

APLICACION DEL METODO DE WEIBULL A LA DETERMINACION DEL REGIMEN EXTREMAL DE OLEAJE EN LA COSTA NORTE DE TENERIFE

JOSE MARIA MEDINA VILLAVERDE (*)

RESUMEN. Con motivo del proyecto de un puerto deportivo en el término municipal de El Sauzal, en el tramo de costa del Acentejo-La Orotava, fue necesario efectuar una serie de cálculos encaminados a determinar la altura de ola de cálculo para el diseño del dique de abrigo. En el presente artículo se expone, de forma práctica, la aplicación de la distribución de Weibull al caso citado.

ABSTRACT. *In order to design a sporting port in The Sauzal (North Coast of Tenerife, Canary Islands, Spain), on the coastal zone of Acentejo-La Orotava, it was necessary to calculate the wave height to design the breakwater. The present paper deals with the application of Weibull's distribution to the subject above.*

1. INTRODUCCION

El presente artículo trata de exponer de forma práctica un método de selección de altura de ola de proyecto para una obra determinada, sin entrar en otras consideraciones. Para profundizar en este tema se recomiendan las referencias 3 y 4 de la bibliografía.

Para realizar el proyecto de un dique de abrigo como el citado es necesario conocer el régimen extremal de oleaje, en orden de determinar, con un grado de seguridad previamente fijado, la mayor altura de ola que, en términos probabilísticos, incidirá sobre la obra.

En la costa Norte de la isla de Tenerife existen pocas obras marítimas, en relación con el resto del litoral español. El fetch que presenta cualquiera de sus puntos es enorme, dado que integra la práctica totalidad del océano Atlántico. Por tanto, a ella llegan todos los oleajes generados durante temporales que tienen lugar en cualquier zona de aquél. Los datos disponibles son francamente cortos, en cuanto a extensión en el tiempo. En efecto, existen datos fiables de la R.E.M.R.O. desde el año 1979, pero en la boya fondeada en Las Palmas de Gran Canaria. En efecto, la boya de Tenerife está ubicada frente al Puerto de Santa Cruz, al abrigo de los oleajes dominantes en la costa Norte, que provienen del primer cuadrante. La boya de Las Palmas está situada en la playa de Las Canteras, por lo que se han aceptado sus datos (escalares). Con objeto de conocer los paráme-

tros direccionales de oleajes en la zona, se consultaron las bases de datos del National Climatic Data Center (Asheville, Carolina del Norte, EE. UU.), disponible en el CEPYC, y de Bragnell, por gentileza del Programa de Clima Marítimo del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Finalmente, se obtuvieron un total de 779 datos de observaciones visuales de oleajes tipo SWELL y 1234 de tipo SEA (muy escasos ambos para poder realizar un cálculo estadístico fiable). De la observación de las rosas de oleaje se dedujo que las direcciones dominantes son N.E. y N., por este orden (ver figuras 1 y 2).

El ajuste de una distribución a datos extremales de oleaje conlleva siempre alguna incertidumbre. La principal razón estriba en el desconocimiento de si la muestra disponible representa de forma válida la población de oleajes. Si además se dispone de un período corto de datos, esa incertidumbre se acentúa aún más, especialmente si se trata de períodos de retorno largos (100 años o más, por ejemplo). Es asimismo incierta la fiabilidad en la medición de datos. Por otra parte, siempre queda la posibilidad, jugando con pronósticos a largo plazo, de variaciones climáticas que puedan afectar a los regímenes de vientos y otros factores susceptibles de influir en la formación y propagación del oleaje. No obstante, este factor es prácticamente imposible de evaluar cuantitativamente.

2. METODOLOGIA

Los datos que se obtuvieron según lo anteriormente indicado fueron analizados por el método propuesto por el

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. División de Defensa de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX IMOPUI.

