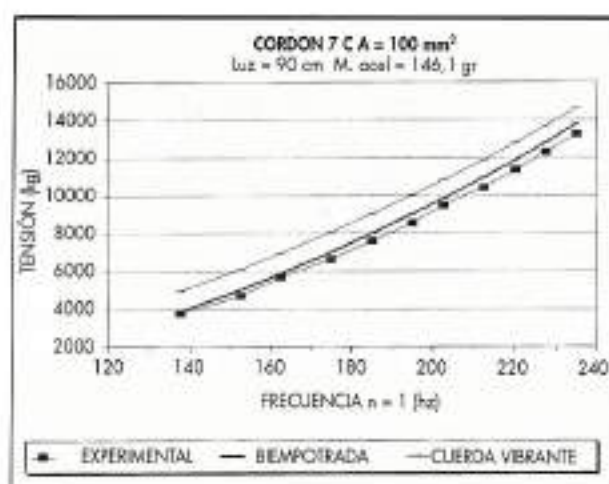


FIGURA 7.

% de la carga de rotura del tendón, hasta un valor máximo del orden del 70 % de dicha carga. La fuerza aplicada se incrementaba en escalones del 10 % de la carga de rotura.

Para cada uno de los escalones de carga se determinaba la primera frecuencia de vibración transversal del tendón a partir del registro de la aceleración en un punto del mismo. La vibración del tendón se conseguía mediante un impacto en el centro de la longitud libre entre mordazas de la máquina de tracción que permitía aplicar la tensión en el tendón.

La aceleración se midió mediante acelerómetros piezoeléctricos con rango de frecuencia entre 2,5 y 300 Hz. Para el ensayo de los alambres se utilizó un acelerómetro que junto con la abrazadera tenía 97,8 gr de masa, en tanto que para el caso de los cordones se empleó un conjunto acelerómetro-abrazadera de 146,1 gr. El acelerómetro se situó en el extremo inferior del tendón, dispuesto verticalmente, a 6 cm. del anclaje.

El análisis de frecuencia se realizó mediante un analizador de espectros Scientific Atlanta SD960, seleccionando un

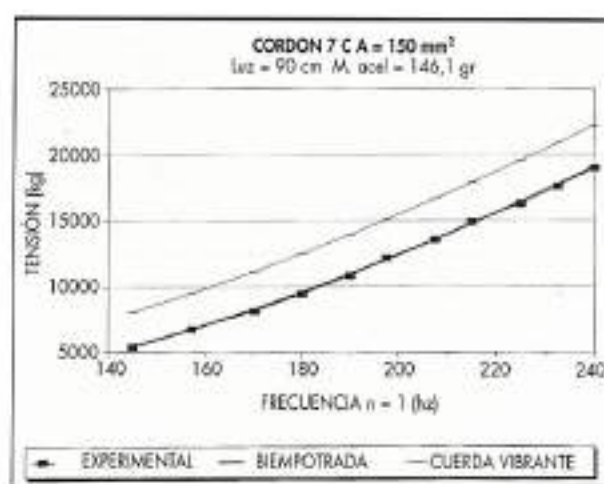


FIGURA 8.

límite superior de frecuencias de 400 Hz para el caso de los alambres y de 1000 Hz para los ensayos de tendones. La resolución en frecuencias era de 2,5 Hz en ambos casos.

En los espectros de frecuencia correspondientes al ensayo de los alambres únicamente se puso de manifiesto el primer modo de vibración transversal, exceptuando el ensayo del alambre de 5 mm, en el que se observa un segundo modo de vibración (Fig n° 1).

En el caso de los ensayos con los cordones se registra una respuesta más compleja, con varios modos de vibración superpuestos, especialmente en los ensayos con longitudes de 90 cm, información que ha sido aprovechada para realizar análisis de la relación entre frecuencia y tensión, también para el segundo modo de vibración (Fig n° 2).

