



# **ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES EN LA COSTA DE PUNTA CARRASCO**



## **INFORME TÉCNICO DE ASESORAMIENTO**

DICIEMBRE DE 2002

Informe LHA -220-01-02  
Proyecto INA N° 1-141

***ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO DE  
MATERIALES EN LA COSTA DE PUNTA CARRASCO  
(Ciudad de Buenos Aires)***

**INFORME TÉCNICO DE ASESORAMIENTO**

**DICIEMBRE 2002**

**DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA**

Ing. Julio C. De Lío

**INFORME PRODUCIDO POR**

Ing. R. CASTELLANO

**EQUIPO DE TRABAJO**

Ing. A. GRANDE  
Téc. Mec. C. HASPERT  
Sta. B. MORENO

## INDICE DE MATERIAS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS Y ALCANCES.....	2
3	METODOLOGÍA .....	3
4	ANTECEDENTES.....	4
4.1	Estudios antecedentes.....	4
4.2	Documentos Fotográficos y Cartografía .....	5
5	DESCRIPCION GENERAL DEL AREA .....	7
5.1	Ubicación.....	7
5.2	Condiciones físicas del sitio .....	7
5.2.1	Mareas .....	7
5.2.2	Régimen de vientos .....	9
5.2.3	Clima de olas.....	10
5.2.4	Corrientes .....	14
5.2.5	Sedimentación .....	14
5.3	Observación del sitio .....	15
6	DIAGNOSTICO DE SITUACIÓN.....	18
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21

***ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO DE  
MATERIALES EN LA COSTA DE PUNTA CARRASCO  
(Ciudad de Buenos Aires)***

***Informe Técnico de Asesoramiento***

***DICIEMBRE 2002***

**1 INTRODUCCIÓN**

El presente Informe Técnico ha sido elaborado a requerimiento de Punta Carrasco S.A. mediante nota del 12 de Noviembre de 2002, en su carácter de Concesionario del predio Ingeniero Agrónomo Benito Carrasco, ubicado en la Avenida Costanera Norte Rafael Obligado en su intersección con la Avenida Sarmiento de la ciudad de Buenos Aires.

## **2 OBJETIVOS Y ALCANCES**

El asesoramiento solicitado tiene por finalidad el análisis de las causas determinantes de la presencia, desplazamiento y acumulación de materiales de variada granulometría, particularmente de demolición, sobre el frente costero del Río de la Plata del predio en cuestión, por efecto de la acción dinámica de olas y corrientes.

El presente Informe Técnico se ha basado en el análisis de documentación y estudios de gabinete existentes, como así también en la observación directa del sitio. Sus alcances son en consecuencia cualitativos.

### **3 METODOLOGÍA**

El diagnóstico de situación actual se formuló sobre la base de un análisis de documentación disponible, y estudios previos existentes en el Laboratorio de Hidráulica del INA. También se realizó una detenida inspección del sitio, y se evaluó documentación fotográfica obtenida por el Concesionario.

Se dispuso además de fotografías aéreas del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires.

## 4 ANTECEDENTES

### 4.1 Estudios antecedentes

A continuación se enumeran los estudios antecedentes consultados. Se han incluido los aspectos sobresalientes de cada uno en cuanto resultan de interés para este estudio:

1. *“Estudio de la Costanera Sur de la Ciudad de Bs. As. – Determinación de las condiciones hidrodinámicas”*, Informe L.H.A. 059-03-90, INCYTH, 1990. Contiene una descripción del clima de olas y vientos del lugar, considerando a través de los modelos matemáticos los fenómenos que afectan la altura de ola que alcanza el pie de obra.
2. *“Proyecto de Tratamiento y Disposición de Efluentes Domésticos del Gran Bs. As.- Campañas Hidrográficas”*, Informe L.H.A. 070-001-87, INCYTH, 1987. Estos estudios describen la situación de las olas, mareas y corrientes de la zona de estudio.
3. *“Estudio de las condiciones hidráulicas y sedimentológicas en las proximidades de la ex-ciudad deportiva de Boca Juniors”*, Informe L.H.A. S4-037-92, 1992. Se presenta un análisis de la situación actual y proyección futura desde el punto de vista de la hidrodinámica local y aspectos sedimentológicos en el entorno de la ex - ciudad deportiva, los efectos de evaluar el impacto producido por la construcción de un relleno para ganar terrenos al Río de la Plata.
4. *“Estudio de las condiciones hidráulicas y sedimentológicas en las proximidades de Puerto Norte”*, Informe L.H.A. S4-036-92, 1992. Se presenta un análisis sobre las condiciones hidrodinámicas del lugar (margen del Río de la Plata frente al Aeroparque Jorge Newbery) y la influencia de obras proyectadas sobre los procesos erosivos y sedimentológicos.
5. *“Estudio del impacto de obras de dragado y relleno en el puerto de Bs. As.”*, Informe L.H.A. 01-157-97, 1997. En este estudio se brinda información sobre los procesos erosivos y de sedimentación de la zona, además de incluir un análisis del impacto de las obras sobre las corrientes.

6. *“Dinámica de sedimentos en el área de Caleta Paula, Pcia. de Santa Cruz”*, Informe L.H.A. 129-7-95, INA, 1995. Se presenta un análisis de la erosión y el transporte de material en playas de grava.
7. *“Estudio del impacto hidráulico del Puente Buenos Aires-Colonia”*. Informe LHA-INCYTH 141-01-95. Enero, 1995
8. *“Diseño Hidráulico de Obras de Defensa y de Margen del Complejo Polideportivo La Quinta Key Point”*, Telematrix S.A., 1987. Contiene un detallado análisis del clima de olas, régimen de vientos y niveles de marea, además de sondajes y determinación de corrientes corridas de flotadores.
9. *“Redragado Canal Ing. Mitre – Análisis Hidrosedimentológico Complementario – Clima de olas”*, DNCPYVN. Contiene básicamente un análisis del clima de olas en la región, asignando a la altura de ola y mareas correspondientes períodos de retorno.
10. *“Determinación del clima de olas en el Río de la Plata”*, Ing. Kreimer Eduardo, Informe Científico de Carrera del Investigador, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 1992.
11. *“Puerto Deportivo, Frente al Club A.G.P. – Olivos”*, Anchor Inn S.A. Contiene una descripción de las condiciones físicas del lugar y el análisis estadístico de olas y mareas.
12. *“Estudio de suelos y fundaciones y estudios hidráulicos por modelos matemáticos del Canal Costanero Norte en el Río de la Plata”*, Ministerio de Defensa, DIGID, 1978. Además de incluir algunos de los temas ya mencionados se realiza un exhaustivo estudio de la sedimentación en toda la traza del Canal Costanero.
13. *“El Río de la Plata entre la Atmósfera y el Mar”*. Balay, 1961

#### **4.2 Documentos Fotográficos y Cartografía**

La documentación fotográfica utilizada estuvo compuesta por material suministrado por PUNTA CARRASCO S.A., documentos propios del INA y una foto aérea de la Dirección de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires (Ministerio de Obras Públicas) de fecha 30-05-1992.

Para apoyar la descripción e interpretación de la situación se utilizó la Carta Náutica SHN H-156 en escala 1:40.000, publicada por el Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina.

## 5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

### 5.1 Ubicación

Punta Carrasco se halla sobre la ribera sur del Río de la Plata, en la ciudad de Buenos Aires. La **Figura 1** y la **Fotografía 1** muestran la ubicación del predio. El mismo tiene una superficie aproximada de 17 hectáreas, avanzando sobre el río unos 400 m. Su forma es aproximadamente de paralelepípedo de alrededor de 400 m de lado. Uno de los lados del paralelepípedo se alinea con la dirección general de la costa en el área, es decir de NW a SE y es el más expuesto a la acción de olas y corrientes.

El lado SE está limitado por el canal de descarga del arroyo Ugarteche. El lateral NW enfrenta un área de aguas bajas en la que se encuentra el Muelle del Club de Pescadores. (**Fotos 2, 3 y 4**)

Su ubicación en la línea de costa lo convierte en un sitio relativamente protegido por la presencia de las obras del puerto de Buenos Aires que se hallan ubicadas inmediatamente al SE.

El entorno inmediato está constituido por aguas poco profundas de 1 a 2 m bajo el plano de referencia. Las áreas costeras más protegidas, como el vértice NW del predio, muestran escasa profundidad debido a la deposición de sedimentos finos favorecida por la menor acción dinámica de corrientes y olas.

En el extremo SE se encuentra un depósito de escombros de demolición de variado tamaño. Presumiblemente este material se moviliza a lo largo de la costa del predio (**Fotografía 2**) por acción de las olas, invadiendo la ribera e inclusive, en ocasión de temporales intensos, los terrenos parqueizados.

### 5.2 Condiciones físicas del sitio

#### 5.2.1 Mareas

En el Río de la Plata penetran las ondas de marea procedentes del Océano Atlántico. Durante su propagación se ven alteradas por diversos factores entre los que se señalan: la fricción del fondo, la forma y topografía del estuario y la descarga de los ríos Paraná y Uruguay.

El régimen de mareas astronómico presenta desigualdades diurnas, produciéndose en consecuencia (durante un día lunar de 24 horas 50 minutos) dos pleamares de

distinta amplitud y dos bajamares ordinarias. El nivel medio es de 0,79 m sobre el plano de referencia, coincidente éste con el cero del Riachuelo (MOSP)

Las máximas pleamares astronómicas alcanzan 1,55 m sobre el plano de referencia y las medias 1.08 m. La bajamar media astronómica es de 0,47 m sobre el plano de referencia y la más baja de 0,12.

