

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DRAGADO DEL PUERTO SALAVERRY Y BOMBEO
DEL MATERIAL DRAGADO A LA ZONA DE
EROSIÓN”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

LUZ MARÍA CHILENO MORÁN

Lima- Perú

2011

A mis padres con mucho cariño

A la UNI mi Alma Mater

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	7
1.1 ANTECEDENTES	7
1.1.1 Mediadas adoptadas anteriormente	9
1.1.2 Características e infraestructura	11
1.2 JUSTIFICACIÓN	14
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.4 OBJETIVOS	15
1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	16
CAPÍTULO II GENERALIDADES	17
2.1 DEFINICIÓN	17
2.2 CLASIFICACIÓN DE DRAGADO	17
2.3 TIPOS DE DRAGA	18
2.4 CRITERIOS DE ESTUDIO	30
2.4.1 Levantamientos Batimétricos	31
2.4.2 Datos Hidrodinámicos	33
2.4.3 Investigaciones geológicas y geotécnicas	35
2.4.4 Transporte de sedimentos	45
2.4.2 Datos meteorológicos	47
2.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO	48
CAPÍTULO III ANALISIS DE LA ALTERNATIVA	49
3.1 ANÁLISIS	49
3.2 DATOS GENERALES DE PROYECTO	51
3.2.1 Nombre del Proyecto	51
3.2.2 Ubicación	51

3.3 DESCRIPCIÓN	51
3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	52
3.4.1 Materiales a dragar	52
3.4.2 Volúmenes a dragar	52
3.4.3 Profundidades	53
3.4.4 Selección de la draga	53
3.4.5 Procedimiento de dragado	56
3.4.6 Ciclos de dragado	57
3.4.7 Zonas a dragar	59
3.4.8 Obstáculos submarino	60
3.4.9 Monitoreo de datos de la calidad de agua	60
3.4.10 Monitoreo para detectar sedimentación	60
3.4.11 Control de sedimentos e impactos ambientales	60
3.5 COSTOS	61
3.5.1 Consideraciones generales	61
3.5.2 Precio unitario	62
3.5.3 Cálculo del costo por metro cúbico de dragado	62
3.5.4 Presupuesto de obra	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	73

RESUMEN

Luego de la construcción del Puerto de Salaverry se dio inicio al desequilibrio dinámico de la costa produciendo un arenamiento en la zona sur del puerto y erosión de la zona norte. El puerto de Salaverry no posee abrigo natural, por lo cual también se produce el arenamiento al interior del puerto.

El dragado es la excavación en el medio acuático utilizando un equipo especializado denominado draga.

El dragado se puede clasificar en dragado de construcción y dragado de mantenimiento. Los equipos de dragado se pueden clasificar de acuerdo a cual es el principio básico que utilizan para ejecutar la excavación de los materiales, las dragas se clasifican en dragas mecánicas, dragas hidráulicas, dragas hidráulica mecánicas y dragas neumáticas.

Los criterios a tomar en cuenta para las obras de dragado comprenden las siguientes áreas de estudio: levantamientos batimétricos, datos hidrodinámicos, investigaciones geológicas y geotécnicas, transporte de sedimentos, datos meteorológicos y limitaciones ambientales.

La elección del equipo de dragado, más adecuado para un determinado trabajo, se realiza teniendo en cuenta una serie de aspectos siendo los principales: las características del suelo, la profundidad de dragado, las condiciones hidrográficas, aspectos logísticos y las condiciones ambientales.

El puerto de Salaverry, beneficia a todos dentro de su área de influencia, por ello el dragado del puerto Salaverry tiene como principal objetivo mantener operativo al puerto. El bombeo del material dragado a la zona de erosión es una alternativa para mitigar el problema que se presenta en la costa norte.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01 Características del Puerto de Salaverry	11
Cuadro N° 1.02 Volúmenes dragados con equipo de ENAPU en Puerto de Salaverry, período 1990-2007 (Volumen en m3)	16
Cuadro N° 2.01 Ubicación de los chorros de agua en el cabeza	28
Cuadro N° 2.02 Máxima altura de olas para dragados	34
Cuadro N° 2.03 Bases generales para la identificación de suelos para efecto de dragado (PIANC)	39
Cuadro N° 2.04 Pruebas in situ y en laboratorio con aplicación de dragado	40
Cuadro N° 2.05 Exploración y muestreo	41
Cuadro N° 2.06 Propiedades determinadas en laboratorio con fines Dragado	42
Cuadro N° 3.01 Ciclo normal de dragado	58
Cuadro N° 3.02 Presupuesto estimado	68

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01 Puerto Salaverry	8
Figura N° 1.02 Arenamiento en la zona sur del Puerto Salaverry	8
Figura N° 1.03 Draga Marinero Rivas	10
Figura N° 1.04 Draga Grumete Arciniega	11
Figura N° 2.01 Draga de pala (Dipper Dredger)	19
Figura N° 2.02 Draga de Rosario o de Cangilones (Bucket Dredger)	19
Figura N° 2.03 Draga de Jaiba o Cucharón de Almeja (Grab Dredger)	20
Figura N° 2.04 Draga de Arrastre y Succión con cántara (Training suction Hopper dredger)	21
Figura N° 2.05 Draga de succión con cortador	23
Figura N° 2.06 Esquema de de parte del tubo de aspiración	24
Figura N° 2.07 Cabezales tipo IHC y California	27
Figura N° 2.09 Compensador de oleaje	29
Figura N° 2.10 Rebalse	30
Figura N° 3.01 Erosión en la zona norte del puerto, playa Las Delicias	49
Figura N° 3.02 Ubicación del Proyecto	52
Figura N° 3.03 Portulano Del Puerto Salaverry	53