Con el propósito de evaluar experimentalmente cómo influye la posición del acelerómetro en las determinaciones de la frecuencia, se han realizado ensayos sobre un alambre de 7 mm. de diámetro y 1,92 m. de longitud, en el que se ha ido modificando la posición del acelerómetro, situando éste en el centro, cuarto y extremo de la luz libre entre las mordazas de sujeción.

Finalmente y con el ánimo de contrastar los resultados obtenidos por los distintos métodos empleados en la evaluación de tensiones de unos tirantes de la Torre de Comares en la Alhambra de Granada (estudio por elementos finitos no lineales, ensayo estático y ensayo vibratorio documentados en un informe de difusión restringida), se ha realizado un análisis de los valores de frecuencia que se midieron en el ensayo vibratorio de los citados tirantes, teniendo en cuenta la rigidez de los mismos y suponiéndolos perfectamente biempotrados en sus extremos.

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados experimentales obtenidos se han comparado con los valores teóricos deducidos de dos formas diferentes: una, considerando los cables como cuerdas vibrantes sin rigidez y sin masa adicional alguna y otra, teniendo en cuenta las condiciones de biempotramiento de los mismos, su rigidez a flexión y la influencia de la masa del acelerómetro en la posición en la que se colocó.

La inercia adoptada en los cálculos para los cordones ensayados, que están constituidos por seis cables de diámetro

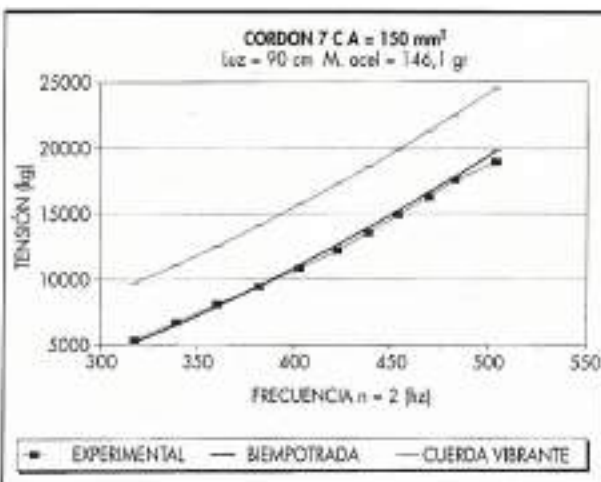


FIGURA 9.



d, arrollados sobre uno central de diámetro 1,03 d, es el valor medio de las inercias de las dos secciones transversales correspondientes a sendas posiciones extremas de los cables exteriores de los arrollamientos respecto a un eje transversal perpendicular al plano de vibración.

Las curvas, que relacionan, para cada tipo de cable la frecuencia con la tensión se presentan en gráficos que incluyen tanto los valores directamente obtenidos en los ensayos realizados como los deducidos en las hipótesis de barra biempotrada y de cuerda vibrante. Estos gráficos revelan claramente que el paralelismo y la proximidad entre las dos primeras curvas es muy superior en general al trazado que sigue la tercera. Algunos de estos casos se ilustran en las figuras nº 3 a nº 9.

Sin embargo, es preciso decir que la capacidad de predicción de la expresión que tiene en cuenta la rigidez de los cables no siempre ha resultado tan satisfactoria como hubiera sido de desear. Los cuadros de resultados que a continuación se presentan resume los parámetros estadísticos básicos de los porcentajes de error cometidos en cada caso, deduciendo valores a partir de las mediciones de las frecuencias correspondientes al primer modo de vibración.

Para los alambres ensayados con 40 cm. de luz libre:

| ALAMBRE      | D5L40  | D6L40   | D7L40  | D8L40  |
|--------------|--------|---------|--------|--------|
| Acelerómetro | a 6 cm | a 6 cm  | a 6 cm | a 6 cm |
| Media =      | 16,00% | -7,08%  | 24,70% | 12,67% |
| D.típica=    | 4,80%  | 2,89%   | 9,17%  | 7,40%  |
| Coef var=    | 29,96% | -40,90% | 37,14% | 58,39% |
| Máximo=      | 21,91% | -0,78%  | 43,07% | 30,48% |