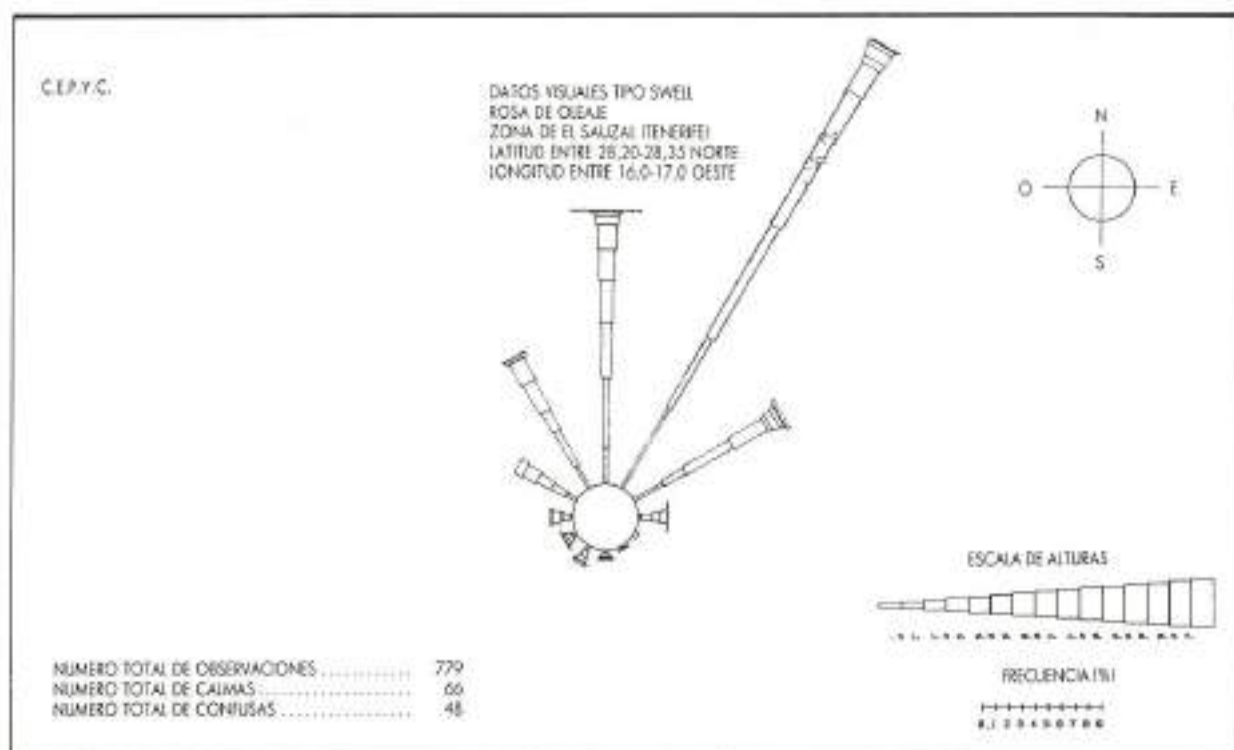


FIGURA 1. Rosa de oleaje tipo SWELL en la costa norte de Tenerife.

