

ANEJOS

ANEJO I. El fenómeno de asomeramiento o shoaling

El efecto de asomeramiento es debido a una variación de calado en el canal, que se traduce en una variación de la altura del oleaje.

Para observar si el efecto de “shoaling” es elevado o despreciable, se han comparado las mediciones de los 3 primeros sensores (colocados frente a la pala y a una profundidad de 2,62 metros) con los 3 últimos (colocados cerca del dique y a una profundidad de 1,50 metros).

Formulación teórica del efecto de asomeramiento

El efecto de asomeramiento o “shoaling” es producido por una variación de la batimetría. Para que se conserve la energía del oleaje, al variar el calado ha de variar también ciertos parámetros del oleaje.

Se puede afirmar, que si no hay pérdida o entrada de energía, el flujo de ésta tiene que mantenerse constante. El flujo de energía de un tren de oleaje a través de una sección b_0 se expresa mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Flujo de energía}_1 &= \text{Flujo de energía}_2 \\ E_1 \cdot Cg_1 \cdot b_1 &= E_2 \cdot Cg_2 \cdot b_2 \end{aligned} \quad (\text{I.1})$$

Sabiendo que $E = \frac{1}{8} \rho g H^2$ podemos expresar H_1 en función de H_2 de la forma

$$H_2 = H_1 \sqrt{\frac{Cg_1}{Cg_2}} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}} = H_1 \cdot K_s \cdot K_r \quad (\text{I.2})$$

K_s es el coeficiente de asomeramiento y K_r el coeficiente de refracción.

En nuestro caso, al trabajar en un canal recto de sección constante el coeficiente de refracción es nulo ($b_1=b_2$), y la variación de H depende únicamente del valor de K_s . Por tanto la variación del calado comporta una variación de la altura de ola, pero cabe recordar que por el contrario el periodo ha de mantenerse constante.

Para el cálculo de K_s necesitamos los valores de la velocidad de grupo Cg del oleaje. Ésta se puede calcular mediante la formulación siguiente, obtenida a partir de la teoría lineal del oleaje:

$$Cg = \frac{\sqrt{g \cdot k \cdot \tanh(k \cdot h)}}{2 \cdot k} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot h}{\sinh(2 \cdot k \cdot h)} \right) \quad (\text{I.3})$$

Siendo:

- g aceleración gravitatoria
- k número de onda. Se calcula a partir de la ecuación implícita

$$\left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 = g \cdot k \cdot \tanh(k \cdot h)$$
- h calado
- T periodo

Calculando las velocidades de grupo en dos puntos se puede conocer su coeficiente teórico de asomeramiento.

La forma de obtener el coeficiente de asomeramiento de forma experimental consiste en comparar la altura de ola de un mismo tren de oleaje en dos puntos con calado diferente. Dividiendo sus alturas de ola podemos obtener K_s .

$$K_s = \frac{H_2(T, h_2)}{H_1(T, h_1)} \quad (I.4)$$

Cálculo empírico del efecto de asomeramiento

Para el cálculo del efecto de asomeramiento mediante los datos proporcionados por los sensores, se utilizan los valores medios de los dos grupos de sensores en los ensayos con playa disipativa. Los sensores WG0, WG1 y WG2 situados delante de la pala generadora con un calado de 2,62 metros, y los sensores WG5, WG6 y WG7 situados en un rellano en el que se colocará el dique y que tiene un calado de 1,5 metros.

Para cada periodo ensayado, se han utilizado como datos de altura de ola la media de los sensores WG0, WG1 y WG2 por un lado, y WG5, WG6 y WG7 por otro. Recordar que se han realizado dos grupos de ensayos diferentes, uno con una carrera de pala $2e/h=0,1$ y otro con una carrera $2e/h=0,3$. Obviamente, una carrera mayor en la pala generadora provoca olas mayores (Ver apartado 4.2 de esta tesina), y esto nos ha permitido medir el asomeramiento para dos grupos de olas de altura diferente.

A continuación se expone una gráfica con los K_s calculados para cada ensayo.

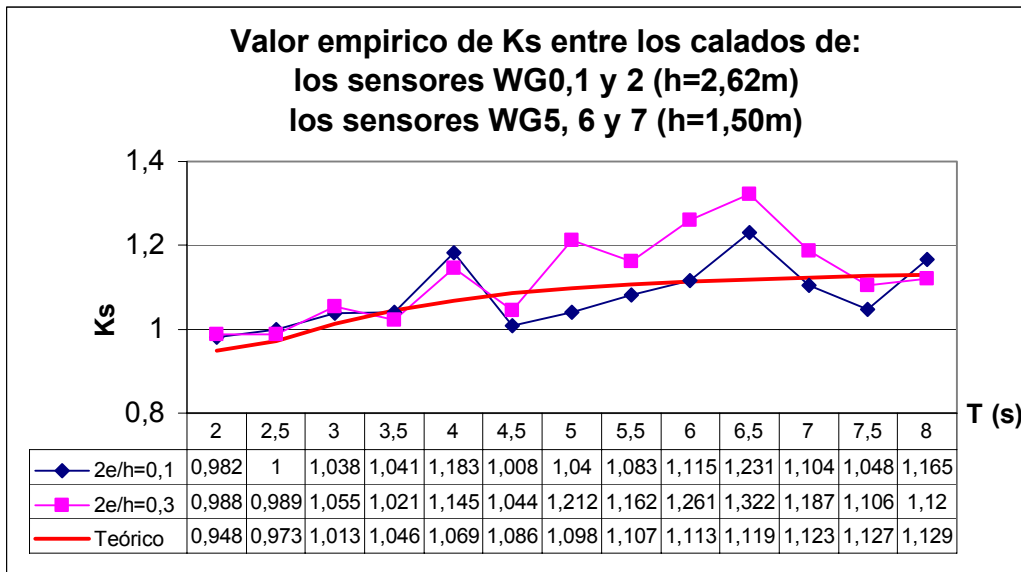


Figura I.1. Valores del coeficiente de asomeramiento

Análisis de los resultados

Como se puede comprobar en la tabla, aunque los resultados divergen entre si, ambos ensayos tienen la misma tendencia creciente. De hecho si comparamos las líneas de tendencia del ensayo con la teórica se puede confirmar que los resultados obtenidos de los ensayos no divergen mucho del teórico.

La línea en rojo representa los valores teóricos del coeficiente de asomeramiento K_s , y la línea en negro es la línea de tendencia de los valores empíricos del coeficiente.

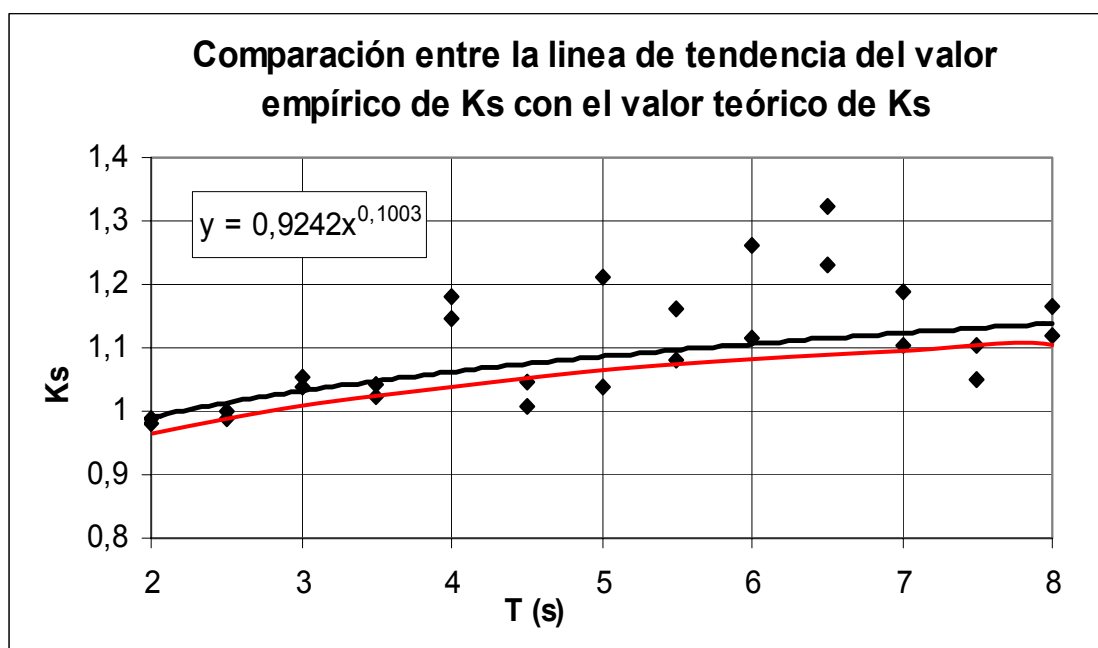


Figura I.2. Comparación entre el valor calculado y el teórico

Como puede observarse, el oleaje en el canal presenta un asomeramiento superior al previsible. En concreto, el K_s del canal es 0,04 puntos superior al calculado; y representa valores de K_s entre un 3,6% y un 4% mayores. Esto puede ser debido a diferentes causas:

- Una parte del error puede estar asociado a la medición de los sensores.
- Por otra parte, el cálculo teórico no es perfecto. Para la obtención de la formulación se ha aplicado la teoría lineal del oleaje y se han considerado simplificaciones de la realidad.

ANEJO II. Consideraciones sobre los efectos de escala.

Dado un factor de escala K , la transformación de los datos para realizar un ensayo de oleaje son:

$$\text{Altura de ola}_{canal} = \text{Altura de ola}_{mar} / K$$

$$\text{Periodo oleaje}_{canal} = \text{Periodo oleaje}_{mar} / \sqrt{K}$$

$$\text{Peso elementos dique}_{canal} = \text{Peso elementos dique}_{mar} / \sqrt[3]{K}$$

Debido a que la gradación de los elementos del manto no es muy amplia ($\frac{d_{85}}{d_{15}} < 3$) es relevante definir el número de Reynolds con el diámetro característico D_{n50} como:

$$Re = \frac{D_{n50} \sqrt{gH_s}}{\nu} \quad (II.1)$$

Donde:

- $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ es la viscosidad cinemática a 20°C
- H_s es la altura de ola significativa (H_{rms} en caso de oleaje regular).
- D_{n50} es el diámetro equivalente de los elementos que forman el dique/playa.

Teniendo en cuenta la formula 9.1 y los datos que a continuación se exponen podemos calcular la cota inferior del número de Reynolds tanto en playa disipativa como en dique.

	D_{n50} (m)	H_{rms}	Re
Playa disipativa	0,1	0,05	$7 \cdot 10^4$
Dique	0,08	0,2	$1,12 \cdot 10^5$

Tabla II.1. Cálculo del número de Reynolds

Juul Jensen y Klinting analizaron los efectos de escala y encontraron que con valores de $Re > 0,6 \cdot 10^4$ no se producían efectos viscosos significantes. Por otro lado Van deer Meer no encontró efectos de escala en mantos de escollera natural con un diámetro característico de 20 mm, que es inferior al utilizado en los ensayos del Canal CIEM. Esta es también la experiencia de Hydraulics Laboratory at the University of Aalborg.

Sin embargo, aunque la creencia es que los efectos de escala producidos por la viscosidad son despreciables, la verdad es que estos nos dejarían en el lado de la seguridad.

ANEJO III. Efectos del recorte del registro en el cálculo de la reflexión. Variación de la reflexión en el tiempo.

Para comprobar con un ejemplo que la utilización de todos los datos proporcionados por los sensores provoca unos errores pequeños en el cálculo de la reflexión, en comparación con el obtenido mediante el recorte del registro, se ha optado por:

- Aplicar el método de Hughes con dos bases de datos diferentes:
 - Utilizando todo los datos proporcionados por los sensores.
 - Utilizando la zona estacionaria del registro, y despreciando las zonas de transición.
- Aplicar el método de Mansard y Funke estudiando la reflexión en fracciones temporales de 26,5 segundos (buffer de 1024):
 - Utilizando al mismo tiempo todos los datos proporcionados por los sensores.
 - Obteniendo el valor de reflexión para intervalos de tiempo, para más tarde utilizar la media de los valores de reflexión que aproximadamente tienen un valor constante.

Método de Hughes y recorte del registro. Obtención de la región estacionaria.

Para cada periodo generado, antes de alcanzar una generación de oleaje constante se produce una zona de transición, tanto al inicio como al final del ensayo.

El criterio utilizado para el recorte del registro consiste en la omisión de estas olas registradas durante el proceso de de transición, tanto al inicio -proceso de desarrollo del oleaje deseado- como al final -movimiento generado por el movimiento residual de la pala-, y operar únicamente con los datos referentes a la situación estacionaria del oleaje. A continuación se presenta como ejemplo un registro completo (figura III.1) y recorte utilizado para el análisis (figura III.2).

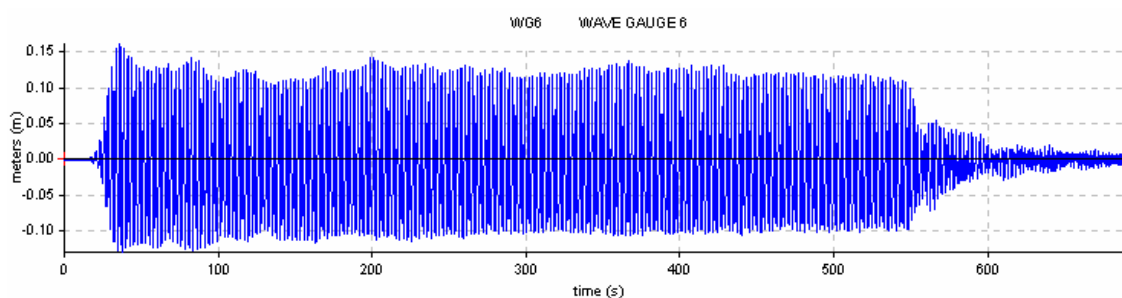


Figura III.1. Registro completo del oleaje medido por el sensor WG6 y generado por el programa *NewVerCanal*.

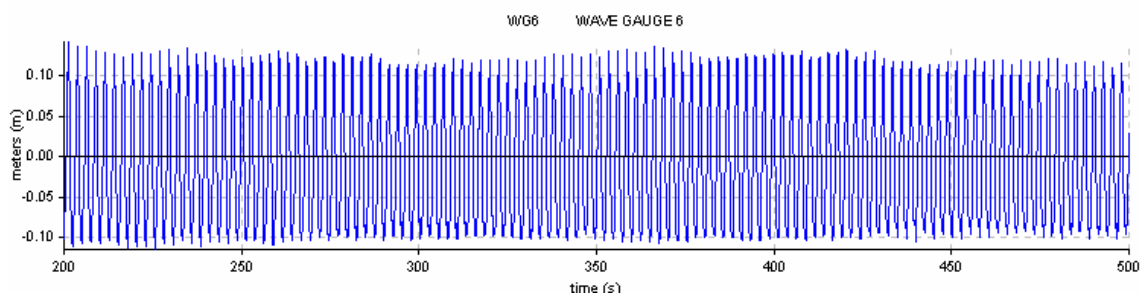


Figura III.2. Registro anterior recortado. Se han eliminado las zonas de transición.

El criterio para determinar el inicio y el final de la zona de transición ha sido el visual. Observando el registro completo (ver figura III.1) se puede apreciar una zona de oleaje relativamente homogénea. De esta manera podemos determinar en cada caso los tiempos en que comienza y finaliza esta zona con oleaje más constante. Introduciendo estos dos tiempos en el programa conseguimos que se analice únicamente este oleaje y se desprece las zonas de transición (ver figura III.2).

Resultados

A continuación se expone una tabla con los ensayos realizados y los resultados correspondientes.