Figura N°3.04 Esquema de una draga de arrastre y succión en marcha	55
Figura N°3.05 Manzanillo II, draga de arrastre y succión en marcha con 4,000m ³ de cántara	56
Figura N°3.06 Zona a dragar	59

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AIPCN	: Asociación Mundial de Infraestructuras del Transporte Acuático
APN	: Autoridad Portuaria Nacional
DMT	: Modelo Digital de Terreno
DGPS	: Sistema de Posicionamiento Global Diferencial
ENAPU S.A.	: Empresa Nacional de Puertos del Perú S.A.
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
m	: Metros
m ³	: Metros cúbicos
gal	: Galón
IMA	: Inversión media anual
HP	: Caballos fuerza
MLWS	: Nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias
KHz	: Kilohercio
Km	: Kilómetros
TAMEX	: Tasa de moneda extranjera
Ton	: Toneladas
T.M.	: Terminal marítimo
US\$, \$: Dólares americanos
Va	: Valor de adquisición
Vr	: Valor de rescate

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia tiene como principal objetivo presentar los aspectos concernientes al dragado como alternativa de solución al problema de arenamiento del puerto Salaverry, pretendiendo que sirva como referencia de estudios a los interesados en la planificación de este tipo de proyectos y de la misma manera introducirlos al estudio y planificación de obras portuarias.

También se propone como alternativa para mitigar el problema de erosión causado por la construcción del puerto, el bombeo del material dragado a la zona de erosión.

En el Capítulo 1 se desarrolla el marco teórico del informe. Este desarrollo incluye temas como antecedentes, justificación, planteamiento del problema, objetivos y las alternativas de solución.

En el Capítulo 2 se desarrollan los aspectos generales del dragado, como definición, clasificación, tipos, los criterios de estudio y selección del equipo de dragado.

En el Capítulo 3 se desarrolla el análisis de la alternativa "Dragado y bombeo del material dragado a la zona de erosión".

Finalmente en la sección de conclusiones y recomendaciones se resalta la importancia de los trabajos de dragados para mantener operativo al puerto.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

El puerto de Salaverry (La Libertad) se encuentra en una zona estratégica del Norte, en él se embarcan los productos minerales, agrícolas, etc. de los departamentos ubicados en su área de influencia.

El T.M. de Salaverry es un puerto de atraque directo de naves, posee dos muelles construidos en los años 1956 a 1964.

El puerto está ubicado en una zona de costa abierta, libre de protección natural, está protegido de la acción de las olas sur y suroeste por un rompeolas situado al lado sur (Figura N°1.01).

La construcción del rompeolas principal del puerto de Salaverry fue iniciada en 1956. Desde entonces la playa Sur del puerto entró en un proceso de crecimiento debido a que el rompeolas obstruyó el transporte de arena longitudinal a la costa; y la playa Norte empezó a erosionar debido a la capacidad de transporte presente y a la falta de suministro de arena, bloqueada por el rompeolas.

En 1973 se construyó un espigón de 130 m de longitud en el cabezo del rompeolas principal, para retener el transporte de arena que ya causaba problemas de sedimentación en el interior del puerto.

En 1982 se construyó el molo retenedor con los primeros 535 m de longitud, en el lado Sur del rompeolas principal.

En 1987 se construyó la primera prolongación de dicho molo con 300 m de longitud. Con la primera prolongación del molo retenedor, el arenamiento de la playa Sur llegó aproximadamente hasta la progresiva 0+400 del molo, la segunda prolongación del molo retenedor de arena se ejecutó el año 2004, con una longitud de 200 m, siendo su longitud actual de 1,035.00 m (Figura 1.02).

Del lado norte se construyeron tres espigones para contener el proceso de erosión que se originó durante la construcción del puerto, y no permitir la entrada de las corrientes desde el norte.

Figura N° 1.01 Puerto Salaverry



Fuente: Google Earth

Figura N° 1.02 Arenamiento en la zona sur del puerto Salaverry



Fuente: Google Earth

El puerto de Salaverry tiene un problema de acumulación de arena que obliga a realizar un dragado permanente, así como prolongar periódicamente el molo retenedor de arena existente en el puerto para contener la arena que discurre de sur a norte en el litoral.

1.1.1 Medidas adoptadas anteriormente

Según datos de ENAPU, ya en el año 1970 mediante un control batimétrico mensual se estableció que ingresaban 1,000 a 1,500 m³ sedimentos diarios, se efectuó por entonces un dragado de emergencia con la draga "Oficial de Mar Landa", lo que permitió que el puerto continuara funcionando pero no se restableció sus condiciones óptimas. Para ello se dragaron 69,000 m³ de un pequeño canal de emergencia que se habilitó a 28 pies de profundidad.

Un segundo dragado de emergencia se efectuó en 1971 un dragado de 100,000 m³ con la draga Oficial de Mar Landa por el sistema de arrastre, tratándose de mantener limpio el canal de emergencia abierto en la primera oportunidad.

El equipo de propiedad de ENAPU no era capaz de habilitar totalmente el canal de ingreso, la zona de maniobras y amarraderos, por ello en 1972 se efectúa un dragado integral de 2'500,000 m³ con el concurso de la draga Volvox-Holandia de 6,000 m³ de capacidad de cántara, alquilada a la empresa Dradging VO2, la cual estableció una profundidad de 36 pies en el canal de ingreso y 33 pies en el resto del área.

En los dragados de emergencia y el dragado integral, la zona de descarga del material estaba siempre ubicada a más de dos millas al norte del cabezo del rompeolas.