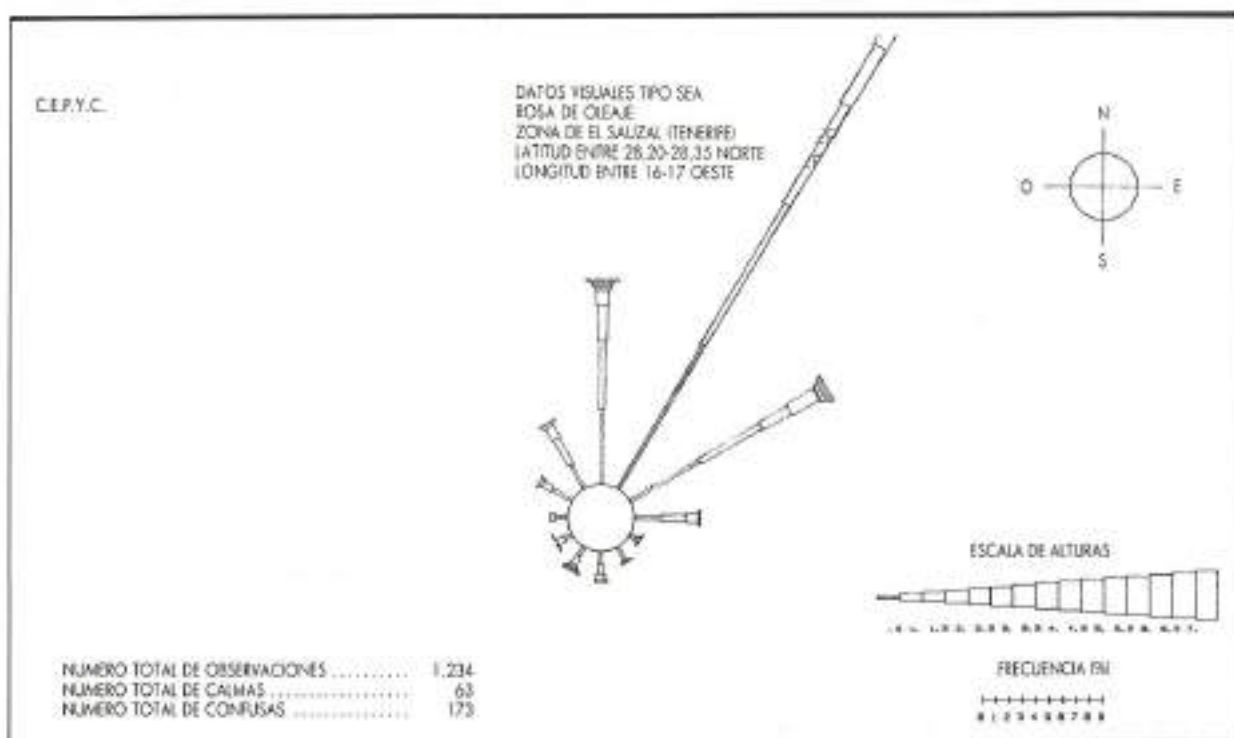


FIGURA 2. Rosa de oleaje tipo SEA en la costa norte de Tenerife.

Profesor Yoshimi Goda (Yokohama National University, Japón), presentado con ocasión de la 21.ª Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas (Málaga, 1988), y utilizado previamente en el «Estudio de clima y acciones sobre el dique de Ciérvana. Puerto de Bilbao».

Suponiendo que los datos se extienden a K años, y que el número de observaciones en que $H_s > 3,00$ m (1) es N_T , se obtiene un valor medio de observaciones/año:

$$\lambda = \frac{N_T}{K} \quad [1]$$

Sin embargo, se analizaron únicamente aquellos datos en que se verificaba que $H_s \geq 4,00$ m (cuyo número es N), con objeto de tomar en consideración la posibilidad de que dos o más temporales hayan sido observados como uno, por el hecho de que H_s no haya descendido por debajo de 3,00 m. Con objeto de evaluar este efecto, se define un coeficiente corrector

$$\xi = \frac{N}{N_T} \quad [2]$$

3. AJUSTE DE LA DISTRIBUCION DE WEIBULL

La función de distribución de Weibull ha sido utilizada ampliamente en estudios de estadística extremal, tanto en oleaje como en otros campos. Su expresión es la siguiente:

$$F(H) = 1 - e^{-\left[\frac{H-m}{A}\right]^k} \quad [3]$$

Existe un caso particular de distribución de Weibull, la llamada biparamétrica, obtenida haciendo $B = 0$ en [3]. Los valores de los tres parámetros pueden obtenerse a partir de la aplicación del ajuste por mínimo cuadrados, u otros, a los datos de campo. Los valores de k son, según el Profesor Goda: 0,75, 1,0, 1,4 y 2,0.

Una vez efectuado el ajuste, la altura de ola H_R , correspondiente a un período de retorno R dado, se obtiene como:

$$H_R = B + A \cdot y_R + \Delta H_R \quad [4]$$

expresión en la que y_R , variable discreta, es

$$y_R = \ln(\lambda \cdot R)^{\frac{1}{k}} \quad [5]$$

y

$$\Delta H_R = 0,64 \cdot N^{-0,6} \cdot [y_R + 0,35 \cdot \ln(\xi)]^{0,4} \cdot \sigma_H \quad [6]$$

En la ecuación [4], ΔH_R representa una corrección empírica a posibles sesgos debidos a la desviación respecto de la verdadera función de distribución, y σ_H denota la desviación estándar de los datos de oleaje.