	Ensayo	Valores teóricos		Hughes sin Recorte	Hughes sin Recorte
		T teorica	H teórica	Kr. (%)	Kr. (%)
Método de Hughes CON recorte (WG6)	Rt1h1	1,73	0,231	27,8	27,4
	Rt1h2	1,73	0,307	28,8	27,4
	Rt1h3	1,73	0,449	23,3	21,8
	Rt2h1	2,6	0,308	30,5	29,6
	Rt2h2	2,6	0,458	27,4	27,5
	Rt2h3	2,6	0,521	27,5	26,7
	Rt2h4	2,6	0,598	23,5	23,5
	Rt2h5	2,6	0,751	20,1	20,7
	Rt3h1	3,46	0,296	32,7	33,6
	Rt3h2	3,46	0,449	31	31,6
	Rt3h3	3,46	0,607	31,4	32,7

Tabla III.1. Método de Hughes con y sin recorte

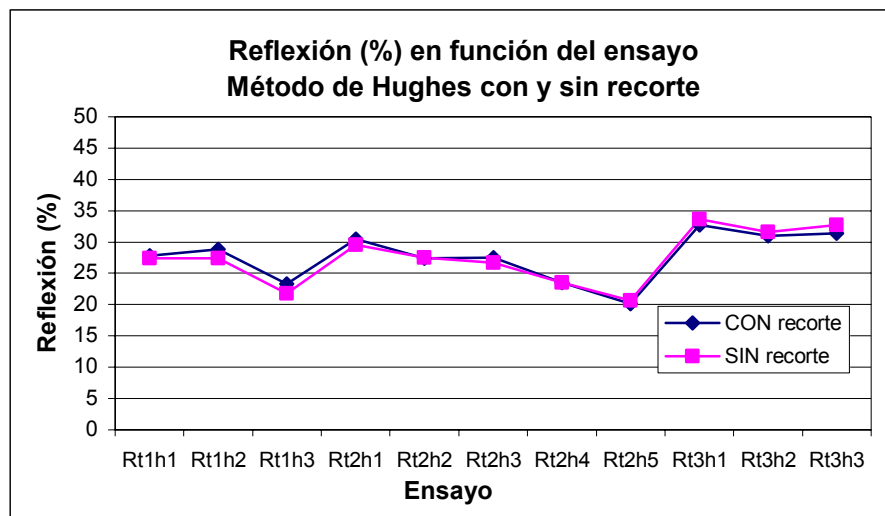


Figura III.3. Medición de la reflexión mediante el método de Hughes

Observando la figura 8.5, podemos comprobar que el cálculo de la reflexión prácticamente no depende de si el registro ha sido recortado o si por el contrario se ha utilizado entero.

Método de Mansard y Funke. Variación de la reflexión en el tiempo.

Se ha realizado un cálculo de la reflexión mediante el método de Mansard y Funke en fracciones temporales, pudiendo observar como varia en cada intervalo de tiempo.

A continuación se exponen un ejemplo de cómo varia la reflexión a lo largo del tiempo (cada 25,6 segundos) en el ensayo Rt1h1 media por los sensores WG0, WG1 y WG2.

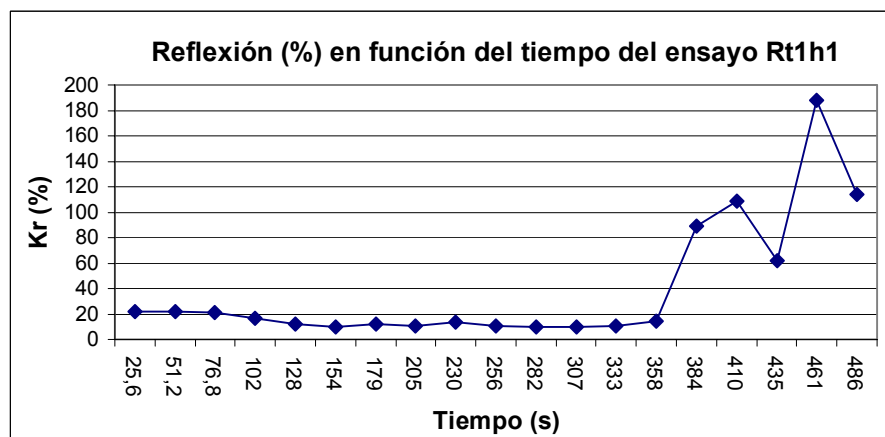


Figura III.4. Medición de la reflexión del ensayo Rt1h1 mediante el método de Mansard y Funke

La zona inicial y final son producidas por la zona de transición del registro del oleaje, que a la vez son originadas por la puesta en marcha de la pala y por su parada. La zona central, está relacionada con la zona estacionaria del registro, que como puede observarse, varía en función del tiempo. Esto es una prueba más de la dificultad que presenta medir este parámetro.

Si consideramos el promedio de la reflexión en la zona estacionaria de la reflexión, y lo comparamos con la reflexión que se obtiene operando con todo el registro, se puede observar que los resultados son muy similares.

Método Mansard y Funke	Ensayo	Valores teóricos		Sensores WG0, WG1 y WG2		Sensores WG5, WG6 y WG7	
		T	H	Kr (%)	KR(%)	Kr(%)	Kr (%)
		teórica	teórica	Sin recorte	Con recorte	Sin recorte	Con recorte
	Rt1h1	1,73	0,231	13,6	10,7	17,4	16,9
	Rt1h2	1,73	0,307	13,4	17,7	16,9	17,6
	Rt1h3	1,73	0,449	22,7	19,4	20,5	24,9
	Rt2h1	2,6	0,308	25,9	26	26,7	27,9
	Rt2h2	2,6	0,458	20,5	20,9	24,4	25,3
	Rt2h3	2,6	0,521	17,9	18,4	22	23,2
	Rt2h4	2,6	0,598	13,4	14,3	18,4	18,7
	Rt2h5	2,6	0,751	17,7	17,6	23,1	error
	Rt3h1	3,46	0,296	45,5	44,7	38,1	37,6
	Rt3h2	3,46	0,449	42,2	41,9	37,3	37,5
	Rt3h3	3,46	0,607	42	42,4	32	31,7

Tabla III.2. Método de Mansard y Funke con y sin recorte

A partir de la figura siguiente se puede hacer una idea gráfica de las diferencias entre utilizar una base de datos u otra.

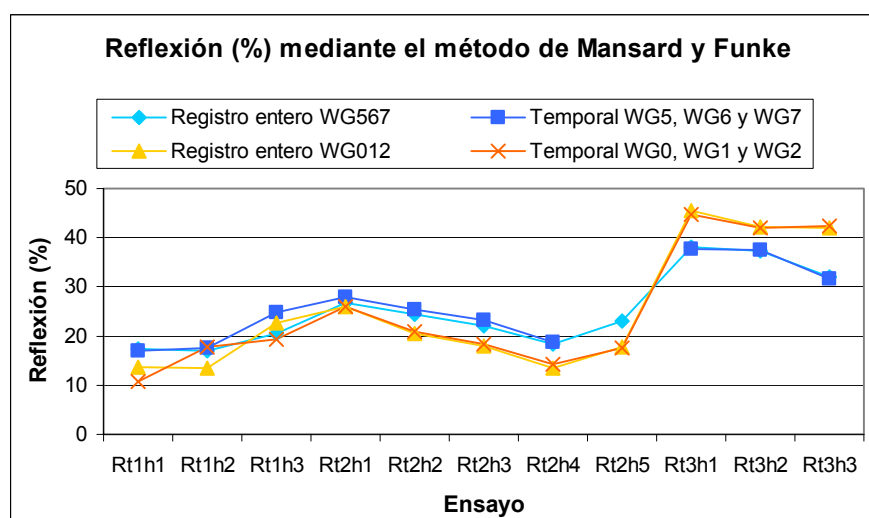


Figura III.5. Método de Mansard y Funke con y sin recorte

Como puede observarse, las diferencias no han sido elevadas. Además, el problema del recorte, es que siempre está la duda de que datos deben despreciarse, y que éste se hace de forma visual. Así que utilizar todo el registro es una manera eficaz de unificar criterios.

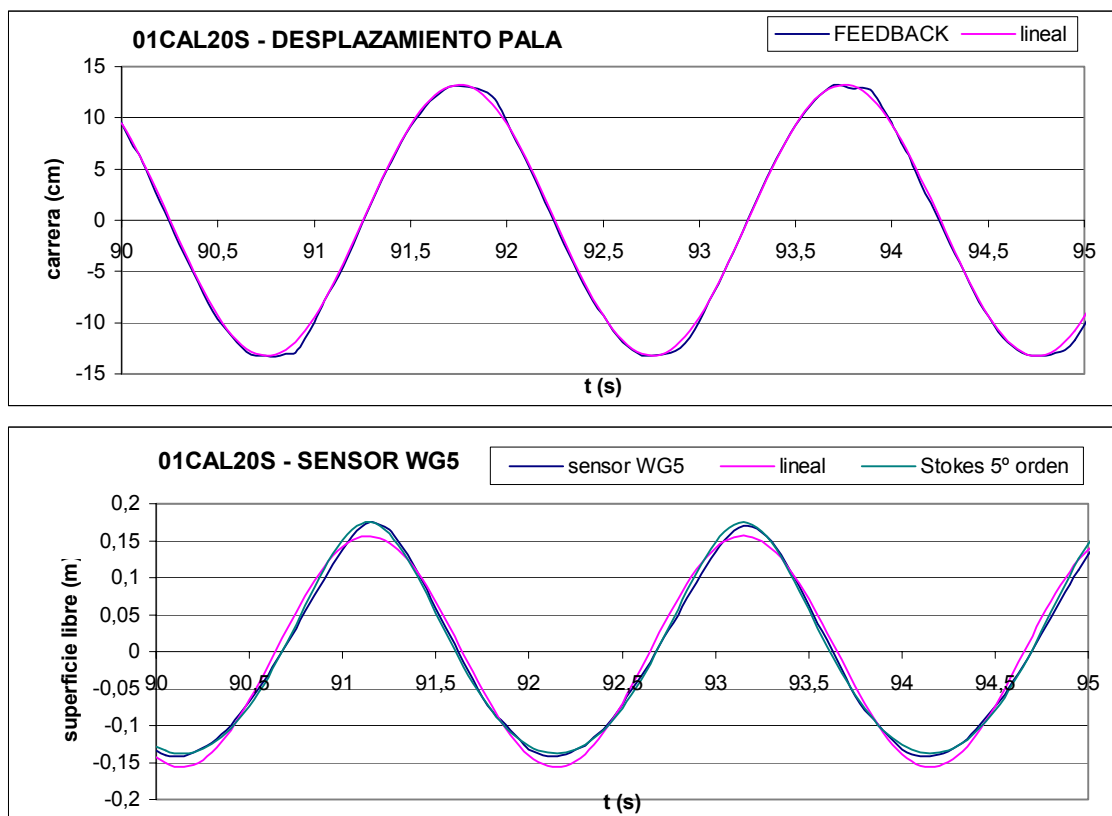
ANEJO IV. Registros de la calibración con playa disipativa

A continuación se expone la medición del movimiento de la pala (FEEDBACK), y las mediciones del sensor WG5 para todos los ensayos de calibración con playa disipativa. Estos registros permiten hacerse una idea visual de la distorsión que se ha producido en el oleaje.

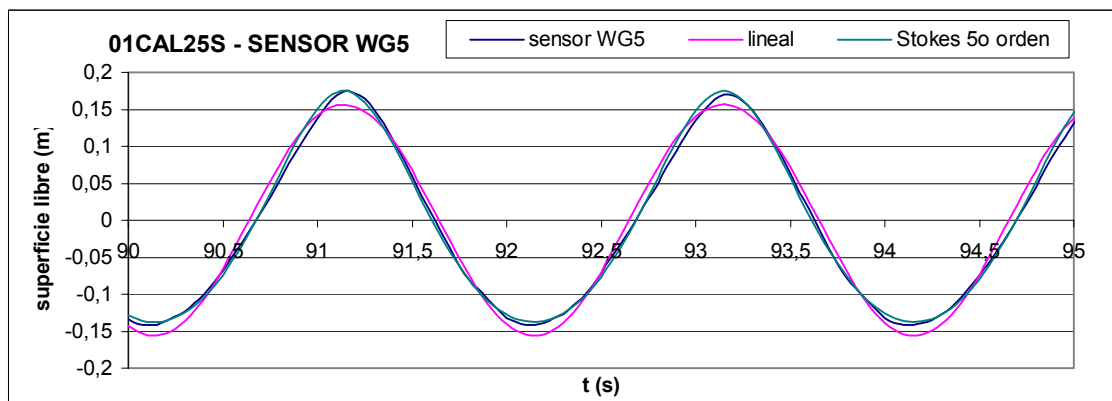
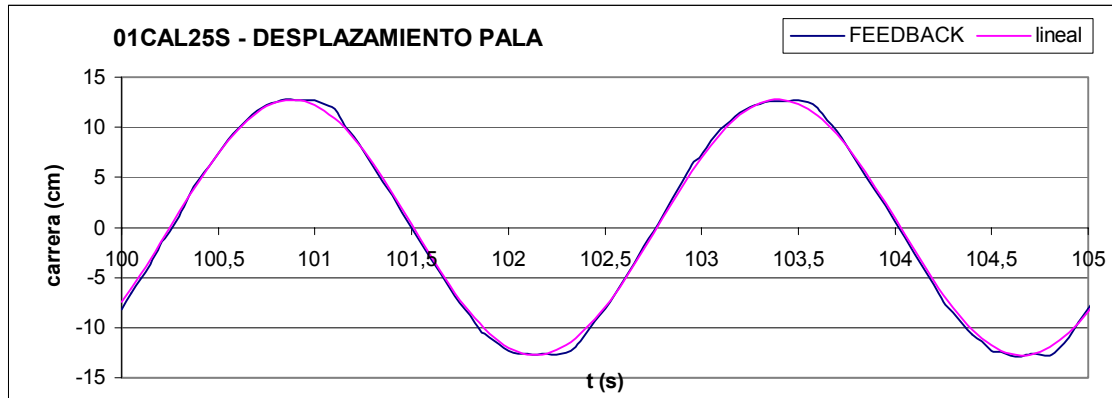
El movimiento de la pala se ha programado para que represente la forma de un oleaje lineal.

Para el estudio del registro del sensor WG5 se ha comparado la medición con la teoría lineal del oleaje, y con la teoría de Stokes de 5º orden.

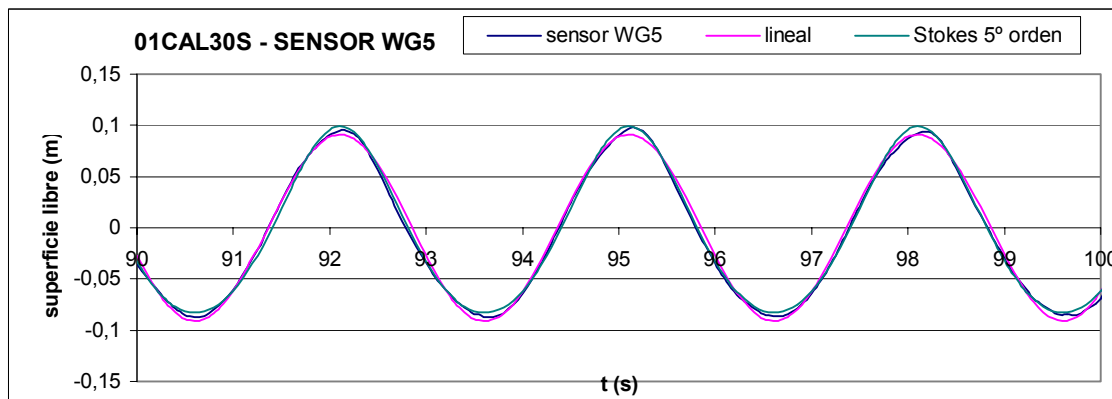
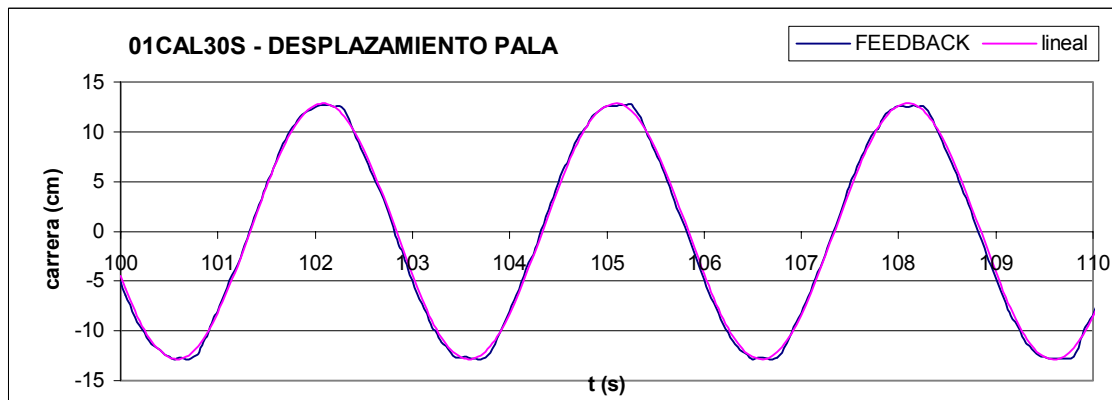
01CAL20S