Para los alambres ensayados con 90 cm. de luz libre:

| ALAMBRE      | D5L90  | D6L90  | D7L90  | D8L90   |
|--------------|--------|--------|--------|---------|
| Acelerómetro | a 6 cm | a 6 cm | a 6 cm | a 6 cm  |
| Media =      | 19,50% | 6,83%  | 1,13%  | -4,42%  |
| D.típica=    | 1,80%  | 1,30%  | 0,76%  | 1,07%   |
| Coef var=    | 9,26%  | 19,09% | 66,56% | -24,15% |
| Máximo=      | 23,45% | 9,94%  | 2,22%  | -2,84%  |

Para el alambre D7 mm. ensayados con 192 cm. de luz libre y distintas posiciones del acelerómetro:

| ALAMBRE      | D7L192   | D7L192    | D7L192  |
|--------------|----------|-----------|---------|
| Acelerómetro | a L/2    | a L/4     | a 6 cm  |
| Media =      | -2,40%   | -0,39%    | -8,78%  |
| D.típica=    | 5,83%    | 4,33%     | 3,99%   |
| Coef var=    | -243,28% | -1117,22% | -45,41% |
| Máximo=      | 7,95%    | 7,63%     | -3,53%  |

Para los cordones ensayados con 40 cm. y 90 cm. de luz libre:

| CORDON       | A52L40  | A100L40 | A150L40 | A52L90 | A100L90 | A150L90 |
|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Acelerómetro | a 6 cm  | a 6 cm  | a 6 cm  | a 6 cm | a 6 cm  | a 6 cm  |
| Media =      | 93,72%  | 39,91%  | 27,35%  | 31,94% | 4,49%   | 0,43%   |
| D.típica=    | 30,18%  | 7,61%   | 7,34%   | 6,39%  | 1,24%   | 0,94%   |
| Coef var=    | 32,21%  | 19,06%  | 26,83%  | 20,01% | 27,69%  | 218,03% |
| Máximo=      | 160,26% | 56,71%  | 44,91%  | 45,46% | 6,51%   | 1,92%   |

Para los cordones ensayados con 90 cm, calculando a partir del segundo modo de vibración:

| CORDON       | A52L90  | A100L90 | A150L90 |
|--------------|---------|---------|---------|
| Acelerómetro | a 6 cm. | a 6 cm. | a 6 cm. |
| Media =      | 24,31%  | -4,95%  | 0,98%   |
| D.típica=    | 5,92%   | 1,22%   | 2,62%   |
| Coef var=    | 24,35%  | -24,66% | 265,80% |
| Máximo=      | 32,54%  | -3,38%  | 4,36%   |

Los resultados comparativos que se han obtenido de los ensayos realizados sobre los tirantes de la Torre de Comares han de analizarse con precaución debido a las incertidumbres que existen sobre las determinaciones. El hecho de que las dimensiones de la sección no sean constantes a lo largo de las barras, la falta de garantía de empotramiento en los apoyos (realizado en un muro de tapial) y el desconocimiento directo de las tensiones reales a la que están sometidas, impide realizar un estudio riguroso de la precisión del método vibratorio. No obstante, los ensayos han permitido verificar de un modo aproximado la validez práctica del procedimiento y la capacidad de éste para efectuar mediciones fiables si se controlan adecuadamente los parámetros básicos que intervienen en el fenómeno vibratorio (Fig. nº 11).

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del análisis del conjunto de los resultados presentados se puede deducir lo siguiente:

- El método no se muestra suficientemente preciso en la determinación de tensiones cuando se han empleado longitudes de cable de 40 cm, habiendo resultado especialmente insatisfactorio para el caso de los cordones. Es claro que para luces reducidas y cables de poca masa, ligeras modificaciones en las condiciones en los extremos así como variaciones pequeñas de la propia luz, de la masa o la posición del acelerómetro ejercen una gran influencia sobre los resultados.
- Salvo en las determinaciones efectuadas en el alambre de 5 mm. de diámetro y en el cordón de 52 mm<sup>2</sup> de sección, el error máximo del método para longitudes de cable superiores a 90 cm. ha resultado inferior al 8%, lo que representa frecuentemente, en la práctica, una precisión suficiente.