De las experiencias anteriores se tomó la decisión de adquirir una draga de succión y arrastre con tolva de 1,600m³ de capacidad denominada Marinero Rivas, que llegó dos años más tarde en 1975, lo cual impidió que se realizaran los dragados de mantenimiento posterior al dragado integral por falta de equipo apropiado, por lo que se procedió a la construcción de un espigón de 300 m de largo, perpendicular al rompeolas en la zona del cabezo. La draga Marinero Rivas podría haber resuelto el problema del dragado de mantenimiento del puerto, pero debido a las complicaciones en sus sistemas de compuertas de fondo y demoras en sus servicios de mantenimiento anual así como problemas laborales relacionados con los turnos de trabajo, trabajando sólo 16 horas de las

24 para la cual estaba capacitado. A todas estas complicaciones se suma que solo se logra extraer el 15% de material en la mezcla de agua debido a la fineza de la arena que tiene un diámetro promedio de 120 micras, lo que origina que sea casi imposible su decantación en las cántaras. Esta situación se agrava más con el hecho que se programó la adquisición de la draga Marinero Rivas, a fin de que cubriera el dragado de mantenimiento anual de 5 ó 6 puertos de primera importancia, lo que lo que no se realiza por el hecho del escaso tiempo de operación efectiva que posee en el año, le dedica casi totalmente el tiempo al puerto de Salaverry, sin cubrir completamente sus necesidades ^[1].

Actualmente el dragado en la costa peruana se realiza principalmente con las dragas "MARINERO RIVAS" (Figura 1.03) y "GRUMETE ARCINIEGAS" (Figura 1.04) de propiedad de ENAPU S.A., sus características que se indican en el Anexo 1 y 2 respectivamente.

Figura N° 1.03 Draga Marinero Rivas



Fuente: Archivos de clases Planificación y Obra Portuarias 2010/Dragas

Figura N° 1.04 Draga Grumete Arciniega



Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Características e Infraestructura

El puerto de Salaverry cuenta con las siguientes características:

Cuadro N° 1.01 Características del puerto de Salaverry

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	DESCRIPCION
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO :LA LIBERTAD PROVINCIA :TRUJILLO DISTRITO :SALAVERRY
SITUACIÓN	Longitud: 78° 59' O, Latitud: 08° 13'S
ADMINISTRACION	ENAPU S.A.
CATEGORÍA	PÚBLICO

Fuente: <http://www.proinversion.gob.pe/0/0/modulos/JER/PlantillaFichaHijo.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=1750>

Continua Cuadro 1.01 Características del Puerto de Salaverry

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN					
CONDICIONES NATURALES	AMPLITUD MAREA (sicigias):		1.00 m			
	OLEAJE:		Altura Promedio: 1.24 m			
	VIENTO PREVALECIENTE:		Máximo = S 6.1 Nudos (Nov.); Minino = S 4.2 Nudos(Marzo)			
	VELOCIDAD CORRIENTE:		0.5 nudos			
	PROFUNDIDAD:		33 pies			
	CANAL DE ACCESO:		Longitud = 150 m ; Ancho = 250 m			
	PRECIPITACIÓN:		Máximo = 0.9 mm (Marzo); Mínimo = 0.0 mm (Junio, Octubre)			
	VISIBILIDAD:					
SUELO MARINO:		Arena-Fango				
INSTALACIONES MARÍTIMAS	MUELLE 1			MUELLE 2		
	LONG. :225m; ANCHO: 25.00 m			LONG. :230 m; ANCHO:30,00m		
	AMARRADEROS :			AMARRADEROS :		
	1A	Long.:225 m	Prof. 32 pies	2A	Long.:230m	Prof.30 pies
	1B	Long.:225 m	Prof. 32 pies	2B	Long.:230m	Prof.30 pies
	TUBERIAS SUBMARINAS:			(No Dispone)		
	OBRAS DE ABRIGO:			Rompeolas(Sur= 300 m; Norte = 3 m c/u; molo retenedor=1,035 m)		
	BOYAS:			Demarcatorias Canal de Acceso, Zona de Maniobras		
AYUDAS NAVEGACION:			Faros de Posición en Muelles, Boya de Recalada			
INSTALACIONES TERRESTRES	ALMACENES TECHADO:			Almacén No1 = 2,315 m2		
	PATIO CONTENEDORES:			Zona No.5 = 6,000 m2; Zona No.6= 19,782 m2		
	ZONAS Y/O ANEXOS:			Zona No.1 = 2,244 m2; Zona No.2 = 731 m2; Zona No.3 = 10,120 m2; Zona No.4 = 188m2; Zona No.5 = 6,000m2		
	SILOS:			Capacidad (Azúcar) = 60,000 TM- Superficie = 7,200 m2		
	AREA ADMINISTRATIVA:			Superficie = 1,126 m2		
	AREA OPERATIVA:			Superficie = 3,158 m2		
	AYUDAS NAVEGACION:			Señales de Enfilamiento		
EQUIPAMIENTO	GRUAS DE MUELLE:			(No Dispone)		
	GRUAS DE PATIO:			15 Tn (1)		
	EQUIPO TRANSPORTE CARGA:			Portacontenedor de 40 tns (1), Bobineras (6), Elev. Horquillas (9), Prensa (1), Carg. Frontal (2), Tractores(2)		
	VAGONETAS:			de 10,15 y 25 tn (32)		
	BALANZAS CAMIONERAS:			de 100 tn (2)		
	REMOLCADORES/LANCHAS:			Remolcador(1), Lanchas(3)		
	FAJAS TRANSPORTADORAS:			Fija para Embarque Azúcar(1)		

Fuente: <http://www.proinversion.gob.pe/0/0/modulos/JER/PlantillaFichaHijo.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=1750>

La infraestructura marítima esta conformada básicamente de:

Muelle N°1

Para atraque directo de naves, con dos amarraderos. Con dimensiones de 225 m de largo por 25 m de ancho, es utilizado para carga general y a granel. Concentrados de mineral también pueden ser embarcados en este muelle por medio de un ship loader de tierra. Los granos son descargados usando grúas de la nave. El muelle 1-A permanece fuera de servicio desde febrero del 2009. Atiende azúcar a granel a través de una faja transportadora de 300 Ton/hr, además de carga general.