La estimación de H_R se acompaña de un cierto error debido a la variabilidad de los datos. Su magnitud, en términos de desviación estándar, se ha estimado empíricamente mediante la expresión siguiente:

$$\sigma(H_R) = \left[1,0 + \left[0,56 + 0,20 \cdot \log^2 \left(\frac{N}{100} \right) \right] \cdot [y_R + 0,35 \cdot \ln(\xi)]^{1,2} \right] \cdot \left(\frac{\sigma_H}{N} \right)^{0,5} \quad [7]$$

La altura de ola de cálculo, para el período de retorno escogido, puede tomarse como

$$H_s = H_R + 2 \cdot \sigma(H_R) \quad [8]$$

tomando en consideración la incertidumbre en la determinación de la altura de ola H_R .

4. LA ELECCION DEL PERIODO DE RETORNO

En la elección del período de retorno intervienen una serie de factores que en ocasiones son de difícil cuantificación, y que en todo caso deben ser evaluados por el proyectista. Al final se asumirá un riesgo admisible de fallo, y un número de años sin fallo, todo ello dentro de un marco estadístico.

El concepto de período de retorno nace de la probabilidad de presentación de un determinado suceso estadístico que, en nuestro caso, es el temporal de cálculo.

Obtenida una muestra de temporales, definida por su altura de ola significativa H_s , y ordenándola en sucesión creciente:

$$h_1, h_2, h_3, \dots, h_p, \dots, h_N$$

$$(h_i < h_{i+1}),$$

la probabilidad de que se presente la altura de ola h_p será

$$P = \frac{N - p + 1}{N} \quad [9]$$

y la inversa de esta probabilidad es, precisamente, por definición, el **período de retorno**, T .

De esta definición se deduce que el que un oleaje tenga un período de retorno o recurrencia de 100 años quiere decir, única y exclusivamente, que, tomada una muestra de longitud lo suficientemente grande en el tiempo, el temporal en cuestión se presenta, por término medio, una vez cada 100 años. Es preciso hacer hincapié una vez más en la **naturaleza probabilística** de esta definición.

(1) «Un temporal se define como el estado del mar que excede su valor umbral de $H_s = 3,00$ m» (Profesor Y. Goda, op. cit., en ref. 2).

De lo anterior se deduce que, dado que la probabilidad de presentación del temporal es $P = 1/T$, la de no presentación será, obviamente, $P' = 1 - P$, esto es:

$$P' = 1 - \frac{1}{T} \quad [10]$$

y la probabilidad de que no se presente en k años será, lógicamente:

$$P'_k = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^k \quad [11]$$

El riesgo de fallo en k años, R_k , se define como la probabilidad de que el temporal del período de retorno considerado se presente en alguno de los k años:

$$R_k = 1 - P'_k \quad [12]$$

siendo P'_k el valor calculado en la ecuación [11].

5. LA ELECCION DEL PERIODO DEL OLEAJE

Este tema fue, en el caso que nos ocupa, el de menos clara solución. En el trabajo del Profesor Goda, citado en la referencia 2 de la bibliografía, se analiza una serie histórica de datos, obtenidas de sondas boyas localizadas en lugares estratégicos, encontrándose una relación de tipo lineal entre T_w y la raíz cuadrada de H_s ,

al observar el huso en que se mantenía el peralte de oleaje:

$$\frac{H_s}{(g \cdot T_w^2 / 2 \cdot \pi)} \in [0,03, 0,06] \quad [13]$$

Realizada la misma operación con los datos obtenidos en la boya de Las Palmas, los resultados fueron totalmente distintos a los encontrados en Ciérvana. En la figura 3 se representan en forma de superficie acotada, cuya ordenada viene dada por la frecuencia de presentación, y en la figura 4, en forma de nube de puntos, a partir de un umbral $H_s = 2,50$ m. La dispersión obtenida se atribuye al hecho ya citado de la enorme extensión del fetch, que induce distorsiones en las mediciones realizadas.

Finalmente, y dado que el objetivo más cercano consistía en realizar un ensayo físico, se recomendó su ejecución con la altura de ola hallada para el período de retorno elegido y dos períodos, uno entre 9 y 10 segundos, y otro más alto, entre 14 y 16 segundos, dadas las dos tendencias observadas en los datos recogidos.