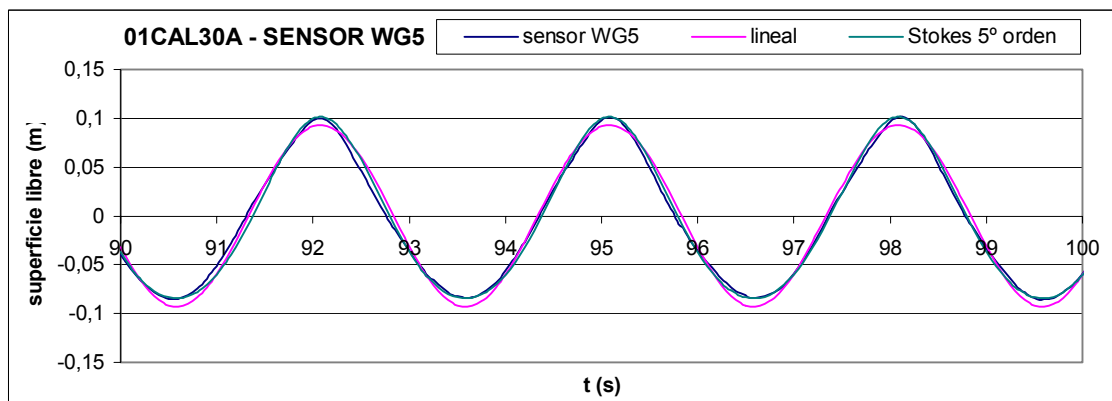
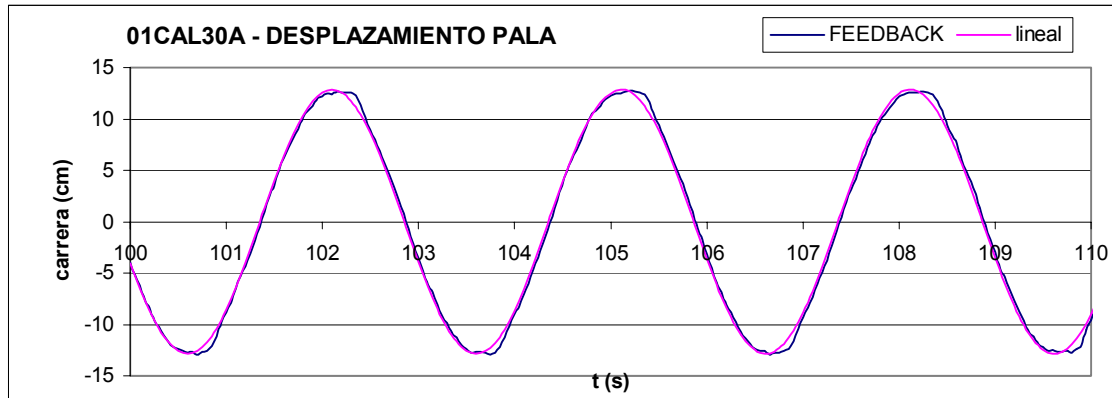
01CAL25S



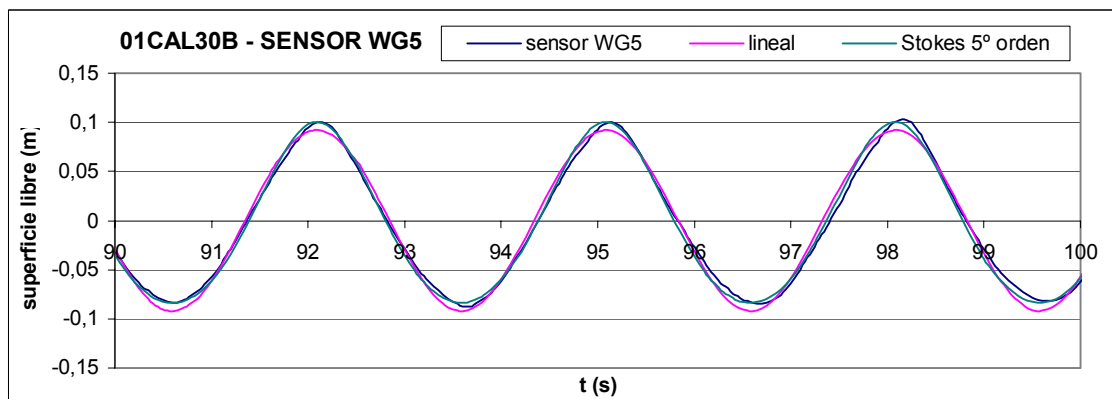
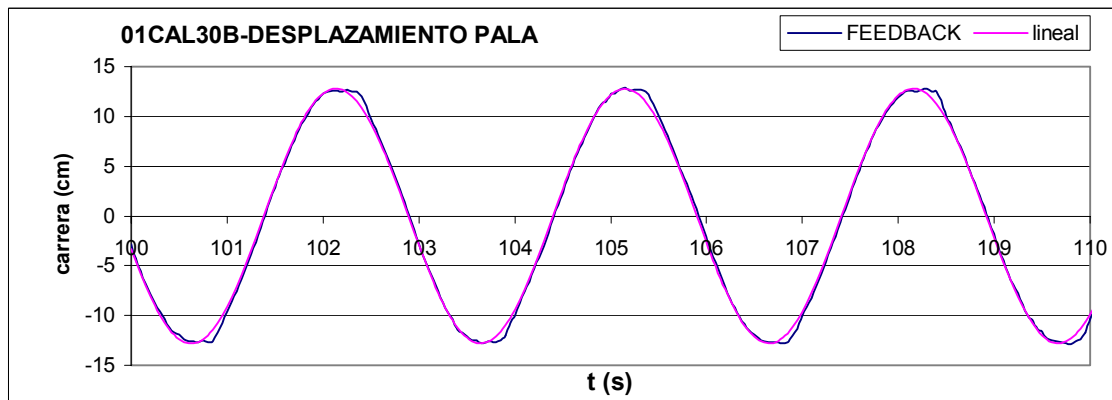
01CAL30S



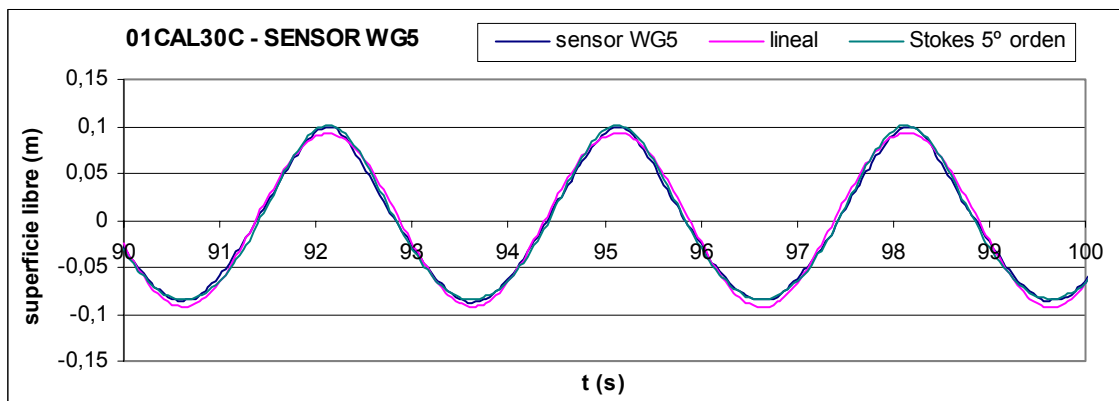
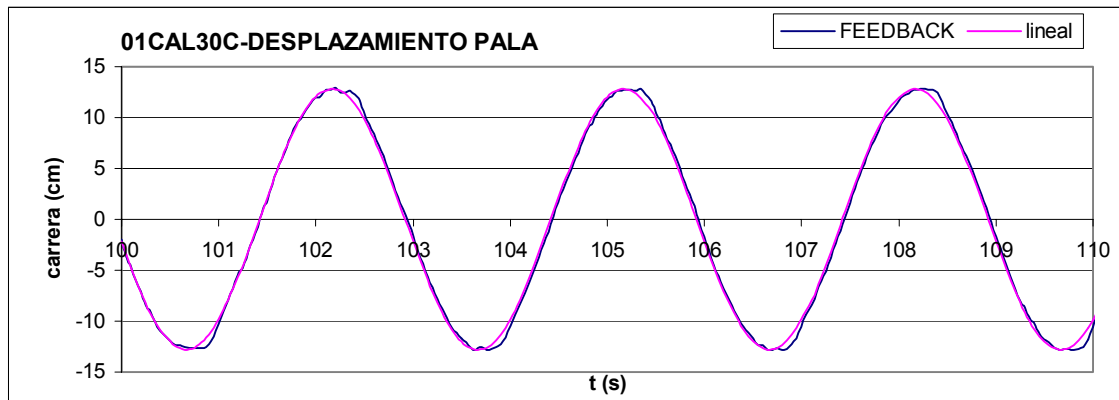
01CAL30A



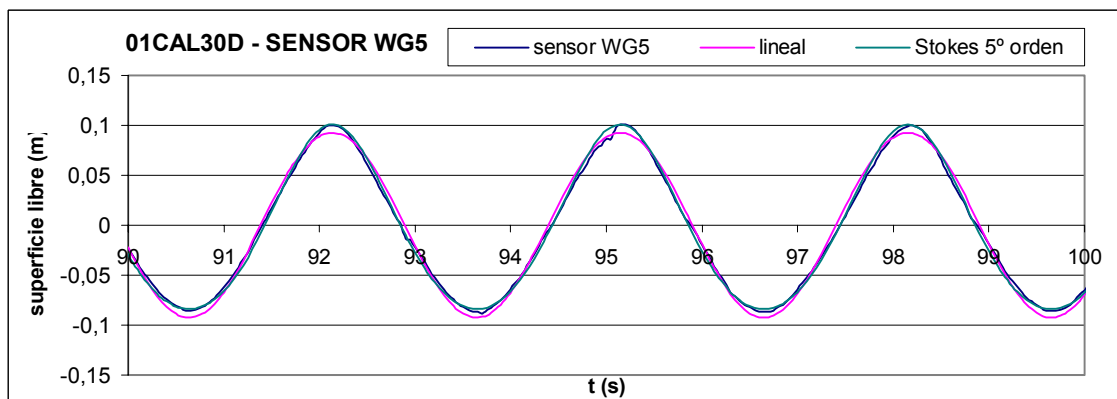
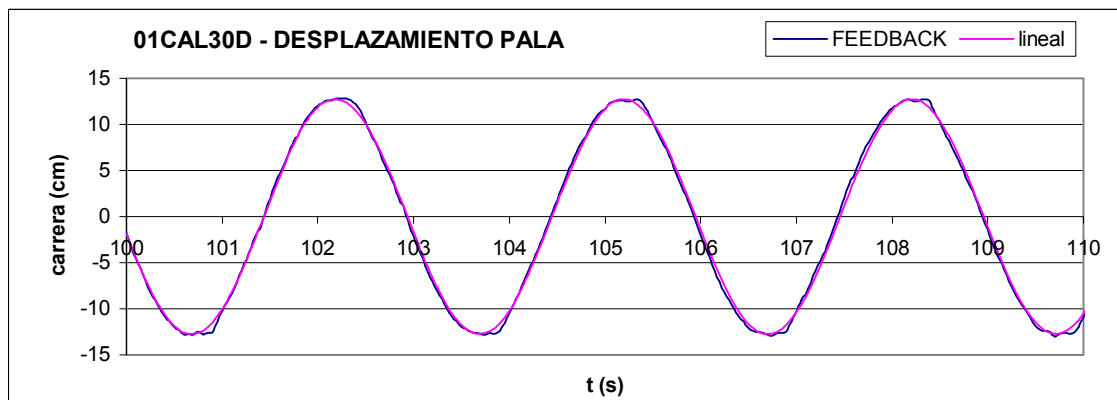
01CAL30B



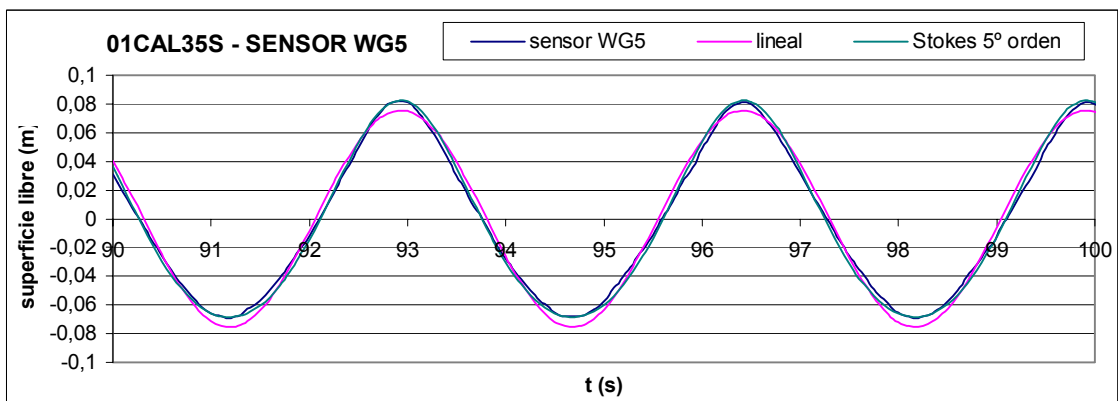
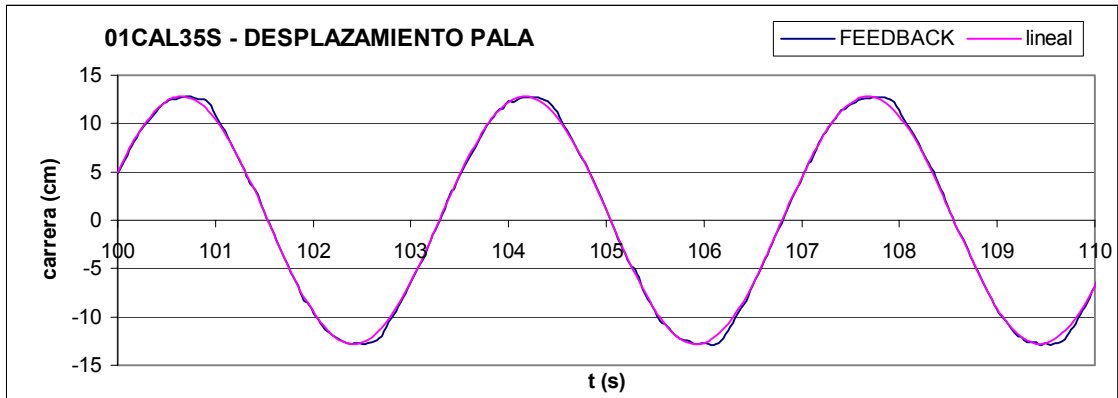
01CAL30C



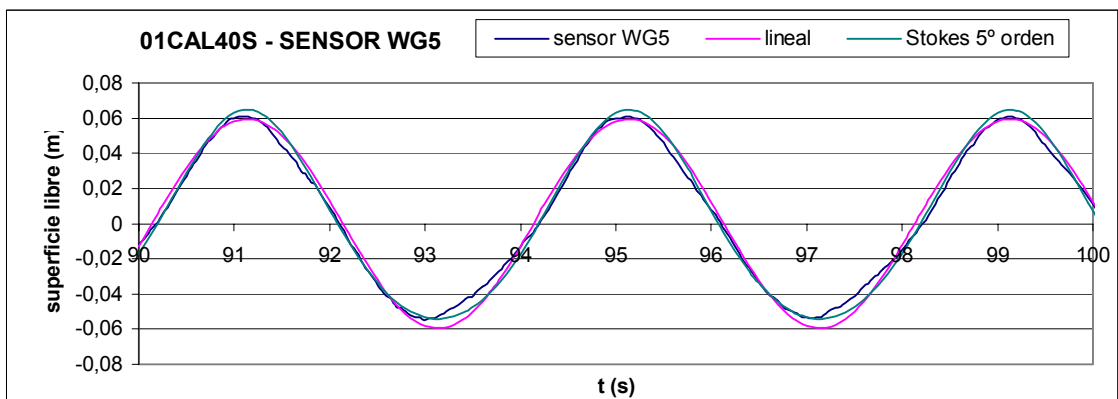
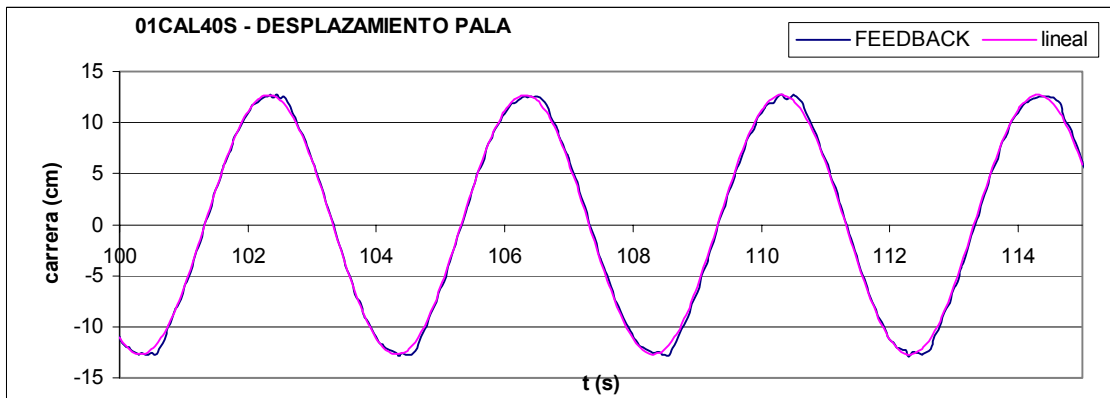
01CAL30D



