

# PROBLEMATICA DE LOS VERTIDOS DE MATERIAL DRAGADO CONTAMINADO

LUIS PEÑALVER CAMARA (\*)

**RESUMEN.** El problema que puede plantear el vertido de material dragado contaminado ha suscitado, a partir del Convenio de Londres sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por vertimiento de desechos y otras materias, y posteriores disposiciones, el interés de determinadas Asociaciones Portuarias.

Diferentes Comités Científicos y Técnicos han analizado el problema ambiental del vertido de este material, y han atendido a estudiar los diferentes métodos con el fin de controlar los posibles impactos ambientales. Esta publicación recoge las principales corrientes de opinión sobre la metodología y efectos, asimismo, analiza el Convenio de Londres en lo que se refiere al vertido del material de dragado.

**ABSTRACT.** *As a consequence of the London Agreement on the Prevention of Sea Contamination by dumping waste and other materials and their later disposal, a great deal of interest has been shown by particular Harbour Authorities, especially as regards contaminated dredged material.*

*Different Scientific and Technical Committees have analyzed the environmental problems posed by the dumping of this kind of material, and has been looking at different methods of dealing with the problema with a view to limiting possible environmental impact. This publication collects the main differences of opinion concerning the methodology and effects, together with an analysis of the London Agreement as regards the disposal of dredged material.*

## 1. INTRODUCCION

El dragado es un medio de mejorar y mantener las vías navegables y puertos, con el fin de restablecer sus calados y conseguir unas condiciones óptimas para el perfecto desarrollo de la actividad portuaria.

Los puertos y zonas de servicio son receptores de multitud de efluentes de tipo urbano, mixto o industrial.

Muchos puertos se encuentran ubicados en rías y estuarios y normalmente los ríos que llegan a éstos están altamente contaminados por los efluentes de las ciudades próximas a su entorno y por las industrias que vierten a ellos. Con lo cual, en estos casos, el puerto es receptor de una contaminación de origen fluvial de aguas arriba y de las actividades domésticas e industriales de la ciudad en que se encuentran ubicados.

Este es el motivo por el cual los sedimentos de los puertos, en determinadas zonas concretas o en toda su extensión, están contaminadas en mayor o menor grado.

Esta contaminación de los sedimentos puede determinar que, tanto en el dragado, como en su posterior transporte y vertido, se establezcan condiciones no aceptables para el medio ambiente acuático.

No obstante, se debe obtener un conocimiento real del grado de contaminación de estos sedimentos. Esto se traduce en tener normativas que presenten valores cuantitativos que permitan decir que para un determinado parámetro existe o no una alteración en la calidad de los sedimentos desde un punto de vista contaminante. Con ello se impediría caer en actitudes demagógicas que a lo único que conllevan es a un alto costo en el control ambiental de esta actuación.

Existen diferentes criterios, establecidos por algunos autores y estados, que el técnico debe saber valorar a la hora de realizar un estudio de este tipo, en conjunción con estudios sobre un enriquecimiento relativo de estos sedimentos por metales. Se va a proceder a citar el Convenio de Londres que instrumentó las bases para la Prevención de la Contaminación del Mar por vertimiento de desechos y otras materias. Independientemente de este Convenio hecho en Londres, Méjico D.F., Moscú y Washington el día 29 de diciembre de 1972, y rati-

(\*) Licenciado en Ciencias Biológicas, Jefe del Sección del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX).

ficado por España (B.O.E. del día 10 de noviembre de 1972), existen Comités Técnicos y Científicos y Asociaciones Portuarias que se preocupan de este problema y han realizado estudios conducentes a la gestión y control del material de dragado contaminado. No se debe olvidar que gran parte del material de dragado puede corresponder a obras de primer establecimiento, y estos sedimentos no se encuentran contaminados, representando tales actuaciones un elevado volumen. El problema se debe valorar especialmente sobre dragados de mantenimiento, determinando previamente si están o no contaminados. Este Convenio de Londres ha sido objeto de posteriores reuniones, siendo en la novena reunión del 28 de abril-2 de mayo de 1986 cuando se regula la aplicación de los anexos al material del dragado.

## 2. ANALISIS DEL CONVENIO DE LONDRES

**Directrices para la aplicación de los anexos del vertido de material dragado.** De acuerdo con el artículo IV (1) (a) del citado Convenio las Partes Contratantes prohibirán el vertido de material de dragado conteniendo las sustancias detalladas en anexo I, a no ser que el material de dragado pueda ser eximido por los apartados 8 o 9.

De acuerdo con el artículo IV (1) (b) se requiere un permiso especial para el vertido de material de dragado conteniendo sustancias descritas en el anexo II.

En el caso de material de dragado no sujeto a las especificaciones de los artículos descritos anteriormente las Partes Contratantes son requeridas bajo el artículo IV (1) (c) para emitir un permiso general previo al vertido.

Los permisos se concederán tras una cuidadosa consideración de todos los factores que figuran en el anexo III.

Las directrices que se van a detallar, una vez se analicen los anexos I y II, afectan a los permisos para el vertido de material de dragado y a la sección A del anexo III.

### ANEXO PRIMERO

1. Compuestos orgánicos halogenados.
2. Mercurio y compuestos de mercurio.
3. Cadmio y compuestos de cadmio.
4. Plásticos persistentes y demás materiales sintéticos persistentes, tales como redes y cabos, que puedan flotar o quedar en suspensión en el mar de modo que puedan obstaculizar materialmente la pesca, la navegación u otras utilidades legítimas del mar.
5. Petróleo crudo, fuel-oil, aceite pesado diesel, y aceites lubricantes, fluidos hidráulicos y mezclas

que contengan esos hidrocarburos, cargados con el fin de ser vertidos.

6. Desechos u otras materias de alto nivel radiactivo que por razones de salud pública, biológicas o de otro tipo hayan sido definidos por el órgano internacional competente en esta esfera, actualmente el Organismo Internacional de Energía Atómica, como inapropiados para ser vertidos en el mar.

7. Materiales de cualquier forma (por ejemplo, sólidos, líquidos, semilíquidos, gaseosos o vivientes) producidos para la guerra química y biológica.

8. Los párrafos precedentes del presente anexo no se aplicarán a sustancias que se transformen rápidamente en el mar en sustancias inocuas mediante procesos físicos, químicos o biológicos, siempre que:

I. No den mal sabor a la carne de los organismos marinos comestibles, o

II. No se pongan en peligro la salud del hombre o de los animales domésticos.

Si existiese alguna duda sobre si una sustancia es inócua, la Parte deberá seguir el procedimiento consultivo dispuesto en el artículo XIV.

9. El presente anexo no se aplicará a desechos u otros materiales (tales como lodos de aguas residuales y escombros de dragados) que contengan como vestigios de contaminantes las materias a que se hace referencia en los apartados 1-5 del presente anexo. Estos desechos estarán sujetos a las disposiciones de los anexos II y III, según proceda.

### ANEXO II

Las siguientes sustancias y materiales que requieren especial atención se enumeran para los efectos del inciso a) del apartado 1 del artículo VI.

**A. Desechos que contengan cantidades considerables de las materias siguientes:**

- Arsénico.
- Plomo.
- Cobre.
- Cinc.
- y sus compuestos
- Compuestos orgánicos de silicio.
- Cianuros.
- Fluoruros.
- Pesticidas y subproductos no incluidos en el anexo I.

**B. Al conceder permiso para el vertimiento de grandes cantidades de ácidos y álcalis, se tendrá en cuenta la posible presencia en esos desechos de las sustancias enumeradas en el apartado A y de las sustancias adicionales siguientes:**

- Berilio.
- Cromo.
- Níquel.
- Vanadio.

y sus compuestos.

**C.** Los contenedores, chatarra y otros desechos voluminosos que pueden hundirse hasta el fondo del mar y obstaculizar seriamente la pesca o la navegación.

**D.** Los desechos radiactivos u otras materias radiactivas no incluidas en el anexo I. En la expedición de permisos para el vertimiento de estas materias, las Partes Contratantes deberán tener debidamente en cuenta las recomendaciones del órgano internacional competente en esta esfera, en la actualidad el Organismo Internacional de Energía Atómica.