Los efectos meteorológicos son muy importantes (especialmente en el Río de la Plata superior y el sitio en análisis) y se manifiestan a través de la acción del viento y de la variación de la presión atmosférica sobre los niveles líquidos.

En el estuario del Río de la Plata los vientos alineados con su eje principal aumentan notablemente el nivel de agua por sobre los valores de la marea astronómica cuando soplan hacia el interior. Se ha estimado una incidencia de 6.4 cm por cada m/s de velocidad del viento para la dirección SSE (Ref. 7) (válido para vientos de 5 a 24 m/s). Es decir un viento de 80 Km/h (22.2 m/s) incrementa en 1.42 m el nivel normal del río.

El nivel del río resulta afectado por efectos meteorológicos durante un 88% del tiempo, repartiéndose por partes iguales los períodos de sobreelevación y los de depresión respecto de la marea astronómica. Sólo el 12 % del tiempo (coincidente con los períodos de calma de vientos) los niveles del río se ajustan a los valores astronómicos.

En las Referencias 8 y 11, se han analizado los valores extremos de los niveles máximos anuales que se han registrado en el Puerto de Buenos Aires, según mediciones realizadas por la DNCPyVN en el mareógrafo del Riachuelo. Se han seleccionado de esa extensa base de datos los máximos anuales como eventos extremos. Los mismos presentan una cierta estacionalidad, pues las mareas máximas han concentrado su ocurrencia en el período septiembre – abril (75 %).

Cabe señalar que los niveles registrados incluyen tanto la acción de la marea astronómica como de la meteorológica y están referidos al cero del Riachuelo (MOSP). El período de medición más extenso disponible corresponde al período comprendido entre 1905 y 1990.

La siguiente **Tabla 1** que indica los valores de nivel del río (referido al cero del Riachuelo) para distintos períodos de retorno.

Se puede agregar también que de acuerdo con la estadística de valores extremos de los niveles máximos anuales en el Puerto de Buenos Aires en el período 1905 – 1990, el nivel más frecuente de pleamares es de aproximadamente 2 m.

**TABLA 1** – Mareas en el Río de la Plata (Riachuelo)

Tr [años]	N [m]
1.01	2.58
2	3.00
5	3.29
10	3.49
20	3.70
25	3.77
50	3.99
100	4.22

En síntesis, niveles del río de +2.60 m sobre el plano de referencia (cero del Riachuelo, MOSP) debidas al efecto combinado de mareas astronómicas y efectos meteorológicos son estadísticamente probables una vez por año. Niveles de 3.50 m son esperables una vez en promedio cada 10 años.

### 5.2.2 Régimen de vientos

Los vientos son el agente generador de las olas en el área, ya que las olas oceánicas no alcanzan a penetrar hasta el Río de la Plata Superior debido a las escasas profundidades del estuario.

La descripción del régimen de vientos es entonces de interés por su vinculación directa al clima de olas en el sitio.

En la mayoría de los estudios consultados la fuente analizada fueron los registros de la estación 332 Aeroparque-Aero del Servicio Meteorológico Nacional, variando de uno a otro la extensión de la serie analizada.

En particular la Referencia 1 presenta una buena descripción de esta variable realizada sobre una base de datos que se extiende de 1969 a 1978. Estos datos son el promedio de los últimos 10 minutos de cada hora, y además de incluir la intensidad, la dirección es determinada sobre una rosa de 16 direcciones. Las mediciones fueron hechas por un anemómetro ubicado a 15 m de altura.

De los resultados se desprende que las direcciones más frecuentes son la NNE, E, ESE, N, SSE, NE y SE. De ellas, la E, ESE, SE y SSE producen crecientes y las restantes producen bajantes. Las crecientes y bajantes máximas son causadas por los vientos provenientes del SSE y N, respectivamente.

El análisis de los datos demuestra que durante el período analizado los vientos que producen creciente se presentaron el 32.1 % del tiempo.

Las direcciones más frecuentes son además las que registran las mayores intensidades. En particular las direcciones NNE, SSE y ESE son las que acusan mayor cantidad de registros con velocidades superiores a los 30 km/h.

En los estudios indicados con 8 y 11 se ha determinado la distribución de valores extremos sobre una base de datos que abarca de octubre de 1967 a diciembre de 1980, pero sobre una rosa de 8 direcciones.

De estos análisis estadísticos se puede extraer la siguiente **Tabla 2**:

**Tabla 2:** Valores extremos de la intensidad del viento en m/s

Recurrencia [años]	Direcciones			
	E	NE	N	NO
10	13.8	14.5	16.8	15.2
25	14.4	15.4	19.0	16.7

Como puede observarse en ningún caso la velocidad del viento supera los 20 m/s (72 km/h) para recurrencias de 25 años; además de ello para la dirección E, que resulta ser la más desfavorable por tener una mayor distancia probable de generación de olas (fetch) y la única que puede coexistir con la marea meteorológica positiva, la velocidad para esa recurrencia es de 14.4 m/s.

### 5.2.3 Clima de olas

Al contrario de lo que ocurre en la zona externa del río (donde las olas provienen de variadas direcciones) en el área del Puerto de Buenos Aires la costa argentina provee una protección natural para ciertas direcciones. En efecto las direcciones del viento que mayores olas generan para esta zona, son en orden creciente, la ESE y la E. El efecto de filtrado que realiza la topografía a las olas que llegan al Puerto de Buenos Aires, justifica las mayores alturas que se registran por ejemplo en el Puerto de la Plata.

De la Ref. (9) se incluye la siguiente **Tabla 3** que sintetiza los resultados del estudio realizado para la zona de la traza del Canal E. Mitre. Se utilizaron tres

puntos de pronóstico siendo el más cercano el que se encuentra en el km 26.7 de la traza del canal, aproximadamente a la altura de la toma de agua de OSN. En la siguiente **Tabla 3** se indican esos resultados:

**Tabla 3** : Pronóstico de olas en el Canal E. Mitre

Parámetro	Punto de pronóstico (km 26.7 en la traza del Canal E. Mitre)
Frecuencia [%], Hs>0.5 m	35.1
Frecuencia [%], Hs>1 m	2.9
Frecuencia [%], Hs>1.5 m	0.01
Dirección más frecuente	N
Dirección de olas más altas	SE
Rango de Hs [m] más frecuente	0.2 – 0.6
Rango de Ts [s] más frecuente	2 – 3
Altura significativa media, $\overline{Hs}$ [m]	0.47
Periodo significativo medio, $\overline{Ts}$ [s]	2.7
Frecuencia % de calma	15.2

En los estudios designados con 1 y 8 se realizó un exhaustivo análisis de la refracción de las olas que alcanzan la zona del Puerto de Buenos Aires. En el primero se hace una descripción más específica del área de Punta Carrasco, mientras que en el segundo se analiza una zona más cercana al Puerto de Buenos Aires.

En la mencionada en primer término se analizaron olas de todas las direcciones y se utilizaron los siguientes períodos: 1.6, 2.7, 4, 5.7 y 10 seg. entre otros. Los resultados indican que no existen olas provenientes de la desembocadura del Río de la Plata hacia la zona de interés para ninguno de los períodos estudiados, quedando restringida el área de generación de oleaje incidente a los cuadrantes NE y NO. Esto puede explicarse por el efecto de protección que las obras del Puerto de Buenos Aires ejercen sobre la zona de estudio, conclusión válida también para Punta Carrasco. Por medio de este modelo y teniendo en cuenta las direcciones relevantes que surgieron del análisis estadístico de los vientos, se realizaron determinaciones de la altura de ola para distintas direcciones.

La dependencia entre la intensidad de viento y la altura y período de las olas se indica en la **Tabla 4**.

**TABLA 4** Características del oleaje en el área de Punta Carrasco (Fuente :Ref. 8)

Dirección del viento [grados]	E			NE			N			NO		
Intensidad del viento [km/h]	50.4	36	18	72	54	36	108	72	36	72	54	36
Altura de la ola [m]	1.38	1.07	0.58	0.55	0.49	0.69	1.03	0.70	0.63	0.44	0.39	0.40
Período del oleaje [seg]	4.9	4.5	3.2	3.2	3.0	3.2	4.2	3.3	3.2	3.6	3.2	3.0

De acuerdo a la **Tabla 2**, serían probables olas de 1,40 m para la dirección E una vez cada 25 años en promedio, generadas por vientos en el orden de los 50 Km/h.

En las proximidades del Puerto de Buenos Aires se instaló entre agosto de 1985 y febrero de 1986 (Ref. 1) un olígrafo a 3 km de la costa. Se efectuaron cuatro registros diarios de aproximadamente 10 minutos de duración cada uno. Con estos datos se realizó una descripción estadística de las olas en esa zona. El histograma de la altura de ola significativa muestra que más del 60 % de los datos tiene alturas entre 0.2 m y 0.6 m. En el del período de cruces de cero se observa que más del 90 % de los datos tiene valores entre 2 y 4 segundos. Del histograma del ancho espectral (indicador del desarrollo del oleaje) se concluye que el 91 % de los datos corresponden a oleaje medianamente desarrollado.