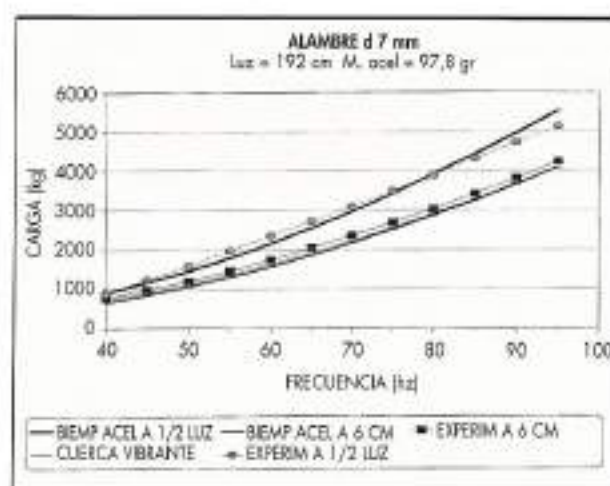


FIGURA 10.

- No se conocen las causas que han provocado errores máximos entre el 23% y el 45 % en las determinaciones menos precisas mencionadas en el párrafo anterior.
- Las deducciones de tensiones realizadas en los cordones a partir de las mediciones de las frecuencias del segundo modo de vibración han resultado con mismo orden de precisión que las obtenidas a partir del primer modo.
- El contraste de los resultados para el cable de 192 cm. reflejan un excelente acercamiento entre los resultados teóricos del modelo complejo y los experimentales obtenidos para las distintas posiciones del acelerómetro (Fig. nº 10).
- La comparación de los resultados obtenidos por distintos métodos en las mediciones realizadas sobre los tirantes de la Torre de Comares, aun con las reservas apuntadas, revela en la mayoría de los casos la buena aproximación entre los valores teóricos y los deducidos por el método vibratorio (Fig. nº 11).

## 6. CONCLUSIONES

La deducción de tensiones en cables mediante la medición de frecuencias de vibración y la utilización de un modelo teórico que tenga en cuenta la rigidez de los mismos, así como la masa y posición del acelerómetro empleado se revela como un procedimiento de esperanzadora utilidad práctica siempre que se conozcan y controlen los distintos parámetros que influyen en el fenómeno vibratorio y la luz libre del cable sea suficiente.

En los ensayos realizados con luces reducidas, las diferencias porcentuales entre los valores experimentales y los teóricos ha resultado en general excesivas y demasiado sensibles a las variaciones de los distintos parámetros que intervienen en el ensayo, por lo que no parece que en estas condiciones el procedimiento pueda considerarse fiable.

Cuando la masa del acelerómetro es de magnitud comparable a la del cable existe una gran sensibilidad de los resul-

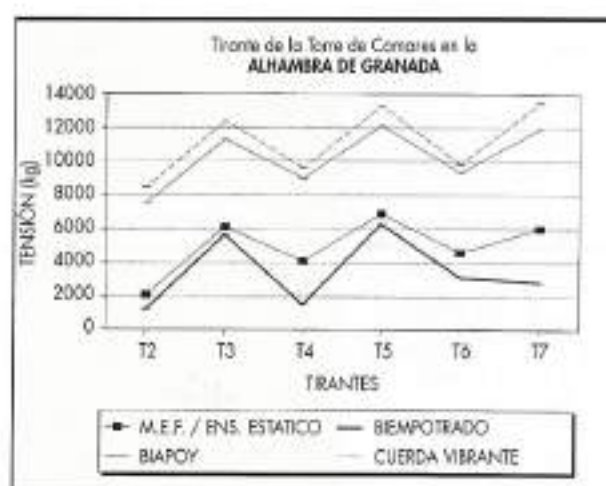


FIGURA 11.

tados a la posición en la que se coloque aquél, sobre todo cuando se van reduciendo las luces, por lo que la precisión del método disminuye considerablemente. Sin embargo, esta característica, posiblemente podría ser utilizada para contrastar o afinar resultados, efectuando mediciones de frecuencias sobre un mismo cable con el acelerómetro ubicado en distintas posiciones.

