



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Marinas.

**“SISTEMA DE DRAGADO POR MEDIO DE TRAMPAS Y
TUBERÍAS PARA UN PUERTO”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N Ó L O G O
PRESENTA
C. RAÚL SILVESTRE MORALES**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“SISTEMA DE DRAGADO POR MEDIO DE TRAMPAS Y
TUBERÍAS PARA UN PUERTO”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N Ó L O G O
PRESENTA
C. RAÚL SILVESTRE MORALES**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, JUNIO DE 2006

RESUMEN

Este trabajo tiene como fin proporcionar una alternativa viable para sustituir el dragado con maquinaria pesada y mantener al puerto en las mejores condiciones para las operaciones que se realizan en el mismo, para ello se realizo un experimento en el canal de oleaje de la Facultad de Ciencias Marinas, el cual consistió en colocar un sistema de trampas y tuberías dentro del canal de olas, se generaron tres diferentes alturas de oleaje (bajo, moderado y alto), se agregaron 300 gramos de sedimento para cada uno de los tres diferentes casos. Al aumentar la altura del oleaje, las condiciones del canal cambiaron, de tal manera que los efectos ocasionados por esta turbulencia se aprecian en el porcentaje de captura de sedimentos. Para el primer caso se obtuvo un porcentaje de captura de 74.35, para el segundo caso obtuvimos un porcentaje de 70.77 y el tercer caso presento un porcentaje de 57.12. El porcentaje mínimo (57.12) aun justifica la aplicación futura de este sistema de trampas y tuberías, impactando directamente en los tiempos y costos de mantenimiento de cualquier canal de acceso o dársena.

**“SISTEMA DE DRAGADO POR MEDIO DE TRAMPAS Y
TUBERÍAS PARA UN PUERTO”**

**T E S I S
QUE PRESENTA:**

RAÚL SILVESTRE MORALES


Aprobada por:



**Presidente del jurado
Dr. Jorge Ledesma Vásquez**



**Sinodal Propietario
M.C. Rigoberto Guardado France**



**Sinodal Propietario
DR. Guillermo Eliezer Avila Serrano**

Dedicatorias.

A mis padres, Tere y Javier, por que fueron y serán mi gran fuente de inspiración durante toda mi vida. A ti mi madre, por ser mi espíritu, por tu amor, por tu entrega a la familia, por ayudarme a ser mejor persona con tus consejos, por guiarme y apoyarme en mis decisiones, por tu comprensión y por tus oraciones muchas gracias. A ti mi padre, por ser mi fortaleza, por que entregaste toda tu vida para que no nos faltara nada, por tus sacrificios, por tus desvelos, por que sin ti, sin tu apoyo, sin tu cariño, sin tus consejos no se logra nada. Por todo muchas gracias.

A mis hermanos Magui, Ceci, Pedro y Karen. Por la confianza que me dieron, por muchos momentos felices y tristes, por ser mis mejores amigos, por apoyarme y darme su cariño. A toda mi familia muchas gracias por ser y que sigamos siendo tan unidos.

A mis sobrinos Evelyn, Ángel, Javier y Elsi. Por darme gran felicidad con su llegada, por que son unas hermosas personas y por que con sus travesuras dan felicidad a toda la familia.

A mis cuñados Ángel e Iliana, por su confianza en mi, por amar y cuidar tanto a mis hermanos.

A mis amigos caninos que ya no están conmigo Thor, Cleo y Rocky. A las que siguen aquí Tete y Paloma, por ser mis compañeros, por ser tan fieles, por todo el amor que me dieron y me dan.

A ti Alethia, que con tu amor, me has dado mucha fortaleza para seguir adelante, me has ayudado de varias formas, me llenaste de muchas alegrías durante toda esta carrera, por que juntos hemos superado innumerables obstáculos, por que al estar conmigo todo es mas fácil.

Agradecimientos.

Al cuerpo académico de Geología Costera.