En el marco de este estudio se desarrolló y aplicó un modelo de refracción de olas calibrado con los datos medidos con el instrumento mencionado. El objeto del estudio fue la caracterización de las olas que arriban al Puerto de Buenos Aires. Como períodos y amplitudes características se utilizaron los siguientes pares de valores: (2.5 seg, 0.20 m); (3 seg, 0.30 m); (3.5 seg, 0.40 m) y (4.5 seg, 0.50 m).

Como parte del mismo estudio se aplicó un modelo matemático de generación de olas para la descripción estadística del clima de olas. Se consideraron situaciones de viento de intensidad mayor a 35 km/h y de 5 hs de duración, ocurridos en el período 1969 – 1978 y provistos por el SMN. La marea adoptada para el cálculo fue la pleamar de sicigia media. Como resultados de este estudio se concluye que para una misma intensidad del viento la altura de ola significativa es mayor cuando el viento proviene desde las direcciones NE, E, ESE y SE.

Los resultados del análisis efectuado se muestran en la **Tabla 5**, en la que  $\mu$  es el promedio aritmético y  $\sigma$  es el desvío standard de la muestra de valores extremos. Se seleccionaron los valores extremos excedentes totales y según cada dirección de propagación.

De la serie de excedencias puede observarse que para un período de recurrencia de 20 años, el nivel máximo de altura de ola a adoptar es de 0.90 m en la dirección NE, 1.21 m en la dirección ENE, 2.51 m en la dirección E, 1.67 m en la dirección ESE, 2.52 m en la dirección SE, 2.52 m en la dirección SSE y 3.04 m considerando el total de las excedencias.

**Tabla 5:** Altura de olas significativas máximas excedentes frente al Puerto de Buenos Aires

T retorno (años)	Dirección de propagación								Total
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	
2	0.78	0.75	0.75	0.97	1.29	1.27	1.36	1.36	1.97
5	0.83	0.83	1.02	1.08	1.82	1.44	1.85	1.86	2.43
10	0.86	0.89	1.19	1.15	2.18	1.56	2.2	2.2	2.74
15	0.88	0.92	1.29	1.18	2.37	1.62	2.39	2.39	2.91
20	0.9	0.94	1.36	1.21	2.51	1.67	2.52	2.52	3.04
25	0.91	0.96	1.41	1.23	2.62	1.71	2.62	2.62	3.13
30	0.92	0.97	1.46	1.25	2.71	1.73	2.71	2.71	3.21
35	0.92	0.98	1.5	1.26	2.78	1.75	2.78	2.78	3.27
50	0.94	1.01	1.58	1.3	2.95	1.81	2.94	2.94	3.42
100	0.97	1.06	1.74	1.36	3.28	1.92	3.25	3.25	3.7
$\mu$	0.788	0.764	0.801	0.992	1.391	1.302	1.45	1.449	2.057
$\sigma$	0.058	0.094	0.108	0.117	0.601	0.196	0.574	0.573	0.524

Como conclusión, de la documentación consultada surge que olas del orden de 1,30 m de dirección E al SSE pueden producirse frente al Puerto de Buenos Aires una vez cada 2 años en promedio.

Puede notarse que, para la dirección E y un período de retorno de 25 años, la altura de ola probable es del orden de 2,60 m en esta ubicación, es decir considerablemente mayor que la indicada en la **Tabla 4** para el área particular de Punta Carrasco, lo que es indicativo de la protección que ofrece el Puerto de Buenos Aires.

Desde el punto de vista de la persistencia de situaciones, a partir del análisis de los vientos puede establecerse que las olas procedentes de todo el cuadrante NE (es decir desde el N hasta el E) presentarán una persistencia dominante frente a otras direcciones.

#### 5.2.4 Corrientes

Las corrientes que se manifiestan en el Río de la Plata son el resultado de las originadas por la propagación de la onda de marea a lo que se suma la descarga fluvial de los ríos Paraná y Uruguay. Si bien las primeras son preponderantes, las descargas de los tributarios indicados imponen una deriva neta hacia el océano. Por la misma causa el intervalo de creciente resulta más corto que el de bajante.

El caudal medio anual del Río Paraná es de 14.700 m<sup>3</sup>/s mientras que el del Río Uruguay es de 4.500 m<sup>3</sup>/s. Se observa la tendencia del Río Paraná a tener caudales superiores al medio durante el período marzo-mayo e inferiores en septiembre-diciembre. Con respecto al Río Uruguay, el caudal es generalmente alto en octubre y bajo en enero, aunque este régimen es muy irregular. El caudal del Río Paraná es mucho menos variable que el del Río Uruguay.

De acuerdo con la Ref. 12, un modelo matemático aplicado al Río de la Plata indica la existencia de corrientes con una velocidad en las inmediaciones de la zona de estudio del orden de 0.30 m/s tanto en bajante como en creciente.

Aplicando ese mismo modelo al caso de una sudestada, la velocidad de la corriente supera apenas los 0.50 m/s en la zona del Puerto de Buenos Aires en bajante, y 0.45 m/s en creciente.

En conclusión, respecto de las corrientes del río en el entorno de Punta Carrasco, puede decirse que la acción de la descarga fluvial, sumada a la onda de marea, genera un movimiento reversible del agua caracterizado por una acción débil a moderada.

#### 5.2.5 Sedimentación

El sedimento del Río de la Plata consiste en una suspensión muy fina de limo y partículas de arcilla en concentraciones bajas que se mueven bajo la acción de las corrientes producidas por la marea sobre un lecho limoso. Los sedimentos finos son aportados principalmente por el río Paraná. En toda el área de estudio el agua es dulce y la suspensión no muestra tendencia a flocular.

Estudios efectuados indican que la sedimentación en los canales dragados es motivado por el material en suspensión más que por el ingreso de material local del lecho proveniente de los bancos. El sedimento que llega de los ríos tiene dificultad para fijarse en los bancos, y puede ser transportado por la corriente para luego depositarse principalmente en las zonas de poca perturbación tales como los canales artificiales.

Los mismos estudios sugieren que, aún bajo condiciones severas de oleaje o corriente, el sedimento aportado por los ríos resulta apenas incrementado por la liberación de material proveniente de las áreas de bancos, lo que indica muy escasos efectos de resuspensión del material depositado. Es probable sin embargo que durante tormentas las márgenes del estuario ubicadas en la zona de rompiente constituyan la fuente de algún incremento de las concentraciones del sedimento. Puede asimismo producirse, por las operaciones mismas del dragado, un incremento adicional localizado.

En el Río de la Plata Superior, la concentración de sedimentos en suspensión a media profundidad es de unos 60 mg/l, con diámetro medio de 0.002 mm y 15 % mayor que 0.01 mm, aunque hay que suponer que en las proximidades del fondo la concentración es mayor, y mayor el tamaño del sedimento, puede esperarse una concentración del orden de 100 a 200 mg/l (Ref. 12). La velocidad de caída de este material es de 0.0024 cm/s para el diámetro medio.

El aporte de material y el potencial de sedimentación es más o menos similar en todas partes del río. La concentración decrece hacia la desembocadura del río.

En particular el lecho del río en las proximidades Punta Carrasco y del Canal Costanero se compone de limos gruesos, de diámetro medio de alrededor de 0.05 mm. No existe evidencia de transporte de arena en el lecho.

Estos aspectos comentados de la sedimentación fueron extraídos de la Ref. (4).

### **5.3 Observación del sitio**

En Noviembre de 2002 se procedió a recorrer el perímetro costero del predio. Sobre el frente costero SE del complejo se vienen volcando materiales de diversas características, fundamentalmente productos de demolición.

De acuerdo a esta observación, se puede decir que el frente de costa Este está formado por una sobreelvacación de tierra suelta y materiales de distintos tipos y tamaños (**Fotos 5, 6, 7 y 8**). En esta zona como en la parte inicial del frente (línea de costa SE-NW) los materiales poseen aún sus ángulos vivos, no muestran señales de desgaste por rodadura o acción de las olas (**Foto 9**).

El tamaño de los materiales es muy variable: desde grandes trozos de hormigón y mampostería de variada procedencia y otros clasificables como bochones hasta material del tamaño de la grava gruesa. La parte superior de este relleno, ubicado a algunos metros sobre el nivel de las aguas normales del río, ha sido cubierto con

tierra a los efectos de generar un área de circulación principalmente para maquinaria y equipo vial.

Continuando por el frente hacia aguas arriba, unos 100 m al NW, se encuentra el inicio de un muro vertical que conforma una defensa costera para edificaciones ubicadas inmediatamente detrás. En ese lugar se observó igualmente la existencia de un desagüe relativamente nuevo, cuya traza ha sido modificada para evitar obstrucciones producidas por el material de demolición. El muro alcanza unos 2 m de altura desde su base, curvando apenas su parte superior para mejorar su función de rechazo de las olas. El aspecto que presenta esta obra es bueno, no se observan roturas ni erosiones al pie, evidenciando un adecuado funcionamiento estructural. Se extiende hasta el extremo más al norte del frente y ocupa parte de la curva que la línea de costa realiza hasta unirse con el otro lateral (**Foto 10**).

El material de la costa que se encuentra desde el extremo sur del frente hasta un poco antes del inicio del muro es también bastante variable de tamaño y prácticamente no presenta desgaste, como se observa en la **Foto 11**. Observando desde el inicio del muro hacia el extremo más al norte, se puede apreciar una franja blanca superior de material al pie del muro vertical, indicando que se trata de material de reciente deposición. La diferencia es notoria al compararlo con el que se encuentra más cerca del agua, de características diferentes. También es posible observar que esta franja va disminuyendo su ancho a medida que avanza hacia el extremo NW (**Fotos 12 y 13**). A medida que se va avanzando hacia el extremo norte, el material va presentando un desgaste creciente, sin tener ya sus ángulos vivos sino más bien redondeados como lo muestran las **Fotos 14, 15 y 16**, y una clasificación del material cada vez más uniforme.