6. AGRADECIMIENTOS

Para concluir, el autor desea agradecer al Doctor Ingeniero de Caminos, don Antonio Lechuga Alvaro (*Centro de Estudios de Puertos y Costas*) las indicaciones efectuadas en determinadas etapas del trabajo, y al Profesor Yoshimi Goda (*Yokohama National University*,

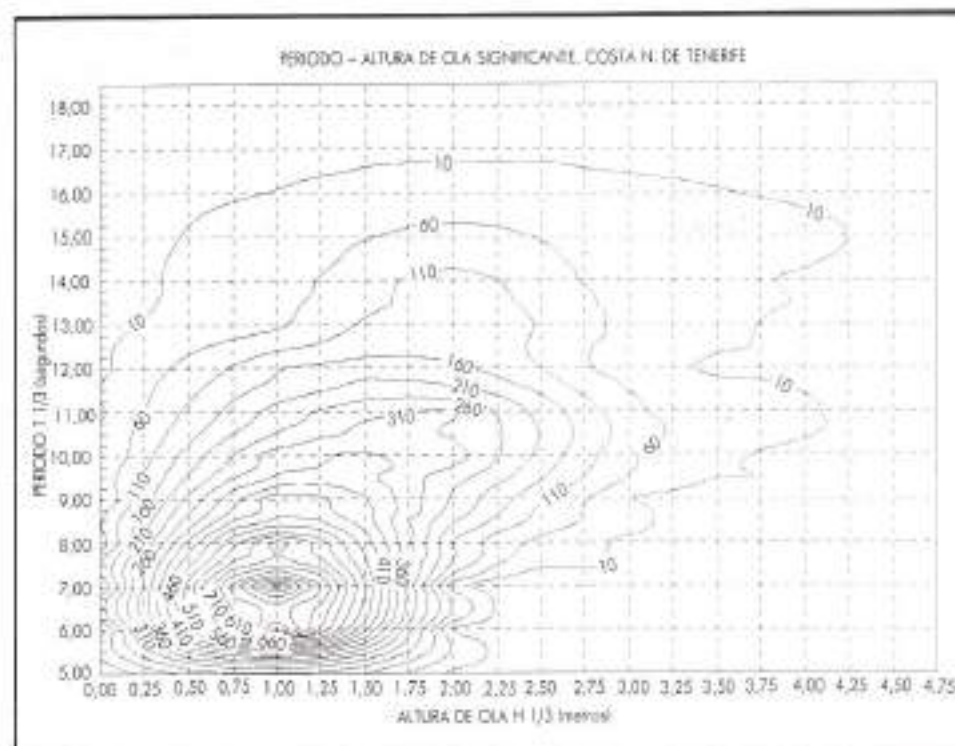


FIGURA 3. Representación acotada de los datos altura de ola-período en la boya de Las Palmas.