Muelle N°2

Para atraque directo de naves, con dos amarraderos. Con dimensiones de 225m de largo por 30m de ancho. Este muelle está equipado con dos (02) torres, para el embarque de azúcar a granel, a través de fajas transportadoras, desde un almacén con una capacidad de 60,000 ton ubicado al sur del muelle. Cada faja está diseñada para el trimado automático con una capacidad de 150 a 200 ton/hora.

Molo retenedor

Se tiene una longitud de 1,035.00 m, que se ha ido avanzando en tres etapas, consta de un núcleo formado por residuos de cantera, una capa de roca intermedia sobre el núcleo y un revestimiento de rocas grandes (coraza del cuerpo) con taludes 1:1.5.

El cabezo del molo tiene un talud lateral de 1:2, con tres capas de revestimiento (coraza del cabezo), de mayores dimensiones que las del cuerpo del molo.

La sección típica del cuerpo del molo es trapezoidal con 9.04 m la coronación, a 4.30 m sobre el MLWS, con base variable de acuerdo a la profundidad de agua.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Cualquier obra portuaria en lugares sin abrigo natural genera un desequilibrio en el transporte de sedimentos.

La solución a los problemas que afectan al puerto no sólo afectan la infraestructura portuaria sino también están produciendo implicancias en la zona del litoral norte de la instalación portuaria, erosionando y afectando la estabilidad de las playas que se encuentra en dicho sector.

Por ello los trabajos de dragado para retirar los materiales que se depositan y trasladarlos a la zona erosionada permitirán mantener operativo al puerto y mitigar la erosión existente en la costa norte del puerto Salaverry.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Salaverry es un puerto artificial del tipo "puerto muelle", constantemente expuesto a la presencia de oleajes. Al año, se sedimenta aproximadamente 1'000,000 de metros cúbicos de arena por lo que el dragado se realiza permanentemente

La construcción del puerto de Salaverry ha roto el equilibrio natural del transporte de sedimentos en la costa porque constituyen la causa permanente del proceso de erosión.

El estudio de sedimentación de Salaverry (Pro Inversión – APN, 2008) define la erosión costera como un problema que se originó cuando se trató de dar solución a la SEDIMENTACIÓN producida en el puerto de Salaverry ^[2]. Las acciones que propiciaron la erosión son las siguientes:

- La construcción del rompeolas, para brindar las condiciones operativas del Puerto lo cual origina una sedimentación aproximada de 1'000 m³ en el lado sur y una erosión el lado norte del puerto.
- La construcción de 3 espigones en lado norte, para detener la erosión que involucra el recinto portuario.

En consecuencia la costa norte de Salaverry sufre un proceso de erosión que ha afectado a las playas de las Delicias y Buenos Aires, produciendo un retroceso

de costero, así como también la pérdida de viviendas, malecones, carreteras, etc.

Sin los aporte de sedimentos la playa tiene un retroceso costero promedio de 224 m, en una extensión de 18 km los últimos 30 años ^[3].

El 6 de octubre de 2010 se mediante Acuerdo Regional N° 087-2010-GR-LL/CR se tomaron los siguientes principales acuerdos ^[4]:

- Declarar en emergencia el litoral costero de la provincia de Trujillo a causa de la erosión marina.
- Exigir al gobierno nacional, para que a través de sus organismos o empresas públicas como INDECI, ENAPU y la Marina de Guerra del Perú, intervengan en la realización del estudio Integral, para la solución definitiva de la erosión costera en la provincia de Trujillo, así como asuma el compromiso del gasto económico que ocasione dicho estudio.

Sin embargo, a pesar de las prolongaciones realizadas no se ha evitado el arenamiento del canal de navegación del puerto, peor aún, aparentemente las grandes corrientes erosivas que causa, provocan incremento de la sedimentación en el área portuaria, ver Anexo N° 03.

En el período de 1990 al 2007 ENAPU ha dragado 16'592,058 m³ de sedimentos en el puerto de Salaverry (Cuadro 1.02).

1.4 OBJETIVOS

El objetivo principal del presente informe consiste en resolver el problema de arenamiento en el puerto de Salaverry, mediante la realización de dragados que permitan mantener las profundidades operativas del puerto. Los objetivos específicos a plantearse son:

- Determinar cómo restablecer el régimen natural del transporte de sedimentos en la costa.
- Proponer alternativas para la protección de las playas al norte del puerto.

Cuadro N° 1.02 Volúmenes dragados con equipo de ENAPU en puerto de Salaverry, periodo 1990-2007 (Volumen en m3).

AÑO	B/D MARINERO RIVAS	D GRUMETE ARCINIEGAS	B/D MAR LANDA
1990			
1991	472,854		
1992			25,590
1993	535,684		70,594
1994	625,997		
1995	737,923		
1996	964,370		
1997	766,834		
1998	974,969	100,471	
1999	1'126,100	196,168	
2000	1'630,999	49,316	
2001	1,761,988		
2002		136,667	
2003	1'322,174	158,397	
2004	1'330,378	173,661	
2005	468,898		
2006	1'220,264		
2007	1'586,941	154,821	
TOTAL	15'526,373	969,501	96,184
TOTAL GENERAL (m3): 16'592,058			

Fuente: Registro de ENAPU S.A.