Al maestro Jorge Ledesma que me guió y me aconsejó durante todo el transcurso de esta tesis; al maestro Rigoberto Guardado que me apoyo en el transcurso de mi carrera y de mi tesis; al maestro Guillermo Avila por sus consejos que me ayudaron a mejorar este trabajo. A los tres maestros, gracias por compartir sus conocimientos.

A mis amigos de toda la vida Ramiro, Francisco, Rosendo, Cesar, Alfredo y Román. Al estar conmigo durante mi formación como persona, por apoyar mis decisiones y por compartir sus buenos momentos.

A mis amigos de carrera Emmanuel, Alfredo, Gabriel, Aarón, Salvador, Hiram, Federico, Marcela, Gloria y Alethia, a ustedes gracias por ayudarme a formarme profesionalmente, por su buena vibra, por sus críticas, por sus consejos, por muchos ratos de convivencia, que mejoraron e hicieron más fácil mi estancia en Ensenada.

A todos mis amigos, de la vida como de carrera, que hemos estado juntos durante muchos años, deseo que sigamos compartiendo alegrías y tristezas por varios años más.

A ti Alethia te agradezco tu ayuda para mejorar y corregir este trabajo, por estar conmigo y compartir maravillosos momentos durante toda la carrera.

“SISTEMA DE DRAGADO POR MEDIO DE TRAMPAS Y TUBERÍAS PARA UN PUERTO”

1. Introducción.

Un puerto se define como una zona marítima terrestre que esta protegida de procesos físicos y oceanográficos cuyo propósito es mantener un área de aguas tranquilas donde puedan arribar embarcaciones para que puedan realizar maniobras de carga y descarga de mercancías y productos, donde también se le permita el resguardo de las embarcaciones. Dicha área debe ser de fácil acceso, lo cual hace necesaria la construcción de un canal de aproximación amplio y recto. Adicionalmente es deseable contar con una zona amplia a la entrada para facilitar la maniobra de las embarcaciones. De manera que un puerto debe ser capaz de proporcionar seguridad en las operaciones como una cantidad de servicios combinados desde el arribo y desembarque hasta el zarpe del mismo (Enríquez, 2005).

Además de las facilidades de acceso y de la acción de las olas existen otros factores que juegan un papel importante en el diseño de puertos, como los costos de construcción, mantenimiento de rompeolas y de las operaciones de dragado que se requieren para mantener las profundidades de diseño. En algunos casos el aspecto económico es de tal naturaleza que domina sobre los requerimientos de navegabilidad (Villagran, 1992).

Sin embargo, los problemas que deben resolverse son similares, siendo el más importante la penetración de las olas en el puerto y en el caso de costas arenosas, la

sedimentación de arena tanto en el puerto como en el canal de aproximación, o la posible erosión de la costa (Villagran, 1992).

A medida que las demandas inherentes a la navegación crecen se hace necesario el dragado, lo cual puede representar un trabajo bastante intenso y costoso porque habrá sedimentación continuamente, tanto en el canal de acceso como en el puerto mismo. En los últimos años la demanda de productos se ha incrementado razón por la cual ha habido un aumento en el tamaño de las embarcaciones. El mantenimiento de un canal de acceso profundo requiere de un dragado continuo. En razón de lo anterior, existe actualmente la tendencia de construir los puertos cerca del mar profundo cuando se trata de ofrecer facilidades a naves de gran tamaño (Hernández, 1983)

Dragar es la acción de remover y extraer materiales en un medio acuoso, desde el fondo del mar, lagos, ríos y esteros principalmente. Con el dragado se logra dar profundidad en áreas como las dársenas y los canales, para facilitar la navegación de las embarcaciones, removiendo grandes volúmenes de material, resultando ser el procedimiento mas económico para mover tierra cuando existe un volumen de agua que hace posibles las operaciones; depositando el material a distancias grandes, tanto como lo permita la potencia del equipo que se esta empleando, como el tipo de material que se esta removiendo (Hernández, 1983)

2. Antecedentes.

2.1 Aplicaciones del dragado.

Se emplea en la ingeniería marítima, para sanear marismas y pantanos al rellenar grandes extensiones con el material que se obtiene al efectuar los dragados de las dársenas y canales de navegación. Las áreas rellenas se incorporarán después a las zonas portuarias para dar asiento a nuevas terminales marítimas (patios de carga, bodegas y casas para trabajadores del puerto), nuevas industrias y áreas para accesos ferroviarios o carreteros.

Con las dragas es posible extraer del fondo submarino los más variados materiales como son: fango, arcilla, limo, arena, grava, rocas coralinas y conchuelas; que en función de la compactación van desde su estado suelto, hasta los muy compactos, a veces con un alto contenido de material cementante que dificulta mas las tareas, por lo que la extracción de material podrá efectuarse económicamente siempre que para ello se disponga del tipo de draga adecuada y que ésta cuente con los elementos de ataque adecuados.

2.2 Las dragas y su clasificación.

Una draga es una embarcación con dispositivos especialmente acondicionados para extraer materiales y así profundizar las áreas de navegación en puertos y canales o bien para obtener materiales para la industria, la minería o la construcción.

Dragas Mecánicas: Fueron las primeras dragas que se usaron en la profundización de los puertos y actualmente siguen siendo insustituibles para trabajos muy específicos.

Su característica principal es que el desprendimiento del suelo lo hacen empleando cucharones, cangilones y rompedoras de rocas.

El dragado aún cuando se considera que puede ser tan profundo como se quiera, esta limitado por una condición que pudiera ser considerada la determinante siendo los requerimientos de las embarcaciones que vayan a arribar a ese puerto en particular, misma condición que determinará las características del equipo que deba ser empleado en la realización del trabajo.

Dragas de succión: Su característica primordial es la bomba centrífuga para extraer y transportar los materiales submarinos mezclados con el agua. Los materiales pueden desprenderse con medios diferentes, como el cortador rotatorio o las cabezas de succión. La bomba de succión, o mas propiamente bomba centrífuga de dragado, es aquella con la que se extrae el material; su potencia varia de 570 HP en las dragas mas pequeñas, a 10 000 HP en las de mayor diámetro (36 pulgadas) de succión.

La tubería de descarga es el medio a través del cual se transporta a los materiales desde el lugar de donde son extraídos hasta su lugar de depósito final.

Los volúmenes extraídos por los equipos de dragado dependen de factores físicos, tales como:

- La profundidad a que se realiza el trabajo.
- Las características físicas y mecánicas del material.
- La altura y la distancia a que se encuentra el lugar donde se depositarán los materiales.
- De las condiciones meteorológicas bajo las cuales se realicen los trabajos (ya sea en un área de aguas protegidas o abiertas).

2.3 Las diferentes clases de dragado.

1. Dragados de construcción, aquellos que se efectúan para formar las áreas de navegación de las embarcaciones, como lo son los canales de acceso a los puertos, las dársenas de ciaboga, de operaciones, los canales intracosteros a través de esteros, ríos y zonas lacustres.
2. Dragados de mantenimiento, los que tienen que realizarse periódica, permanente o eventualmente, para mantener la profundidad en las áreas de navegación. Estos trabajos se hacen con mas frecuencia en los puertos fluviomarítimos que se encuentran sujetos al aporte de sólidos y que se producen al no haber control en las avenidas de los ríos; y en los puertos marítimos donde el acarreo litoral influye en las profundidades de los accesos a los puertos.
3. Dragados de emergencia, son los que tienen que realizarse en los puertos fluviales por la falta de control de las avenidas de los ríos (Hernández, 1983).

Debido a que los puertos requieren de mantenimiento constante, siendo el dragado del canal de acceso y dársenas de los más importantes y costosos, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan el buen funcionamiento de los puertos, reduciendo esfuerzos y costos que actualmente hacen deficiente el desarrollo total de los puertos.

4. Hipótesis.

Al implementar este nuevo sistema de tuberías que sustituiría al dragado, se reducirán los costos de mantenimiento del canal de acceso del puerto y mantendrá durante un mayor lapso de tiempo un puerto en condiciones óptimas para su mejor funcionamiento.

3. Objetivos.

Determinar la eficiencia del sistema de trampas y tuberías de sedimentos en un modelo a escala para una futura aplicación en un puerto.

5. Zona de estudio.

Este proyecto, al ser una propuesta para mejorar los canales de acceso y dársenas de un puerto, puede aplicarse e incluir a todos aquellos puertos que cuenten con las instalaciones necesarias y requieran una mejora en los problemas de dragado.

6. Metodología.

6.1 Trampas.

Se construyó un sistema de trampas y tuberías (Imagen 1), diseñadas para el canal de olas (Imagen 2) que se encuentra en el laboratorio de física de la Facultad de Ciencias Marinas. Las trampas se fabricaron de fibra de vidrio con dimensiones a escala (fig. 1 y 2) para ser probadas en dicho canal.

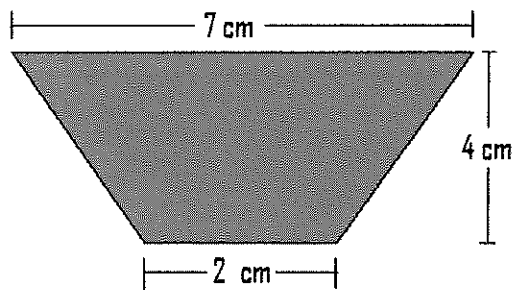


Fig. 1 Dimensiones por lado de trampas para sedimento.
Vista lateral.

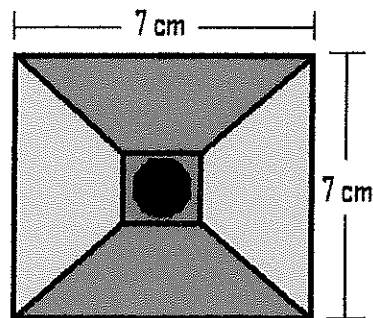


Fig. 2. Dimensiones de trampas de sedimentos.
Vista superior.

6.2 Tubería.

Las tuberías se fabricaron con material de PVC de ½ pulgada de diámetro por 37 cm. de largo (Imagen 1), se unieron a las trampas por medio de codos de la misma dimensión, se adaptó una bomba centrífuga submarina, la cual fue la encargada de producir la corriente que succionó los sedimentos, necesario para el buen funcionamiento del sistema.

6.3 Muestra de sedimento.

Se obtuvo una muestra de sedimento de duna, se tamizó y se tomaron solamente los tamaños de 3 a 4 Ø, esto con el fin de mantener un tipo de escala adecuado para el experimento.

6.4 Elaboración del experimento.

Una vez concluida la elaboración del sistema y obtenida la muestra de sedimento, se colocaron las trampas y tubería dentro del canal de olas, se encendió la bomba centrífuga y se añadió la muestra de sedimento. Se trabajó con tres tipos de oleaje dentro del canal, oleaje bajo de 0.4 cm de altura, moderado de 1.6 cm y alto de 2.6 cm de altura; para cada tipo de oleaje se vertieron 300 gr de sedimento y se tomó el tiempo en el cual la muestra fue vertida y capturada por las trampas de sedimento. La parte capturada se recuperó, se secó y posteriormente se pesó para encontrar el porcentaje de captura del sistema.

7. Resultados.

7.1 Instalación del sistema.

Con el fin de dar a conocer las condiciones del experimento, se muestran las imágenes de 1 a 4. Las cuales muestran el sistema de trampas y tuberías, el canal de oleaje y la instalación del sistema dentro del canal.

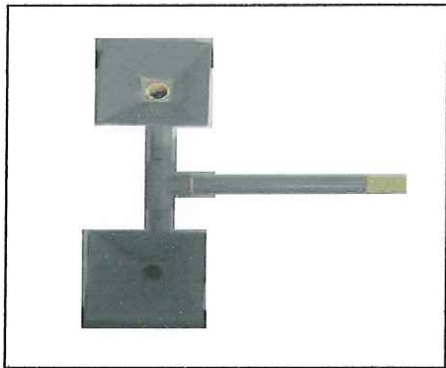


Imagen 1. Sistema de trampas y tuberías listo para instalarse.



Imagen 2. Canal de oleaje del laboratorio de física.

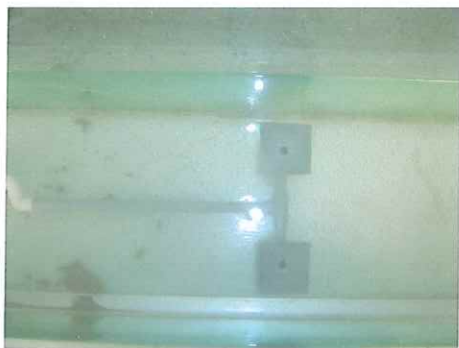


Imagen 3. Sistema instalado.
Vista superior.



Imagen 4. Sistema instalado.
Vista lateral.

7.2 Realización del experimento.

Al agregar la muestra de sedimento se observaron distintos comportamientos con los diferentes tipos de oleaje. En el primer caso (oleaje bajo), al agregar el sedimento se observó que se mantuvo compacto hasta llegar al fondo del canal, lo cual fue favorable para las trampas, ya que se pudo capturar el mayor porcentaje (74.35) de sedimentos (Imagen 5).

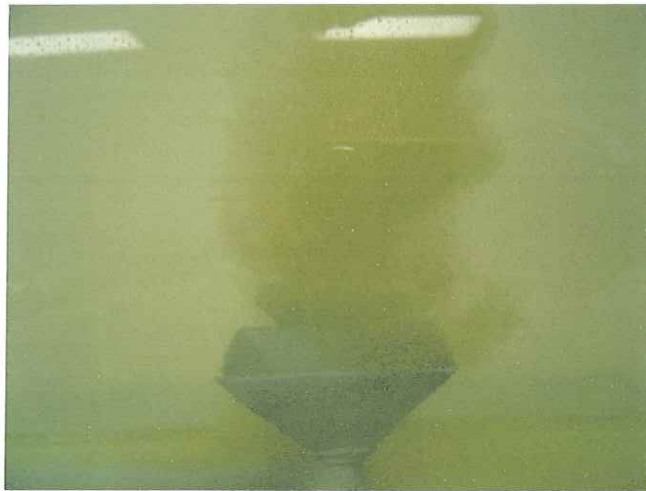


Imagen 5. Captura de sedimentos con oleaje bajo.

En el segundo caso (oleaje moderado), la influencia del oleaje se dejó notar pero no de gran manera, ya que la dispersión no fue en gran medida, capturando muy buen porcentaje (70.77) de sedimentos (Imagen 6).

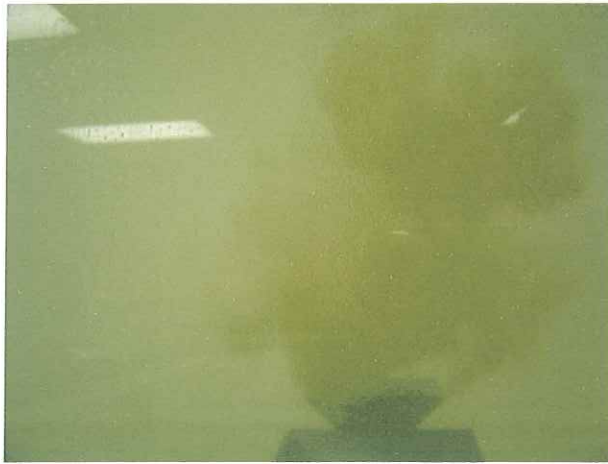


Imagen 6. Captura de sedimentos con oleaje moderado.

Por ultimo, el tercer caso (oleaje alto), donde la acción de las olas modifico las condiciones del canal y el porcentaje de la captura de sedimento (57.12) disminuyó considerablemente en comparación a las dos condiciones pasadas (Imagen 7).

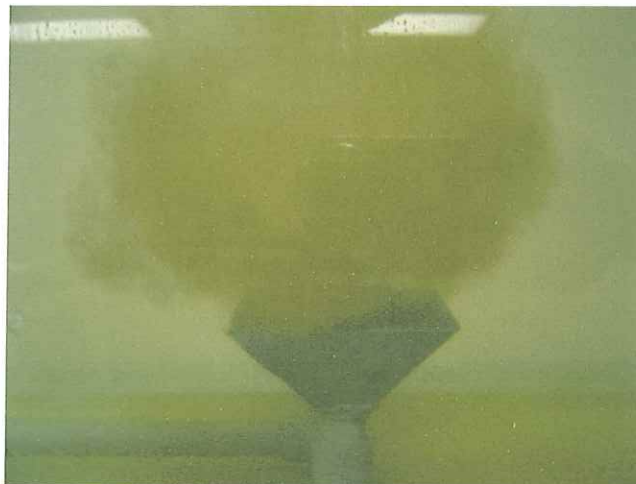


Imagen 7. Captura de sedimentos con oleaje alto.

7.3 Obtención de datos.

Los datos obtenidos, reflejan las condiciones en que se trabajó en el canal de oleaje, como lo muestra la tabla I, la recuperación de sedimentos se ve afectada por la acción del oleaje, al ir modificando la altura del oleaje las condiciones dentro del canal cambian, de tal manera que al pasar de un oleaje bajo a moderado y posteriormente oleaje alto, se genera mayor turbulencia dentro del canal y el sedimento es mayormente dispersado, lo cual dificulta cada vez mas la captura de sedimentos por el sistema de trampas.

Tabla I. Resultados obtenidos para los diferentes tipos de oleaje.

Muestra	Oleaje	Altura de oleaje (cm.)	Cantidad vertida (grs.)	Cantidad recuperada (grs.)	Tiempo de recuperación (seg.)
1	Bajo	0.4	300	223.05	4
2	Moderado	1.6	300	212.31	6
3	Alto	2.6	300	171.38	7

Una vez obtenida la muestra, secarla y pesarla, se pudo conocer el porcentaje de captura para los tres diferentes tipos de oleaje (Tabla II) a los que fue sometido el sistema de trampas y tuberías dentro del canal de olas.

Tabla II. Porcentaje de captura para los tres casos en los que fue sometido el sistema de trampas y tuberías.

Muestra	Porcentaje de captura
1	74.35
2	70.77
3	57.12

Para poder obtener mejores resultados, el experimento debe de realizarse en una cuba de oleaje que permita tener mayor dimensión en el ancho, ya que los datos que se obtendrían serian mas confiables, y si es posible realizarlo con un modelo a escala de un puerto en especifico para el que se quisiera emplear el sistema de trampas y tuberías. Esto nos daría como resultado un sistema mejor diseñado y más eficiente para mantener en óptimas condiciones el canal de acceso de un puerto.

9. Conclusiones.

Este sistema propuesto es potencialmente aplicable para dragados preventivos y es una alternativa potencialmente económica.

El sistema es potencialmente eficiente bajo diferentes condiciones de oleaje.

La eficiencia disminuye en relación directa al aumento en el oleaje.

10. Referencias.

González Enríquez. E. (2005). *Propuesta de modificación de las obras exteriores y áreas de agua del puerto del Sauzal de Rodríguez, B.C. para recibir embarcaciones de altura*. Tesis de Licenciatura. F.C.M. – UABC 63pp

González Villagran. A. (1992). *Reevaluación de los estudios utilizados para el diseño del puerto de Ensenada B.C.* Tesis de Licenciatura. F.C.M. – UABC 126pp

Hernández de Labra F. (1983). *Puertos*. UNAM. México D.F. 551pp