La deducción de tensiones a partir de las frecuencias correspondientes al segundo modo de vibración han ratificado en los casos estudiados los resultados obtenidos a partir de las frecuencias del primer modo con una precisión similar a las obtenidas con el primer modo.

La confirmación de la validez práctica del método, la exploración de sus posibilidades y su puesta a punto para ser utilizado en barras, cables y alambres inicialmente embebidos en el hormigón y sometidos a tracción por flexión, o actuando aisladamente a tracción pura como tirantes exentos, exigirá la realización de nuevas campañas de ensayos.

## BIBLIOGRAFÍA

- RAFAEL ASTUDILLO (1991), Informe "Evaluación de métodos para la determinación de tensiones en tendones de pretensado" para la Dirección General de Carreteras. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.
- RAFAEL ASTUDILLO, MIGUEL ANGEL ASTIZ (1994), Informe "Evaluación estructural de la Torre de Comares". Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.
- MORSE y INGRAD (1968), Theoretical Acoustic. Mac Graw Hill.
- DE MARS PH; HRADY D. (1985), Mesure des efforts dans les structures a cables, Ann. TP, Belgique, 6.
- ROBERT J.; Bruhat D.; Gervais J (1991), Mesure de la tension des cables par méthode vibratoire, Bull. liason Labo. P. et Ch - 173.
- W. SETO WILLIAM, (1970), Vibraciones mecánicas, Mac Graw Hill.





Ser miembro  
de la IAHR es  
una oportunidad  
que no puede  
dejar escapar

Esperamos poder recibirle como miembro de nuestra asociación. Si todavía no se ha decidido, estaremos encantados de proporcionarle información más detallada; por favor, no dude en contactar con nosotros en el teléfono: 31-15-56 93 53 o fax: 31-15-61 96 74.

IAHR Secretariat  
P.O. Box 177  
2600 MH Delft  
Holanda

La Asociación Internacional de Investigación Hidráulica (IAHR), fundada en 1935, es una organización independiente mundial de y para ingenieros y científicos cuyo campo de trabajo sea la hidráulica y sus aplicaciones prácticas. La IAHR promueve especialmente el intercambio de conocimiento a través de congresos, simposios, comisiones de investigación y publicaciones sobre recursos hidráulicos, hidráulica de ríos y costas, evaluación de riesgos, energía, medio ambiente, prevención de desastres, procesos industriales.

**¡Aproveche ahora la oportunidad que se le brinda para incorporarse a la comunidad hidráulica internacional!**

La IAHR incluye 14 secciones dentro de 3 divisiones técnicas que satisfacen las necesidades de sus miembros. Las secciones organizan regularmente congresos y simposios sobre su propio trabajo, son la base para la cooperación en proyectos de investigación específicos, elaboran monografías, etcétera. Tres divisiones regionales —Sudamérica, Asia y Pacífico— se ocupan de organizar actividades, incluyendo congresos en su propia región.

Además, se abordan temas de gran interés para los miembros de la IAHR en grupos de trabajo orientados a la Educación y Formación Continuada y a la Gestión de la Investigación Hidráulica.

La IAHR ofrece la posibilidad a nivel internacional de que usted pueda enriquecerse de su vida profesional y ampliar su visión de la investigación hidráulica y todo lo que se relaciona con la misma.

| CATEGORIAS  | CUOTAS 1994         | BENEFICIOS MAS IMPORTANTES                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INDIVIDUAL  | NLG 125<br>US\$ 65  | Revista de Investigación Hidráulica y Hoja Informativa de gran calidad científica (con un amplio calendario de congresos dos veces al año). Reducción en los precios de otras publicaciones de IAHR así como en las cuotas de participación en congresos y simposios de la IAHR (co-patrocinados).       |
| CORPORACION | NLG 60<br>US\$ 32   | Esta opción se ofrece a ingenieros y científicos cuyo empresario sea miembro corporativo de la IAHR. Los beneficios son los mencionados anteriormente, pero no se incluye la Revista de Investigación Hidráulica. El empresario, como miembro corporativo, recibirá dos copias para su biblioteca.       |
| CORPORATIVO | NLG 900<br>US\$ 475 | Esta categoría se ofrece a universidades, centros de investigación, empresas de ingeniería, consultores. La Revista de Investigación Hidráulica y la Hoja Informativa por duplicado; un juego de la documentación del congreso bienal de la IAHR; otros beneficios que se presentan como «individuales». |