Ya bien en el extremo NW del frente, el muro vertical da lugar a un talud con una protección constituida por losetas (**Foto 17**). La inclinación del talud es del orden de de 1:2 a 1:2.5. El estado de esta protección es bueno en general, aunque presenta algunas fallas importantes al inicio (**Foto 18**) y algunas unidades desplazadas (**Foto 19**). Las losetas son de sección cuadrada de unos 0.5 por 0.5 m y un espesor de entre 15 y 18 cm. Su peso aproximado es del orden de 80 a 100 Kg. La falla o el desplazamiento de estas unidades y de trozos de mampostería observadas (**Foto 20**) muestra la intensidad y capacidad de las sollicitaciones hidrodinámicas. El material de demolición hallado en este tramo presenta gran desgaste, del tipo de cantos rodados, y una mayor uniformidad (**Foto 21 y 22**).

Continuando con el lateral del norte que intercepta a la Av. Costanera se puede observar una gran cantidad de material de escombros sobre el talud (**Foto 23**), llegando al borde de las canchas de fútbol 5 (**Foto 24**). La uniformidad y esfericidad del material es aún más notoria.

Además de este material obtenido en ocasión del recorrido del sitio se dispuso de información adicional sobre el material que el río vuelca sobre el predio por medio de documentación fotográfica brindada por Punta Carrasco S.A..

En la **Foto 25** se observa la gran cantidad de restos que el río volcó sobre el parque en la zona donde comienza la protección. Es para destacar el tamaño de material transportado (**Foto 26**) y la cota en que se depositó el material. El tamaño de algunos elementos fue tal que su movimiento dañó la reja que permite el ingreso al camino que rodea a esa zona.

En las **Fotos 27** y **28** se puede apreciar la importante cantidad y el gran tamaño de los restos que fueron depositadas sobre el parque. Para ello la altura del río y las olas debieron sortear la altura del muro vertical, lo cual es probable en ocasiones de sudestadas intensas. Inclusive se dañó parte de las edificaciones cercanas a la costa (**Fotos 29** y **30**) que debieron ser reparadas.

En la **Foto 31**, de la misma zona que la **Foto 27**, se compara el tamaño de mampostería desplazado con el de un handy. Puede notarse que su tamaño es similar al de las losetas.

En la **Foto 32** se muestra la zona lindante al muelle del Club de Pescadores. Superando ese pequeño escalón de hormigón se depositó una enorme cantidad de escombros de tamaño variable, incluyendo grandes elementos. Las **Fotos 33** y **34** son de la misma zona pero más cercana a la Av. Costanera, en las inmediaciones de las canchas de fútbol 5. La cantidad de material depositado es muy importante, pudiéndose observar cómo en la **Foto 33** el tamaño del material es mayor al de la **Foto 34**, siendo esta última la zona más alejada y protegida.

De acuerdo con la información brindada por Punta Carrasco S.A., se ha realizado la extracción de este material alcanzando un volumen del orden de los 4.000 m<sup>3</sup>.

## 6 DIAGNOSTICO DE SITUACIÓN

De acuerdo a la descripción presentada en 5.3 en el extremo SE de Punta Carrasco, en el tramo de ribera que limita con la desembocadura del arroyo Ugarteche se halla un relleno de escombros y materiales de demolición.

A lo largo de la ribera de Punta Carrasco, y en dirección NW se ha podido constatar igualmente la presencia de materiales de demolición y escombros, por lo que se ha supuesto que el origen de éstos es el relleno arriba mencionado. Un signo indicativo de ello es la variación gradual de las características de los materiales a lo largo de la costa, que se transforman de elementos rugosos, de ángulos vivos y tamaño muy variable a redondeados y lisos, con fracciones considerablemente más uniformes, propio de la clasificación que realiza el agua con su movimiento y transporte.

Como se ha indicado en 5.2.4 las corrientes reversibles que se producen en el río por acción de la marea no son capaces de movilizar el tipo de materiales descriptos debido a las bajas intensidades que poseen. En cambio sí son capaces de transportar sedimentos finos especialmente en suspensión como los limos y arcillas característicos del estuario.

Por consiguiente se concluye que los únicos mecanismos capaces de generar movimiento de las fracciones medianas y gruesas del material de demolición son las olas.

De acuerdo con lo dicho más arriba, las olas de mayor importancia son las provenientes del sector E, beneficiadas con el aumento de nivel que provoca el viento cuando sopla de dicha dirección. Como se ha mostrado 5.2.3 ellas han sido capaces de desplazar algunos elementos de la protección colocada e inclusive mayores. A los efectos de respaldar estas observaciones se utilizó una ecuación general de diseño<sup>1</sup> para protecciones de bloques :

$$\left( \frac{Hs}{\Delta D} \right)_{cr} = \frac{F \cos \alpha}{\xi_{op}^b}$$

donde: F: constante, 4.5 para revestimientos de bloques.  
Hs: ola característica  
 $\Delta$ : densidad del material relativa al agua  
D: espesor crítico

<sup>1</sup> "Unification of stability formulae for revetments", K. Pilarczyk, 2000.

$$\xi_{op} : \text{parámetro de Iribarren} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{1.56T^2}}}$$

b: coeficiente, 2/3 para bloques

$\alpha$ : ángulo del talud respecto de la horizontal (se adoptó  $\cot \alpha = 2.5$ )

Considerando una ola de 2 años de período de retorno con altura  $H_s = 1.30$  m, un período de 3.5 s, y un peso específico de los elementos de  $2.300 \text{ kg/m}^3$  (normal para el hormigón). Puede considerarse un aumento de la estabilidad debido a la incidencia oblicua de las olas ( $45^\circ$ ) del orden de 30% a 35%<sup>2</sup>. Bajo estas consideraciones, el espesor mínimo resultante para resistir esa sollicitación es de 24 cm o sea un peso por unidad de área de  $550 \text{ kg/m}^2$ . El revestimiento colocado tiene unos 15 cm de espesor o un peso de  $345 \text{ kg/m}^2$ .

De esta manera las unidades colocadas pueden ser movibles bajo esta sollicitación, con lo que se justifica el desplazamiento observado por algunas de ellas como se ha mostrado en las **Fotos 18 y 19**.

En cuanto al desplazamiento observado de algunas elementos de mampostería de considerable tamaño, como la de la **Foto 28**, se puede utilizar la ecuación de diseño siguiente<sup>3</sup> para comprobarlo:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 * P^{0.18} * \xi^{-0.5} * \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2}$$

donde:

- $D_{n50}$ : diámetro nominal de la roca correspondiente al 50 % del peso (mediana) en la distribución de masa
- P: permeabilidad de la protección
- S: nivel de daño
- N: n° de olas (duración de la tormenta \* 3600 s / T [s])
- T: período de la ola en segundos

Considerando iguales hipótesis de cálculo (incluyendo la incidencia oblicua) además de adoptar  $P = 0.1$  (protección casi impermeable),  $N = 4100$ , una inclinación del talud  $\cot \alpha = 2.5$ ,  $S = 2$  (valor correspondiente al inicio de daño<sup>2</sup>),  $\Delta = 0.8$  (considerado como mampostería), se obtiene un diámetro nominal de:

$$D_{n50} = 0.75 \text{ m}$$

<sup>2</sup> Handook of Coastal and Ocean Engineering. Gulf Publishing Company 1990.

<sup>3</sup> "Rock slopes and gravel beaches under wave attack" J. Van der Meer, Delft Hydraulic Pub. N° 396, Nov.1988

O un peso equivalente del orden de:

$$W_{50} = 750 \text{ kg}$$

De acuerdo a lo que se puede observar en la **Foto 28**, el trozo de mampostería tiene un largo de unos 1.20 m, por unos 0.60 m de lado y unos 0.30 m de ancho, que con una densidad de  $1800 \text{ kg/m}^3$  (mampostería), da un peso de unos 390 kg. Lo que resulta en un elemento fácilmente movable para esta ola.

Con lo expuesto queda demostrado la posibilidad de movimiento de grandes trozos de mampostería bajo la acción de olas de tormenta.

Bajo estas circunstancias es también posible que en condiciones de niveles altos del río por causa de sudestadas, conjuntamente con olas de temporal, parte del material de demolición sea arrastrado y depositado en el área parquizada próxima a la ribera.

Fracciones de menor tamaño del material de demolición serán posibles de ser desplazados por olas de menor altura. Para la misma dirección E, siendo éstas más frecuentes que las olas de tormenta, puede esperarse que las fracciones mediana y fina de los materiales sean movilizados en mayores volúmenes y transportados a mayor distancia que el material más grueso.