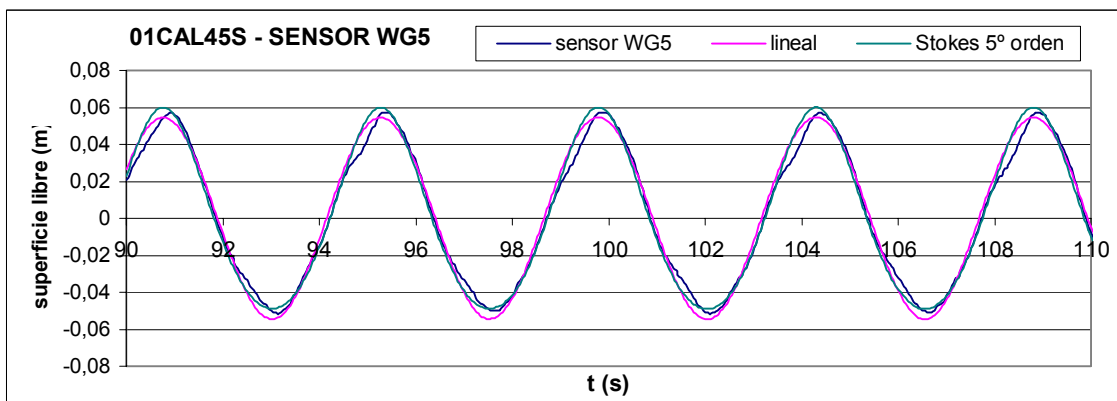
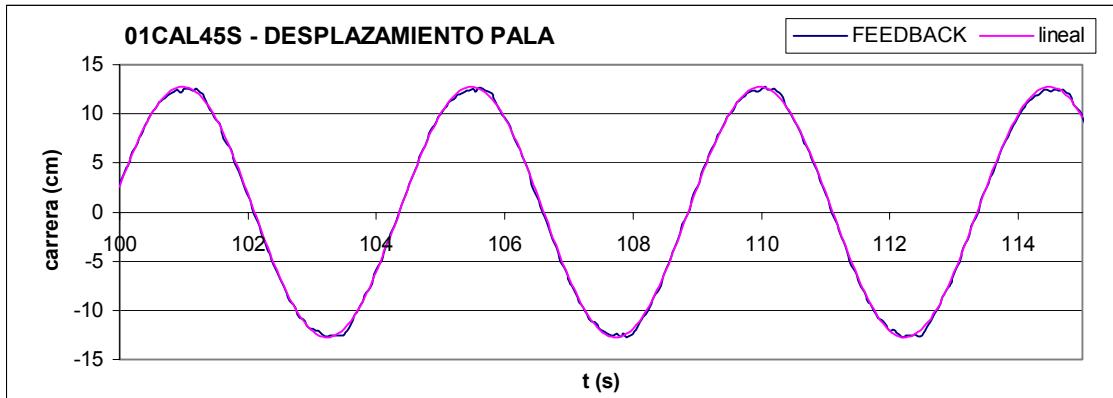
01CAL35S



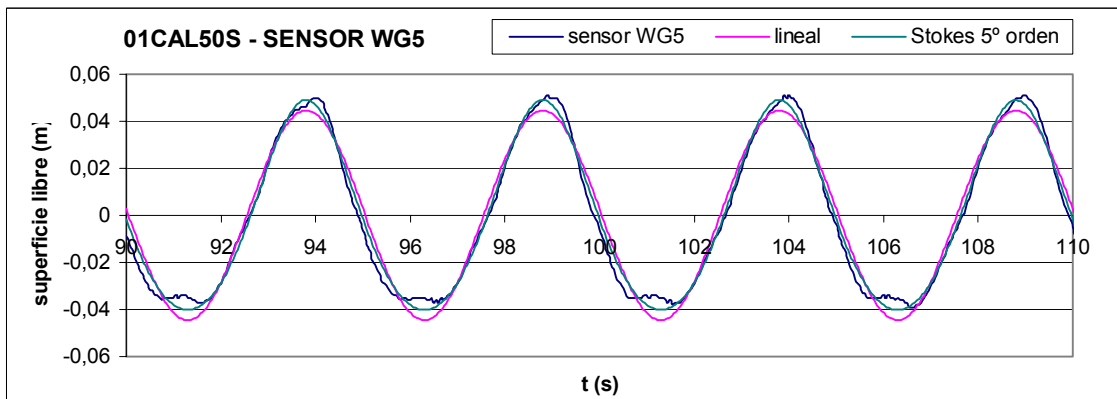
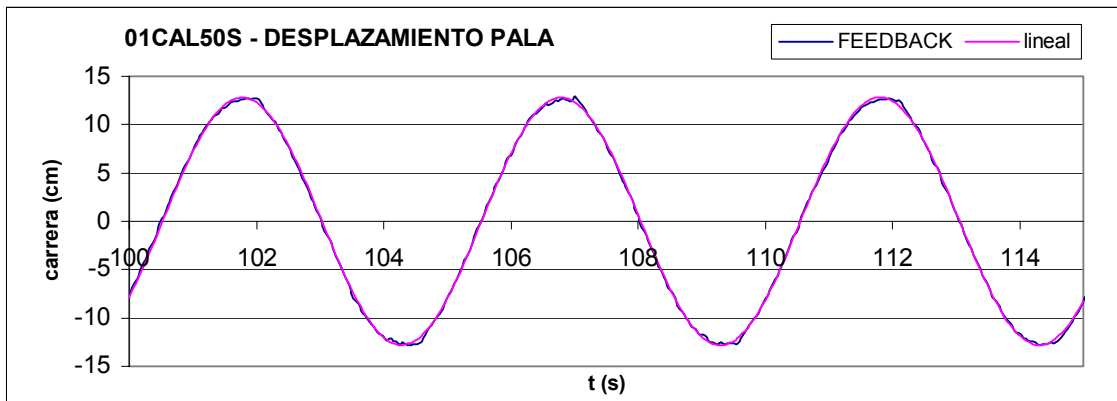
01CAL40S



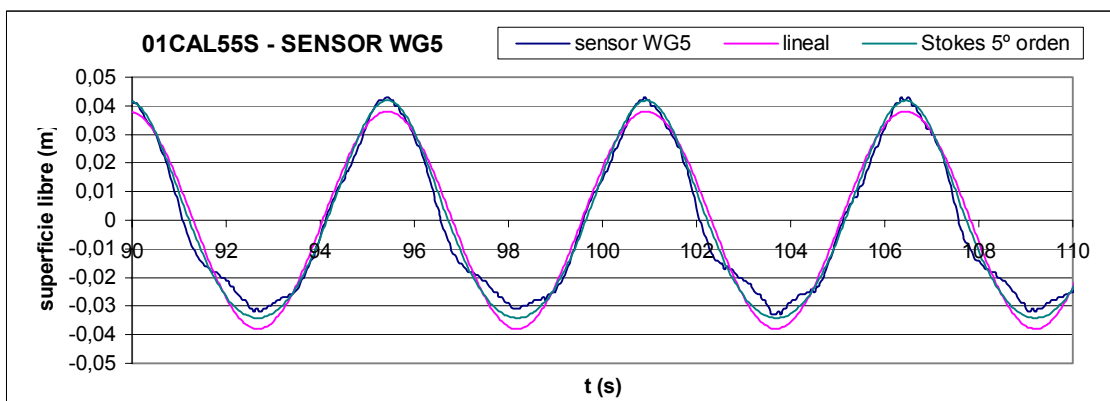
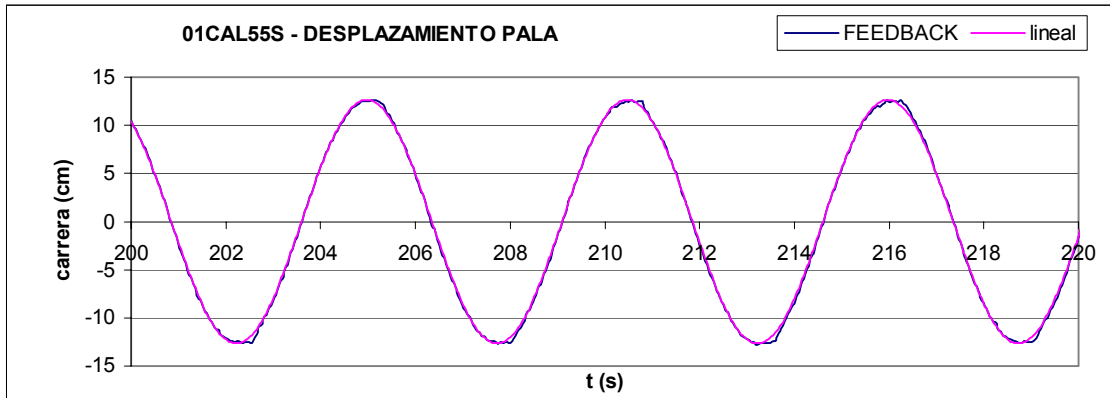
01CAL45S



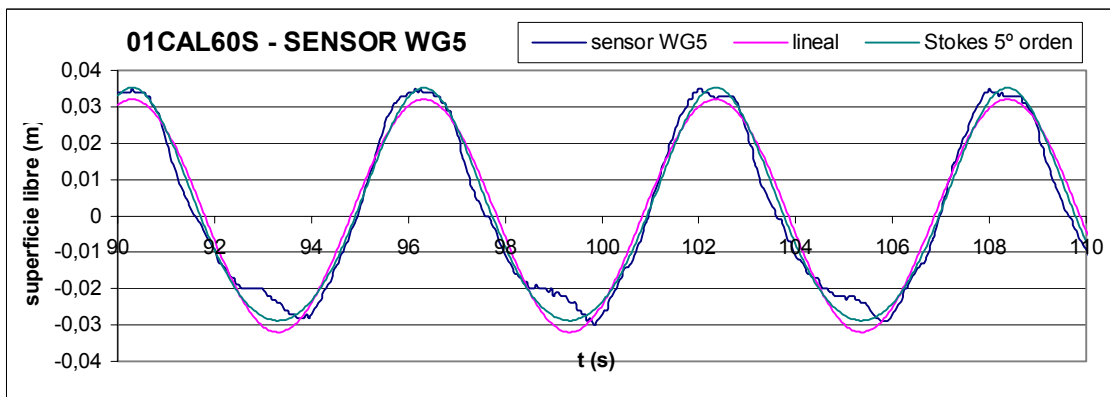
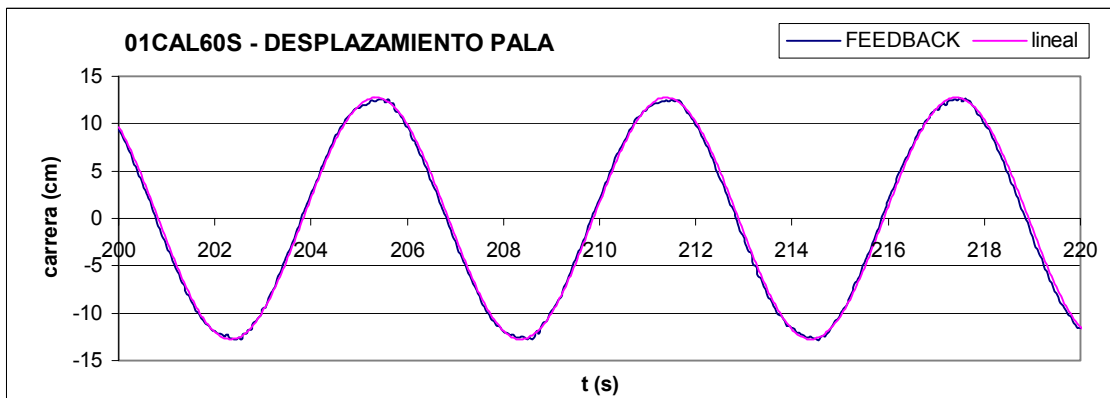
01CAL50S



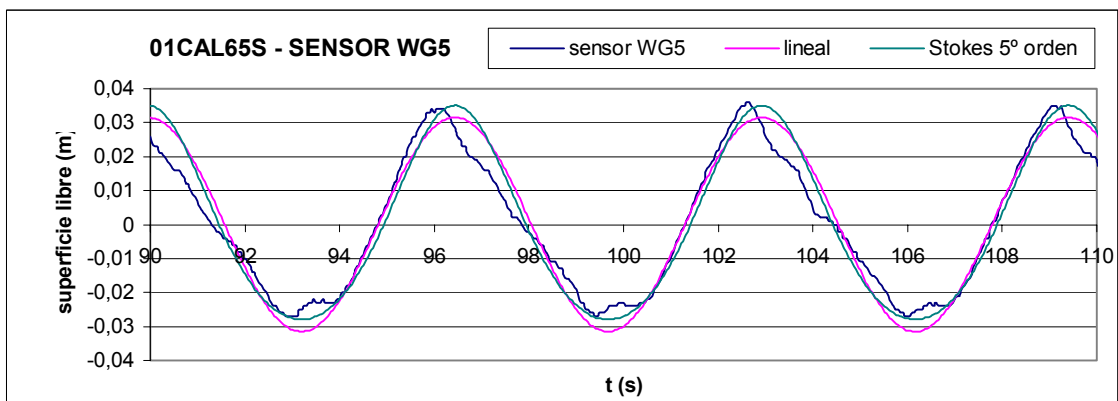
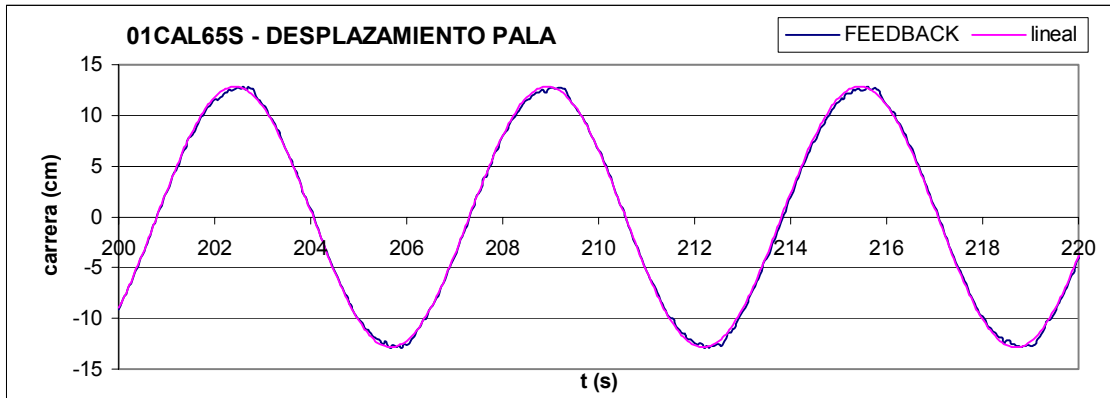
01CAL55S