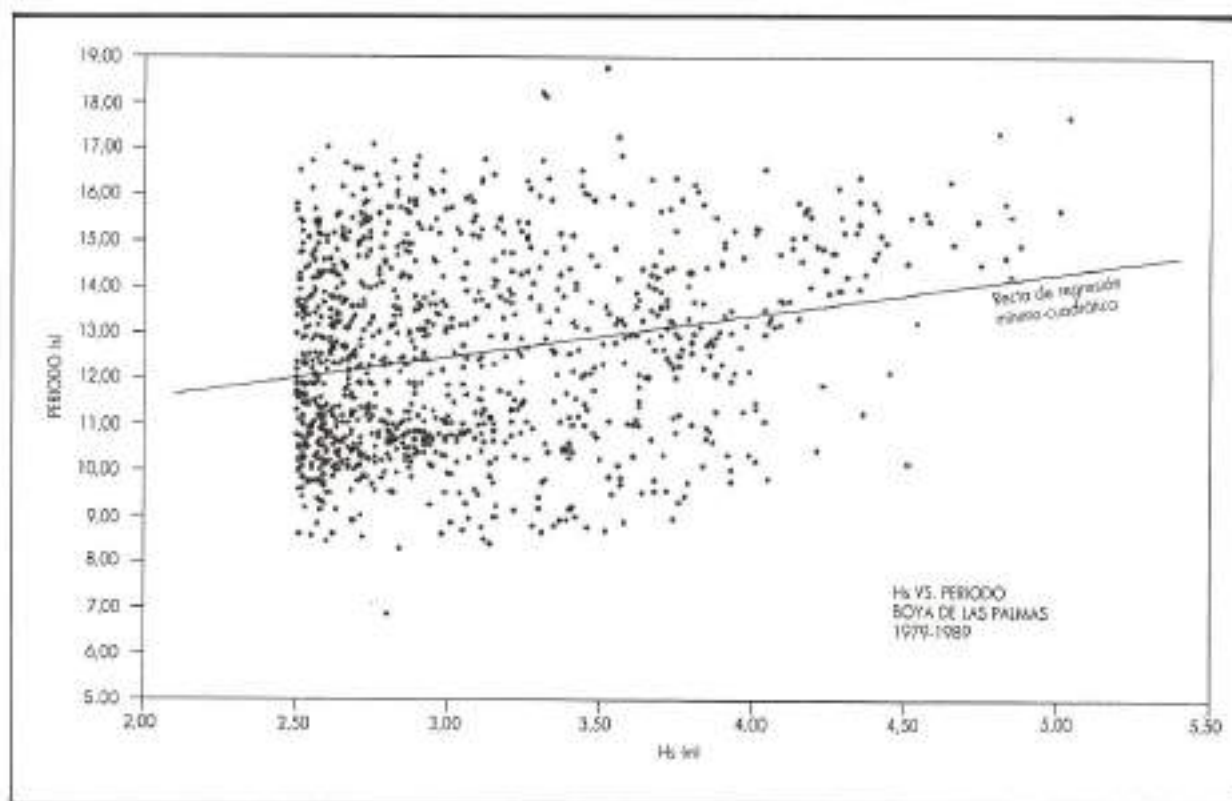


FIGURA 4. Nube de puntos altura-periodo obtenidos en la boya de las Palmas. Regresión mínima-cuadrática.

Japón) su amabilidad al facilitar todo tipo de información a partir de sus estudios de estadística extremal de oleaje.

BIBLIOGRAFIA

1. *Estudio del clima y de acciones sobre el dique de Ciérvana. Puerto de Bilbao*. M.^a Jesús Martín Solvedilla. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Madrid, 1989.
2. *Design wave climate for Ciérvana Breakwater of Bilbao Port*. Profesor Yoshimi Goda. Yokohama National University, Japón. Yokohama, 1989.
3. *On the methodology of selecting design wave height*. Profesor Yoshimi Goda. Torremolinos, 1988.
4. *Distribution function fitting for storm wave data*. Profesor Yoshimi Goda. Delft, 1990.

TOOL software

NOVEDAD



CLIP II Trazado de Carreteras

Programa de trazado de carreteras, autovías, autopistas, caminos, ferrocarriles, etc. Obtiene todo tipo de mediciones de movimiento de tierras y planos tanto por plotter, como por pantalla y a ficheros DXF. El terreno se puede introducir de muy diferentes formas, como: cartografía restituida y digitalizada, de estación total registradora, mediante puntos sueltos o por la obtención directa de perfiles transversales, mediante ficheros de intercambio, tableta digitalizadora, etc. Genera perspectivas a efectos de estudios de visibilidad.



Serrano, 219, 1.º C - 28016 Madrid - Tels. 458 67 70 - 457 22 15

LIBRERIA
DE PROGRAMAS

REBOL II CALCULO DE
STRUCTURAS

OPOTOOL TOPOGRAFIA
CARTOGRAFIA RESTITUIDA Y
DIGITALIZADA

ES REDES DE SANEAMIENTO
Y NET REDES DE SUMINISTRO
ORALICO

ALUD ESTABILIDAD DE
LUDES

ODEL MEDICIONES Y
SUPUESTOS EN INSTALACIONES
CTRICAS

SPRE MEDICIONES,
SUPUESTOS, CERTIFICACIONES,
EGO DE CONDICIONES

DOLPLAN CAD DE
QUITECTURA E INGENIERIA

■ DESE A CONOCER EN ■

CONSTRUCCION'91

FERIA INTERNACIONAL DE EDIFICACION, OBRAS PUBLICAS
Y EQUIPAMIENTO URBANO



SEVILLA, 2 AL 6 DE OCTUBRE DE 1991

COLABORA:

JUNTA DE ANDALUCIA

Consejería de Obras Públicas y Transportes

PALACIO DE EXPOSICIONES Y CONGRESOS DE SEVILLA

(Sevilla - Este). Apartado de Correos 4016. Fax: 4675350 -
Télex: 72514 F.M.I.S. Teléfono: 4675140 - 41080 Sevilla.



FIBES

PARA DARSE A CONOCER