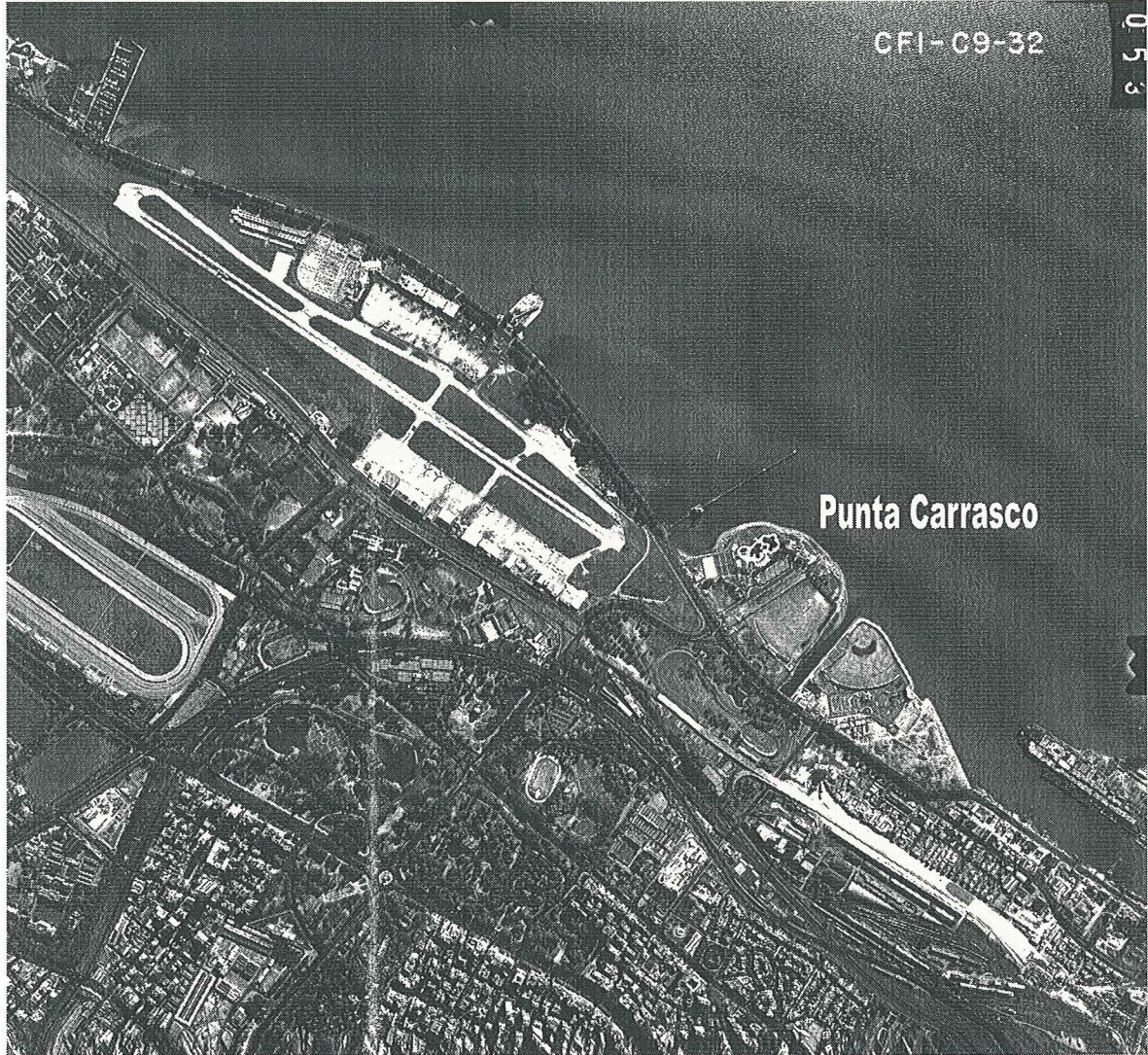
Debido a las características generales del clima de olas en la región (descrito en 5.2.3) y habiendo demostrado la capacidad de movimiento por acción de las olas, puede afirmarse que el movimiento neto de material a lo largo de la línea de costa se producirá desde el SE hacia el NW, como se indica en la **Foto 2**.

Esto concuerda con la presencia observada de grandes volúmenes de materiales de pequeño tamaño en el extremo NW del predio, en correspondencia con la Av. Costanera (**Fotos 23 y 24**), donde las condiciones de mayor calma permiten su deposición.

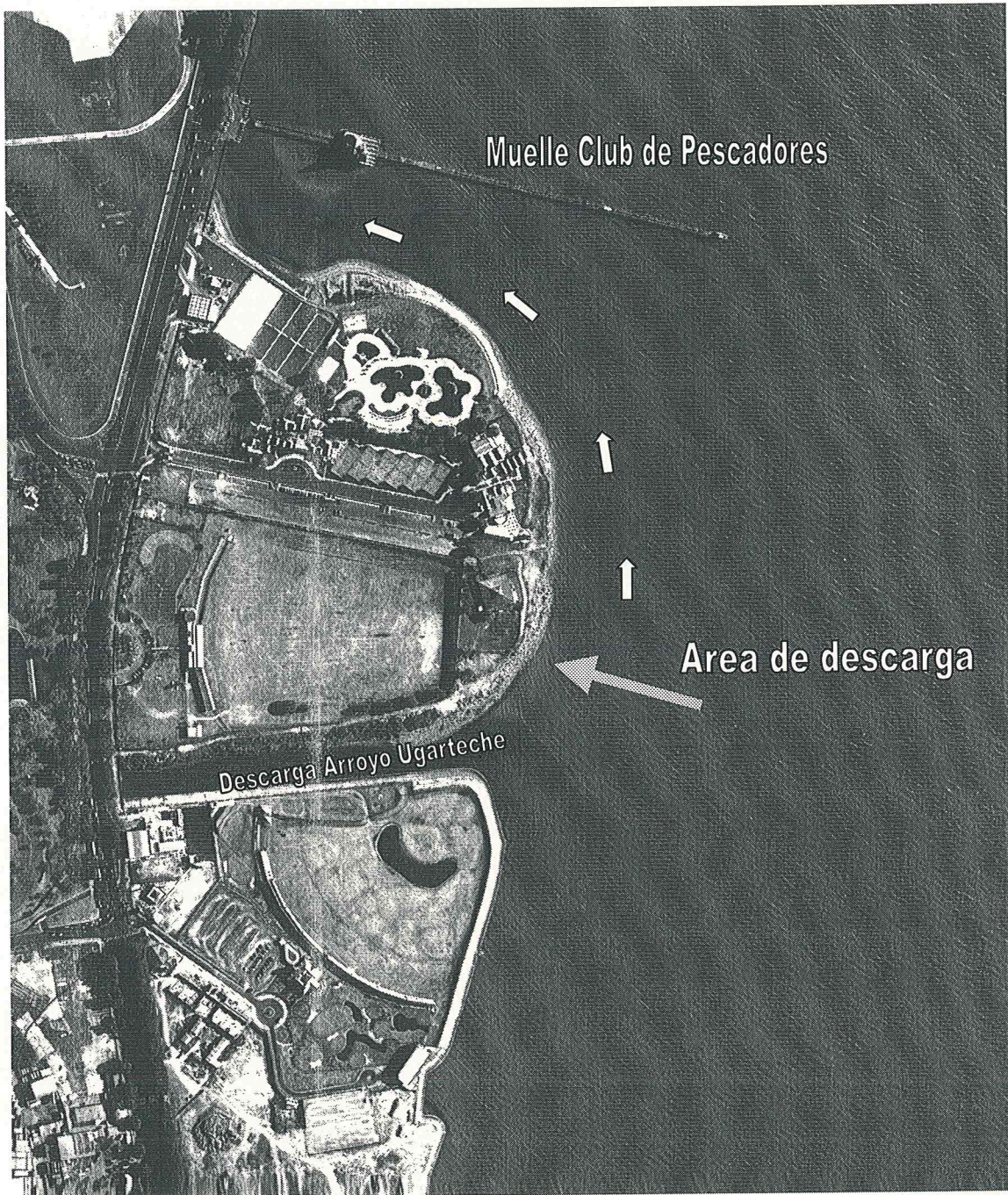
## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- a. De la observación del sitio ha surgido que existe una potencial fuente de suministro de escombros y materiales de demolición de diversos orígenes y variada composición y tamaños, en el extremo SE de Punta Carrasco.
- b. Se observó que el material hallado sobre la ribera de Punta Carrasco es gradualmente más redondeado hacia el NW, lo que es indicativo de una exposición más prolongada a los agentes erosivos y a los procesos de desgaste producidos por el transporte a lo largo de la ribera. También se pudo advertir que el mismo es de menor tamaño y mayor uniformidad en esa misma dirección.
- c. De los estudios y antecedentes consultados se ha determinado que las olas y niveles del río típicos en condiciones de temporal en el área, asociados a sudestadas, tienen capacidad de remover y transportar material de las características del observado, y en la dirección desde el punto de descarga hacia el NW.
- d. La geometría de la ribera de forma convexa hace que, a medida que se avanza hacia el NW (límite del predio con la Av. Costanera), la misma se halle menos expuesta a la acción del oleaje. Por esta razón la capacidad de movilizar materiales es gradualmente menor, convirtiéndose esta zona en un área de deposición. Esto concuerda con la observación de fracciones gradualmente más finas en esa dirección. El extremo NW es un punto de acumulación no sólo para los materiales de demolición, sino para los sedimentos finos, ya sea aportados por el río u originados en el lavado del relleno que se analiza.
- e. Para limitar el movimiento de los materiales de demolición que constituyen el actual relleno y reducir la afectación al entorno, se recomienda la protección de su contorno. Cualquier relleno de esta naturaleza, incluyendo futuras ampliaciones del existente, debe estar fundamentado en un proyecto de ingeniería que (entre otros) tenga en cuenta la ocurrencia de estos procesos y la necesidad de controlarlos.