**Directrices bajo las cuales pueden concederse permisos para el vertido de material dragado.** Una Parte Contratante puede conceder un permiso general después de considerar los puntos contenidos en el anexo III, para el vertido de material dragado, si se cumple:

- A.** Que aunque las sustancias del anexo I estén presentes, éstas puedan ser «rápidamente convertidas en inofensivas» o «estar presentes como contaminantes que dejan traza».
- B.** Que el material dragado contenga menos de unas determinadas «cantidades significativas» de sustancias incluidas en el apartado A del anexo II y cumpla los requisitos del apartado C del anexo II. Estas cantidades significativas fueron acordadas en la 8.ª Reunión Consultiva y son:
  - Pesticidas y sus derivados no incluidos en el anexo I y plomo y sus compuestos, 0,05 % o más por peso.
  - Todas las demás sustancias del anexo II, apartado A, 0,1 % o más por peso.

No obstante si no se cumplen las condiciones indicadas en el apartado B una Parte Contratante puede conceder un permiso especial con tal de que se cumplan las condiciones del apartado A y se haya realizado una apropiada valoración de las técnicas de medidas especiales.

En el caso de que no se cumplan las condiciones del apartado A, la Parte Contratante no deberá expedir permisos a menos que haya llevado a cabo una detallada consideración del anexo III. Si se toma la consideración de verter se deberán tomar todas las medidas para mitigar el impacto, incluso el uso de métodos de tratamiento. La concesión

de este permiso se debe notificar a la Organización, la cual a su vez notifica a todas las Partes Contratantes de estos detalles.

**Valoración de las características y composición del material dragado.** Esta sección reemplaza las directrices emanadas del anexo III, apartado A y suministra una interpretación para la evaluación del material dragado. Debe ser considerada en conjunción con los apartados B y C del anexo III, que se citan posteriormente.

- 1. Cantidad Total y composición media de la materia vertida:** (Ej., por año).
- 2. Forma:** Por ejemplo, sólida, lodosa, líquida o gaseosa.

De todo el material dragado debe obtenerse la siguiente información:

- Tonelaje bruto húmedo por lugar (por unidad de tiempo).
- Método de dragado.
- Determinación visual de las características del sedimento (arcilla/limosa/arena/grava/canto rodado).

En ausencia de fuentes de contaminación apreciables el material dragado puede ser eximido de las pruebas de ensayo referidas en estas Directrices, que se exponen más adelante, si se encuentra en uno de los criterios detallados a continuación. En tales casos se deberán tener en cuenta los factores descritos en las secciones B y C del anexo III.

- A.** Si el material dragado está compuesto predominantemente de arena, grava o roca y este material se encuentra en áreas de fuertes corrientes o ambientes de alta energía tales como corrientes con transporte de arena en el fondo o áreas costeras con dunas movedizas y canales.
- B.** Si el material dragado es para alimento de playas o regeneración y está compuesto predominantemente de arena, grava o conchas con tamaños de partículas compatibles con el tamaño de grano de las playas receptoras.
- C.** En ausencia de apreciables fuentes de contaminación el material dragado que no exceda de 10.000 Tm/año, procedente de pequeñas operaciones de dragado aisladas y únicas, como puede ser el dragado de pequeños puertos deportivos o pesqueros, puede ser eximido. Se pueden a su vez, eximir cantidades mayores si el material propuesto para el vertido en el mar está situado lejos de fuentes existentes de contaminación y con la confianza razonable de que este material no se haya contaminado.

**3. Propiedades:** Físicas (por ejemplo, solubilidad y densidad), químicas y bioquímicas (por ejemplo, demanda de oxígeno y nutrientes) y biológicas (por ejemplo, presencia de virus, bacterias, levaduras y parásitos).

Para el material dragado que no se encuentra en las anteriores exenciones será necesario una mayor información para valorar más ampliamente el impacto. De las fuentes existentes puede haber suficiente información disponible, por ejemplo, por medio de observaciones de campo sobre el impacto de un material similar en lugares similares o por datos de ensayos previos con material similar realizados en un tiempo no superior a cinco años.

En ausencia de esta información, sería necesario una caracterización química como primer paso para estimar cargas brutas de contaminantes. Esto no significaría que cada material dragado estaría sujeto a un análisis químico exhaustivo para establecer las concentraciones de una lista de amplio alcance de elementos químicos o compuestos; el análisis químico de conocidas descargas locales u otras fuentes de contaminación puede ser usado para evaluar la probabilidad de contaminación.

Donde el material a ser bombeado sea sustancialmente similar en propiedades físicas y químicas a los sedimentos del lugar propuesto para el vertido, en este caso los ensayos descritos más adelante, no son necesarios.

Donde el análisis químico sea apropiado, también puede ser útil para una mayor información a efectos de interpretación de resultados:

- Densidad.
- Tanto por ciento de sólidos (contenido de humedad).
- Análisis del tamaño del grano (% de arena, limo y arcilla).
- Carbono orgánico total.

Existen además otros parámetros que pueden facilitar la interpretación del comportamiento como son transporte del sedimento, transformaciones del contaminante, propiedades mitigadoras del sedimento.

El muestreo del sedimento deberá ser representativo de una distribución horizontal y vertical y de la variabilidad del material a ser dragado.

Deben espaciarse las muestras a fin de identificar y diferenciar entre lugares contaminados y no contaminados.

#### 4. Toxicidad.

**5. Persistencia:** Física, química y biológica.

**6. Acumulación y biotransformación en materiales biológicos o sedimentos.**

El propósito de estos factores es establecer si el vertido en el mar de material dragado conteniendo sustancias del anexo I y II, podría causar efectos indeseables, especialmente la posibilidad de efectos tóxicos agudos o crónicos sobre organismos marinos o la salud humana, tanto si surgen o no de su bioacumulación en organismos marinos y especialmente comestibles.

Los siguientes ensayos biológicos pueden no ser necesarios si una caracterización previa del material y del área receptora permite una valoración del impacto ambiental.

Si, no obstante, el análisis previo del material demuestra la presencia de las sustancias del anexo I y II en cantidades considerables o de sustancias cuyos efectos biológicos no sean entendidos, y si hay preocupación por los efectos antagónicos o sinérgicos de más de una sustancia, o si hay alguna duda en cuanto a la composición exacta o propiedades del material, puede ser necesario llevar a cabo adecuados procedimientos de ensayo biológico. Estos procedimientos deben ser ejecutados en fase sólida con macrobentos y deben incluir los siguientes ensayos:

- Ensayo de toxicidad agua sobre plancton, crustáceos, moluscos y peces.
- Ensayos de toxicidad crónica capaces de evaluar los efectos subletales a largo plazo, tales como bioensayos que cubran un ciclo de vida completo.
- Ensayos para determinar el potencial de bioacumulación de sustancias chequeadas en anexo I y si es apropiado su potencial de eliminación. Los organismos de ensayos serán aquellos que con mayor probabilidad acumulen las sustancias del anexo I.
- Ensayos para determinar la persistencia de las sustancias del anexo I. El potencial de degradabilidad de estas sustancias debe realizarse usando bacterias y aguas típicas del lugar de vertido propuesto. Los ensayos deberán reflejar las condiciones del lugar de vertido.

**7. Susceptibilidad a los cambios físicos, químicos y bioquímicos e interacción en el medio acuático con otros materiales orgánicos e inorgánicos disueltos.**

Los contaminantes presentes en el material de dragado, después del vertido, pueden ser alterados por procesos físicos, químicos y bioquímicos en sustancias más o menos peligrosas. La susceptibilidad del material dragado a tales cambios debe ser considerada en función del destino del material dragado.

**8. Probabilidad de que se produzcan contaminaciones u otros cambios que reduzcan la posibilidad de comercialización de los recursos:** (Pescados, moluscos, etc.).

Se recomienda una adecuada selección del lugar de vertido, mejor que una aplicación de ensayos. La selección del lugar de vertido para minimizar el impacto sobre áreas, de pesca recreativa o comercial, que son biológicamente sensibles es de gran consideración y se plantea en el punto C2 del anexo II.

