



FIGURA 3. Fotografía aérea de la playa de El Palo.

3. VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR: ESTUDIO DE COMPONENTES

El nivel del mar no se encuentra estático sino que se ve sometido a una serie de variaciones alrededor de su nivel medio, debidas a tres causas simultáneas: el tiempo atmosférico, la atracción gravitatoria y por supuesto el oleaje. El tiempo atmosférico viene caracterizado entre otros agentes por la presión atmosférica y el viento, que son los responsables de la llamada marea meteorológica. La atracción gravitatoria de los astros, especialmente de la Luna y el Sol, generan una onda en el mar denominada marea astronómica. Finalmente, el oleaje al incidir sobre la costa provoca una sobre elevación. Por tanto, las variaciones significativas del nivel del mar que afectan a la costa malagueña de El Palo, se pueden clasificar en (Figura 5):

- Mareas astronómicas.
- Mareas meteorológicas : de presión y viento.
- Sobre elevaciones debidas a la incidencia del oleaje.

Para la playa de El Palo, se fueron calculando cada una de las componentes de la variación del nivel del mar, cuyos cálculos resumidos se presentan en los apartados siguientes.

3.1 MAREAS ASTRONÓMICAS

Las mareas astronómicas son ondas de gran amplitud que producen oscilaciones del nivel del mar y son conocidas vulgarmente como "mareas". La onda de marea puede definirse como la conjunción de movimientos cuasi-regulares del mar, que están directamente relacionados en amplitud y fase con alguna fuerza geofísica periódica. El factor predominante de la marea gravitatoria es la variación del campo gravitatorio sobre la superficie terrestre, producida básicamente por los movimientos de los sistemas Tierra-Luna y Tierra-Sol. Las mareas aunque son regulares, solo se repiten exactamente al cabo de un periodo muy largo de tiempo.

Para conocer los valores extremales que la marea astronómica alcanza en la zona del Palo, se ha recurrido a estudiar los datos procedentes de la red de mareógrafos de Puertos del

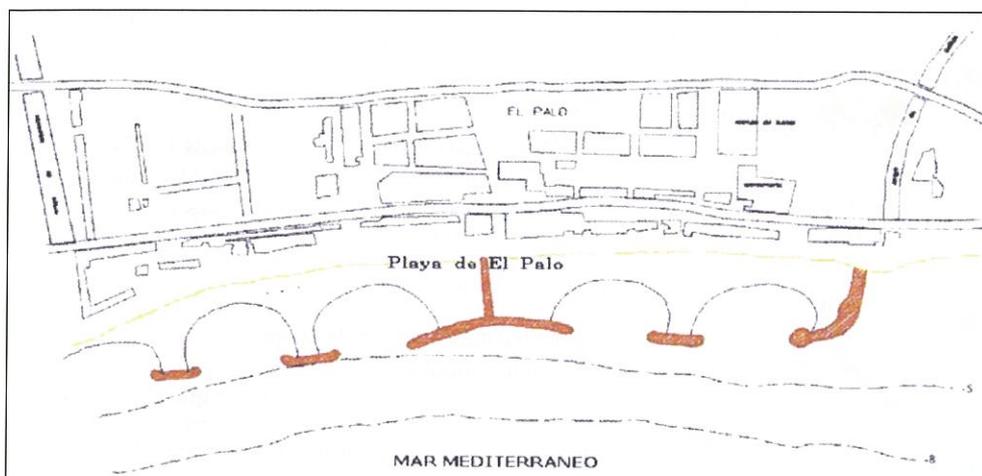


FIGURA 4. Obras existentes actualmente en la playa de el Palo.