# FOTOGRAFÍAS



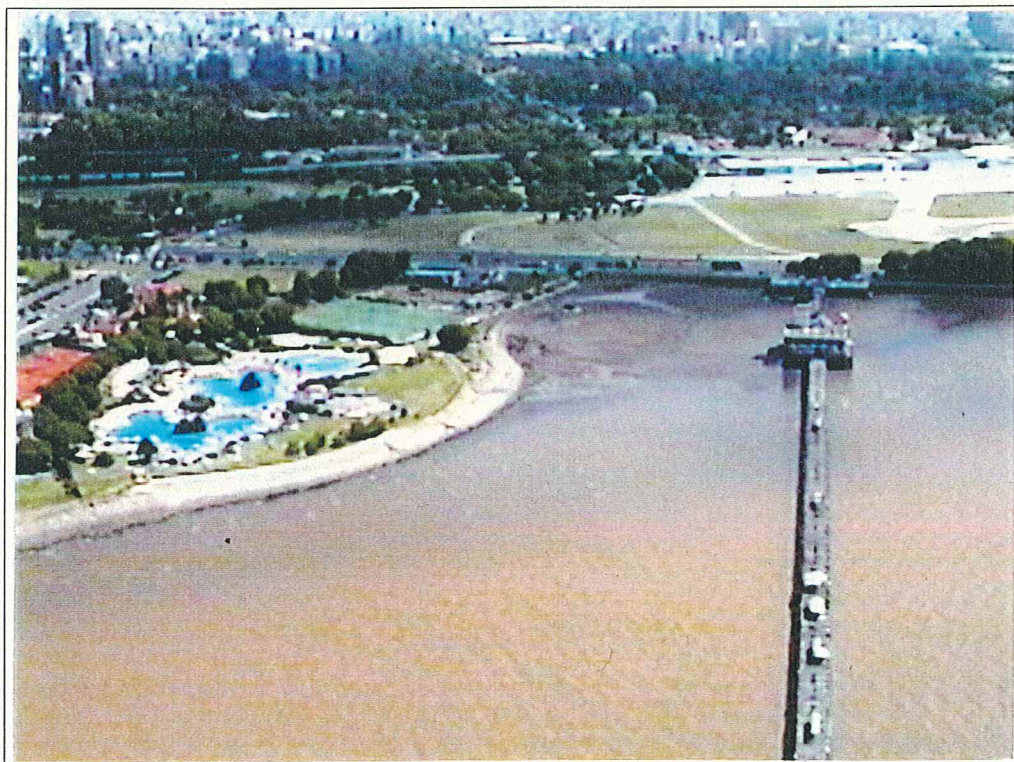
**FOTOGRAFIA 1**



**FOTOGRAFIA 2**



**FOTOGRAFIA 3**



**FOTOGRAFIA 4**



**FOTOGRAFIA 5**



**FOTOGRAFIA 6**



**FOTOGRAFIA 7**



**FOTOGRAFIA 8**



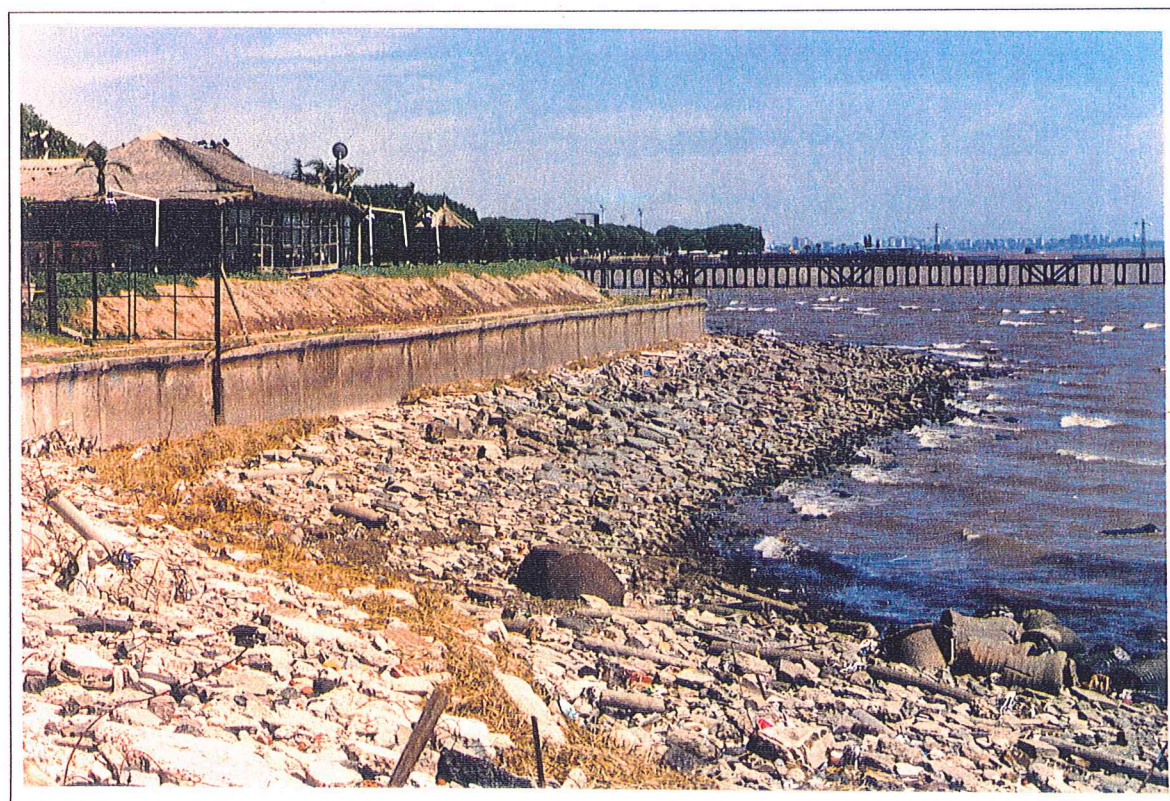
**FOTOGRAFIA 9**



**FOTOGRAFIA 10**



**FOTOGRAFIA 11**



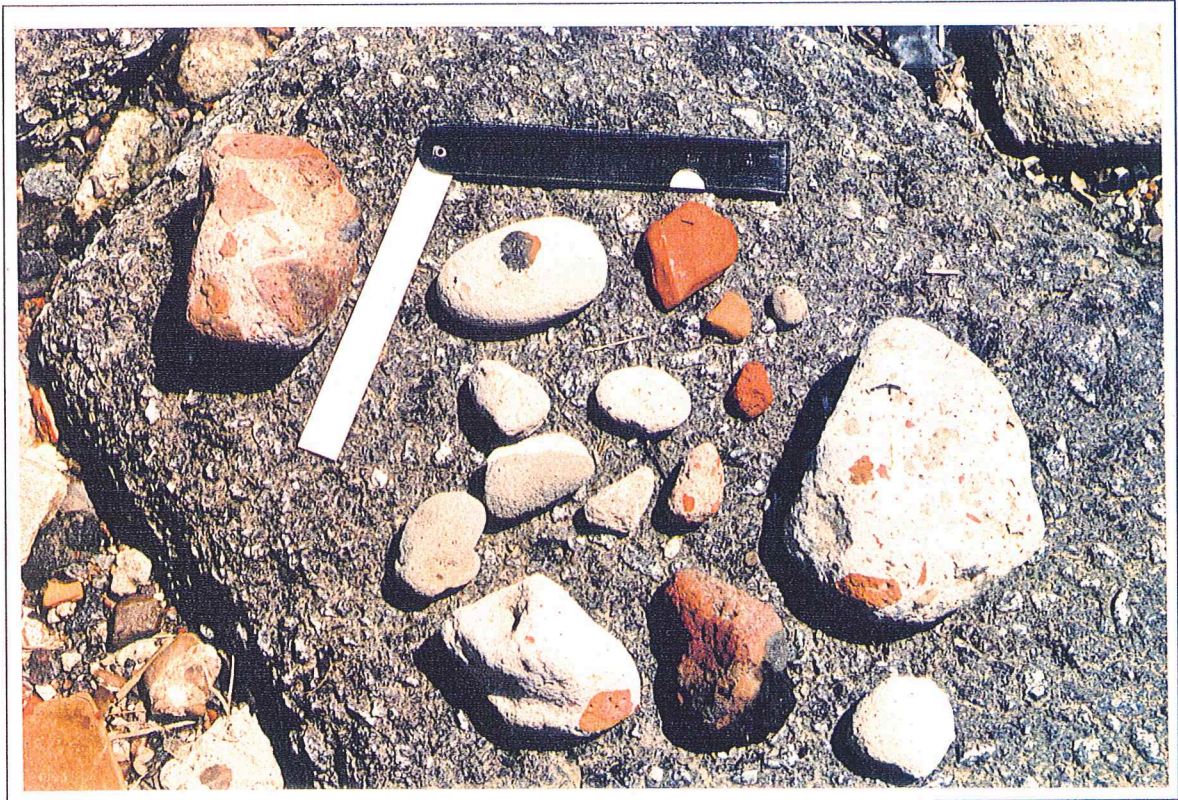