1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la solución al problema de arenamiento en el puerto de Salaverry se pueden plantear las siguientes alternativas:

- El mantenimiento de las profundidades operativas del puerto comprendidas dentro de las áreas de operación del puerto.
- El restablecimiento del régimen natural del transporte de sedimentos, causados por las rompientes de las olas, y que fue alterado a partir de la construcción del rompeolas.
- La protección de las playas al norte del puerto donde se produce un proceso de erosión. La línea de la costa está retrocediendo por la falta de aporte de la arena del sur, que esta siendo retenida por el molo.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 DEFINICIÓN

El dragado es la excavación en el medio acuático utilizando un equipo especializado denominado draga; comprende la remoción, transporte y vertido del material extraído.

Las aplicaciones de los dragados son los siguientes:

- Mejoramiento de acceso y vías navegables.
- Construcción de puertos.
- Mantenimiento de puertos.
- Mejoramiento de las redes de drenaje.
- Relleno de áreas.
- Restauración de playas.
- Construcción de islas artificiales.
- Obtención de materiales de construcción.
- Mantenimiento de represas.
- Minería.

2.2 CLASIFICACIÓN DEL DRAGADO

Dependiendo de las profundidades requeridas para la operación de los puertos, el dragado se puede clasificar de la siguiente manera:

- Dragado de construcción

- Dragado de mantenimiento

El dragado de construcción, se realiza cuando se ejecutan las obras del proyecto de un nuevo puerto o para aumentar la profundidad en los puertos en los que se necesita atender el ingreso de naves de mayor calado.

Dragado de mantenimiento, se realiza para devolver la profundidad perdida por sedimentación en las áreas de operación del puerto.

2.3 TIPOS DE DRAGAS

Los equipos de dragado se pueden clasificar, de acuerdo a cual es el principio básico que utilizan para ejecutar la excavación de los materiales, en:

- Dragas mecánicas
- Dragas hidráulicas
- Dragas hidráulica mecánicas
- Dragas neumáticas

Dragas Mecánicas:

Las dragas mecánicas utilizan la acción mecánica directa sobre el fondo para penetrar en el suelo y extraerlo, el material se saca con poca perturbación y mínima dilución. Generalmente son no propulsadas y de trabajo estacionario.

Entre los tipos de draga mecánica tenemos:

- **Draga de Pala**

Este tipo de draga puede describirse principalmente como una pala mecánica o retro excavadora montada sobre una embarcación. Su principal ventaja reside en la fuerza que puede ejercer con la pala para remover el material a excavar.

Figura N° 2.01 Draga de pala (Dipper Dredger)



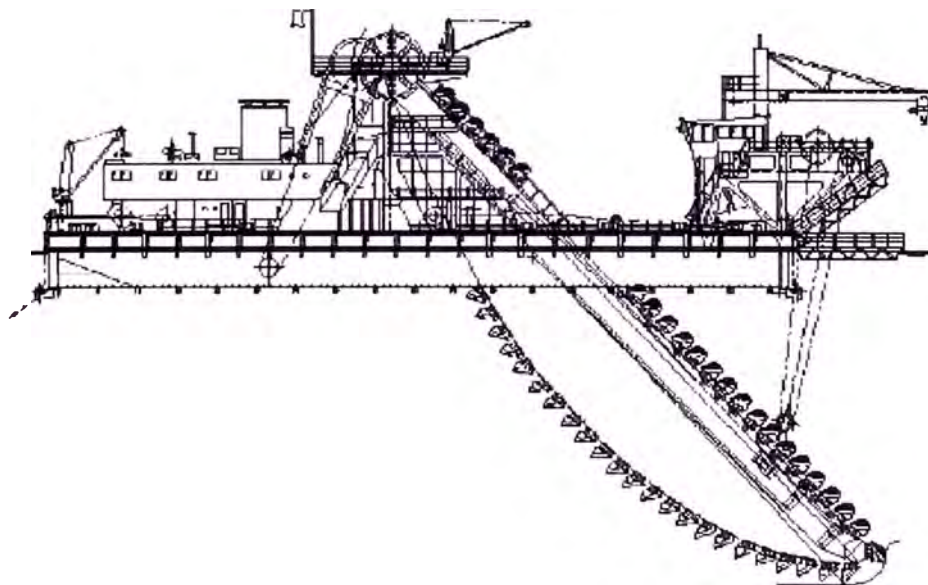
Fuente: <http://www.dredgebrokers.com/>

- **Draga de Rosario o de Cangilones (Bucket Dredger)**

Consiste en una cadena sin fin de cucharas que se mueven desde el punto de excavación hasta un punto por encima de la superficie del agua. Cada cuchara o cangilón excava su propia carga, la lleva hasta la superficie y la descarga al rotar bruscamente en el punto más alto de su recorrido. Tiene ciclo continuo de trabajo y se utiliza intensamente en la explotación de arena y grava, así como en la minería.

Es necesaria la utilización de equipo auxiliar para el transporte y descarga del material extraído.

Figura N° 2.02 Draga de Rosario o de Cangilones (Bucket Dredger)



Fuente: <http://www.intersed.unican.es/>

- **Draga de Jaiba o Cucharón de Almeja (Grab Dredger)**

Esta draga consiste esencialmente en una grúa de doble línea montada en una barcaza y equipada con un cucharón; esta draga es especialmente utilizada en la excavación de materiales suaves. No es adecuada para suelos muy blandos pues al izar probablemente el material sea lavado. Existen diversos tipos de jaibas, de acuerdo a las características del material a ser extraído: jaiba común o de 2 quijadas, jaiba tipo araña o de múltiples quijadas y jaiba tipo cascara de naranja.

Figura N° 2.03 Draga de Jaiba o Cucharón de Almeja (Grab Dredger)



Fuente: <http://www.dredgebrokers.com/>

Dragas Hidráulicas:

Este tipo de dragas utiliza bombas centrífugas cuya tubería de alimentación se lleva al fondo para producir la succión de agua que erosiona el material del fondo creando una mezcla, que es extraída hacia la bomba. El material sale muy perturbado y diluido. Pueden ser estacionarias o autopropulsadas con cántara.