**Técnicas de manipulación de vertidos.** El problema del vertido de material dragado contaminado puede ser controlado efectivamente mediante el control de las descargas de contaminantes en aquellos lugares donde es recogido el material dragado. Hasta que este objetivo se cumpla, los problemas del material dragado contaminado deben ser dirigidos mediante «las técnicas de gestión de vertidos».

Estas técnicas se refieren a una serie de acciones y procesos a través de los cuales se minimice el impacto del material dragado o bien se controle a un nivel que no constituya riesgo para la salud humana, daños a los recursos vivos o interfiera en los usos legítimos del mar. En este contexto estas técnicas, en ciertas circunstancias, constituyen métodos adicionales mediante los cuales el material dragado contaminado por sustancias del anexo I pueden ser rápidamente convertidas en inofensivas y a su vez pueden constituir «técnicas de medidas especiales» en el vertido del material dragado que contenga sustancias del anexo II.

Las técnicas más relevantes incluyen los procesos naturales, físicos, químicos y biológicos tal y como ellos afectan en el mar; para el material orgánico incluyen la degradación física, química o bioquímica, y/o la transformación que resulta en el material que llega a ser no persistente, no tóxico y/o no disponible biológicamente.

Más allá de las consideraciones del anexo III, sección B y C, las técnicas de gestión de vertidos pueden incluir el enterramiento sobre o en el lecho marino seguido de una cubrición con sedimento limpio, las interacciones geoquímicas y transformaciones de sustancias en el material dragado cuando se combina con agua o sedimentos, selección de lugares adecuados de vertido tales como zonas abióticas o métodos de contención del escombros de una manera estable (incluyendo islas artificiales).

La utilización de estas técnicas se debe realizar en plena conformidad con las demás consideraciones del anexo III, tales como una valoración com-

parativa de opciones de alternativa de vertido y estas directrices deben estar siempre asociadas con una comprobación post-vertido con el fin de valorar la efectividad de la técnica.

Estas medidas o técnicas de gestión consisten en:

#### 1. CUBRICION CON MATERIAL LIMPIO

Primeramente se vierte el material dragado y luego se cubre con una capa razonablemente gruesa (no menor de un metro) de material no contaminado. Este método es adecuado para verter a profundidades moderadas y en zonas de baja energía. Como quiera que la mayor parte de los vertidos tienen lugar en la plataforma continental los requerimientos deben ser los siguientes:

- Vertido preciso delimitado por boyas.
- Superficie del montículo o casquete de cubrición debe ser suave a efectos de prevenir la erosión.
- Parece ser que después de vertidos los 2/3 del material de cubrición el resto debe verterse en un círculo con un radio igual al del montículo inicial con el objeto de prevenir sus flancos.

#### 2. VERTIDO EN POZOS O ZONAS DE EXTRACCION DE ARENAS

Esta técnica pretende:

- Aislar el material de dragado.
- Cubrir los pozos y evitar condiciones anóxicas debido a la escasa circulación.
- Evitar fenómenos de refracción del oleaje que afecten a diques o espigones.

Con el objeto de minimizar los efectos ecológicos y debido a la enorme cantidad de material de dragado, algunos científicos aconsejan el vertido en la zona oceánica, ya que con ello se consigue una mejora debido a que al existir grandes volúmenes de agua y mayores profundidades se consiguen mejores diluciones. Asimismo estas zonas soportan una menor biomasa que la plataforma continental.

#### 3. CAÑONES SUBMARINOS

En principio son zonas adecuadas pero debe realizarse un estudio de las mismas, ya que pueden ser utilizadas por determinados organismos en sus rutas migratorias.

Entre los factores que determinan su utilización se distinguen:

- Conductores del transporte de sedimentos desde las plataformas hasta las llanuras abisales.
- Escasa cantidad de vida, con la excepción citada.
- Excelente distribución a lo ancho del mundo y cercanos a las costas.

#### 4. ISLAS ARTIFICIALES

Se pueden utilizar como receptores de material de dragado el cual posteriormente es cubierto con material no contaminado y adecuado para una implantación vegetal. Previamente se debe seleccionar las zonas costeras más apropiadas.

#### CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE VERTIDO Y METODO DE DEPOSITO [ANEXO III. APARTADO B]

Los asuntos relativos a los criterios de elección de zonas de vertido se examinan con mayor detalle en un estudio preparado por el GESAMP (\*) (Reports and Studies n.º 16; *Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea*) (Informes y estudios, n.º 16: Criterios científicos para la selección de lugares de vertimiento de desechos en el mar, OMI 1988), que debe considerarse junto con las presentes directrices.

**1. Situación:** (Por ej., coordenadas de la zona de vertido, profundidad y distancia de la costa), situación respecto a otras zonas (por ej., zonas que ofrecen atractivos naturales, zonas de desove, de criaderos y de pesca y recursos explotables).

La información básica sobre caracterización de lugares que deben tener en cuenta las autoridades nacionales al principio de la evaluación de un *vez*o lugar debe incluir las coordenadas de la zona de vertido (latitud y longitud), así como su situación respecto a:

- La distancia a la costa más cercana.
- Las zonas de esparcimiento.
- Zonas de desove y criaderos.
- Las rutas de emigración conocidas de peces y de mamíferos marinos.
- Zonas de pesca deportiva y de pesca comercial.
- Las zonas de belleza natural o de importancia cultural o histórica considerable.
- Las zonas de especial importancia científica o biológica (reservas marinas).
- Las vías de navegación.
- Las zonas de exclusión militares.
- Los usos tecnológicos del fondo del mar (por ejemplo, la minería en el fondo del mar, potencial o efectiva; los cables submarinos; los lugares de desalación o de conversión de energía).

**2. Tasa de eliminación por período específico:** (Por ej., cantidad por día, por semana, por mes).

A fin de evaluar la capacidad de la zona de recibir un tipo determinado de material, deben te-

nerse en cuenta las tasas de carga previstas (por ej., por día) o, en el caso de los lugares ya usados, las tasas de eliminación efectivas (frecuencia de las operaciones y cantidades de desechos u otras materias que se eliminan en cada operación por período dado).

**3. Métodos de envasado y contención, si los hubiere.**

**4. Dilución inicial lograda por el método de descarga propuesto.**

Los datos que han de considerarse bajo este punto deben incluir información sobre:

- Tipo, tamaño y forma de las unidades de envasado y contención.
- Presencia de alguna sustancia incluida en el anexo I o en el anexo II como material de envasado o en todo elemento aglomerante que llegue a usarse.
- Marcado y etiquetado de los envases.
- Método de eliminación, por ejemplo, echazón por la borda, descarga de líquidos y lodos por tuberías, tasas de bombeo, número y situación de las salidas de las tuberías de descarga (por debajo o por encima de la línea de flotación, profundidad del agua, etc.). A este respecto, la eslora y la velocidad del buque en el momento de descargar desechos u otras materias se emplearán para establecer la dilución inicial.

**5. Características de la dispersión:** (Por ej., efectos de las corrientes, mareas y viento sobre el desplazamiento horizontal y la mezcla vertical).

**6. Características del agua:** (Por ej., temperatura, pH, salinidad, estratificación, índices de oxígeno de la contaminación —oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)— nitrógeno presente en forma orgánica y mineral con inclusión de amoníaco, materias en suspensión, otros nutrientes y productividad).

Para la evaluación de las características de dispersión, deben obtenerse datos sobre los siguientes puntos:

- Profundidades del agua (máxima, mínima, media).
- Estratificación del agua en diversas estaciones y en diversas condiciones meteorológicas (profundidad y variación estacional de la pycnoclina).
- Período de mareas, orientación de la elipse de mareas, velocidades de los ejes menor y mayor.
- Deriva media de superficie (neta): dirección, velocidad.
- Deriva media de fondo (neta): dirección, velocidad.

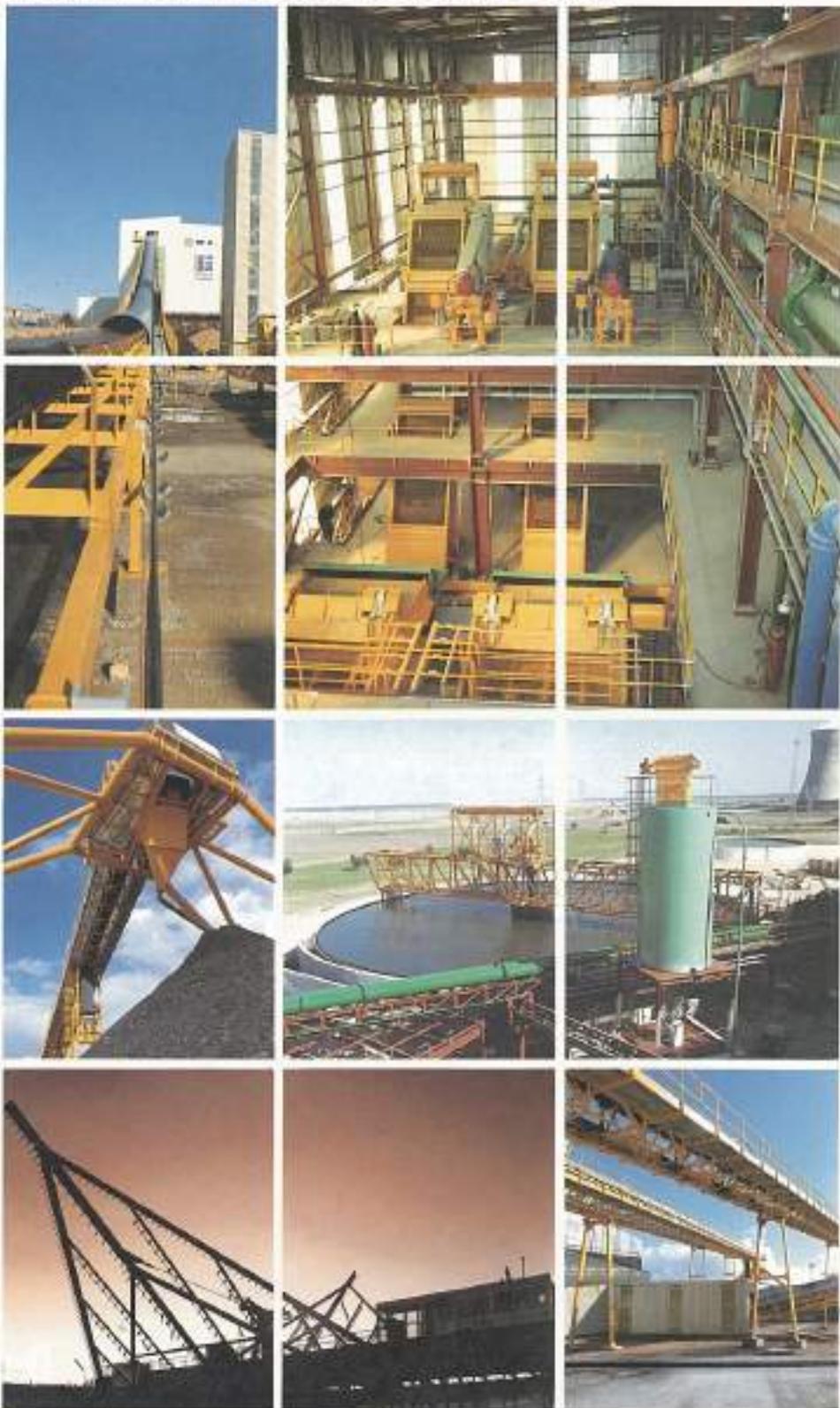
(\*) Grupo mixto de expertos OMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/OIEA/Naciones Unidas/PIVUMA sobre los aspectos científicos de la contaminación del mar.



## PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES

Los procesos de tratamiento y utilización de los minerales exigen una serie de instalaciones para almacenamiento, clasificación, homogeneización, lavado, etc. que forman parte de la gama de instalaciones "lave en mano" que IMENOSA viene desarrollando:

- Plantas de trituración, molenda, y cribado.
- Plantas de fosfatos, bauxitas, separadores electromagnéticos.
- Plantas de flotación y de separación por medio de ciclones.
- Lavaderos de minerales, plantas complementarias de las Centrales Térmicas en el caso de lavaderos de lignitos, o plantas de proceso en el caso de explotaciones auríferas, de uranio u otras.



INDUSTRIAS MECANICAS DEL NOROESTE, S.A.

GRUPO INI

Apartado 397 - 15480 FERROL  
Tel. (981) 34 30 11  
Telex 85534 AIND-E  
Telefax (981) 34 32 58

Zurbarán, 28 - 28010 MADRID  
Tel. (91) 410 71 97  
Telex 44749 IMENO-E  
Telefax (91) 410 73 94

# AGUA

# VIVA

El agua padece múltiples agresiones contaminantes  
en su recorrido natural.

Es imprescindible que llegue al usuario con  
el tratamiento adecuado.

CADAGUA está presente allí donde se exige la mejor agua.



Depuradora de Butarque - Madrid



**cadagua, s.a. Damos vida.**

- Corriente de fondo provocadas por (olas de tormenta (velocidades).
- Características de vientos y olas, número medio de días de tormenta por año.
- Concentración y composición de sólidos suspendidos.

Cuando la composición química del desecho lo justifique, puede ser conveniente evaluar el pH, y la presencia de sólidos suspendidos, sustancias químicas orgánicas persistentes, metales, nutrientes y componentes microbiológicos. La DBO y la DQO o las determinaciones de carbono orgánico en la fase de suspensión o disolución, junto con mediciones del oxígeno, también pueden ser pertinentes cuando las materias que se desee verter sean desechos o nutrientes orgánicos.

**7. Características de los fondos:** (Por ej., topografía, características geoquímicas y geológicas y productividad biológica).

Deben consultarse mapas y cartas batimétricas e identificarse los accidentes topográficos específicos que puedan afectar la dispersión del desecho (por ejemplo, cañones submarinos).

Las observaciones geoquímicas de los sedimentos situados en el lugar de vertimiento y alrededor de él deben considerarse en relación con el tipo de desecho(s) de que se trate. La gama de componentes químicos debe ser igual a la empleada para la caracterización del desecho u otra materia.

En zonas en que los desechos puedan llegar al fondo, debe considerarse la estructura del sedimento en el lugar del vertimiento (esto es, la distribución de grava, arena, limo y arcilla), así como las características de las comunidades bénticas.

En toda evaluación de un lugar de vertido de desechos deben tenerse en cuenta la movilidad de los sedimentos debida a olas, mareas u otras corrientes. Debe investigarse la posibilidad de actividades sísmicas en la zona considerada, en particular cuando se desee verter desechos peligrosos envasados. La distribución de los tipos de sedimento en una zona proporciona información básica sobre si los sólidos de ciertas características vertidos se acumularán en un lugar o se dispersarán.

Los procesos de sorción y disorción en la gama de condiciones de oxidación reducción y de pH del lugar de vertimiento, con particular referencia a los intercambios entre la fase disuelta y la fase de partículas finas, son pertinentes para la evaluación de las propiedades acumulativas de la zona en relación con los componentes del desecho que se desea verter y con el posible transporte a las aguas subyacentes.

**8. Existencia y efectos de otros vertidos que se hayan efectuado en la zona:** (Por ej., antecedentes sobre contenido de metales pesados y contenido de carbono orgánico).

La evaluación básica de un lugar, nuevo o establecido, incluirá la consideración de los posibles efectos del aumento de ciertos componentes de los desechos o de la interacción (por ejemplo, efectos sinérgicos) con otras sustancias introducidas en la zona, sea por otros vertidos o por transporte por ríos o descarga de zonas costeras, por zonas de explotación o por transporte marítimo así como a través de la atmósfera. Debe evaluarse la presión que ya exista sobre las comunidades biológicas como resultado de tales actividades antes de proceder a operaciones de eliminación de desechos nuevas o adicionales. Deben tenerse en cuenta los posibles usos futuros de la zona del mar de que se trate.

La información sobre estudios en lugares de vertido ya establecidos es importante en toda evaluación, tanto en el mismo lugar como en lugares cercanos.

**9. Al expedir un permiso para efectuar una operación de vertido, las Partes Contratantes deberán considerar si existe una base científica adecuada para determinar, como se expone en el presente anexo, las consecuencias del mismo teniendo en cuenta las variaciones estacionales.**

Cuando un sitio determinado se considere por primera vez con miras a su uso como zona de vertido, la base de datos disponible deberá evaluarse a fin de establecer si las características principales se conocen con suficiente detalle o con suficiente exactitud para elaborar un modelo fidedigno de los efectos de los desechos. Muchos parámetros son tan variables en el espacio y el tiempo que es necesario diseñar una serie amplia de observaciones para cuantificar las propiedades fundamentales de una zona durante las diversas estaciones.

Si en un momento determinado los estudios de monitorización demuestran que los lugares de vertido establecidos no satisfacen dichos criterios, deberá examinarse la posibilidad de usar otros lugares o métodos.

**CONSIDERACIONES Y CONDICIONES GENERALES (ANEXO III. APARTADO C)**

**1. Posibles efectos sobre los atractivos naturales:** (Por ej., presencia de material flotante o encañado, turbidez, malos olores, decoloración y espumas).

**2. Posibles efectos sobre la vida marina, piscicultura y conchicultura, reservas de especies**

**marinas y pesquerías, y recolección y cultivo de algas marinas.**

Debe prestarse particular atención a los componentes del desecho que floten en la superficie o que, reaccionando con el agua del mar, produzcan sustancias flotantes, y que, por estar circunscritos en un medio bidimensional en vez de moverse en un medio tridimensional, se dispersan muy despacio. Debe investigarse la posibilidad de reacumulación de tales sustancias a causa de la presencia de convergencias de superficie que lleguen a perjudicar los atractivos naturales y las pesquerías y entorpecer la navegación.

Debe reunirse información sobre la naturaleza y la magnitud de los recursos pesqueros de carácter comercial y recreativo.

Debe establecerse la carga corporal de sustancias tóxicas persistentes (y, en el caso de los mariscos, patógenas) en ciertos elementos de la vida marina y, en particular, en las especies alimenticias comerciales presentes en la zona de vertido.

Ciertas zonas, aunque no se usen con fines pesqueros, pueden ser importantes para los peces como zonas de desove, de cría o de alimentación, por lo cual deben considerarse los efectos de la eliminación de desechos en estas zonas del mar.

Deben reconocerse los efectos que la eliminación de desechos en ciertas zonas podría tener sobre los hábitos de especies raras, vulnerables o amenazadas.

Aparte de los efectos tóxicos y bioacumulativos de los componentes de los desechos, deben examinarse otros posibles efectos sobre la vida marina, como el enriquecimiento de nutrientes, el agotamiento de oxígeno, la turbidez, la modificación de la composición de los sedimentos y la formación de un manto de desechos en el fondo del mar.

También debe tenerse en cuenta que la eliminación en el mar de ciertas sustancias pueden perturbar los procesos fisiológicos que regulan las funciones de detección en los peces, y pueden ocultar ciertas características naturales del agua del mar o de sus efluentes y confundir de esta manera a las especies migratorias, que así pierden su orientación, no desovan o no encuentran alimentos.

**3. Posibles efectos sobre otras utilidades del mar:** (Por ej., menoscabo de la calidad del agua para usos industriales, corrosión submarina de las estructuras, entorpecimiento de las operaciones de buques por la presencia de materias flotantes, alteraciones en la pesca o en la navegación por el depósito de desechos u objetos sólidos en el fondo del mar y protección de zonas de especial

importancia para fines científicos o de conservación).

El examen de los posibles efectos de los usos del mar bosquejado en el párrafo C3 debe incluir formas de entorpecimiento de la actividad pesquera, como el daño causado a las artes de pesca o el enredo de éstas. Debe tenerse plenamente en cuenta toda posibilidad de excluir el aprovechamiento futuro de la zona de vertimiento para la obtención de otros recursos, como el uso del agua con fines industriales, la navegación, la construcción de estructuras, minería, etc.

Las zonas de especial importancia incluyen las que tengan interés para la investigación científica o con fines de conservación del medio o constituyan hábitats característicos de distribución limitada (como colonias de aves marinas, campos de algas y arrecifes de coral); también debe proporcionarse información sobre todos los hábitats característicos en la vecindad del lugar propuesto que pueden ser afectados por el material que se desea verter. También debe prestarse atención a las formaciones geológicas y fisiográficas de valor universal extraordinario desde el punto de vista de la ciencia, la conservación del medio o la belleza natural.

**4. Disponibilidad práctica de otros métodos de tratamiento, evacuación o eliminación situados en tierra, o de tratamiento para convertir la materia en sustancias menos nocivas para su vertido en el mar.**

Antes de examinar la posibilidad de verter materias en el mar, debe hacerse todo lo posible por determinar la disponibilidad práctica, incluso la viabilidad técnica y la aceptabilidad desde el punto de vista ecológico, de otros métodos de tratamiento, evacuación o eliminación en tierra, o de tratamiento de la materia para convertirla en sustancias menos nocivas para su vertido en el mar.

Deben considerarse otros medios de eliminación a la luz de una evaluación comparativa con respecto a:

- Los riesgos para la salud humana.
- Los costos ambientales.
- Los riesgos (incluidos los accidentes) vinculados con el tratamiento, el envasado, el transporte y la eliminación.
- La economía (incluidos los costos de energía).
- La exclusión de usos futuros de las zonas de vertido.

Si el análisis precedente indica que la alternativa de eliminación o tratamiento en tierra es más práctica, no debe concederse un permiso para la eliminación en el mar.

### 3. ZONAS Y METODOS DE VERTIDO

El vertido de productos de dragado, altamente contaminados, al mar se debe realizar en zonas de escasa productividad, asimismo se debe evitar que tales materiales estén en contacto con la biocenosis marina.

Las zonas de vertido pueden ser:

- Altamar.
- Plataforma continental.
- Zona nearshore.
- Zona de contacto.

La forma de verter puede tener las siguientes modalidades:

- Vertido libre.
- Vertido entre diques sumergidos.
- Vertido en pozos.
- Recubrimiento.
- Vertido en islas artificiales.

Se entiende por **altamar** la zona comprendida a partir del límite de la plataforma continental. En esta zona el movimiento de sedimentos en el fondo es prácticamente nulo.

**Plataforma.** Comprende desde el límite del talud hasta la zona donde el oleaje se ve afectado por el fondo. Esta zona se ve afectada por las corrientes generales.

**Zona nearshore.** Abarca desde donde el oleaje empieza a verse afectado por el fondo hasta la zona de rotura. Esta zona se ve afectada por el oleaje, corrientes generales, transversales y de marea.

**Zona de contacto.** Adyacente a la desembocadura de ríos, bahías y estuarios, desde la línea de costa hasta la zona de rotura. Se ve afectada por las corrientes paralelas a costa, transversales, corrientes de marea. Zona de alta energía sometida a la influencia de los temporales.

A continuación se va a describir los diferentes niveles de dispersión en cada una de las modalidades en las diferentes zonas anteriormente citadas y su mejora en relación al vertido libre.

**Recubrimiento de productos de dragado.** Consiste en una protección de los productos de dragado, bien con una capa de arena o con sedimentos caracterizados por un grado de contaminación aceptable.

El fin de esta técnica es doble: por un lado impedir el movimiento de los productos de dragado, de otra aislar los agentes contaminantes de la columna de agua y de los organismos bentónicos.

Esta solución se considera cuando:

1. La dispersión no puede ser aceptada.
2. Es posible aplicar una capa de recubrimiento.
3. Cuando se espera que esta capa resista la erosión con mar gruesa.

Estudios de laboratorio realizados en USA (Sunison y col. 1984) están dirigidos a ver la eficacia de la arena en la prevención de la transferencia de contaminantes. Los resultados son:

— Un vertido preciso permite recubrir de una capa de materiales adecuados los productos de dragado contaminados.