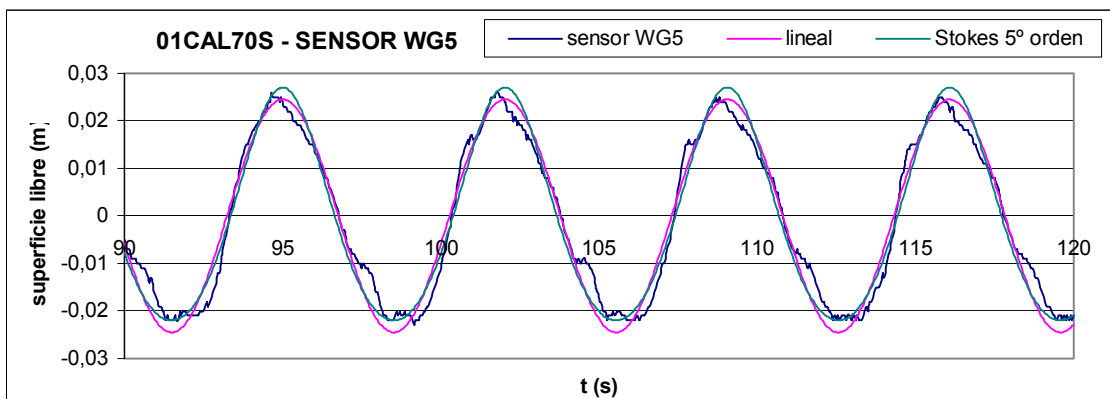
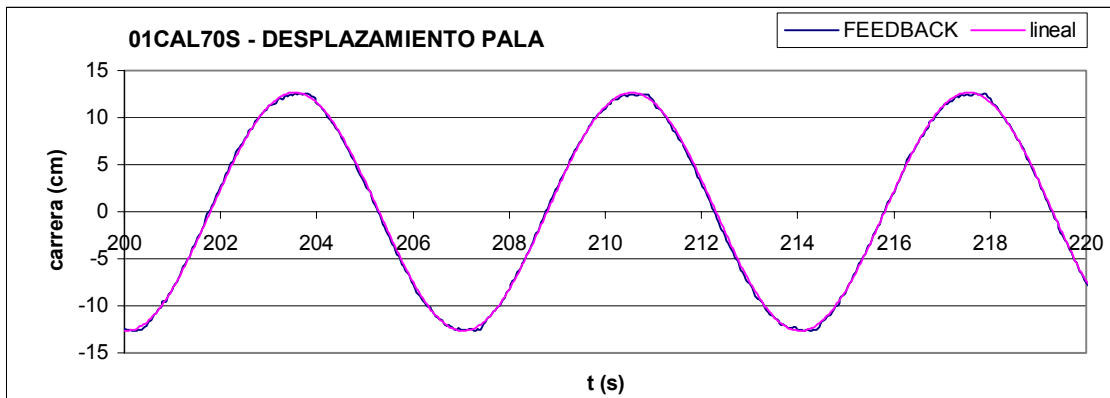
01CAL60S



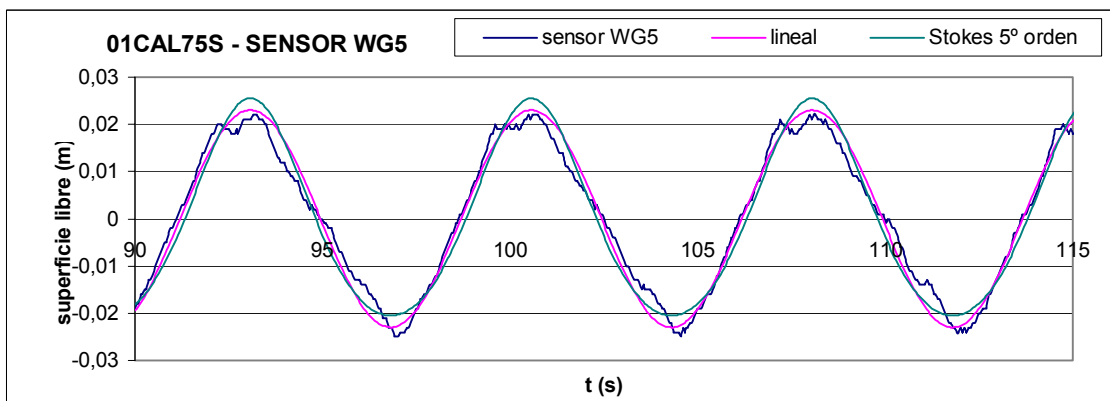
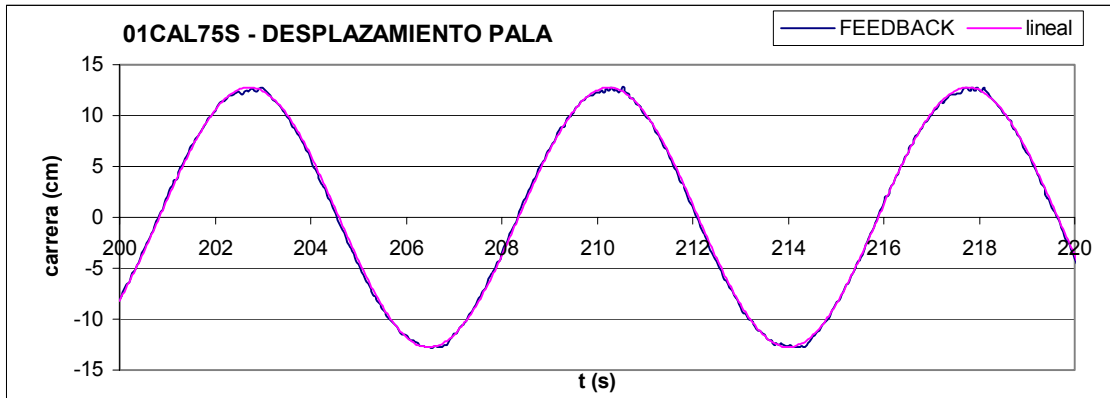
01CAL65S



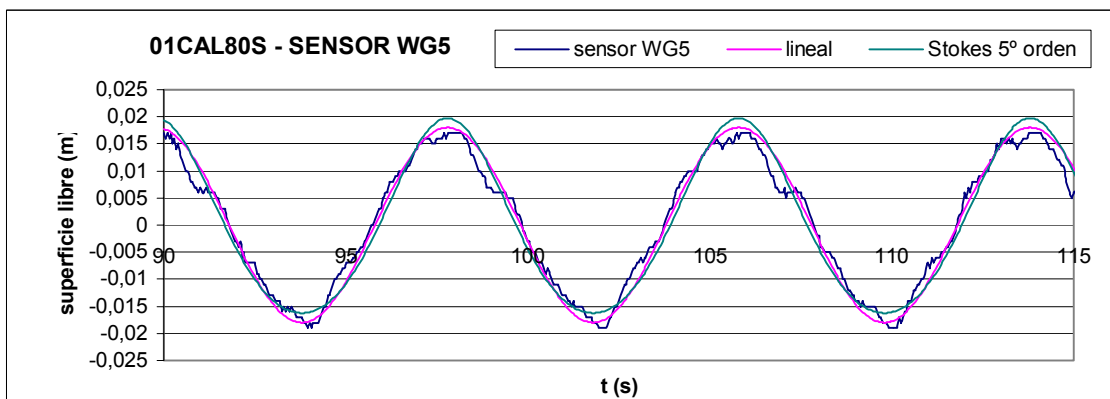
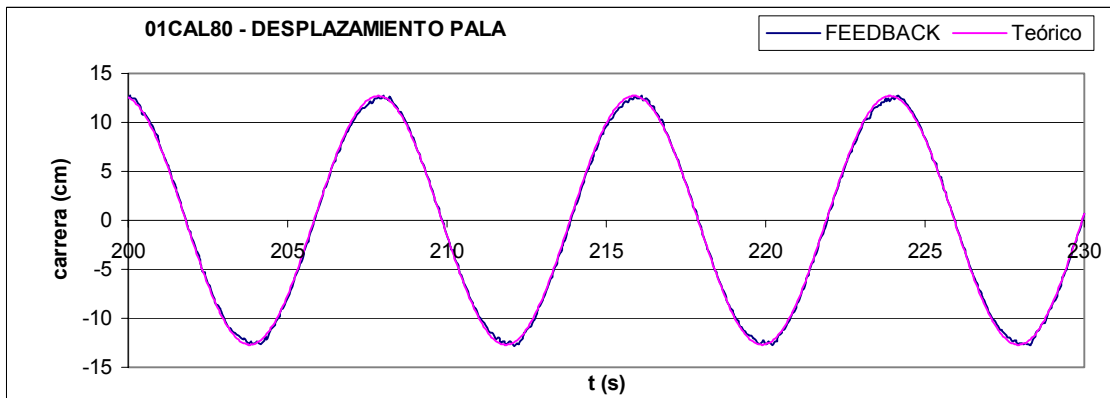
01CAL70S



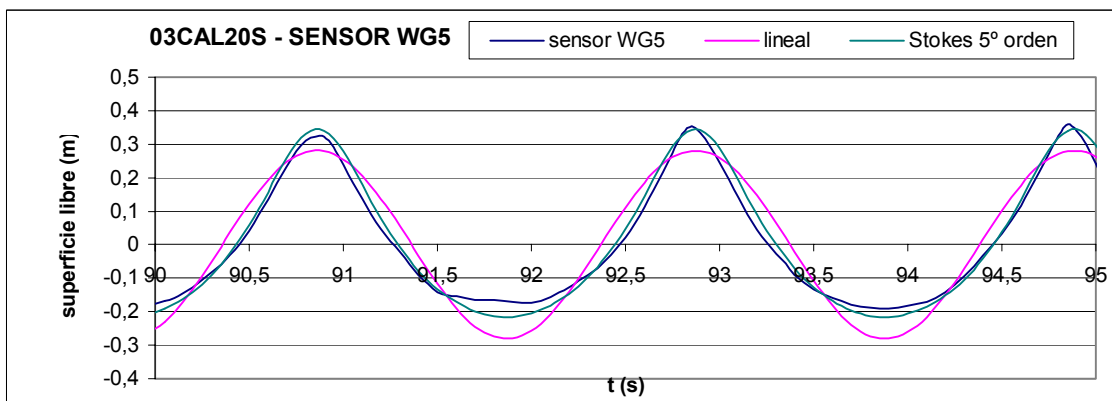
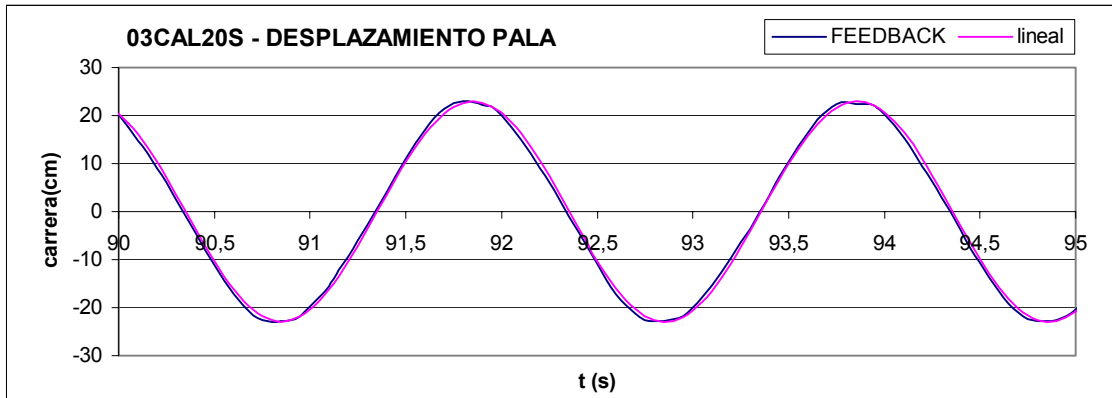
01CAL75S



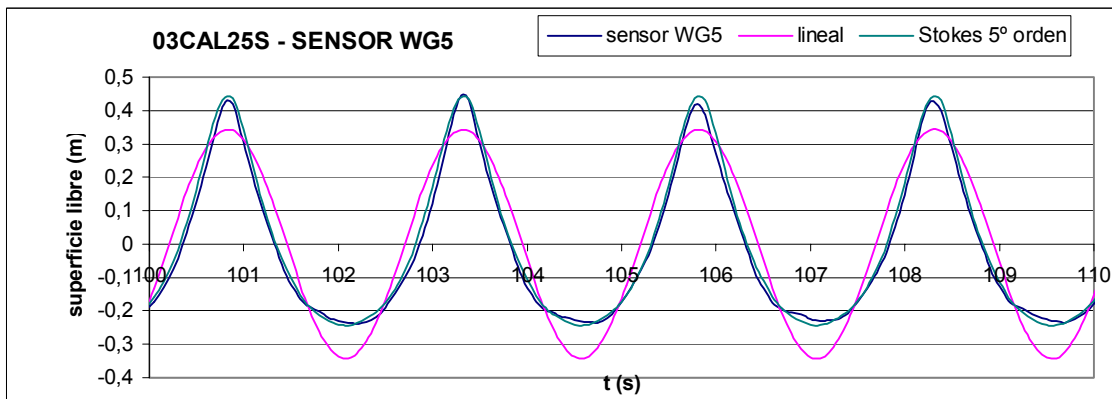
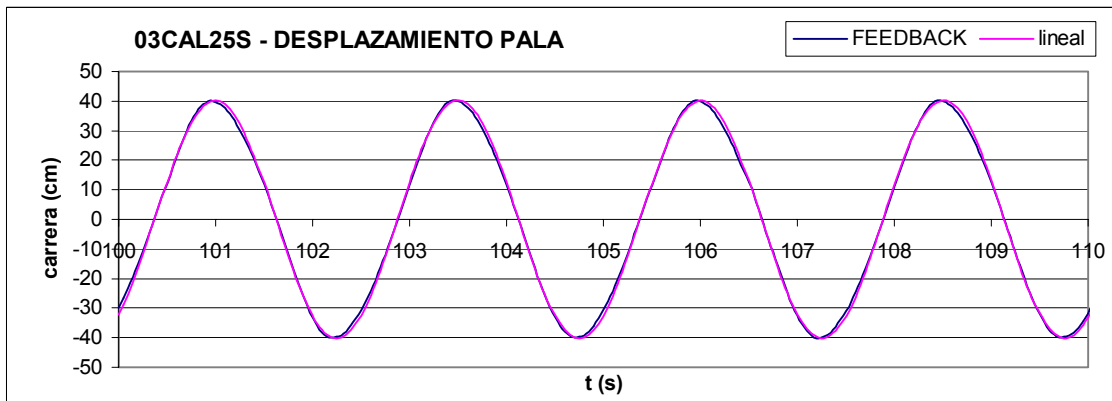
01CAL80S



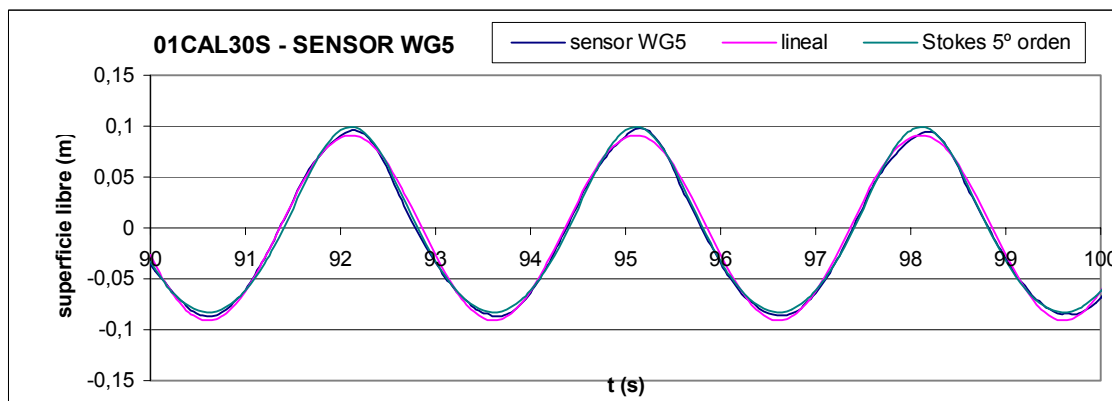
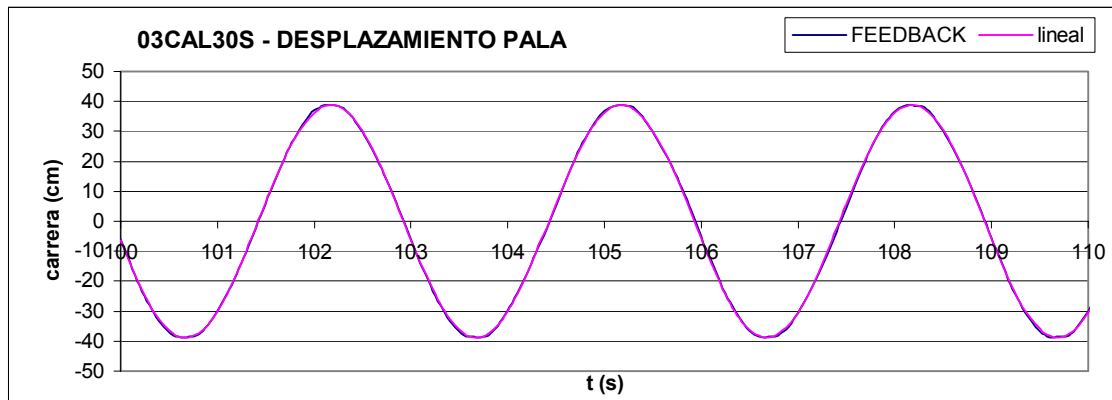
03CAL20S