#### MEMBERSHIP APPLICATION FORM

NAME \_\_\_\_\_ DATE OF BIRTH \_\_\_\_\_

POSITION/AFFILIATION \_\_\_\_\_

ADDRESS \_\_\_\_\_

TELEPHONE \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_ TELEX \_\_\_\_\_

\* IAHR Corporate member registration no. (See Register of Members) C. \_\_\_\_\_

Year from which membership to run: 1 January 19 \_\_\_\_\_

PAYMENT EFFECTED BY:

- ☐ International postal money order  
☐ Postal transfer (no. 639735)  
☐ Bank transfer (no. 44.20.42.000 with AMRO Bank, Delft, the Netherlands)  
☐ Eurocheque  
☐ Credit card

My credit card may be charged with NLG \_\_\_\_\_

☐ Eurocard ☐ Master card ☐ Access ☐ American Express ☐ Visa

Card number

Signature \_\_\_\_\_

Expiry date \_\_\_\_\_  
month/year



Bayferrox®



# Color:

## De la cabeza a los pies...

Los pigmentos inorgánicos Bayferrox®, pigmentos luz y óxidos de cromo, al igual que en los tejados (tejas de hormigón) o en los pavimentos (continuos de hormigón, asfálticos, etc.) tienen un excelente comportamiento también en las fachadas. Su extraordinaria solidez a la intemperie unida a la elevada fuerza colorante y pureza de tono, los hace un elemento indispensable para la coloración de:

- Morteros monocapa o bicapa.
- Estucados sintéticos o a la cal.
- Revoques y morteros por proyección.
- Todo tipo de pinturas ya sea al agua, disolventes, dispersiones o bien sistemas bicomponente.

Sus características iniciales perduran a lo largo del tiempo.

## ...de los pies a la cabeza.

Bayer Hispania Industrial, S.A.  
División AI  
Pau Claris, 196  
Tel. (93) 217 40 12  
08037 Barcelona

**Bayer**



# SISTEMAS BETTOR PARA OBRA PÚBLICA



Protección y drenaje de muros con DELTA MS



Sistema TUNELSEC



Láminas DELTA



Geotextiles LOTRAK



Juntas Hidroactivas



Láminas DELTA y geotextiles POLITEX



IMPERLEX

BETTOR, S.A. es una firma pionera en la **introducción** de especialidades de alta tecnología para la construcción. Desde los sistemas de protección y drenaje a base de láminas DELTA, al sistema de impermeabilización de túneles TUNELSEC, pasando por las juntas hidroactivas ADEKA, **BETTOR S.A.** ofrece siempre **marcas internacionales de reconocido prestigio**. Ahora nuevos desarrollos, como los geotextiles tejidos de polipropileno LOTRAK, se suman a esta amplia gama.

Todo un equipo humano integrado por expertos, que durante años han colaborado en proyectos de Obra Pública de elevada complejidad técnica, está a su entera disposición para sus consultas.

## BETTOR®



**PRODUCTOS QUÍMICOS  
PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Basters, 13-15 - 08184 PALAU DE PLEGAMANS (Barcelona)  
Tel. (93) 864 86 01 - Fax (93) 864 84 63

Por favor remítame información sobre Sistema Bettor para:  
Obra Pública: S/A Empresa Cargo Dirección Producción Tel. C.P.

BETTOR, S.A. - Basters, 13-15 - 08184 PALAU DE PLEGAMANS (Barcelona) - Tel. (93) 864 86 01 - Fax (93) 864 84 63