— La emisión de elementos nutritivos o tóxicos se reduce mediante el recubrimiento. Una capa de 50 cm de espesor se revela como aceptable.

— En condiciones normales de tiempo, mareas y corrientes las capas de recubrimiento de arena pueden resistir durante mucho tiempo. En el caso de New York Bight se estima en 18-46 años el período necesario para reducir 30 cm la capa superior del recubrimiento.

— Los estudios de bioacumulación indican que la absorción de productos a partir de productos recubiertos es poco probable.

No obstante conviene hacer la siguiente salvedad:

- Los estudios de bioacumulación realizados en el marco del proyecto de New York Bight no han permitido concluir que esta técnica prevenga la absorción por los mejillones (O'Connor y O'Connor, 1983).
- Los sucesos puntuales o los temporales de gran envergadura pueden provocar la erosión y permitir el contacto entre los agentes contaminantes y la columna de agua y la biocenosis.
- No se disponen de observaciones a largo plazo para asegurar la compatibilidad de esta técnica con el medio ambiente.

**Equipos de dragado.** Lo más interesante es conseguir obtener la mayor densidad posible en el material de dragado.

**Transporte y vertido de los productos de dragado.** Los dos principales medios de transporte son el transporte hidráulico y el transporte por barcazas o combinaciones.

Conviene reducir al mínimo las pérdidas en el transcurso del transporte. Esto se consigue tapan-do la carga mediante aislamiento superior o cargando cantidades inferiores.

Contrariamente a la evolución en materia de equipos y métodos de dragado que no han cesado en los últimos años, las técnicas de vertido han empezado a cambiar sólo hace algunos años.

Investigaciones intensificadas se llevan particularmente a cabo en Estados Unidos y Países Bajos con vistas a estudiar los impactos de los vertidos de productos de dragado y de investigar medidas para evitar una dispersión intolerable. Estas

TIPOS DE VERTIDO							
ZONAS	VERTIDO LIBRE	VERTIDO ENTRE DIQUES	VENTAJAS DEL VERTIDO ENTRE DIQUES FRENTE AL VERTIDO LIBRE	VERTIDO EN FOSA	VENTAJAS DEL VERTIDO EN FOSA FRENTE AL VERTIDO LIBRE	ISLAS ARTIFICIALES	VENTAJAS EN RELACION AL VERTIDO LIBRE
ALTAMAR	NO ESPERADA	NO APLICABLE	NINGUNA	VALIDO SOLAMENTE EN PRESENCIA DE FOSA NATURAL	SE REDUCE LA DISPONIBILIDAD DE LOS AGENTES CONTAMINANTES. DIFUSION REDUCIDA	NO APLICABLE	NINGUNA
PLATAFORMA	DIFUSION MUY LIMITADA. INFLUENCIA DE CORRIENTES Y QUEA. POCAS ESPERENCLAS	SE ENCUENTRA MUY LIMITADO	NINGUNA	SOLAMENTE POSIBLE EN PRESENCIA DE UNA FOSA NATURAL	SE REDUCE LA DISPONIBILIDAD DE LOS AGENTES CONTAMINANTES. DIFUSION REDUCIDA	NO APLICABLE	NINGUNA
NEARSHORE	DIFUSION SUSTANCIAL DESPLAZAMIENTO DE LAS TRACCIONES FINAS	LOS VERTIDOS SE DEBEN REALIZAR EN FEBRERO DE CHINA CON EL FIN DE QUE SE CONSOLIDE ANTES DE QUE LLEGUEN LOS TEMPORALES. LAS DIMENSIONES DE LOS DIQUES DEBEN SER SUFICIENTES Y AISLADAS DE LAS CORRIENTES MARIÑAS	CONSIDERABLE	DIFUSION INFERIOR A LA CONSEGUIDA CON DIQUES SUBMARIÑOS	CONSIDERABLE	AUSENCIA DE DIFUSION DEL MATERIAL DE DRAGADO. PUEDE EXISTIR DIFUSION MUY LENTA DE LOS CONTAMINANTES POR LOS ACUÍFEROS	MUY EFECTIVA
ZONA DE CONTACTO	DIFUSION TOTAL	NO APLICABLE DEBIDO A FUERZA DE LAS CORRIENTES QUE IMPIDE LA CONSERVACION DE LOS DIQUES	MUY LIMITADO	LA FUERZA DE LAS CORRIENTES ENTRAÑA DESPLAZAMIENTO DE SEDIMENTOS EXISTE DESPLAZAMIENTO DE AQUEL MATERIAL DE MENOR GRANULOMETRIA. REBLENDO RAPIDO POR MATERIAL GRUESO	IGUAL		

investigaciones discurren paralelamente a la puesta a punto de nuevas técnicas de vertido susceptibles de atenuar los impactos a corto y largo plazo sobre el medio.

#### Técnicas de vertido.

— Vertido mediante compuertas en el fondo de la cántara o mediante ganguiles de charnela. Los productos vertidos según este método tienen un impacto relativamente importante sobre la columna de agua cerca del lugar de vertido por una resuspensión de las partículas en suspensión y un incremento de la turbidez.

— Un estudio profundo de Bokuniewicz, 1977, ha puesto en evidencia que el 99 % de los productos vertidos a partir de embarcaciones conteniendo más de 835 m<sup>3</sup> son transportados hacia el fondo.

— Conducción del vertido.

Numerosos factores, tanto ambientales como de modalidades de realización, afectan a la dispersión de los productos de dragado en el curso de las operaciones de vertido libre al mar. Parece ser que las características de la dispersión pueden ser controladas tanto por la configuración de la conducción al punto de vertido, como por el ángulo y la altura de realización del mismo, en relación a la superficie del agua, en caso de vertido encima del agua, o en relación al fondo, en caso de vertido sumergido.

**Medidas suplementarias de atenuación de impacto.** Si dependientemente de los métodos descritos el vertido puede determinar graves daños se puede recurrir a las siguientes medidas:

1. Medidas destinadas a modificar la calidad de los productos de dragado:

a. Densificación del vertido: se pretende conseguir:

- Reducir el volumen.
- Minimizar la cantidad de agua de consolidación (se favorece la misma).
- Mayor resistencia a la erosión.

b. Extracción de elementos contaminantes.

2. Medidas destinadas a prevenir la dispersión en el curso del vertido y posterior a él:

- a. Ajustar un calendario de vertido que coincida con las mejores condiciones oceanográficas.
- b. Utilización de agentes floculantes.

3. Medidas destinadas a luchar contra los impactos a largo plazo:

- a. Utilización de recubrimiento tipo tampón (suelos de alto valor orgánico que retengan los agentes contaminantes).
- b. Utilización de arcillas en el recubrimiento.

La elección de un método de vertido debe estar basada:

1. Aceptabilidad en términos ambientales. Aquí juegan factores tales como concentración, toxicidad, persistencia, acumulación, disponibilidad.
2. Legislaciones nacionales o convenios ratificados.
3. Aplicabilidad técnica, viabilidad económica.
4. Clasificación de los productos de dragado.

A continuación se pasa revista a una tabla que compara la viabilidad técnica, económica y los riesgos ambientales, basada en situaciones al término de los vertidos y sin incluir medidas suplementarias de atenuación de impacto. Se basa en las condiciones más frecuentemente encontradas.

#### 4. EFECTOS CAUSADOS POR EL DRAGADO, TRANSPORTE Y VERTIDO

**Dragado.** En lo que afecta a la operación de dragado, se debe tener en cuenta:

Naturaleza de las operaciones y sus efectos:

- Efectos voluntarios o intencionados.
- Efectos secundarios o accidentales.

Impacto sobre el medio ambiente:

- Efectos beneficiosos.
- Efectos perjudiciales.
- Efectos despreciables.

Zona de impacto:

- Localmente.
- Zonas próximas.
- A grandes distancias.

Tiempo en el que aparecen las alteraciones:

- Instantáneo.
- A corto plazo.
- A medio plazo.
- A largo plazo.

Duración del impacto:

- Efectos temporales.
- Efectos semipermanentes.
- Efectos definitivos.

También se debe tener en cuenta:

- El dragado relacionado con nuevas obras.
- El dragado de mantenimiento.
- El dragado como fin para eliminar la contaminación.