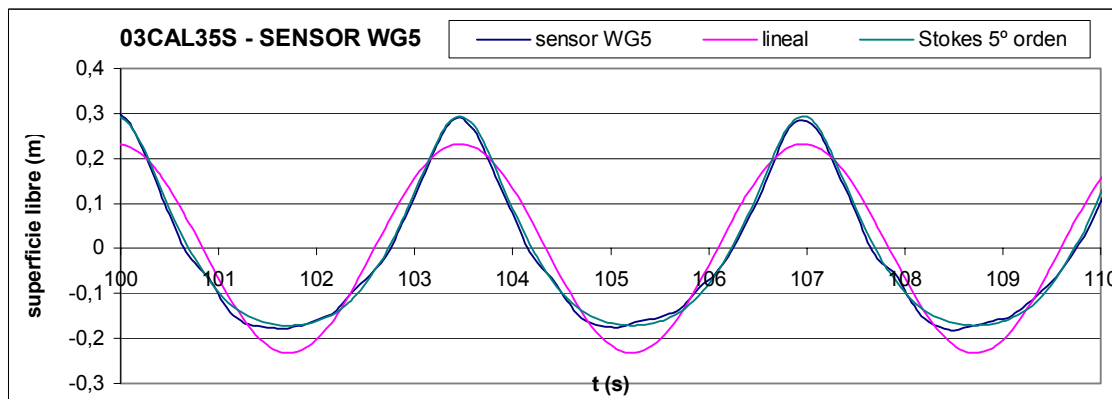
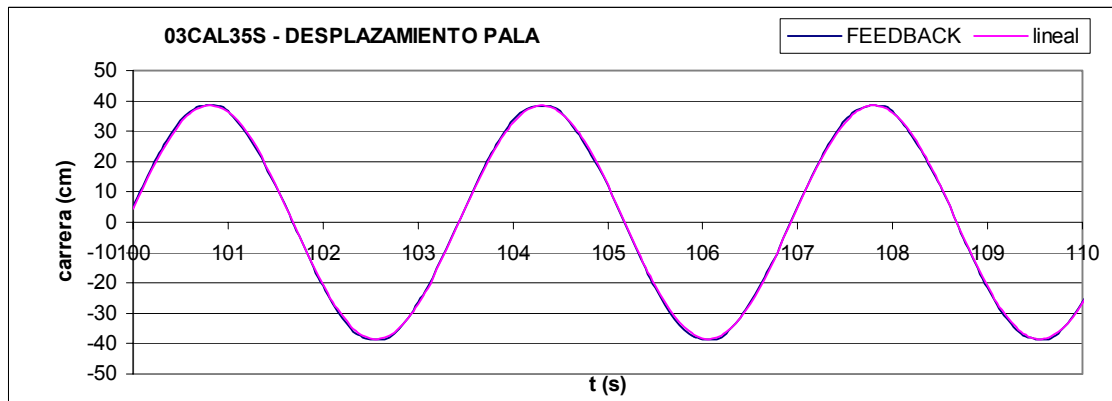
03CAL25S



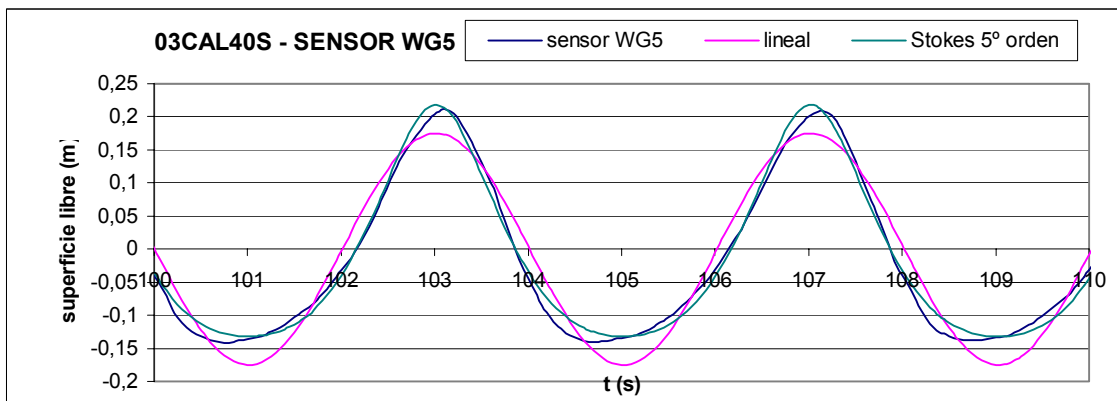
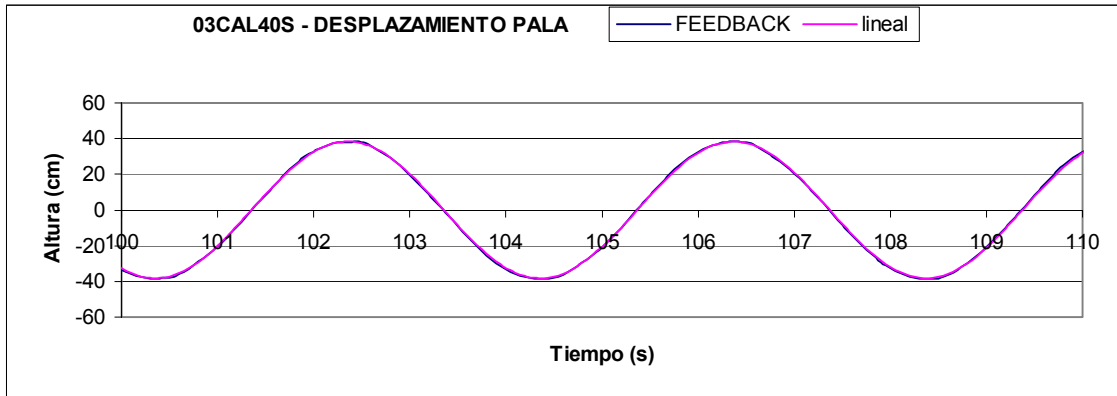
03CAL30S



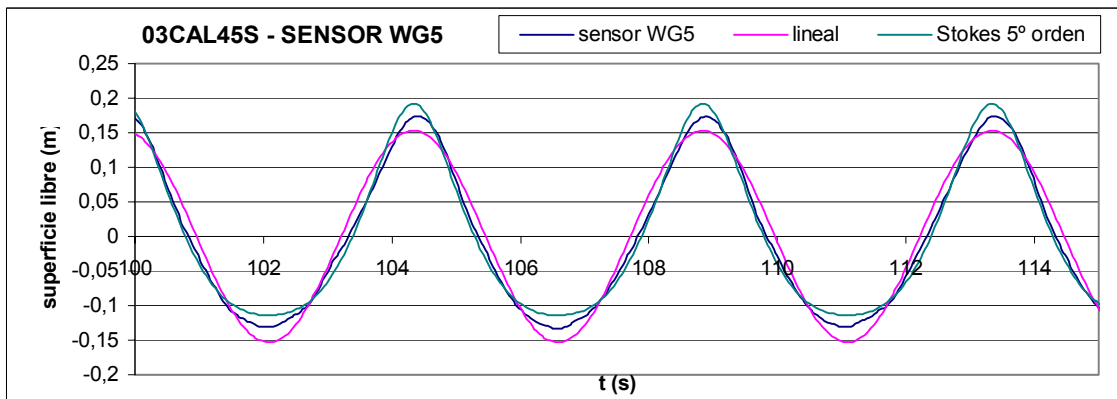
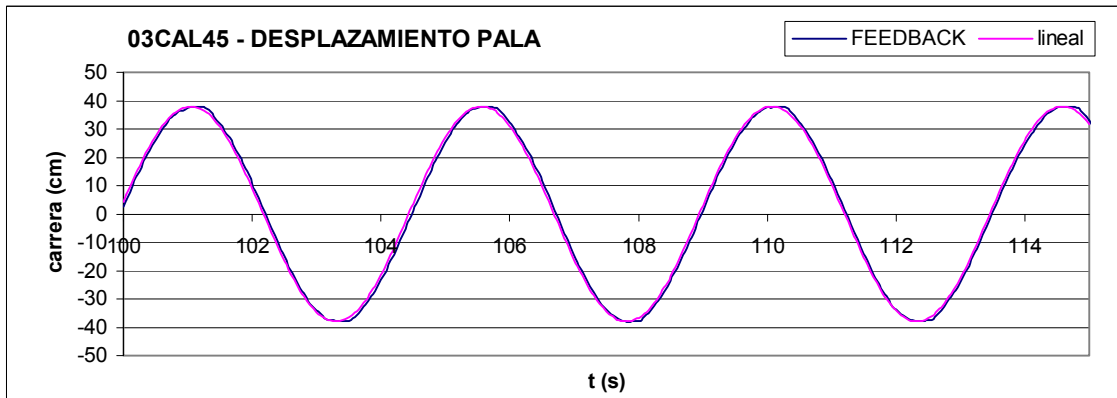
03CAL35S



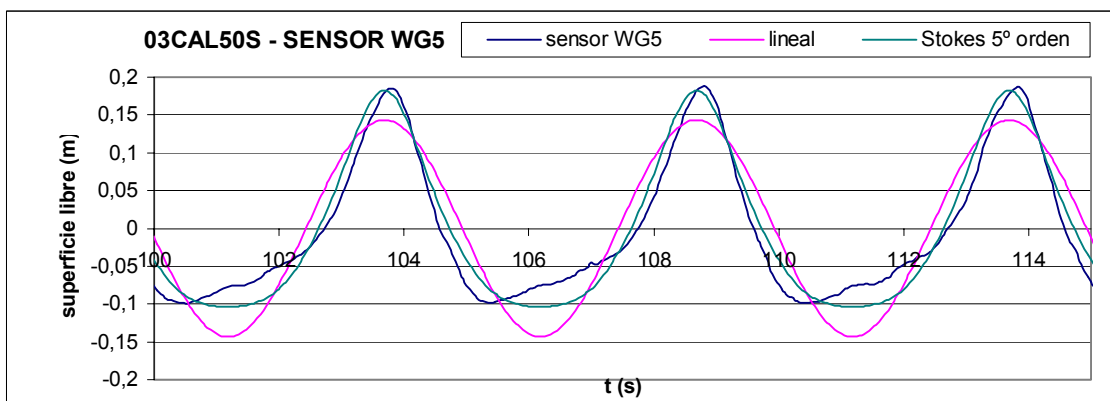
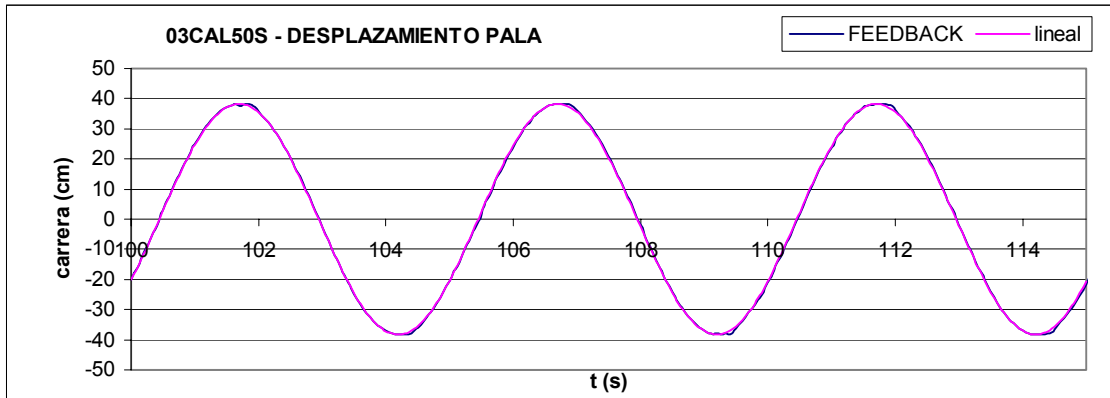
03CAL40S



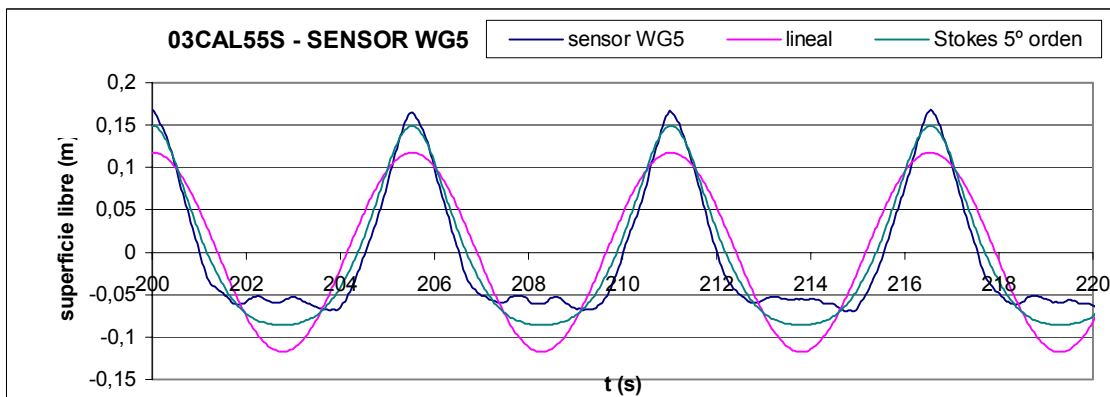
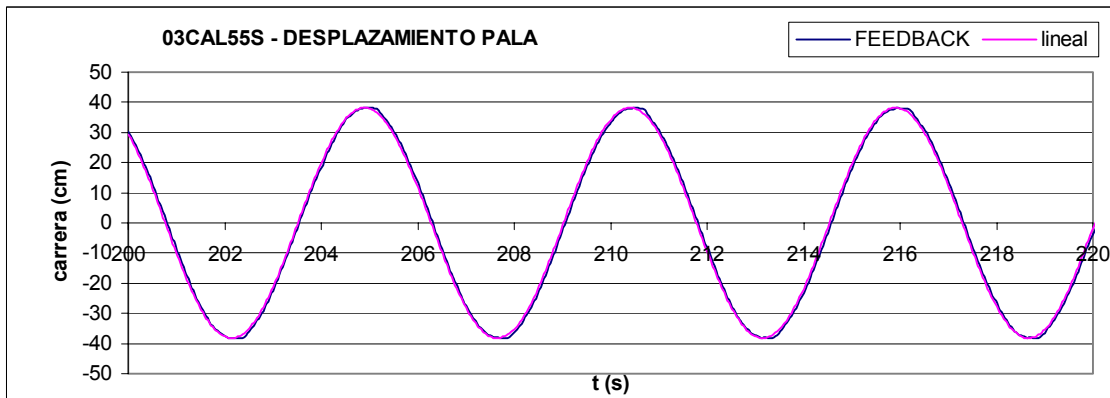
03CAL45S