**FOTOGRAFIA 12**



**FOTOGRAFIA 13**



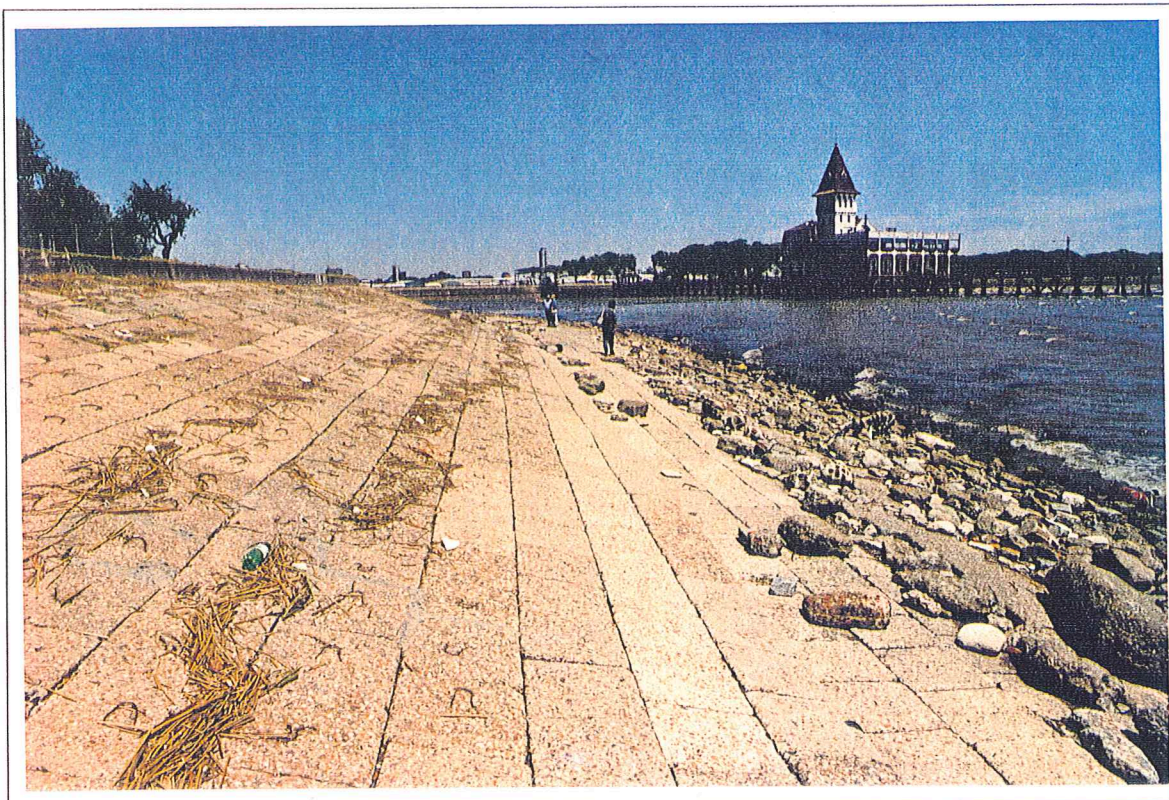
**FOTOGRAFIA 14**



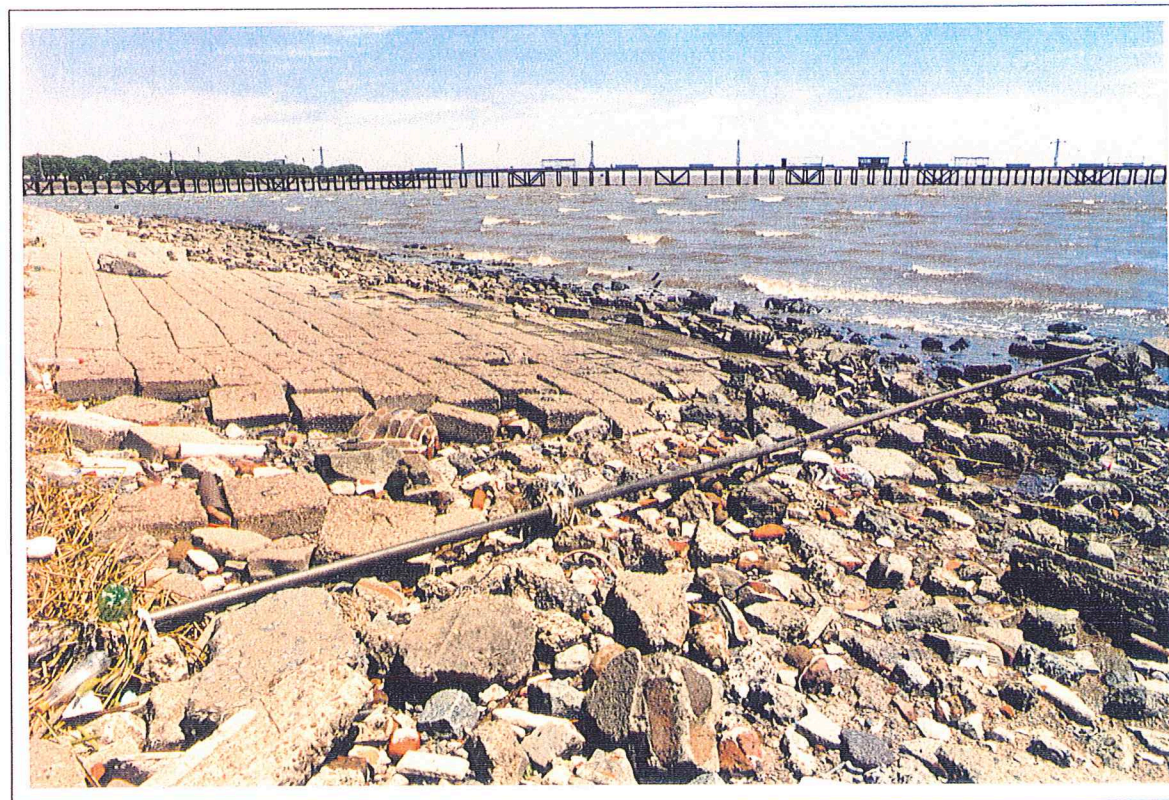
**FOTOGRAFIA 15**



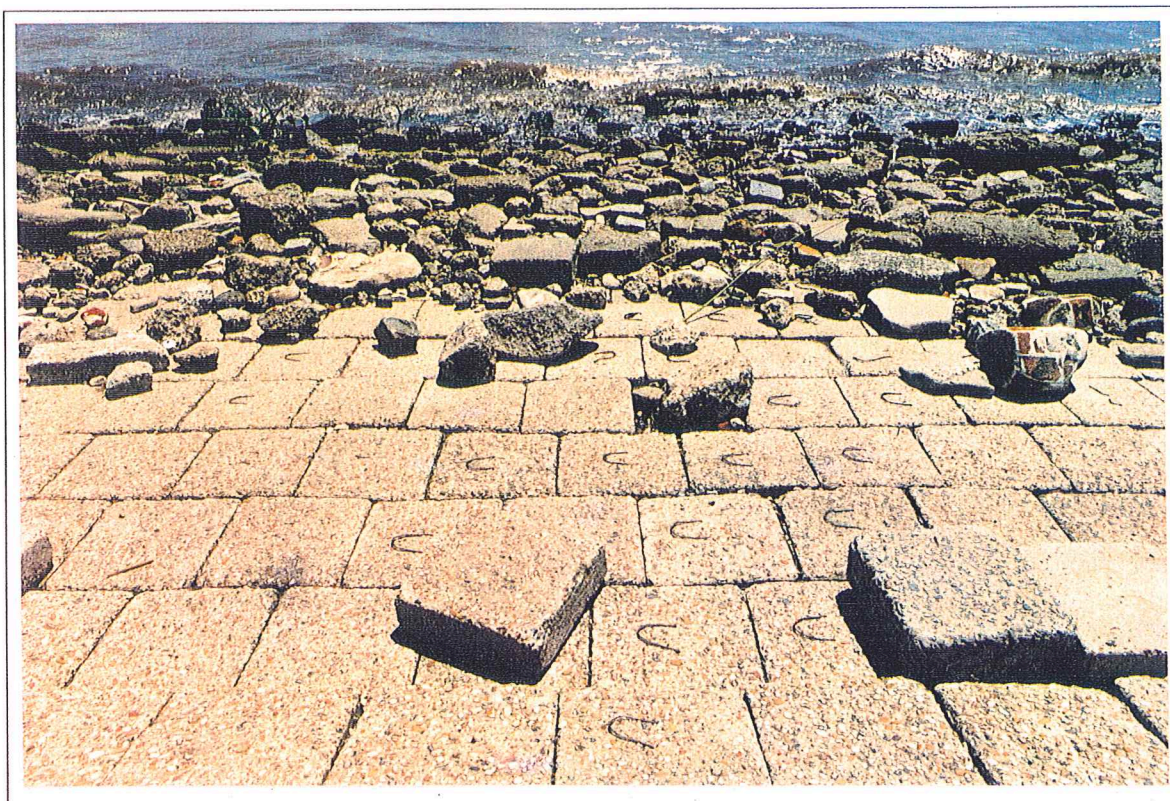
**FOTOGRAFIA 16**



**FOTOGRAFIA 17**



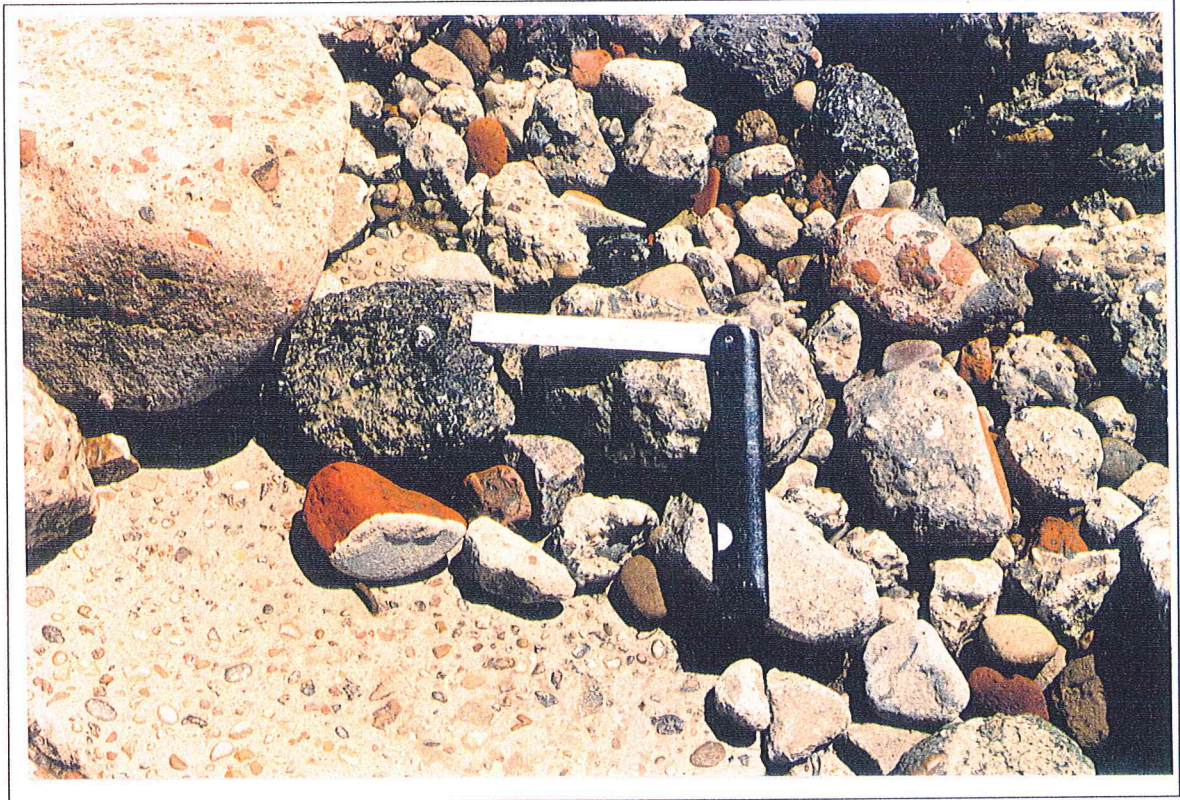
**FOTOGRAFIA 18**



**FOTOGRAFIA 19**



**FOTOGRAFIA 20**



**FOTOGRAFIA 