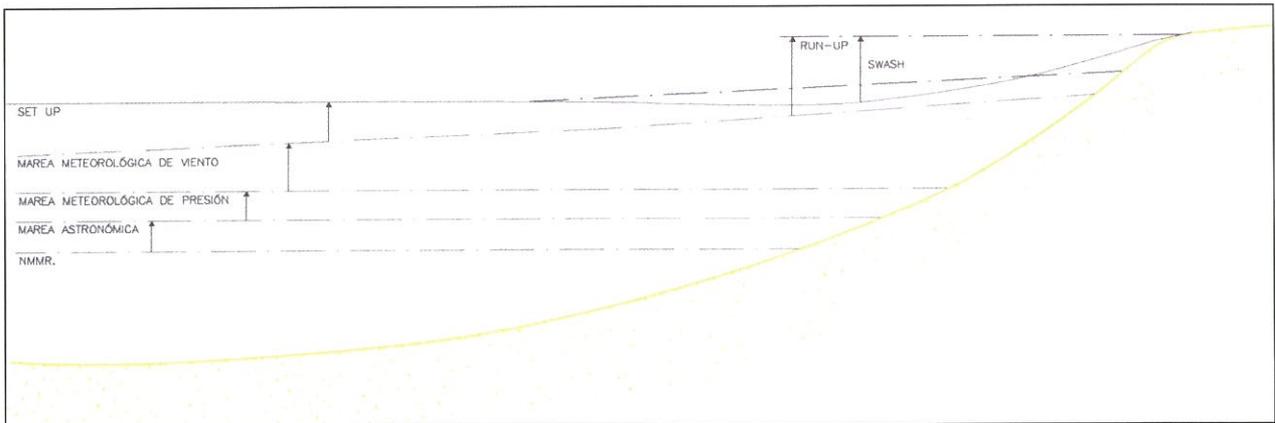


FIGURA 5. Componentes de la elevación del nivel medio del mar.

Estado (REDMAR). El mareógrafo más próximo se encuentra situado dentro del puerto de Málaga y tiene de coordenadas geográficas [36° 42' 50"N - 4° 24' 52"O] (Figura 6)

El mareógrafo comenzó a funcionar en el año 1992 y todos los datos están referidos al cero del aparato a 0.60 metros bajo el nivel medio del mar en Alicante (NMMA). El nivel medio del mar (NMM), aunque se considera constante respecto al cero topográfico de Alicante, en realidad no lo es ya que varía estacional e interanualmente y con el clima. De todos modos su rango de variación es muy inferior al de fenómenos como las mareas.

En los registros se mide la elevación de la columna de agua en un instante t y se puede considerar como suma de tres componentes:

$$X(t)=Z(t)+M(t)+R(t)$$

Donde la primera componente medida $Z(t)$ es nivel medio del mar, que aunque sufra oscilaciones por lo general son de

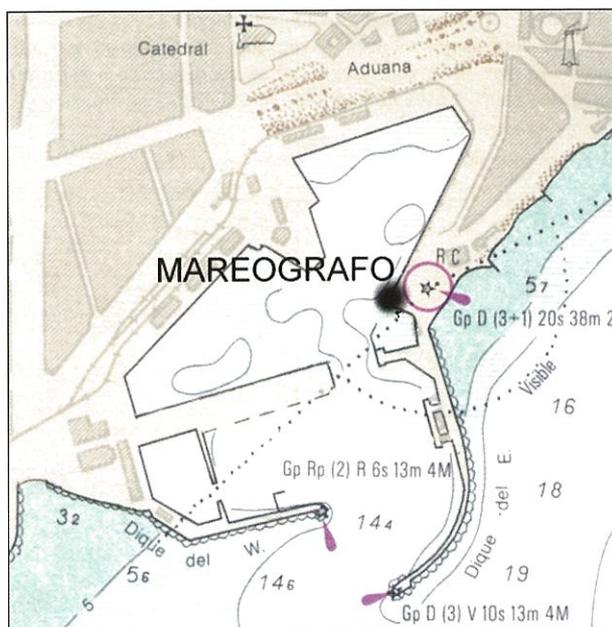


FIGURA 6. Ubicación del mareógrafo de Málaga.

Año	Máximo	Fecha	Mínimo	Fecha
1992	1'07	(26 Sep)	0'11	(8 Dic)
1993	1'12	(1 Nov)	0'03	(7 Ene)
1994	1'18	(4 Nov)	-0'10	(28 Ene)
1995	1'22	(15 Dic)	0'01	(2 Ene)
1996	1'33	(22 Dic)	0'08	(7 Feb)
1997	1'18	(17 Oct)	0'09	(9 Feb)
1998	1'12	(28 Ene)	0'07	(26 Feb)

TABLA 1. Extremos de niveles cada 5 min. (m) registrados en Málaga.

menor entidad; $M(t)$ corresponde a la onda de marea y $R(t)$ es la componente meteorológica o residual. Por tanto los datos del registro del mareógrafo, no solamente dan el valor de la marea astronómica, sino también es de la marea meteorológica de presión y viento. La sobre elevación debida al viento es la medida en el puerto, que como se verá, difiere de la que se produce en la playa en aguas someras y por tanto se realizará su corrección.

Los valores extremos registrados en el mareógrafo de Málaga se recogen en la tabla 1.

Por tanto la máxima elevación del nivel del mar registrada en la boya de Málaga, se dio el 22 de diciembre del año 1996 con un nivel de 1.33 m que supondrá una elevación de 0.73 m sobre el NMMA, debido a la suma de marea meteorológica y astronómica.

3.2 MAREAS METEOROLÓGICAS: DE PRESIÓN Y VIENTO

Las mareas meteorológicas son las sobre elevaciones del nivel del mar causadas por cambios bruscos en la presión atmosférica o vientos de temporal. Esto provoca subidas y bajadas anormales del nivel del mar que suelen venir acompañadas de la actividad normal de un temporal.

3.2.1 Marea meteorológica de presión

La presión atmosférica ejerce una fuerza vertical continua sobre la superficie del mar, de manera que sus variaciones en el tiempo y espacio producen cambios del nivel del mar y provocan una onda de periodo largo denominada marea meteorológica de presión. Estas mareas de presión, son por

tanto, provocadas por un gradiente de la presión atmosférica, debido a zona de altas y de bajas presiones. En la zona de altas presiones se crea una depresión del nivel del mar y en las zonas de baja presión se produce una elevación, de tal forma que se equilibra el nivel del mar con la presión existente. En la costa de Málaga por cada milibar que excede del nivel medio de presión, se produce una disminución de 1 cm en el nivel medio del mar aproximadamente. En los registros del mareógrafo viene recogido en la componente $R(t)$ y denominado como "el residuo meteorológico", un residuo irregular, como las variaciones de tiempo atmosférico que comprende las llamadas *ondas de tormenta* (traducción del término inglés "storm surge").

Dentro de los valores registrados por el mareógrafo del puerto de Málaga perteneciente a la REDMAR, se incluye tanto la variación del nivel del mar debido a la marea astronómica como meteorológica.

3.2.2 Marea meteorológica de viento

Las mareas meteorológicas de viento se producen por la acción continuada del viento sobre la superficie del mar, independientemente de la existencia de oleaje, provocando un aumento del nivel del mar cuya importancia dependerá también de la pendiente del fondo en las proximidades de la orilla. El viento al incidir sobre el mar, provoca un desplazamiento del agua que, si se ve interrumpido por la presencia de tierra, produce una convergencia y, por consiguiente, un incremento de nivel.

Hay que tener en cuenta que la marea meteorológica debida al viento medido por el mareógrafo se referirá a la sobreelevación existente a la profundidad de la bocana del puerto de Málaga y por tanto será necesario llevar a cabo una corrección para obtener la sobreelevación en la orilla.

FORMULACIÓN CÁLCULO DE SOBREELEVACIÓN DEBIDA AL VIENTO

A) Formulación para lagos, canales, superficies cerradas o semicerradas

El estudio teórico fue desarrollado por Hellstrom en 1941, Langhaar y Deulegan en 1951, en el que la sobreelevación debida al viento vendrá dada por:

$$\frac{dy_s}{dx} = \lambda \frac{\tau_0}{\rho_a g y_s} \quad [1]$$

Donde:

y_s : distancia vertical desde el fondo hasta la superficie del agua.

x : coordenada horizontal enfrentada a la dirección del viento

λ : coeficiente adimensional que depende de la turbulencia del agua

ρ_a : densidad del agua del mar.

τ_0 : tensión tangencial en la superficie del mar

g : aceleración de la gravedad.

Esta expresión se puede modificar introduciendo un nuevo coeficiente adimensional:

$$k = \frac{\lambda \tau_0}{\rho_a U_0^2}$$

donde:

U_0 : velocidad del viento en m/s.

k : Constante de valor $3.3 \cdot 10^{-6}$ (Bretscheider, 1996)

Por lo que sustituyendo el valor de k , obtendríamos la ecuación de la pendiente de la superficie del agua:

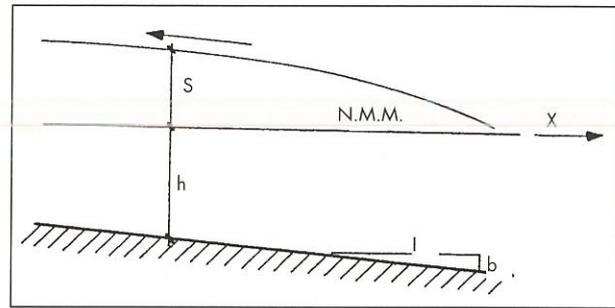


FIGURA 7. Esquema de sobreelevación del mar debido al viento.

$$\frac{dy_s}{dx} = \frac{kU_0^2}{gy_s} \quad [2]$$

Esta ecuación es complicada cuando el fondo es variable pero se simplifica considerando un fondo de profundidad constante h .

B) Formulación para playas abiertas

HIPOTESIS 1: Se considerará un fondo constante h .

La metodología para el cálculo de la sobreelevación meteorológica de viento se ha aplicado para playas abiertas, entre otros, en el "Estudio sobre la regeneración de la playa del Trabucador" de José María Grassa Garrido (1988).

La ecuación [2] se simplifica al considerar un fondo constante h quedando expresada:

$$\frac{ds}{dx} = \frac{kU_0^2}{gy_s} \quad [3]$$

siendo (figura 2):

$$y_s = h + s$$

s : sobreelevación debida a la marea meteorológica de viento (Figura 7)

La solución de esta ecuación en forma adimensional es:

$$\frac{s}{h} = \sqrt{1 + \frac{2(Ax + C)}{h^2}} - 1 \quad [4]$$

siendo:

$A = kU_0^2/g$ en metros;

para el caso mas general $s=s_0$ y $x=x_0$ se obtiene:

$$C = s_0 \left(\frac{s_0}{2} + h \right) - Ax_0 \quad [5]$$

y para una zona cerrada (laguna) de longitud L y profundidad h , siendo $D=h^2 + C$, daría:

$$3Ah \frac{L}{2} = (d + AL)^{3/2} - D^{3/2}$$

En el caso de una costa exterior, el cálculo de la sobreelevación mediante [3] es problemático, debido a la no linealidad de la sobreelevación con la profundidad. Si se parte de un dato $s=s_0$ para $h=h_0$, para obtener la sobreelevación en la orilla, debe discretizarse el perfil en una serie de tramos en los que se asuma profundidad constante para aplicar [3].

Las pruebas realizadas indican que incluso en discretizaciones bastantes finas, los errores pueden ser elevados debido a la fuerte dependencia de la sobreelevación con la profundidad, lo que puede conducir a una cantidad de cálculos muy considerable para obtener una solución apropiada.

HIPOTESIS 2: Se considera un fondo con pendiente uniforme.

La ecuación [3] podrá escribirse:

$$\frac{ds}{dx} = \frac{A}{bx + s} \quad [6]$$

siendo b la pendiente del fondo y considerando el origen de coordenadas x en la orilla y con valor positivo hacia el mar.

Resuelta la ecuación por Lechuga (1988) se obtiene en forma adimensional:

$$H^* = 1 - S^* + Z^* \exp(-S^*) \quad [7]$$

siendo:

$$H^* = h \cdot b/a$$

$$S^* = s \cdot b/a$$

Z*: Es una constante de integración que debe ajustarse en función del valor de s para una determinada profundidad.

Si se toma $S^* = S^*_0$ para $H^* = H^*_0$ se obtiene de la ecuación [7]:

$$Z^* = (H^*_0 + S^*_0 - 1) / \exp(-S^*_0) \quad [8]$$

La ecuación [7] es implícita en S* por lo que se realiza un cálculo iterativo para obtener la sobreelevación S* en diferentes profundidades H*.

Hay que tener en cuenta que estas formulaciones son aplicables para un caso unidimensional, estático y suponiendo en un sentido amplio la validez de la ecuación matemática [3] en el gobierno del fenómeno físico. La realidad es mas compleja pero sin embargo, se puede considerar los valores obtenidos como válidos para darnos una primera idea de la magnitud de la sobreelevación debida a la fricción del viento.

CÁLCULO DE LA SOBREELEVACIÓN METEOROLÓGICA POR VIENTO

Para poder obtener la constante de integración Z*, se debe conocer los valores iniciales S₀ para una profundidad H₀. Se va a tomar como hipótesis de partida del cálculo que a profundidades indefinidas para un periodo de retorno de 50 años la sobreelevación debida al viento es nula.

Según el régimen extremal del análisis de los datos instrumentales de la REMRO, para un periodo de retorno de 50 años la altura de ola es de 4'9 metros con un periodo de pico de 11 s.

$$H_0 = 4'9 \text{ m para un periodo de retorno de 50 años.}$$

$$T_p = 11 \text{ s.}$$

La longitud de onda correspondiente al T_p será según la teoría de onda lineal de Airy:

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{98 \cdot 11^2}{2\pi} = 1887 \text{ m}$$

La profundidad indefinida se encontrará cuando la relación entre la profundidad y la longitud de onda sea mayor que 1/2, esto es:

$$\frac{h}{L} > \frac{1}{2}$$

sustituyendo obtenemos que h₀ = 188'7/2 = 94'4 metros.

La pendiente media para esta profundidad es b = 0'00945

Aplicando la ecuación [7] con los valores anteriores, se obtiene:

$$H^*_0 = h \frac{b}{A} = 94'4 \frac{0'00945}{4'4 \cdot 10^{-4}} = 2029'6$$

$$S^*_0 = s \frac{b}{A} = 0$$

donde el valor de A se calcula según la fórmula siguiente:

$$A = k \frac{U_0^2}{g} = \frac{3'3 \cdot 10^{-6} \cdot 36^2}{9'8} = 4'4 \cdot 10^{-4}$$

siendo U₀ = 36 m/s la velocidad del viento registrada por la estación costera de Málaga para un periodo de retorno de 50 años. (ROM 0.4 - 95)

Sustituyendo en [8] estos valores quedará:

$$Z^* = 2028'6$$

Una vez conocida la constante Z* se calcula el valor de la sobreelevación:

A partir de la formula [8] y con el valor de Z* = 2028'6 se obtiene para las diferentes profundidades los siguientes valores de sobreelevación:

para h = 0 → H* = 0 (orilla) → S* = 6 de modo que s = S*/(b/A) = 0'2279 m.

para h = 12 m → H* = 257'64 → S* = 2'0594 → s(h = 12) = 0'096 m.

CORRECCIÓN DEL REGISTRO DEL MAREÓGRAFO

Si se supone que la componente debida al viento del registro del mareógrafo situado en el puerto de Málaga corresponde a una sobreelevación a la profundidad de la bocana del Puerto, ya que dentro de él el efecto de aumento debido al viento se puede considerar despreciable. De modo que se corrige este error restándole el valor de sobreelevación por viento en la profundidad de bocana del puerto y sumándole la correspondiente a la orilla. Los resultados se recogen en la tabla 2.

3.3 SOBREELEVACIÓN DEBIDO AL OLAJE

Al romper el oleaje y elevarse sobre el estrán hasta una altura determinada, para luego descender pendiente abajo y frenarse con la rotura de la siguiente ola, se produce una variación del nivel del mar denominada sobreelevación debida al oleaje.

La sobreelevación puede dividirse en tres tipos:

SET-UP: Es aquella que es permanente mientras persiste el oleaje, es la sobreelevación media.

RUN-UP: Es la sobreelevación absoluta, medida desde el nivel medio del mar en reposo hasta el punto máximo que alcanza el mar ola tras ola.

SWASH: Es la diferencia de alturas entre el punto más elevado y más bajo que alcanza el agua de una ola.

Conviene en este caso conocer el valor medio y máximo de la sobreelevación, con el fin de conocer el límite máximo que define las zonas de posible peligro de inundación y rebasa por el oleaje.

NIVEL DE MAREA (m)	
Marea astronómica + M. Meteorológica	0'73
Marea Meteorológica de Viento (h=12)	-0'096
Marea Meteorológica de Viento (h=0)	+0'279
NIVEL TOTAL DE MAREA	0'913

TABLA 2. Resultados del nivel de marea corregida la componente de viento en el registro.

3.3.1 Cálculo del nivel medio de sobreelevación por oleaje o set-up

Para el cálculo del set-up se considera la formulación de Longuet-Higgins y Steward (1963):

$$S_w = 0'15 * d_B - \frac{g^{1/2}(H_0)^2 T}{64 * \pi * d_B^{3/2}}$$

siendo:

S_w : Sobreelevación debida al oleaje

d_B : Profundidad de rotura

g : Aceleración de la gravedad

T : Periodo de la ola

H_0 : Altura de ola en altamar.

La profundidad en rotura puede calcularse mediante la formulación de Weggel (1972):

$$d_B = \frac{H_b}{\frac{1'56}{1 + e^{-19'5m}} - \frac{43'75(1 - e^{-19m})H_b}{gT^2}}$$

Siendo m la pendiente de la playa.

Para la costa de Málaga, se considerará como oleaje más desfavorable el que tenga una frecuencia de aparición inferior a 12 horas al año. Este valor se obtiene a partir de los regímenes escalares de los registros instrumentales de la boya de Málaga dando:

$$H_0 = H_{0,137} = 2'75 \text{ m}$$

$$T = 6 \text{ s}$$

Conociendo los coeficientes de agitación dentro de las diferentes celdas de la playa del Palo para las diferentes direcciones propagadas, se observó cómo en todas ellas existen zonas donde la altura de ola no se ve amortiguada. Esta es la razón por la que no se realizará disminución alguna de la ola de cálculo al considerarla en profundidades reducidas en vez de indefinidas.

Para calcular la altura de ola en rotura H_b , se ha recurrido al criterio de Goda (1970) Según el ábaco de Goda y previo cálculo de las siguientes expresiones se obtiene:

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{2'75}{9'8 * 6^2} = 0'00779$$

y con un valor $m=0'025$ se obtiene el valor:

$$H_b/H_0 = 1'05 \text{ de modo que } H_b = 1'05 * 2'75 = 2'88 \text{ m.}$$

Entrando con los valores anteriores en el ábaco de Longuet-Higgins y Steward para:

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{2'88}{9'8 * 6^2} = 0'0082$$

$$\frac{S_w}{H_b} = 0'142$$

Se obtiene una sobreelevación en Málaga debido al oleaje de:

$$S_w = 0'409 \text{ metros}$$

Para conocer cual será la sobreelevación en condiciones extremas de temporal se toma la altura de ola correspondiente a un periodo de retorno de 50 años del régimen extremo de alturas de la boya REMRO de Málaga. La altura de ola será de 4'9 m de altura con un periodo asociado de 11 s, el valor de la sobreelevación por oleaje sería, siguiendo la metodología del cálculo anterior:

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{4'9}{9'8 * 11^2} = 0'0041$$

siendo $m=0'025$

$$H_b/H_0 = 1'20 \text{ de modo que } H_b = 1'20 * 4'9 = 5'88 \text{ metros.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{5'88}{9'8 * 11^2} = 0'0049$$

$$\frac{S_w}{H_b} = 0'128$$

de modo que la sobreelevación en Málaga debido al oleaje para un periodo de retorno de 50 años será:

$$S_w = 0'752 \text{ m}$$

3.3.2 Cálculo del nivel máximo de sobreelevación por oleaje o run-up

La formulación empleada para el cálculo del run-up en playas fue desarrollada por Resio (1987):

$$\frac{(R_p^* - \eta)}{H_{m0}} = R^* \xi \quad [1]$$

donde

$$R^* = 1'25 - 1'05(T_r - 0'5)^{-0'19} \quad [2]$$

$$\xi = \frac{\alpha}{\sqrt{\frac{H_{m0}}{L_p}}} \quad [3]$$

Siendo:

ξ : Parámetro de Iribarren.

η : Sobreelevación media o set-up

T_r : Periodo de retorno considerado

α : Pendiente de la playa en radianes.

H_{m0} : Altura de ola significativa.

L_p : Longitud de onda correspondiente al periodo de pico.

En este caso se ha considerado la altura de ola para un periodo de retorno de 50 años, que tiene un valor de 4'9 m.

Se ha tomado como valor de la pendiente de la playa del Palo en su zona mas próxima a la orilla, de 0'025 ó 0'0249 rad. El set up calculado en el apartado anterior era de 0'752 m. Sustituyendo en las ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\xi = 0'208 \quad R^* = 0'5783$$

$$R_p^* = 1'34 \text{ m}$$

3.4 RESULTADO FINAL VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

Considerando que se produce la conjunción de todos los tipos de elevaciones del nivel medio del mar, calculados y descritos anteriormente: máxima marea astronómica y meteorológica de presión conjuntas; marea meteorológica de viento y sobreelevación debido al oleaje, se obtienen unos valores de sobreelevación del nivel del mar que se resumen en la tablas 3 y 4.

4 VARIACIÓN DEL NIVEL DEL MAR: ATLAS DE INUNDACIÓN

Una aproximación a estos cálculos, se podría conocer a partir del Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular Español elaborado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria. Para caracterizar los regímenes de niveles del litoral se ha establecido una zo-

VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR (m)	
MAREA ASTRON.+METEOR.	0'913
SOBREELEVACIÓN DE OLEAJE	
SET UP para $H_{0max}=4'9$ m	0'752
RUN-UP para $H_{0max}=4'9$ m	1'34
SOBREELEVACIÓN MEDIA	
MAREA ASTRON.+METEOR.+SET-UP.	1'665
SOBREELEVACIÓN. MÁXIMA	
MAREA ASTRON.+METEOR.+RUN-UP	2'253

TABLA 3. Resultados finales de la sobreelevación del nivel del mar.

nificación del mismo en áreas homogéneas de acuerdo con sus características de oleaje, marea astronómica y marea meteorológica, configuración de la costa y el emplazamiento de las fuentes de información disponible.

El régimen extremal de cota de inundación en playas se presenta en papel probabilístico Gumbel de máximos en la doble escala probabilidad acumulada y período de retorno. Los resultados aparecen para playas disipativas y con bandas de confianza del 90%.

Para cada Área del Atlas se han establecido las diferentes direcciones significativas con intervalos de 22'5° que son posibles en cada área. Cada dirección y orientación significativa refleja la normal a las curvas batimétricas de una playa.

Considerando la batimetría de la playa del Palo, la dirección normal a ésta será una dirección media comprendida entre las direcciones S y SSW. Para estas direcciones, según el régimen extremal de cota de inundación en playa abierta para un período de retorno de 50 años los valores de sobre-elevación del nivel del mar obtenidos a partir de este Atlas, son los siguientes:

Dirección significativa	SCI respecto al NMMA (m)
S	2'41
SSW	2'28

TABLA 4. Sobre elevación Cota de Inundación por direcciones.

Dado que la orientación de la playa de El Palo, está comprendida entre estas dos direcciones, podría considerarse un

valor medio de las dos, obteniendo una sobre elevación máxima de 2'36 m, que como se aprecia no difiere mucho del valor calculado anteriormente por otro método.

5 CONCLUSIONES

Se ha pretendido con el siguiente artículo reafirmar el interés del estudio de la cota de inundación y por tanto de la variación del nivel del mar a lo largo de la franja costera. Tras la aplicación práctica a un caso concreto en Málaga, para la playa del Palo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El nivel medio en la playa del Palo, con las hipótesis apuntadas, puede elevarse 1'665 metros sobre el cero topográfico que se encuentra a 27 cm por debajo del nivel medio del mar de la zona. Una de las consecuencias de esta elevación del nivel del mar es que el paseo marítimo quedaría inundado casi en su totalidad.

Si al nivel medio se añade la excursión de la lámina de agua (swash up) para formar el alcance marítimo de la ola en su proyección vertical (run-up) la inundación alcanzaría hasta 2'33 m. La diferenciación entre estos dos conceptos referentes a la sobre elevación debido al oleaje, radica fundamentalmente en el tipo de perfil por el que avanza el oleaje, siendo mas representativo el set-up en aquellos casos en los que nos encontramos con un muro o paseo marítimo que impide el avance del swash-up.

En los cálculos se ha considerado un período de retorno de 50 años, pero si se realizarán los mismos para un período de menor valor ($T_r=20$ años) los resultados máximos y medios de sobre elevación disminuirían aproximadamente unos 12 cm.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Documento Temático: *Cota de inundación. Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular Español*. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria.
- GODA, JOSHINI. *A Syntesis of Breaker Indices*; Transactions of a japanese Society of Civil Ingeneers (Vol.,2, part 3),1970.
- GRASSA, J.Mª. *Estudio sobre la Regeneración de la playa de Trabucador*. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX,1988.
- LONGUETT-HIGGINS, M.S. y R.W.Steward. *A note on Set-up*; Journal of Marine Research (Vol.,21(1), pags. 4-10),1963.
- PÉREZ, BEGOÑA. *Variaciones del Nivel del Mar*; Caracterización del Medio y Técnicas Complementarias,(Modulo I.1). II Master en Ingeniería de Puertos y Costas, 2001.
- RESIO, D.T. *Extreme Run up Statistics on Natural Beaches*; Miscellanous Paper CERC-87-II, U:S. Army Engineers Coastal Engineering Reseach Center,1987.
- WEGGEL, J.RICHARD. *Maximum Breaker Height*; Proceeing of ASCE-Journal of the Waterways, harbors and Coastal Engineering Division (Vol.,98-ww4),1992.