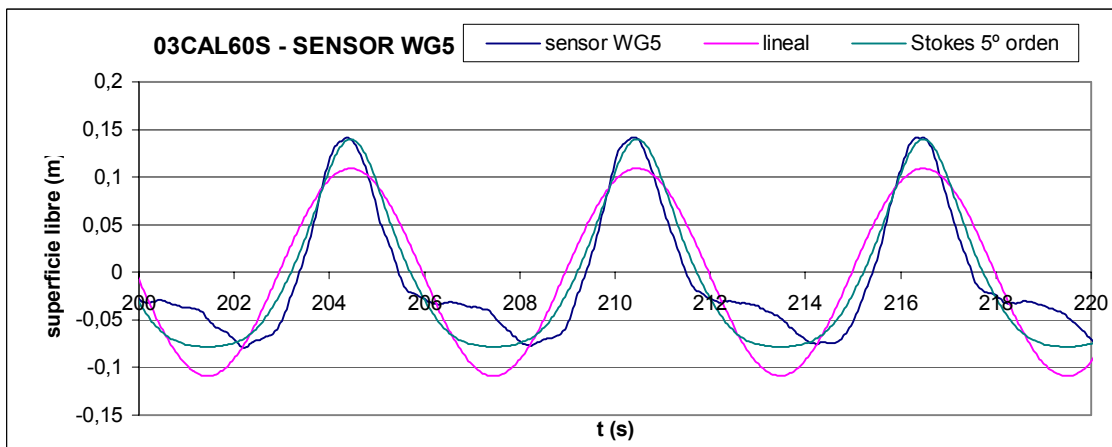
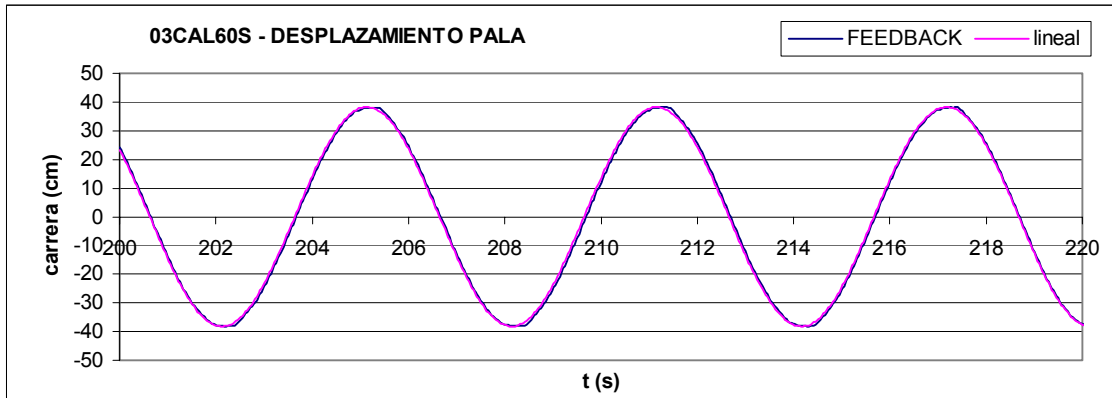
03CAL50S



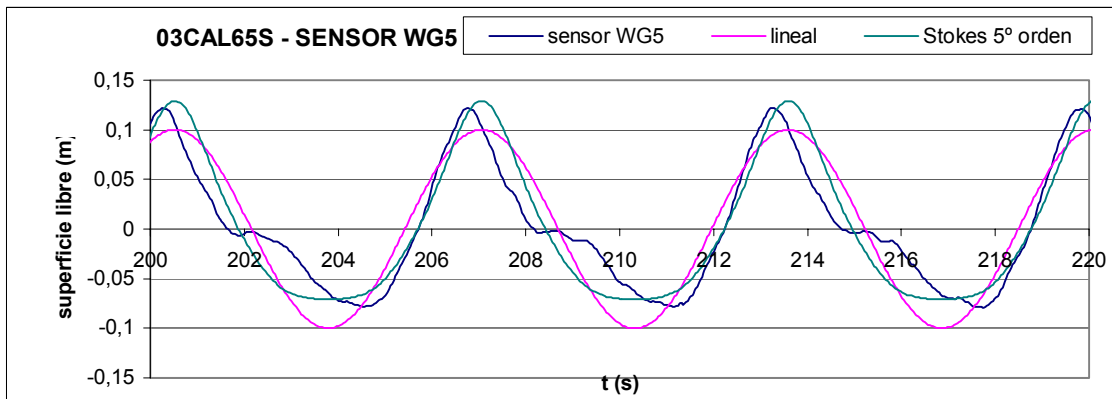
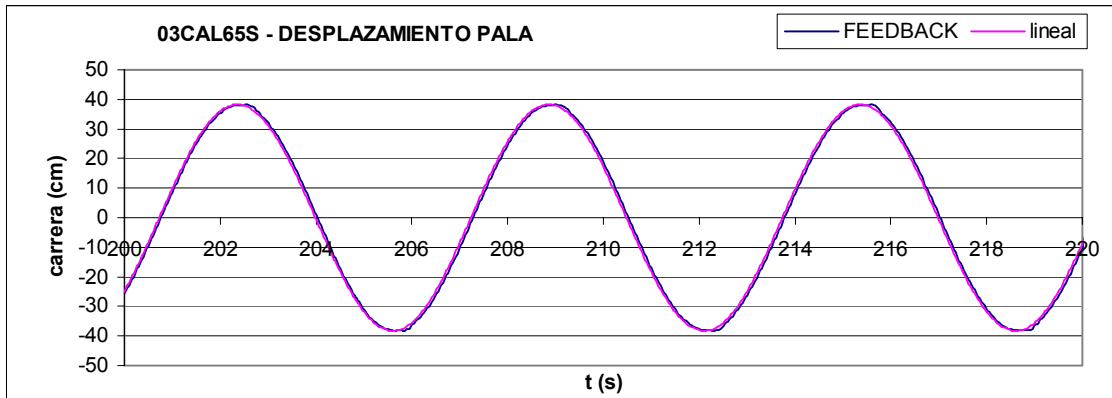
03CAL55S



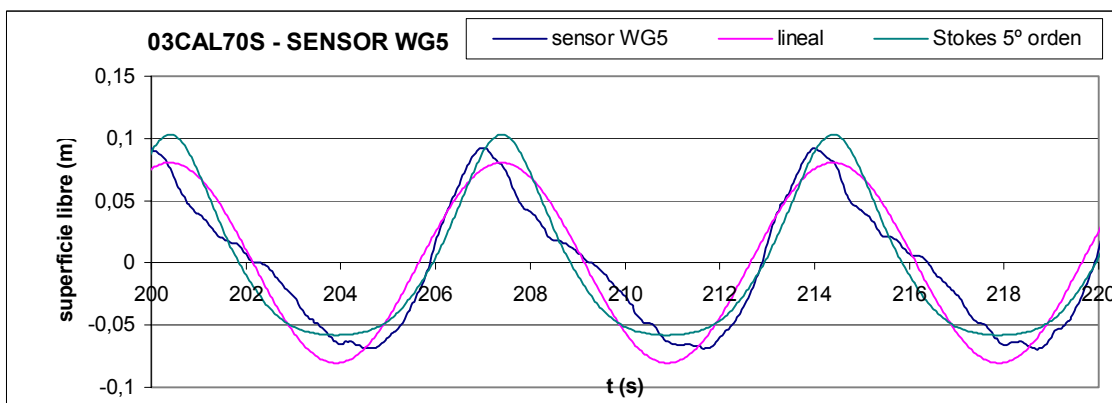
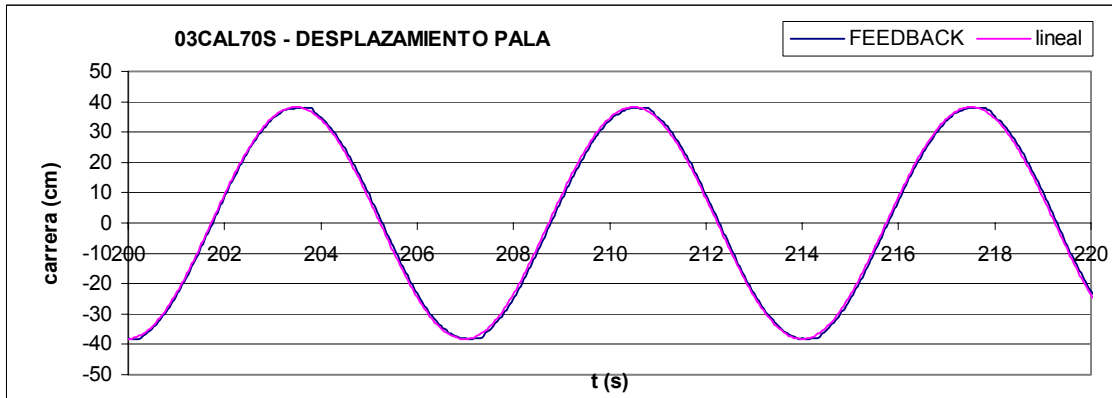
03CAL60S



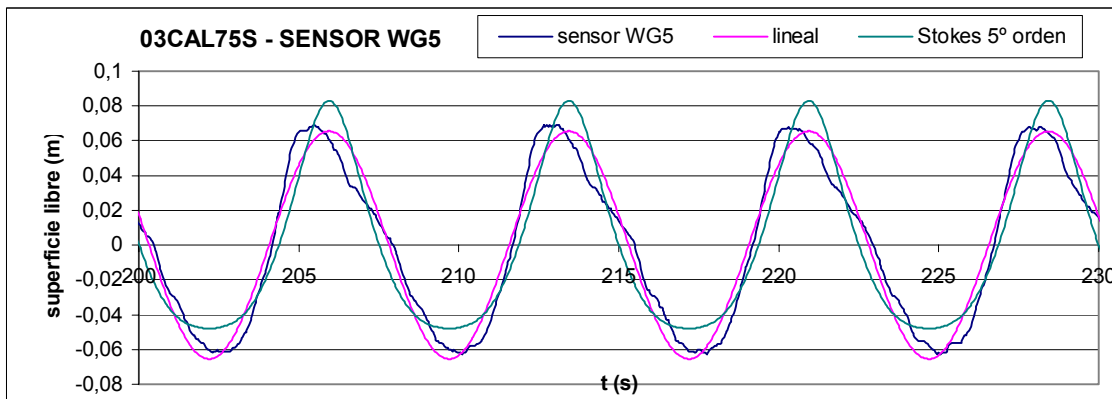
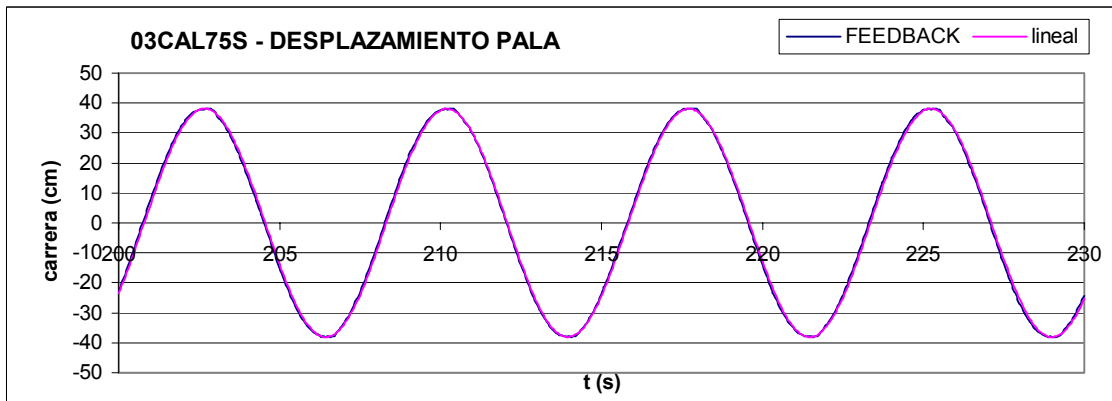
03CAL65S



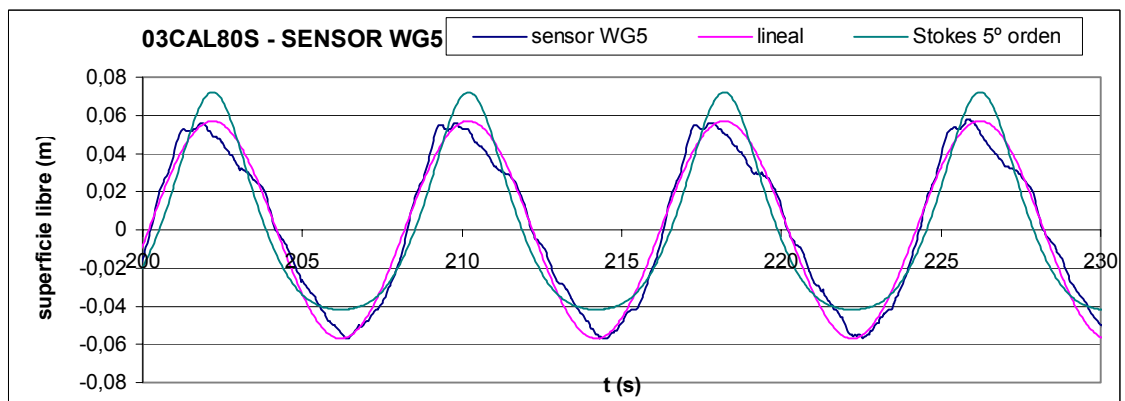
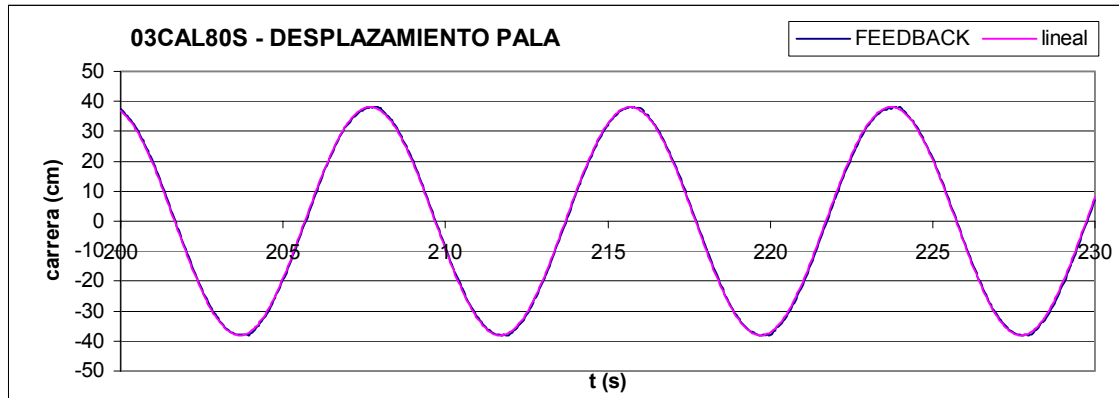
03CAL70S



03CAL75S



03CAL80S



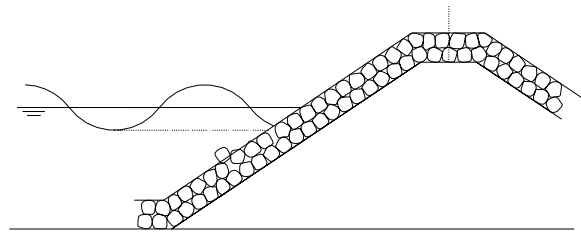
ANEJO V. Evaluación de daño en ensayos de estabilidad de diques en talud y niveles de avería

El estudio de la estabilidad de diques en talud es necesario utilizar un parámetro que exprese el nivel de averías del dique. A lo largo de la segunda mitad del siglo XX se han propuesto diferentes metodologías para medir el daño que se genera a un dique en talud. A continuación, como adelanto para la futura línea de investigación, se expone el estado del arte referente a esta cuestión. Dependiendo de la sencillez, la fiabilidad del método y de los equipos del canal CIEM, serán más propicios unas metodologías que otras. A continuación se exponen cronológicamente.

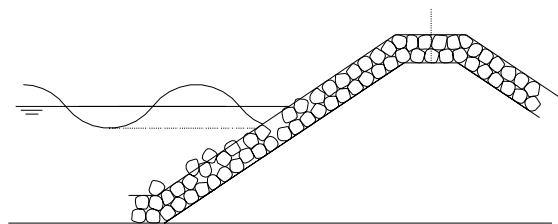
Iribarren (1955)

R. del Moral y J.M Berenguer (1980) expusieron la ponencia de Iribarren en la que definió dos niveles de daños:

- *Iniciación de averías.* Se produce cuando la curva acumulada del número de cantos desprendidos del manto se hace creciente (Ver gráfico). A partir de este punto el manto deja de tener estabilidad total para tener estabilidad parcial.