21**



**FOTOGRAFIA 22**



**FOTOGRAFIA 23**



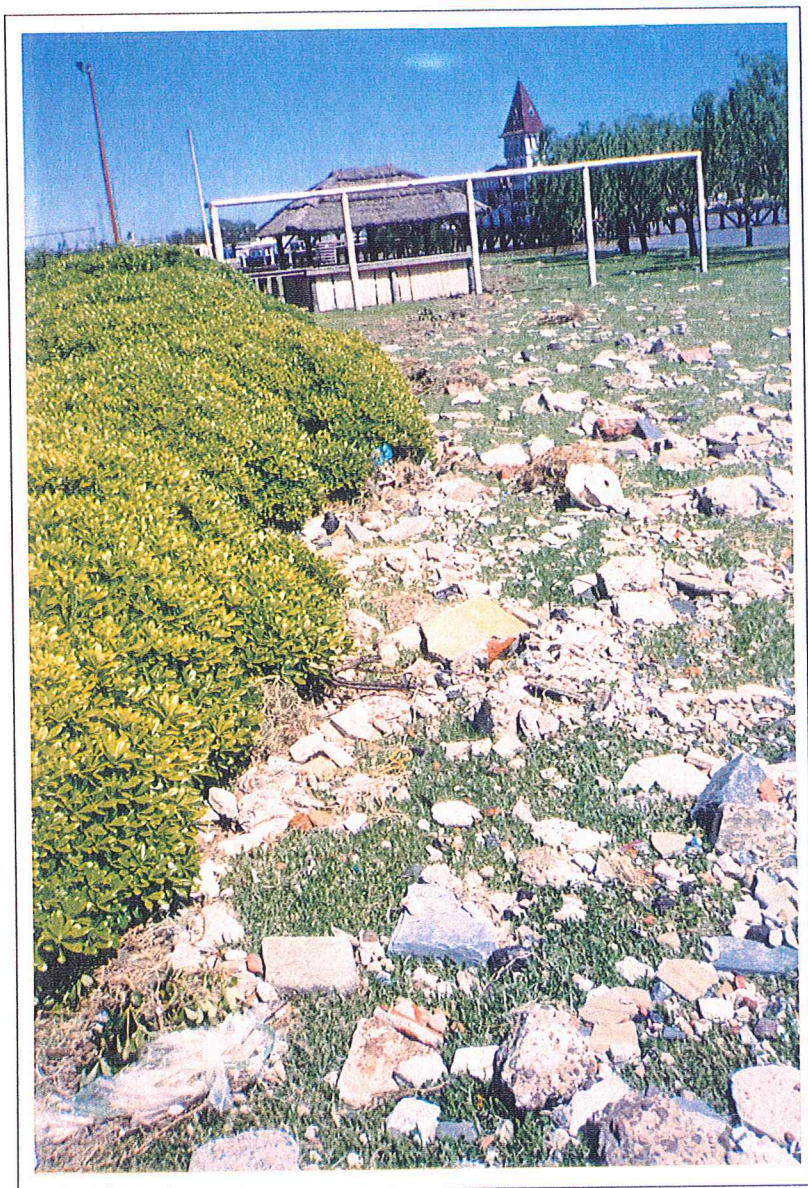
**FOTOGRAFIA 24**



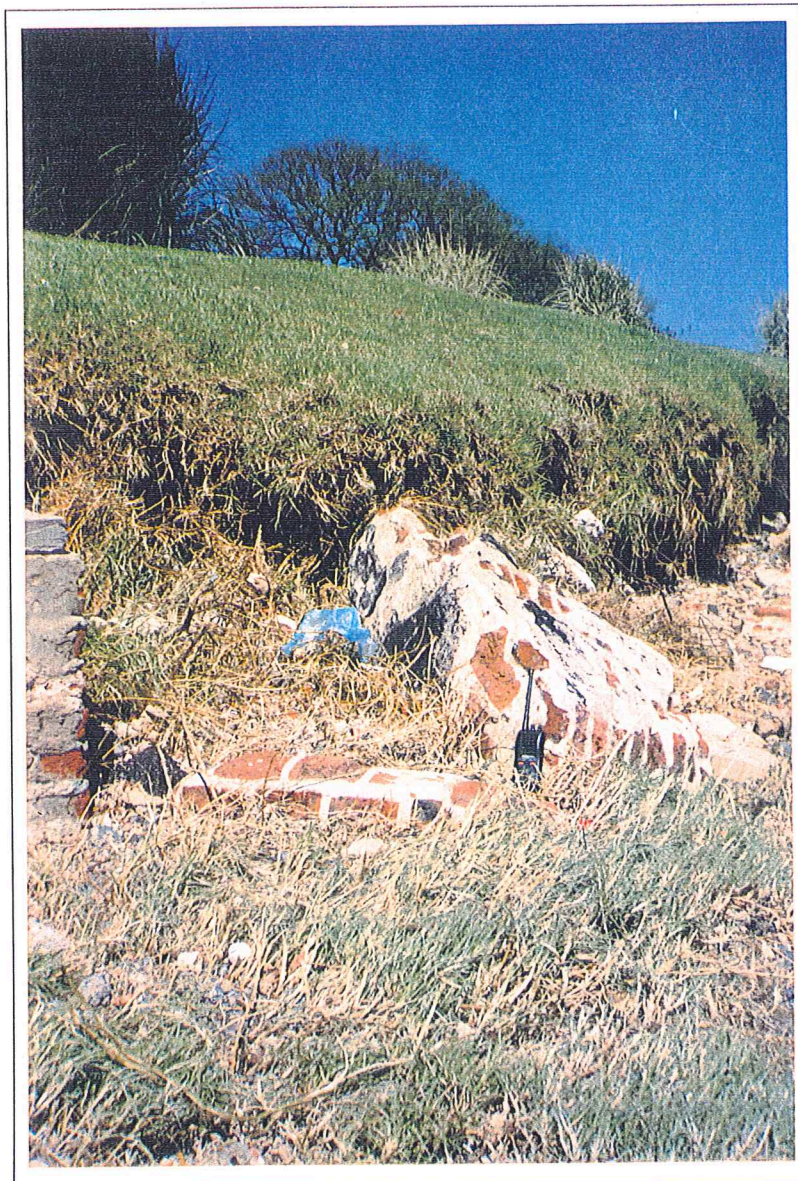
**FOTOGRAFIA 25**



**FOTOGRAFIA 26**



**FOTOGRAFIA 27**



**FOTOGRAFIA 28**



**FOTOGRAFIA 29**



**FOTOGRAFIA 30**



**FOTOGRAFIA 31**



**FOTOGRAFIA 32**



**FOTOGRAFIA 33**



**FOTOGRAFIA 34**