Entre los tipos de draga hidráulicas tenemos:

- **Draga de Arrastre y Succión con cántara (Training suction hopper dreger)**

Esta draga tiene una bomba hidráulica de succión; es autopropulsada tiene una tubería de arrastre que llega al fondo en la zona de excavación de donde toma el material, los succiona y los deposita en su propia bodega para llevarlos a la zona de descarga.

Es ideal para el dragado de mantenimiento en zonas de alto tránsito de naves.

Las dragas de arrastre y succión pueden descargar el material de la cántara de varias formas. Entre ellas pueden mencionarse:

Compuertas de fondo.

Conexión a tierra mediante tuberías

Chorro de proa

Dragas de casco partido

Compuertas de pre descarga

Figura N° 2.04 Draga de Arrastre y Succión con cántara (Training suction Hopper dreger)



Fuente: <http://www.dredgebrokers.com/>

- **Draga de Succión**

Esta draga está constituida por una bomba hidráulica, una tubería de succión y un cabezal de succión, que llega hasta la zona de excavación; el transporte y vertido de del material puede ser a través de una tubería de descarga (estacionaria) o en su bodega (autopropulsada). Apta para materiales de baja compacidad y poca adherencia.

- **Draga Estacionaria con cortador**

Esta draga es constituida por una bomba hidráulica, una tubería de succión que llega hasta la zona de excavación, en donde se le ha equipado con un cabezal cortador (cuchillas rotatorias); estas cuchillas disgregan el material que es aspirado por las bomba de dragado y transportado por una tubería hasta la zona de descarga.

- **Draga de inyección**

Mediante un chorro de agua, aplicado a los sedimentos del fondo, se genera una corriente de densidad, sujeta a la acción de la gravedad que puede moverse hacia fondos más profundos.

Dragas Hidráulicas Mecánicas:

Son dragas que combinan acciones mecánicas e hidráulicas para efectuar la tarea de dragado (pueden dragar casi todo tipo de materiales).

Consiste en una bomba de dragado, con una tubería de succión que llega a la zona de excavación, en donde se le ha equipado con un cabezal cortador, este cabezal disgrega el material que es aspirado por la succión de la bomba y transportado a la superficie en donde mediante tubería se transporta a la zona de descarga.

- **Cortador de Cuchara y Succión (Bucket Wheel suction):**

Son dragas hidráulicas provistas con cabezal con corte mecánico.

Figura N° 2.05 Draga de succión con cortador



Fuente: <http://www.dredgebrokers.com/>

Draga Neumática:

Esta draga consiste de un pontón, que tiene instalado a bordo un equipo compresor de alta capacidad. Dispone de un tubo principal que baja al fondo, el compresor envía aire a presión por otro tubo paralelo al tubo principal, inyectando aire en el extremo inferior en contacto con el suelo, de esta manera se crea una columna de agua aire que asciende por el tubo arrastrando el material en contacto.

Equipos Auxiliares

Los equipos auxiliares del sistema de dragado principalmente son: las bombas de dragado. Los tubos de aspiración, los cabezales de dragado, la cántara, el rebalse, las compuertas de descarga, el sistema de posicionamiento dinámico y seguimiento del cabezal.

En una draga en particular los elementos están relacionados entre si para poder realizar un dragado eficiente. Por ello las bombas, la capacidad de la cántara y el diámetro del tubo de succión están diseñados de manera tal que la operación típica del llenado de la cántara se produzca en un orden de magnitud cercano a una hora. Con ello se asegura un ciclo de dragado conveniente.

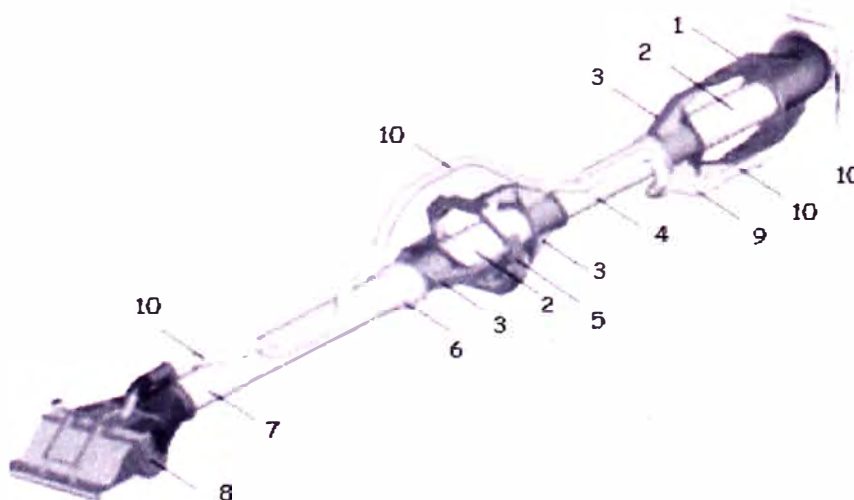
- **Bombas de dragado**

Son grandes bombas centrífugas. Pueden ser 1, 2 o muy (excepcionalmente) 4. Habitualmente se encuentran en la sala de máquinas, pero pueden ser ubicadas en el tubo de aspiración. La máxima profundidad a la que pueden dragar está dada por la altura de vacío que genera la bomba. Si la bomba está ubicada en la sala de máquinas, la máxima profundidad de dragado económico para una draga mediana está en el orden de los 35 m, pero algunas dragas mayores con producciones reducidas pueden llegar hasta los 80 m.

- **Tubos de succión o aspiración**

El tubo de succión vincula el fondo a dragar con la cántara. Durante el dragado están en contacto con el fondo y durante la navegación están ubicados a bordo. Cuando se llega a la zona de dragado, se baja el tubo de aspiración por medio de winches. Cuando las bombas están en la sala de maquinas, el extremo superior se conecta a la succión de la bomba por debajo de la línea de flotación a través de una abertura en el casco. El tubo de aspiración tiene tramos de tubería unidos mediante articulaciones que le permiten movimientos verticales y horizontales.

Figura N° 2.06 Esquema de de parte del tubo de aspiración



Fuente: <http://www.graduadosportuaria.com.ar/> [5]

1. Curva completa con brazos de soporte
2. Tubería flexible
3. Brazo soporte
4. Tramo superior de tubo de succión
5. Anillo cardánico
6. Rotula
7. Tramo inferior de tubo de aspiración
8. Cabezal de dragado
9. Línea de agua para chorros de cabezal
10. Tubería flexible para agua de chorros

Longitud del tubo de succión

La profundidad de dragado depende directamente de la longitud del tubo de succión. El tubo de succión esta compuesto por dos tramos, los denominados tramos superior e inferior. Para poder alcanzar las profundidades de dragado cada vez mayores se utilizan más de los dos tramos habituales. Es mejor utilizar tramos de mayor longitud, la longitud máxima es de 30 a 35 veces el diámetro del tubo.

Cantidad de tubos de succión

La draga de succión por arrastre puede tener uno o dos tubos de succión. Las ventajas de construir la draga con un tubo de succión único son:

Es más económico como costo de inversión de tubos.

En el dragado de mantenimiento de canales es muy usual que se necesite dragar una profundidad producida por el paso de buques por lo que el segundo tubo se puede usar de forma más eficiente.

Algunas de las desventajas de tener un solo tubo de succión son:

En el caso de rotura o avería del único tubo se pierde el 100% de la capacidad del dragado. Teniendo dos tubos siempre se puede seguir

dragando con el 50% de la capacidad mientras se trata de reparar la avería.

Es muy difícil de mantener las fuerzas en equilibrio para tener la draga sin escoria.

Diámetro de los tubos

El diámetro de los tubos de succión se diseña de acuerdo a la potencia de las bombas y al volumen de la cántara. Deberá permitir el llenado de la cántara en forma eficiente en un tiempo aproximado de 1 hora.

El diámetro varía en condiciones estándar entre 3000 mm para dragas de menor capacidad de cántara y 1400 mm para dragas de mayor capacidad.

- **Cabezales de dragado**

El cabezal de dragado de una draga de succión por arrastre es la parte que vincula el tubo de succión con el fondo a dragar. Es la parte mecánica que entra en contacto con el fondo de manera que su diseño, calidad y resistencia son críticos para la eficiente operación de dragado.

La producción a obtener del material de dragado depende, entre otros del ancho del cabezal, la profundidad penetración y la velocidad de dragado. Los cabezales se construyen para minimizar el nivel de desgaste que se produce en los mismos mediante un diseño hidrodinámico que produzca un flujo óptimo y se utilizan materiales de alta resistencia para su construcción.

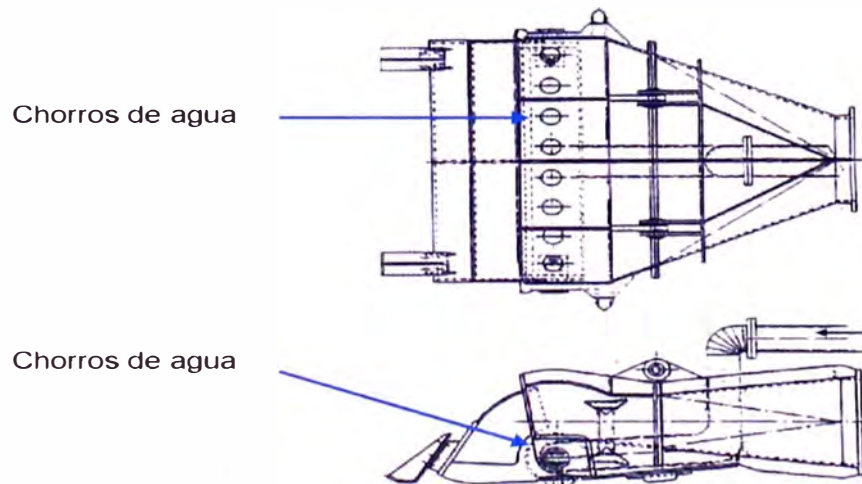
El cabezal esta compuesto de una parte fija conectada al tubo de succión y puede tener un sistema que permita el ingreso adicional de agua para mantener la mezcla fluida. El cabezal puede estar equipado con dientes que le permitan romper suelos duros.

Figura 2.07 Cabezales tipo IHC y California



Fuente: <http://www.graduadosportuaria.com.ar/> [5]

Figura 2.08 Ubicación de los chorros de agua en el cabezal



Fuente: <http://www.graduadosportuaria.com.ar/> [5]

Los cabezales de dragado se pueden clasificar de en:

- Normales
- Activos (Dientes y chorros de agua)
- Baja presión
- Especiales

Para tener un rendimiento óptimo en la operación del dragado se puede elegir el cabezal en función del tipo de suelo. En el Cuadro 2.01 se muestra el cabezal adecuado para un determinado tipo de suelo.