- *Rotura total:* Conocida popularmente como "*Avería de Iribarren*". Se produce cuando la avería afecta al manto hasta la profundidad de un canto o, más concretamente, del lado del cubo equivalente, con lo que la primera capa del mismo queda totalmente rota y la estabilidad del dique comprometida. En este punto la estabilidad deja de ser parcial y se produce la inestabilidad.



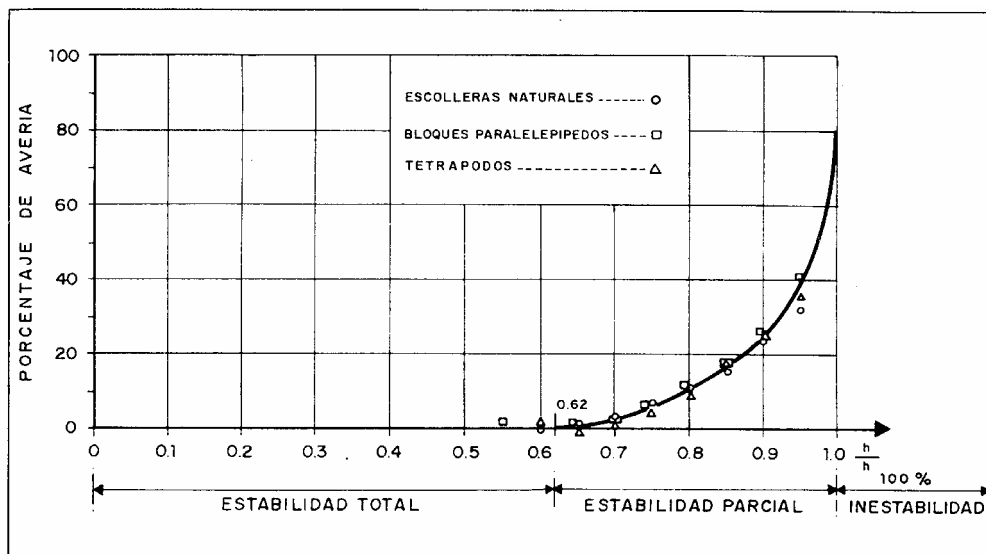


Figura IV.1. Curva acumulada del número de cantos desprendidos

En la figura se representa la curva acumulada del número de cantos desprendidos del manto respecto al número de cantos desplazados totales en el momento de producirse la rotura total. Otra forma de expresarlo sería el porcentaje de área erosionada respecto a la total en el momento de producirse la rotura total.

En el eje de abcisas la variable es el cociente entre una altura de ola cualquiera y la altura ola que produce la rotura total ($h_{100\%}$).

La relación entre el inicio de averías y la rotura total para escollera natural son:

- En relación con las alturas de olas: $h_0/h_{100\%} = 0,62$
- En relación con el peso de los elementos: $N_0/N_{100\%} = 4.1$

Jackson (1968)

J. R. Medin (1992) utilizó durante sus ensayos la definición de daño desarrollada por Jackson en 1968. Jackson definió el nivel de daño D como el tanto por ciento de volumen erosionado respecto a la región activa, que se extiende desde la mitad de la cresta del dique hasta la altura de la mayor ola que no produce daño por debajo del nivel medio del mar.

$$D(\%) = \frac{Vol_{erosionado}}{Vol_{región\ activa}} \cdot 100$$

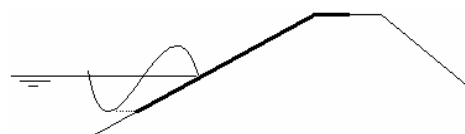


Figura IV.2. Región activa de un dique en talud

También se puede expresar contabilizando elementos del manto principal. De este modo, en vez de utilizar las áreas utilizaríamos el n° de elementos.

$$D(\%) = \frac{N^{\circ} \text{elementos}_{\text{erosionados}}}{N^{\circ} \text{elementos}_{\text{región activa}}} \cdot 100$$

Se considera el inicio de averías para un valor $D = 0 - 5 \%$. Por otro lado cabe destacar que esta medición de daño depende de la geometría del dique y de su longitud.

Broderick y Ahrens (1982)

Van der Meer y Pilarzick (1984) popularizaron un nuevo sistema para medir el nivel de daño, basado en los informes de Broderick y Ahrens de 1982. Éstos últimos crearon una definición de daño independiente de la geometría del dique. Definieron daño en el manto principal como el área de erosión normalizada al cuadrado del diámetro equivalente de los bloques que lo componen.

$$S = \frac{A_e}{D_{n50}^2}$$

Donde:

A_e : Medición del área erosionada en la sección del dique.

D_{n50} : Diámetro equivalente de los bloques del manto principal.

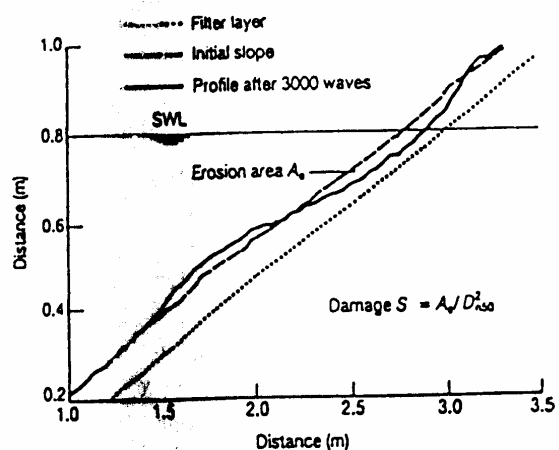


Figura IV.3. Área erosionada normalizada A_e

Una descripción física del daño S sería el número de cuadrados de lado D_{n50} que cabrían en el área erosionada A_e .

NOTAS:

Van der Meer y Pilarzyk (1984) obtuvieron relaciones respecto al valor de S .

- Inicialmente se contabilizaba el daño como el n° de unidades del manto principal que se desplazaban a más de $1 \cdot D_{n50}$.

Ésta medición de daño es igual a 0,7-1 veces el daño S definido por Broderick y Ahrens.

- Hudson considera el inicio de averías para un daño comprendido entre $D=0-5\%$. Esto se corresponde con un daño $S = 2-3$.
- El daño producido en el manto depende de la inclinación de éste. Por esta razón, a partir de unos taludes determinados podemos evaluar el valor de S que corresponde al Inicio de averías, Averías Intermedias y Fallo.

Talud	Inicio de averías	Averías intermedias	Fallo
1:1.5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	3	8-12	17
1:6	3	8-12	17

Tabla IV.1. Relaciones entre diferentes niveles de avería. Van deer Meer y Pilarzyk (1984)

M. W. Owen & M.W.H. Allsop (1983)

Utilizaron en sus pruebas de laboratorio 4 categorías de desplazamientos de las unidades del manto principal, para definir el daño.

- 0 - Movimiento no perceptible
- R - Se percibe el giro de una unidad, pero sin desplazamiento de ésta.
- 1 - Unidad desplazada a menos de $0,5 \cdot D_{n50}$
- 2 - Unidad desplazada entre $0,5 \cdot D_{n50}$ y $1 \cdot D_{n50}$
- 3 - Unidad desplazada a más de $1 \cdot D_{n50}$

En el gráfico siguiente podemos apreciar la evolución de cada modo de daño

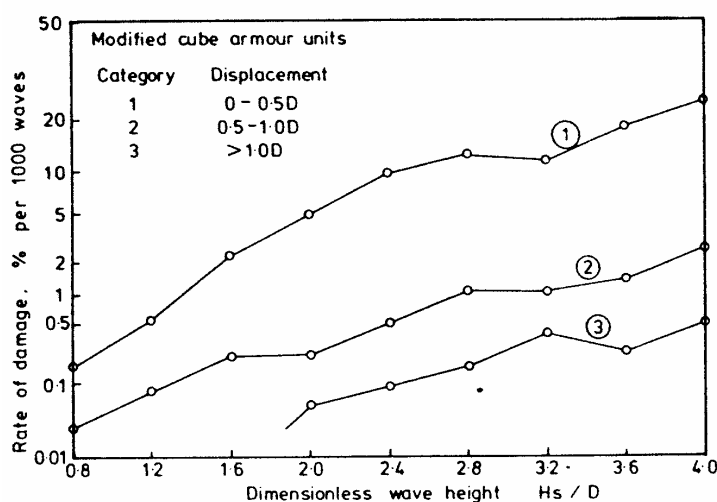
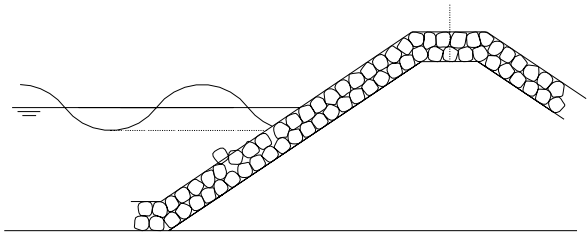
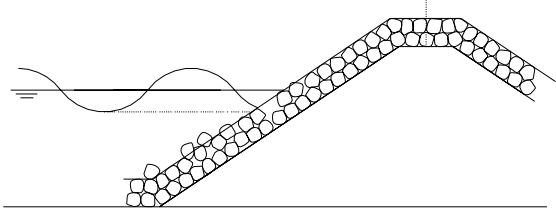
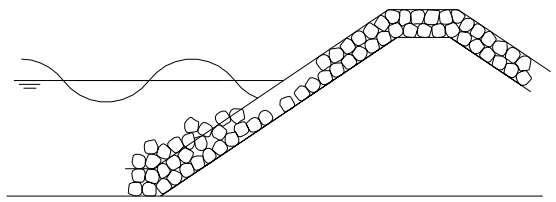


Figura IV.4. Relaciones entre diferentes niveles tipos de desplazamiento.

R.L.Groeneveld, A. M. Mol, E.H.Nieuwenhuys (1984)

Buscaron una correlación entre el porcentaje de unidades del manto principal desplazadas y la descripción del daño basado en unas condiciones medias:

Clasificación del daño	Porcentaje de unidades desplazadas	Descripción del Daño
Menor	0 - 3 %	<p>Algunas unidades del manto desplazadas, pero no hay huecos mayores de 4 unidades. La parte inferior del manto principal está intacta.</p> 
Moderado	3 - 5 %	<p>No hay huecos mayores a 6 unidades. En la parte inferior del manto principal solo se han producido ligeros desplazamientos.</p> 
Mayor	5 - 30 %	<p>El manto principal está removido en una gran extensión. En la parte inferior del manto han sido extraídas un máximo de 2 unidades.</p> 
Total	> 30 %	<p>Mantos inferiores removidos. El núcleo queda expuesto al oleaje.</p>

H.W. Partensky, J. Rutte and R. Schmidt. (1986)

Clasificaron los movimientos de los elementos del manto principal comprendidos entre $1.25 \cdot H_{1/3}$ por encima y por debajo del nivel medio del mar para determinar el estado de la avería. H es la altura del elemento.

Nº de clasificación	Rotación máxima	Desplazamiento Máximo
1	5°	Muy pequeño
2	15°	H/6
3	30°	H/3
4	45°	H/2
5	90°	<H
6	90°	Desprendido

Tabla IV.2. Clasificación de los diferentes mediciones de daño.

En el caso de que la rotación y el desplazamiento den números de clasificación diferentes, se tomará el mayor de estos.

En la grafica de la derecha se puede observar los desplazamientos máximos permitidos según su clasificación, para cubos, tetrápodos y dolos.

El porcentaje de avería corresponde al porcentaje de elementos que se han desplazado según la clasificación expuesta anteriormente, en la zona comprendida entre $1.25 \cdot H_{1/3}$ por encima y por debajo del nivel medio del mar. Se toma esta zona por ser la que sufre casi todas las averías.

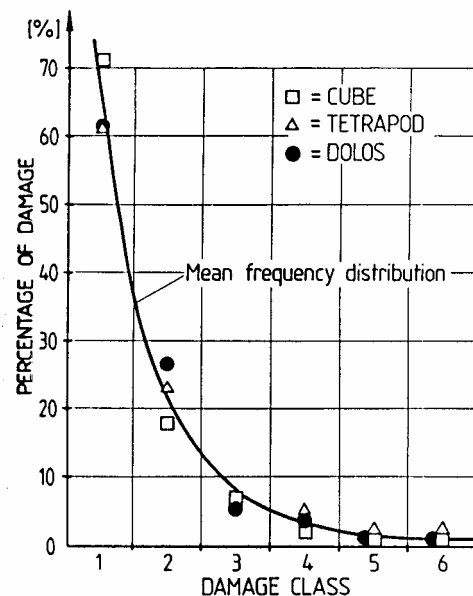


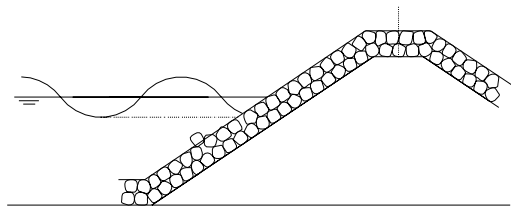
Figura IV.5. Relación entre diferentes clasificaciones de daño.

Losada (1986)

Definió 3 niveles de daño diferentes que pueden reconocerse a simple vista.

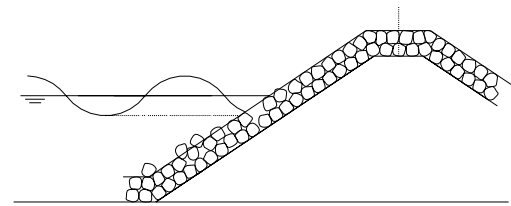
- Inicio de averías (ID)

El nivel de daño define las condiciones en las que se encuentra el manto principal cuando un 5% de las unidades son desplazadas de su posición original una distancia igual o superior a la del lado del cubo equivalente (D_{n50}).



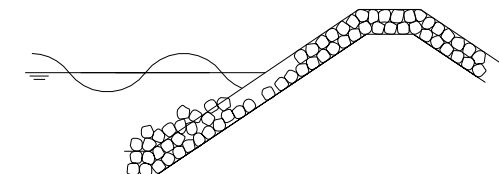
- Avería de Iribarren (IR)

Se produce cuando la avería afecta al manto hasta la profundidad de un canto o, más concretamente, del lado del cubo equivalente. Es decir, cuando la zona erosionada alcanza la segunda capa del manto principal.



- Destrucción (D)

Se produce cuando el manto secundario (o filtro) es dañado y su material es extraído.

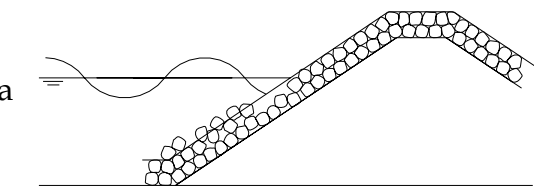


Vidal (1991)

C. Vidal y M. A. Losada (1998) añadieron en sus ensayos otro nivel a los 3 definidos por Losada (1998). Para ello intercalaron junto a los niveles de daño expuestos por Losada en 1986 un nuevo estado de avería expuesto por primera vez por Vidal en 1991 llamado inicio de destrucción.

- Inicio de destrucción (SD)

Se produce al iniciarse el daño en la segunda capa del manto principal.



NOTA:

César Vidal, Miguel A. Losada, y Etienne (1998), obtuvieron una la relación entre el valor del parámetro S definido por Broderick y Ahrens y estos niveles de daños descritos por Losada y Vidal, para un dique de talud 1:1,5:

Tipo de Avería	ID	IT	SD	D
Nivel de daño S	1.0	2.0	4.0	9.0

Tabla IV.3. Relación entre nivel de avería definido por Losada y Vidal y el nivel de daño S.

Joseph R. Medina (1990)

Definió inicio de averías como el daño mínimo detectable.

NOTAS:

- A pesar de que no coincide con la definición de Losada (1986) ambos se producen para un S=1.
- Cabe destacar que esta definición no contradice la condición de *No-Damage* expuesta en el Shore Protection Manual (1984), ya que S=1 se produce cuando D=3%.
- El SPM (1984) considera el inicio de averías para D=0-5%, lo que corresponde un S=0-1.6.

Cheong-Ro Ryu and Hyeon-Ju Kim (1994)

Durante sus ensayos, definieron el parámetro daño como el porcentaje de área erosionada respecto al total que se produce cuando la avería empieza a afectar a la estabilidad del filtro.

$$D(\%) = \frac{\text{Área erosionada}}{\text{Área erosionada}_{\text{inicio daño filtro}}} \cdot 100$$

Melby y Kobayashi (1998)

Utilizaron la S de Broderick y Ahrens como la descripción del daño general, y definieron nuevos parámetros de daño adimensionales: