

VII Congreso de la Asociación Argentina de Ingenieros Portuarios
Buenos Aires, 13-15 de Junio de 2012



Unidad móvil de tratamiento y valorización de los sedimentos de dragado



RESUMEN

En el marco de obras de dragado, el tema del porvenir del material dragado es un dato imprescindible a tener en cuenta, cuya importancia se va creciendo con el tiempo y la presión de la opinión pública. En Francia, el material dragado es considerado como desecho, por lo tanto su depósito a vertedero cuesta mucho dinero. Nuestra empresa EMCC inventó un procedimiento patentado de tratamiento y valorización de este material mediante unidades trasladables que filtran, decantan, deshidratan para mejorar el traslado del material con máquinas, y usan procedimientos como de floculación, fosfatación para descontaminar el sedimento y separar la parte valorizable de la parte contaminada hasta lograr a lo que llamamos los residuos últimos con volumen y peso minimales. La parte valorizable mayormente arena limpia, puede reutilizarse en obras públicas, terraplenes, etc. El ejemplo de la campaña de dragado de los ríos Sena, Oise y Marne en la área de París, que se hizo en los años 2010-2011 es una ilustración de esta cadena del dragado y tratamiento de unos 100 000 m³ de sedimento contaminado.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	3
CAPÍTULO 1. UNIDAD MÓVIL DE TRATAMIENTO	4
1.1 SEPARACIÓN	5
1.2 DESHIDRATACIÓN	7
CAPÍTULO 2. TRES ORIENTACIONES PRINCIPALES PARA EL MATERIAL	9
2.1 BIODEGRADACIÓN CON VALORIZACIÓN	9
2.2 ENVÍO A VERTEDERO O CONTENCIÓN	10
2.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO E INERTIZACIÓN	10
CAPÍTULO 3. CASO DEL DRAGADO PARA 'PORTS DE PARÍS'	11
CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO – BALANCE ECONÓMICO	13
4.1 RENDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRETRATAMIENTO	13
4.2 SÍNTESIS ECONÓMICA	13
Conclusión	14

Introducción

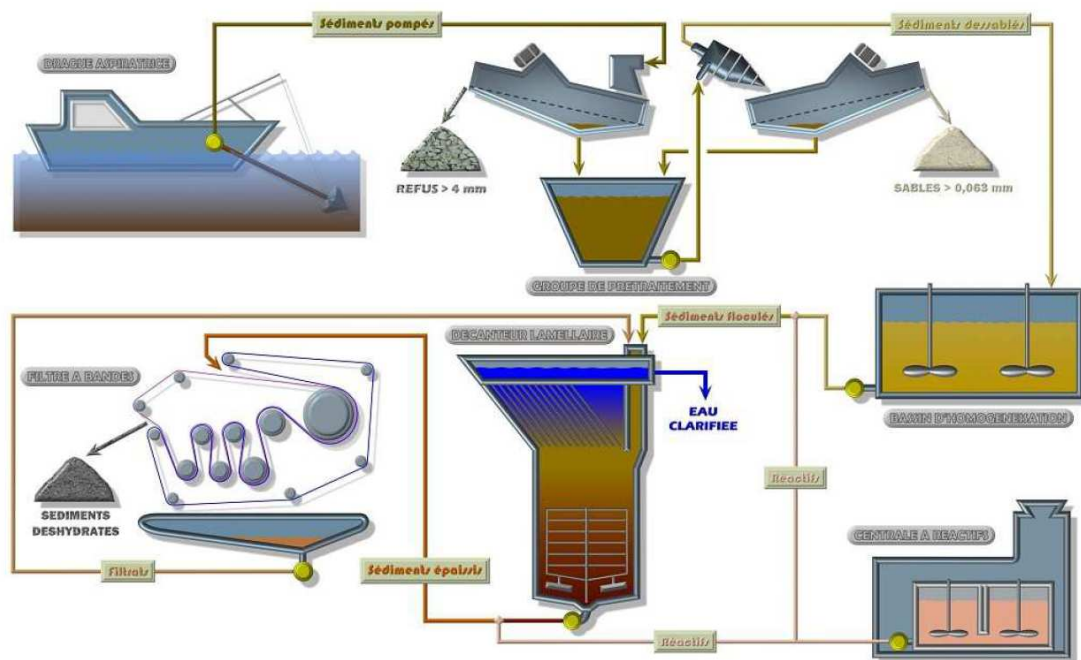
Un tema recurrente durante las campañas de dragado en ríos de nuestra empresa en Francia es la contaminación de los sedimentos de dragado por consecuencia de vertidos agrícolas, industriales y urbanos (metales pesados, materia orgánica, elementos nutritivos). Nos enfrentamos a niveles de concentración que clasifican el material como desecho peligroso. Por consecuencia, el depósito de este material tiene que cumplir con reglas de almacenamiento estrictas, y sumado al volumen importante de sedimentos extraídos, representa un coste muy elevado que se agrega al coste de la extracción del material.

Frente a este tema preocupante tanto del punto de vista ambiental como económico, se desarrolló en la empresa una cadena de tratamiento de los sedimentos de dragado (patente de la empresa desde el año 1994) que tiene los intereses siguientes:

- reducir el volumen de sedimentos a tratar o a almacenar en sitios confinados
- favorecer o acelerar la sedimentación de la fracción sólida
- reducir el contenido en agua para facilitar el transporte
- separar los materiales valorizables de los demás a integrar a una cadena de tratamiento o a almacenar
- clasificar los materiales en diferentes categorías respondiendo a tipos de tratamiento diferentes

CAPÍTULO 1. UNIDAD MÓVIL DE TRATAMIENTO

El pretratamiento consta de una cadena de procesos que entran en dos grupos: la separación y la deshidratación. Permite tratar contaminantes típicos como hidrocarburos, Hidrocarburos Aromáticos Poly-cíclicos HAP, metales pesados, PCB,...



Cadena de pretratamiento



1.1 SEPARACIÓN

SEPARACIÓN: CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA DEL MATERIAL

A partir del material extraído por la draga (por ejemplo, una draga de succión con cortador o draga retroexcavadora), el primer etapa del proceso consta de la separación de los granos de diámetro superior a $63\mu\text{m}$ del resto de la mezcla mediante una rejilla cribadora (fracción $>4\text{mm}$) y filtro ciclónico (fracción $63\mu\text{m}$ a 4mm).

De un lado resulta la parte gravas y arenas, con desechos diversos (conchas, huesos, materiales de construcción, objetos metálicos, piedras,...). Del otro lado a la salida del "grupo de pretratamiento" llegamos a una mezcla de agua con arcillas y limos, llamada "pulpa", pero con alto nivel de contaminación ya que estos no suelen fijarse al material grueso.



Clasificación de sedimentos



Les refus > 4 mm



Clasificación de arena, desechos



Rejilla cribadora

SEPARACIÓN: TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN

Según el modelo elegido, el tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 400 a 600m³. Tiene no sólo un rol de homogeneización (agitación lenta de la mezcla) sino de tanque tampón entre la fase de clasificación granular y la fase de deshidratación que sigue. En efecto, su rol de tampón se ubica entre el flujo de material extraído procedente de la draga, el flujo de material clasificado, y el flujo deshidratado.

Además en caso de presencia de hidrocarburos livianos (aceites y grasas livianas), el tanque permite su recuperación gracias a un equipo opcional llamado “tambor oleofílico” que atrapa la película mediante un revestimiento tensoactivo. Un sistema de rastreo llega a recuperarlo.

En caso de hidrocarburos pesados, siguen el camino del sedimento.



Tanque de homogeneización

1.2 DESHIDRATACIÓN

Intereses:

- favorecer el transporte de los sedimentos
- disminuir el volumen y peso del material a transportar
- incrementar la eficiencia de técnicas de tratamiento (reducción del consumo energético, ...)
- facilitar el depósito de los sedimentos en tierra

DESHIDRATACIÓN: FLOCULACIÓN Y UNIDAD DE CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS

El proceso usa la característica electrostática del material fino. En efecto, los granos tienen una carga natural negativa produciendo una fuerza de repulsión electrostática entre ellos. Después de un pasaje por el tanque de homogeneización, se agregan reactivos (cationes) a la pulpa y el conjunto es transferido a un tanque vertical de decantación laminar.

Estos iones positivos, llamados “floculantes” disminuyen la fuerza de repulsión entre granos, hasta producir la aglomeración de las partículas descargadas y contaminadas en copos cuyo peso es multiplicado, produciendo su precipitación al fondo del tanque.

La parte alta de la torre está compuesta de láminas cuya inclinación e intervalo favorece el choque de las partículas las más livianas entre ellas, se aglomeran, y caen al fondo del tanque. El agua clarificado resulta en la superficie, y vuelve al inicio de la cadena (clasificación) bajo la denominación “agua industrial” para disolver el material dragado en el caso de un dragado mecánico. El exceso de agua vuelve al medio natural, separado de los hidrocarburos libres y material en suspensión en una proporción de 90 a 99% (las normas fijan un límite de concentración de 30mg/l para el material en suspensión en el agua retornando al medio).

El floculante proviene de la central a reactivos. Es un producto de la industria petroquímica, de estructura orgánica (carbón, hidrógeno, oxígeno) en estado sólido. Para usarlo, se disuelve en agua hasta llegar a una concentración entre 1 y 4 g/L, o sea una viscosidad que permite una mezcla óptima con la pulpa a tratar. El consumo es variable entre 3 y 6 kg de floculante por tonelada de material seco final (el coste es de 3-5 €/kg).

La central está dividida en vasos de maduración con agitación donde se necesita una estadía de una hora para obtener su total disolución en agua antes de inyectar la solución concentrada.

Resulta ahora el agua clarificado en la parte alta, y los sedimentos espesos al fondo dirigidos al etapa de deshidratación por filtración.



3 torres de clarificación de agua



agua clarificada

DESHIDRATACIÓN: FILTRO CINTA

Para terminar el trabajo de separación entre la fase líquida y la fase sólida, se agrega más floculantes a los sedimentos espesos y homogéneos del etapa anterior antes de colocarlos sobre una tela movida por cilindros y gradas (rastras). Pasan de cinta a cinta bajo una compresión creciente de 2bar hasta 10bar, y tensiones de corte por efecto del movimiento de las cintas entre los cilindros.

Resultan:

- los "sedimentos deshidratados" y contaminados (contenido en agua entre 30 y 50% del peso)
- la fase líquida (filtrado) que vuelve al tanque de decantación laminar para reiniciar el proceso de floculación.



Filtro cinta



Sedimentos deshidratados

CAPÍTULO 2. TRES ORIENTACIONES PRINCIPALES PARA EL MATERIAL

El tema de este capítulo es presentar los 3 principales caminos seguidos por el material deshidratado en Francia, cuando el vertido en el mar o río abajo no suele ser autorizado.

2.1 BIODEGRADACIÓN CON VALORIZACIÓN

Para casos de contaminación principalmente orgánica (hidrocarburos petroleros, Hidrocarburos Aromáticos Poly-cíclicos HAP, disolvente con cloro, alcoholes, PCB, PCP,...) se usan bacterias o levaduras para acelerar su degradación.

Cuando un amplio espacio en tierra está disponible cerca de la obra, podemos evitar el transporte a larga distancia del material. Se requiere una superficie con revestimiento de membrana para aislar el material del medio ambiente, y un control de parámetros como la concentración en oxígeno, humedad (se usan los 30-50% de agua presentes en el material), contenido en nutrientes minerales y micro-organismos.

En zonas fuertemente urbanizadas y/o en caso de no obtener las autorizaciones de parte de la administración pública para un tal depósito temporario, se deslocaliza este proceso de biotratamiento a un tanque cerrado llamado Bio-reactor, ubicado en un hangar sedentario.

En el primer caso, el tiempo de estadía es bastante lento (hasta un año) y el coste se ubica entre 20 y 60 € / t de materia seca. Para el bio-reactor, el tiempo de estadía es menor pero el coste es generalmente superior ya que se agrega el transporte del material inicial.

Una vez terminada la degradación de la fracción orgánica, y cuando el nivel de concentración de otros contaminantes lo permite, el suelo suele emplearse para relleno de sitios mineros, rellenos para obras civiles, rehabilitación de sitios naturales.



Preparación del depósito



Volteado del material



Bio-reactor

2.2 ENVIO A VERTEDERO O CONTENCIÓN

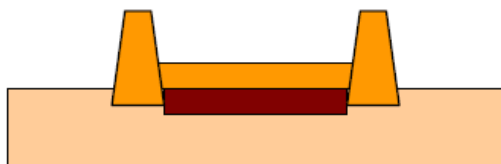
En Europa, los vertederos son depósitos para desechos últimos exclusivamente. La definición de aquellos desechos es: *desecho resultando o no del tratamiento de un desecho, que no puede ser más tratado bajo condiciones técnicas y económicas del momento, principalmente por extracción de la parte valorizable o por reducción de su carácter contaminante o peligroso.*

Cuando el material sale de biodregadación, es decir cuando su nivel de contaminación orgánica es minoritario frente a contaminantes metálicos y por cuestiones de coste, en la mayoría de los casos se envía el material a vertedero o mejor, se organiza su contención en la cercanía de la obra de dragado en “depósito monoespecífico”, que puede convertirse últimamente en terraplén.

En los dos casos, el coste (sin transporte) es de unos 50 € / t de MS como mínimo.

En la comunidad europea, los vertederos están clasificados en 3 categorías (según la concentración en contaminante en agua de lixiviación):
(decisión del Consejo europeo nº 2003/33/CE del 19/12/2002).

- clase 3 para almacenamiento de desechos inertes
- clase 2 para almacenamiento de desechos no peligrosos
- clase 1 para almacenamiento de desechos peligrosos



Ejemplo de contención



Celda de contención

2.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO E INERTIZACIÓN

Cuando el parámetro de un desecho supera el límite para vertederos de clase 1 (desechos peligrosos), la reglamentación europea impone tratar el desecho para disminuir o suprimir su carácter contaminante antes de depositarlo en vertedero de clase superior, o colocarlo en contención en el marco de obras de relleno cercanas.

En una gran proporción, se orienta hacia la inertización del sedimento. El objetivo es fijar los contaminantes a la materia (pero no están destruidos), de esta manera no siguen móviles.

Las técnicas son:

- inmovilización de contaminantes metálicos por fosfatación (reacción con ácido)
- inmovilización por solidificación y estabilización mediante ligante (mezclado con cemento, betún, plástico)
- inertización térmica (incineración, vitrificación, ...)

El coste del tratamiento es relativamente elevado para tratar y valorizar el 100% de los sedimentos de dragado, entre 100 y 200 € / t de MS. Por consecuencia, cuando el nivel de contaminación es suficientemente bajo como para permitir el vertido en depósitos y vertederos sin tratamiento, se prefiere esta opción más económica al día de hoy.

CAPÍTULO 3. CASO DEL DRAGADO PARA 'PORTS DE PARÍS'

Obra: dragado de la cuenca de los ríos Sena, Oise, Marne y de las instalaciones portuarias de Ports de París. Periodo 2010-2011.

Objetivo: mantenimiento del canal de navegación y profundidad a pie de muelles

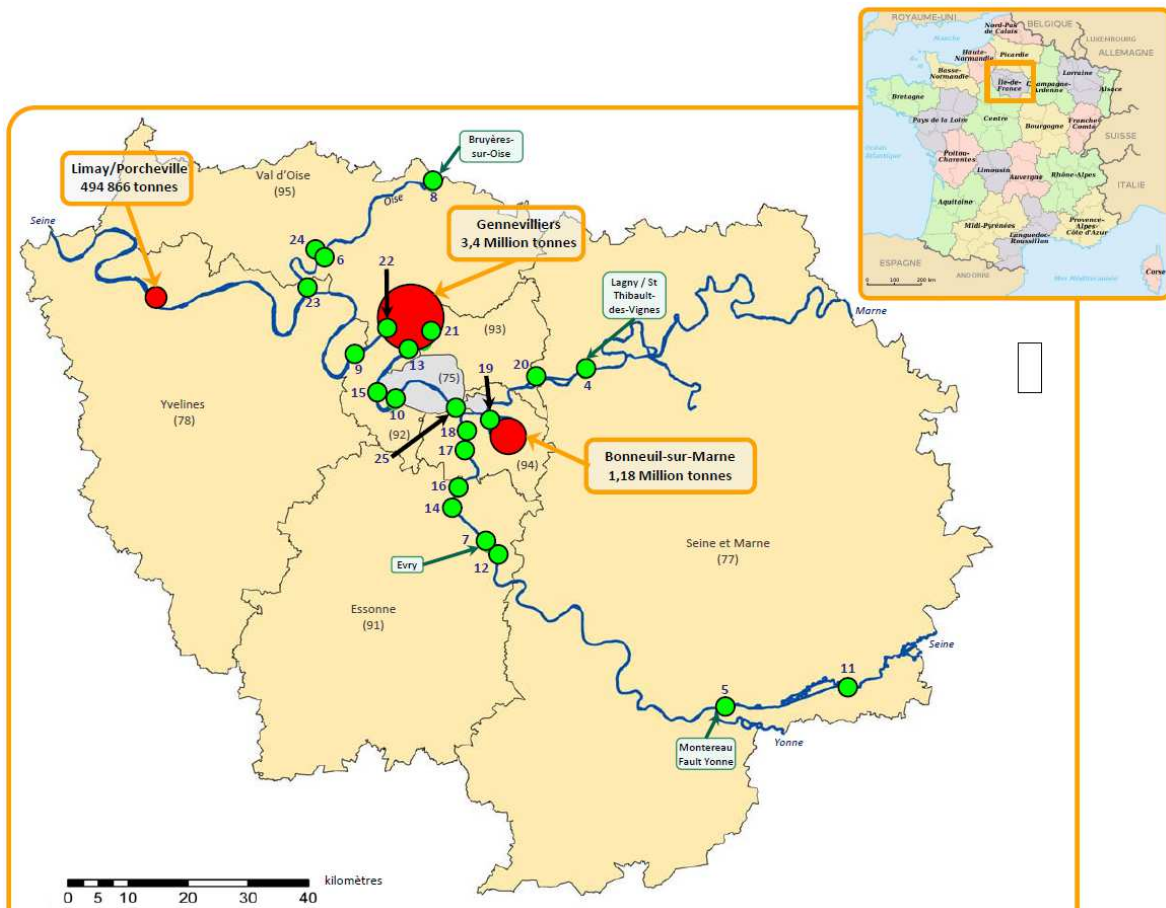
Volumen extraído: 250 000 m³ (150 000 m³ inertes, y 100 000 m³ contaminados)
Sitio de pretratamiento en la zona portuaria de Bonneuil s/Marne.

Datos financieros de la operación:

- material inerte: 4,5 M€ para dragado, transporte, y valorización vía relleno de canteras
 - material contaminado: 15 M€ para dragado, transporte, tratamiento
- Costo total de la operación: 19,5 M€.

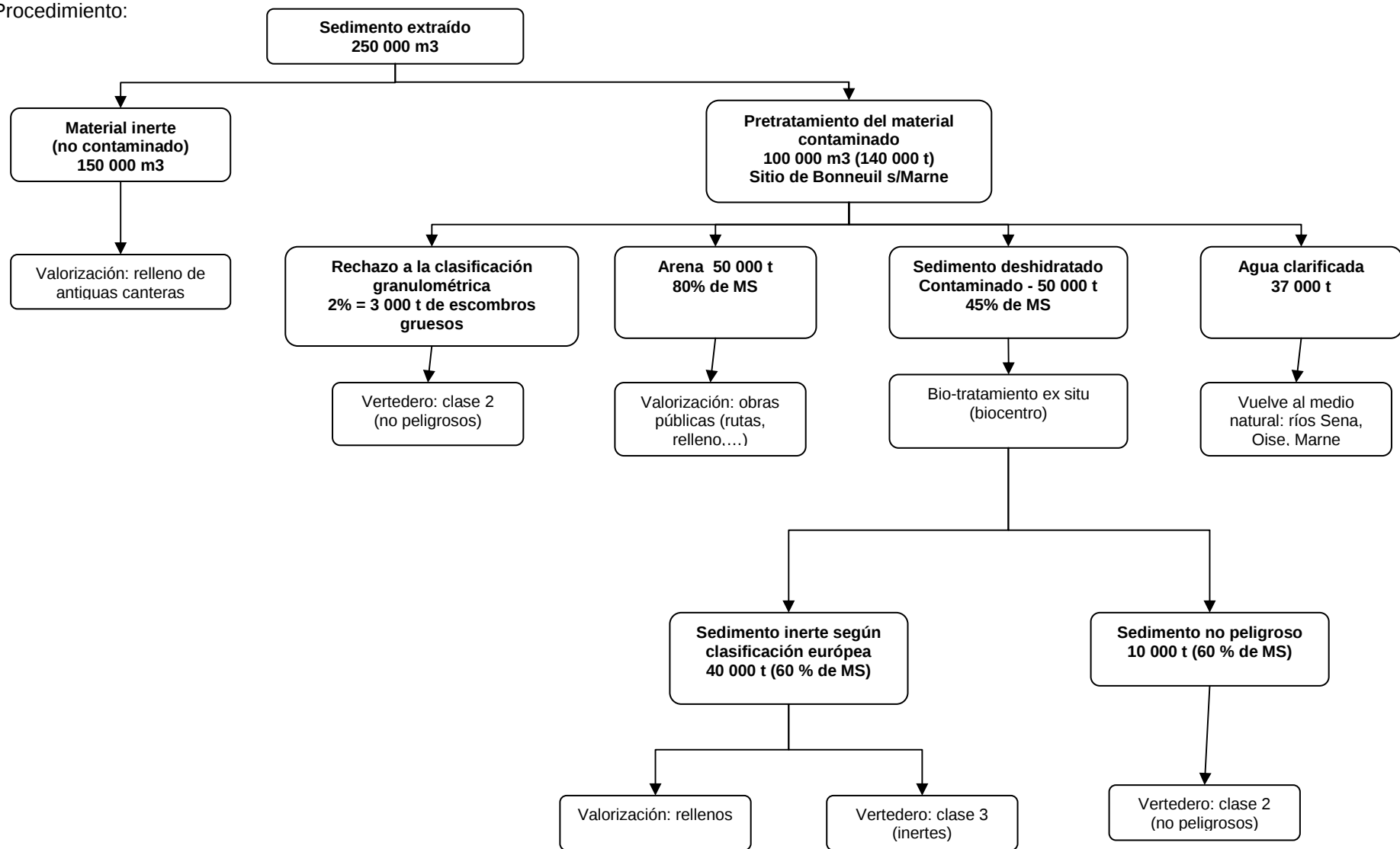
Presentación de Ports de París:

- puerto interior nº1 en Francia, y nº2 en Europa
- 500 km de vías navegables en la región de París
- 10 plataformas multimodales y 60 sitios portuarios urbanos
- gestión de 1 000 ha de espacios portuarios
- 22 millones de T de cargas transportadas por agua en 2011
- 7 millones de pasajeros transportados



Vías navegables de la región de París – sitios portuarios principales

Procedimiento:



CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO – BALANCE ECONÓMICO

4.1 RENDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRETRATAMIENTO

En el caso de dragado hidráulico, la unidad de pretratamiento (capítulo 1) acepta a su entrada un volumen a tratar de 300 a 1500 m³/h de mezcla agua y material dragado gracias al tanque tampón ubicado después de la unidad cribadora.

En el caso de un dragado mecánico, se tiene que mezclar el material con agua ya que cada etapa de la cadena de pretratamiento usa la propiedad líquida de la materia.

La conversión de este volumen procedente de la draga en volumen de material en sitio suele ser de 10 a 15%. Entonces la unidad puede tratar entre 30 y 225 m³/h de sedimento en sitio.

4.2 SÍNTESIS ECONÓMICA

El coste de pretratamiento depende de múltiples variables propias al material dragado. Principalmente son:

- densidad
- contenido en materia seca
- granulometría
- tipos y niveles de contaminación

Con más de 10 años de funcionamiento y optimización del sistema, se puede afirmar hoy que el proceso de pretratamiento tiene un coste variable de 25 a 60 € / m³ de material en sitio (IVA excl.).

En cuanto a valorizaciones, el material grueso extraído al etapa de cribado (como grava y arena) suele reutilizarse en el sector de la construcción. Pero su bajo valor financiero frente al coste de su transporte, llega en los mejores casos a un equilibrio.

Ahora en su globalidad, el coste de un proyecto de dragado ambiental típico se ubica entre 150 y 250 € / m³ de material en sitio, incluyendo:

- dragado (hidráulico o mecánico)
- pretratamiento del material extraído por la unidad móvil
- biotratamiento
- canales de valorización
- eliminación de residuos últimos

Algunos datos prácticos suplementarios sobre la unidad móvil de pretratamiento:

- Para su transporte, el sistema completo de capacidad de tratamiento de 400-700 m³ de sedimento en sitio por día cabe en unos 20 semirremolques.
- El tiempo de montaje es de 2 semanas con 10 obreros.
- La unidad funciona con 1 jefe de equipo, 3 operadores y 3 obreros.

Conclusión

La unidad de pretratamiento de nuestra empresa permite la reducción del volumen de material a tratar mediante clasificación y deshidratación llegando a un desecho caracterizado como "último" al día de hoy en la mayoría de los casos de contaminación. Sin embargo, el avance rápido de las tecnologías de tratamientos físico-químico e inertización, y por lo tanto sus optimizaciones económicas, llegará a completar nuestro proceso de forma sistemática en los años futuros.

Referencias

Documentos internos EMCC

Méthodes de gestion et de réutilisation des sédiments pollués (Inventaire détaillé des techniques de curage, de traitement et des usages possibles) – Agence de l'Eau – 2001

Clasificación de vertederos - Decisión del Consejo europeo nº 2003/33/CE del 19/12/2002