El dragado relacionado con nuevas obras puede modificar profundamente el medio entorno físico y pueden aparecer efectos secundarios.

El de mantenimiento implica un desplazamiento de material contaminado.

**PUERTOS Y COSTAS**

APLICABILIDAD DEL METODO DE VERTIDO	MEDIO AMBIENTE MARINO			
	ALTA MAR	PLATAFORMA	NEARSHORE	ZONA DE CONTACTO
VERTIDO EN AGUA LIBRE T. E. A.	++ DISTANCIA +	++ DISTANCIA INVESTIGACION	++ ++ -	++ ++ --
DIQUES SUBMARINOS T. E. A.	-- -- +	- -- +	+ +/- INVESTIGACION	- - -
FOSA CAVADA EN EL FONDO DEL MAR T. E. A.	NAT: ++ ART: -- NAT: DIST. ART: -- ++	++ -- DISTANCIA -- +	++ + ++ - INVESTIGACION	NO APLICABLE - NO APLICABLE - -
RECUBRIMIENTO T. E. A.	+ - +	+ +/- +	+ + +	+/- +/- INVESTIGACION
ISLA ARTIFICIAL T. E. A.	NO APLICABLE NO APLICABLE NO APLICABLE	NO APLICABLE NO APLICABLE NO APLICABLE	++ - ++	++ - ++

**TABLA I.** Diagrama de aplicabilidad de los diversos métodos de vertido de los productos de dragado en el mar.

++	muy aplicable	T.	Técnicamente
+	aplicable	E.	Económicamente
-	difícilmente aplicable	A.	Ambientalmente
--	inaplicable	nat.	Natural
		art.	Artificial

Fuente: AFPCN, Desarrollo en mar de los productos de dragado.

El dragado como fin para controlar la contaminación aporta un aspecto positivo al retirar estos focos pero transfiere el problema ambiental a otra zona.

En las operaciones de dragado aparecen sobre todo efectos locales, sin desechar su impacto a zonas más lejanas, son a corto plazo, son voluntarios y pueden ser temporales o definitivos.

Entre los efectos voluntarios que son el fin de la operación se pueden citar:

- Construcción de nuevos puertos.
- Ampliación de puertos ya existentes.
- Mejora en la explotación (aumento de calados).
- Mejora en las corrientes de agua (reducción del peligro de inundaciones).
- Retirada de sedimentos contaminados.

Efectos secundarios o accidentales pueden ser favorables o desfavorables, entre los primeros podemos citar:

- Retirada de sustancias o material contaminado.
- Reoxigenación de los sedimentos.
- Aumento de la capacidad de almacenamiento del agua.

— Reducción de la resistencia al flujo y reflujo de las mareas.

— Establecimiento de condiciones menos desfavorables para la flora y fauna.

Entre los desfavorables:

— Incremento de la turbidez, incidencia en la fotosíntesis y alteración de la productividad primaria.

— Destrucción del bentos.

— Incremento de niveles de salinidad.

— Creación de zonas estancas.

— Aceleración de la erosión en playas.

— Alteraciones en la pesca.

— Interferencias en la navegación.

— Alteraciones estéticas.

— Existencia de ruidos y aparición de olores desagradables.

**Transporte del material de dragado.** Los efectos son perjudiciales, inmediatos, localizados y temporales. Estos efectos son determinados por el derrame de materiales fuera del medio de transporte y por el olor que produce. Se corrige adecuando la carga a la capacidad del elemento transportador y cubriéndola adecuadamente.

**Vertido del material de dragado.** Anteriormente se hizo mención única y exclusivamente al vertido del material de dragado en el mar. No obstante se pasa revista ligeramente a los efectos del vertido de este material sobre tierra firme:

- Cambios en el uso del terreno.
- Alteración de la topografía.
- Transformación en la composición del suelo.
- Empeoramiento estético.

Se puede verter en zonas de depósito cerradas e incluso tratar el material de dragado si está altamente contaminado. Es necesario controlar el efluente procedente del lixiviado, estas áreas de depósito deben ser impermeables.

Efectos favorables:

- Recuperación de terrenos.
- Creación de terrenos pantanosos.
- Mejora del paisaje.

Bajo ningún concepto se deben alterar zonas húmedas.

Efectos desfavorables:

- Contaminación de acuíferos.
- Olores desagradables.
- Presencia de roedores y mosquitos vectores de enfermedades.
- Degradación del paisaje.
- Contaminación de aguas continentales.
- Aumento de la salinidad de los terrenos.

Entre los efectos del vertido submarino se encuentran efectos temporales como los incrementos de la turbidez y permanentes como cambios en la morfología del fondo, recubrimiento del bentos (aunque parece ser que existen desplazamientos verticales siempre que se den ciertas condiciones), alteraciones en la pesca o cambios en los usos de la zona.

También pueden aparecer alteraciones en la columna del agua o en la calidad de los sedimentos del fondo. Cuando se vierte material dragado altamente contaminado, aparecen sustancias tóxicas que pueden acumularse en cadenas alimentarias.

Entre los efectos favorables se pueden citar:

- Creación de terrenos adyacentes a costa.
- Recubrimiento de arenas contaminadas por material dragado limpio.
- Facilitar en algunas ocasiones los aportes de arena a las playas.

De los efectos desfavorables se pueden señalar:

- Incremento de la turbidez local y persistente en caso de vertidos continuos y de elevado volumen.
- Disminución de la productividad primaria.

- Degradación de la calidad de las aguas y sedimentos próximos.
- Alteración del sabor de los productos marinos.
- Modificación de usos del litoral por llegada de material extraño de la zona de vertido.
- Extinción de especies.
- Acumulación de elementos tóxicos en la cadena alimentaria.
- Recubrimiento del bentos.
- Alteración de la calidad de los freáticos en el curso de operaciones de vertido muy próximas a la línea de costa.

## 5. IMPACTOS AMBIENTALES

Parece ser que los principales impactos producidos por el vertido del material de dragado es de tipo físico y temporal, aunque pueden presentarse efectos de tipo persistente o acumulativo en función del tipo de sustancias incluidas en el material de dragado. No se ha de olvidar que un elevado porcentaje del material de dragado no presenta problemas serios de contaminación e incluso parece ser que solamente existen liberaciones de elementos nutrientes y algunos metales poco tóxicos. No obstante el vertido de material de dragado altamente contaminado se debe realizar mediante una conjunción de zona de vertido y modalidad del mismo con el fin de evitar una dispersión no deseada.

En cuanto al vertido en tierra, en principio más costoso por la ausencia de terrenos adecuados cercanos al litoral, presenta menos garantías en parte ligadas a los elementos presentes en el lixiviado de estos materiales.

En cuando a los impactos que se pueden producir por el vertido de material de dragado al mar se pueden citar:

- Formación en zonas de baja energía de montículos de material. La reconstitución o colonización se ha comprobado más rápida para el caso de sedimentos de granulometría fina que para aquellos de grano grueso.
- Las concentraciones encontradas en el sedimento no aportan conocimientos sobre lo disponible biológicamente ni incluso sobre las concentraciones en la columna de agua. Esta liberación está condicionada por aspectos físico-químicos y microbianos.
- La liberación de metales e hidrocarburos parece mínima, aunque en el caso de nutrientes es más elevada. No obstante, el tránsito a lo largo de la columna de agua y los grandes volúmenes de ésta determinan una apreciable dilución.

Esto no quiere decir que el vertido de material de dragado se deba realizar a la ligera, se debe

estudiar previamente la zona y proceder a la cubrición del material como una medida preventiva de impacto ambiental.

Los estudios de vertido de material de dragado y su probable impacto son relativamente recientes, no se debe considerar igual el vertido del material de dragado no contaminado del que está altamente contaminado. Existen una serie de consideraciones que presumiblemente permiten pensar en una fijación de los elementos o sustancias no deseables. No obstante, se debe pensar en una gestión a largo plazo en lo que afecta al seguimiento del control de la calidad de las aguas y alteraciones en la biocenosis. Tampoco se debe olvidar que la mayor parte de los vertidos se hacen en las cercanías del litoral y es precisamente en estas zonas donde la productividad es mayor.

Los principales parámetros que influyen en las reacciones que se originan en el material de dragado son: cantidad y tipo de arcilla, presencia de materia orgánica, cantidad y tipo de cationes y aniones, presencia de hidróxidos de hierro y manganeso, condiciones redox, pH.

Los sedimentos o productos de dragado presentan por lo general elevada proporción de materia orgánica, están desprovistos de oxígeno, pH próximo a la neutralidad, condiciones reductoras y muchos son arcillosos.

En estas condiciones la inmovilización parece un hecho siempre y cuando no estén bajo condiciones de mezcla, transporte y puesta en suspensión por el oleaje y las corrientes. A su vez parece ser que los sedimentos de grano grueso y débil contenido en materia orgánica tienen una menor eficacia de inmovilización.

Por último, expresar que los sedimentos presentan peligro en función de las sustancias de las que son portadores, así se podrían clasificar en tres grupos:

**Peligrosos:** Aquellos que están contaminados por mercurio, cadmio y ciertos hidrocarburos clorados.

**Intermedios:** Aquellos que presentan plomo, cromo, cinc, níquel, cobre.

**Poco peligrosos:** Los que presentan altos valores de materia orgánica, magnesio o hierro.

La conjunción de la presencia de estos elementos, su concentración y su diferente toxicidad determinará finalmente las zonas de vertido y los métodos.

Aquellos sedimentos susceptibles de acidificación en el curso de la desecación y oxidación, condiciones que aparecen en el transcurso del depósito en tierra, pueden liberar contaminantes en el lixiviado. Parece ser que esta acidificación es más in-

tensa si el contenido en sulfuros de los sedimentos es alto. Por ello es de gran interés conocer los procesos químicos que puedan aparecer en el depósito en tierra o en el mar.

En un entorno anaerobio los compuestos son reducidos a formas más estables, así tenemos:



Cuando el sedimento se airea se producen, en cierta medida, las reacciones adversas.

## 6. CONCLUSIONES

- A. Se debe eliminar la contaminación en la fuente. Hasta en tanto no se consiga este objetivo en el caso de material dragado contaminado se debe atender a una gestión adecuada de sistemas de vertido y control ambiental de esta actuación.
- B. En caso de movilización de sedimentos y depósito en tierra se deben evaluar las reacciones químicas que se pueden producir en función de las condiciones geo-químicas del sedimento y evitar los posibles impactos ambientales.
- C. Se debe valorar si un sedimento está o no contaminado previamente a cualquier actuación.
- D. Se estará dispuesto a cumplir lo previsto por el Convenio de Londres para el material de dragado contaminado.
- E. El vertido en áreas o zonas de alta energía es poco apropiado por la posibilidad de una mayor dispersión y transporte de este material. Se debe verter en zonas de baja energía y cuando se espere liberación de elementos tóxicos se procederá a medidas de confinamiento y recubrimiento que asegure condiciones reductoras y demás características que presentaba en su zona de extracción.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Evaluación de impactos ambientales producidos por los vertidos al mar. Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX). M.O.P.U. Madrid, 1986.
- Dredged-Material Disposal in the ocean. Dana R. Kester and others. Wastes in the ocean. Volumen II. Federal Register/Vol. 45, n.º 249.
- Guidelines for specification of Disposal Sites for Dredged or fill Material. E.P.A. December 24, 1980.
- Report of the Joint LDC/OSCOM, Group of Experts on the Application of the Annexes two Dredged Material. Group on Dumping, May 1986. Internacional Maritime Organization. LDC/SG. November 1985.
- Especial Case Measures for Safe Disposal of Polluted Dredged Material in the Marine Environment. Inter-

national Association of Ports and Harbors. May 1981. Halifax. Canadá.

- Impacts Associated with the Discharge of Dredged Material: Managed Approaches. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Environmental Laboratory.
- Rapport Final de la Commission Internationale pour L'Etude des Effets du Dragage et de L'Evacuation des produits de Dragage sur L'Environnement. Association Internationale Permanente des Congres de Navigation. Annexe au Bulletin n.º 27 (Vol. II/1977).
- Deversement en Mer des Produits de Dragage (Rapport d'un groupe de travail du Comité Technique Permanent II). Association Internationales Permanente des Congres de Navigation. Supplement au Bulletin n.º 52, 1986.

- Octava Reunión Consultiva de las Partes Contratantes del Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por vertimiento de Desechos y otras materias, 20 a 24 de febrero de 1984. OMI. LDC 8/10 marzo 1984.
- Waste Discharge into the marine environment. WHO and the UNEP.
- *Boletín Oficial del Estado*.
- Comunidades Europeas. Derecho Derivado en materia de Medio Ambiente. Tomos I y II. Enero 1986.
- Dirección General de Puertos y Costas. Legislación vigente en 1 de enero de 1982. M.O.P.U.
- Estudio de contaminación de los fondos portuarios. Dirección General de Puertos y Costas. Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX). M.O.P.U. Madrid, 1987.



NOVEDADES EDITORIALES

Librería Ciencia-Industria, S. L.

Plaza de San Juan de la Cruz, 3  
Tels. 234 85 56 y 233 75 43

PEDIDOS: Contra reembolso  — Cheque adjunto

**MANUAL BÁSICO SOBRE TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO (Proyecto de Instalaciones)**  
(Fundamentals. Edición española del Handbook de ASHRAE)

A.T.E.C.Y.R. —1787—  
1988 ed. 338 págs. 7.000 pts.

CONTENIDO: Psicometría. Principios fisiológicos para el confort y la salud. La corriente de aire en torno de los edificios. Ventilación natural e infiltración. Carga por calefacción. Carga de refrigeración para el acondicionamiento de aire. Ventanaje. Métodos para el cálculo de la energía. Difusión del aire en locales. Diseño de conductos.

**BRICK AND BLOCK MASONRY. 3 Vols.**

Courcy, J. W. —11979—  
1988 ed. 1.845 págs. 44.944 pts.

CONTENIDO: Vol. 1. Materials and their properties. Materials for making bricks and blocks. Properties of bricks and blocks. Mortars. The mortarbrick interface. Experimental research. Characteristics of masonry. Bed joints. ... Vol. 2. Out-of-plane (Lateral) loading. Torsional loading. Seismic loading. Thermal loading. Grouted masonry. Wall ties. Reinforcement. Frost action. Fire resistance. Masonry arches. Ancillary topics. Theoretical research. ... Vol. 3. Seismic loading. Thermal loading. Wall ties. Masonry arches. Assessment of variability. Design and construction. Load bearing walls general. Cladding. Reinforced masonry. Seismic loading. Loading due to accidental damage. ...

**CABLE STAYED BRIDGES**

Walther, R. —1829—  
1985 ed. 196 págs. 17.755 pts.

CONTENIDO: General design. Parametric study. Stay technology. Static design. Dynamic analysis. Examples of small and medium-span cable stayed bridges. Test of a scale model of a cable stayed concrete bridge with a slender deck.

**CABLE-STAYED BRIDGES. 2.ª ed.**

Trotsky, M. S. —11241—  
1988 ed. 469 págs. 11.978 pts.

CONTENIDO: The cable-stayed bridge system. Typical steel bridges. Typical concrete bridges. Typical composite bridges. Typical pedestrian bridges. Structural details. Methods of structural analysis. Approximate structural analysis. Exact methods of structural analysis. Model analysis and design. Wind action and aerodynamic stability. Abbreviated tentative recommendations for design of cable-stayed bridges.

**GREEN MARINE CLAYS**

Odin, G. S. —1923—  
1988 ed. 445 págs. 16.695 pts.

CONTENIDO: Introduction to the study of green marine clays. Chamosite, the green marine clay from chamoson. Green marine clays from the colitic ironstone facies. The verdine facies from the lagoon off new Caledonia. The verdine facies from the Senegalese continental shelf. The verdine facies off French guiana. The verdine facies deposits identified in 1988. Mineralogy of the verdine facies. Geological significance of the verdine facies. Glaucony from the gulf of Guinea. ...