Cuadro 2.01 Ubicación de los chorros de agua en el cabeza

Tipo de cabezal	Tipo de suelo
Fruhling/ IHC	Limos, arcillas blandas y arena suelta
Silt	Limos
California	Arenas, especialmente arenas compactas/arenas gruesas/gravas
Venturi	Arenas
Waterjet	Arenas firmes y arcillas medianas
Activo	Arcillas medianas, firmes y compactas

Fuente: <http://www.graduadosportuaria.com.ar/> ^[5]

- **Compensador de oleaje**

Es una de las maneras de optimizar la producción de un cabezal de dragado, se busca mantener el cabezal en una posición óptima con respecto al fondo en todo momento el tipo de material que se encuentra en el fondo determina la altura ideal a la que debe encontrarse el cabezal. Si se encuentra muy alto, la mezcla de agua y el sedimento tienen a contener mucho agua y por el otro lado, si está demasiado bajo el cabezal, no extrae la cantidad óptima de material.

La presión del cabezal sobre el fondo puede ser controlada mediante sistema ajustable que actúa entre el cabezal y el winche. Este sistema sirve para tener en cuenta que el fondo usualmente no es uniforme y también para aliviar los efectos de los movimientos verticales de la nave en relación con el fondo debido a las olas y por lo tanto se conoce como compensador de oleaje.

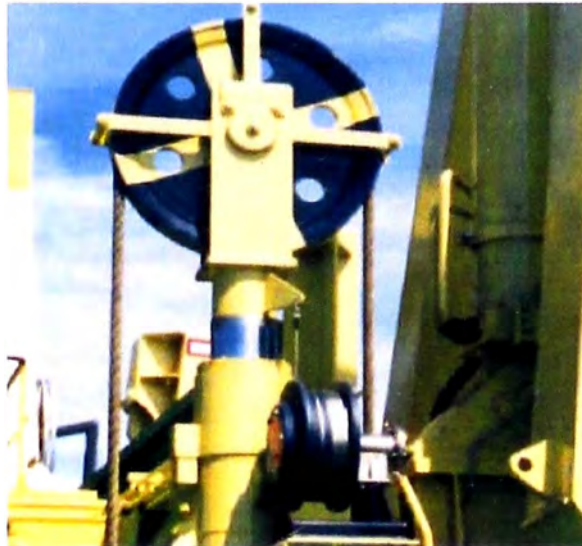
Estos dispositivos tienen por objetivo:

Evitar daños en el sistema de suspensión, causado por el oleaje

Hacer flexible la unión de la draga, con el tubo de succión y que la rastre se mantenga constantemente sobre el fondo.

Mantener la tensión de los cables del aparejo del pescante del tubo lateral de succión, permitiendo pequeñas variaciones dentro de los límites predeterminados.

Figura 2.09 Compensador de oleaje



Fuente: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/> ^[6]

- **Cántara**

La cántara es equivalente a la bodega de los buques de carga. Es el lugar donde se almacena la carga para después llevarla a un lugar de deposición.

- **Rebalse**

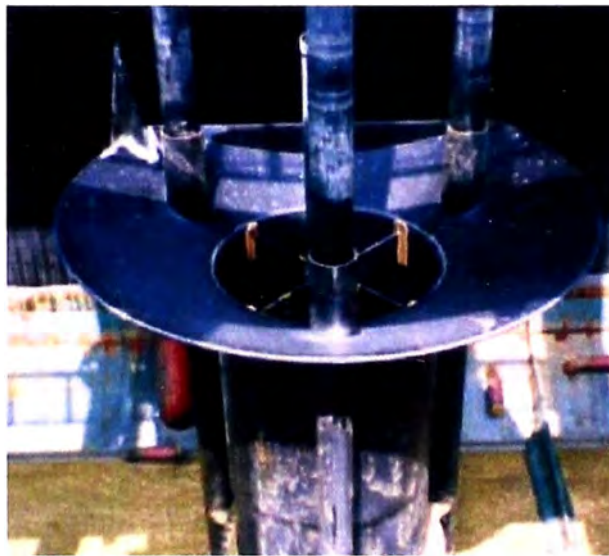
El rebalse o vertedero es un ambiente por donde se descarga el agua excedente luego que ha producido la sedimentación. La altura del

vertedero se puede ajustar de acuerdo a la altura del material y la operación de dragado a realizar.

Los vertederos tienen forma circular y en general son dos. Los diámetros del conducto varían de 900mm a 1900mm y el diámetro del vertedero de 1250 mm a 4000 mm.

Para evitar problemas de contaminación la descarga del vertedero puede enviarse al tubo de succión como agua de los chorros del cabezal de dragado.

Figura 2.10 Rebalse



Fuente: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/> [6]

2.4 CRITERIOS DE ESTUDIO

Los criterios a tomar en cuenta para las obras de dragado comprenden las siguientes áreas de estudio:

- Levantamientos batimétricos
- Datos hidrodinámicos
- Investigaciones geológicas y geotecnias
- Transporte de sedimentos

- Datos meteorológicos y
- Limitaciones ambientales

2.4.1 Levantamientos Batimétricos:

Se llama levantamiento batimétrico o batimetría, a la medición sistemática de la profundidad en una extensión acuática, con la finalidad de establecer las curvas de nivel del terreno sumergido

La ejecución de los levantamientos batimétricos se realiza de forma continua a lo largo de todo el desarrollo de la obra de dragado. Los levantamientos batimétricos sirven para:

- Determinar el volumen a dragar mediante la comparación entre el estado natural del fondo y el perfil de dragado del proyecto.
- Determinar el volumen disponible en las zonas de descarga.
- Control de las profundidades específicas en el contrato.
- Garantizar las profundidades adecuadas de las zonas de dragado y descarga.
- Determinar la existencia de obstrucciones que puedan limitar las operaciones de dragado: basura portuaria (anclas, cadenas, etc.), oleoductos, gaseoductos, etc.
- Comparación de sedimentos batimétricos puede indicar tendencias de sedimentación o erosión.

En las obras de dragado de cierta magnitud los trabajos de batimetría son muy importantes en cantidad y por ello requieren un equipo permanente de trabajo. Adicionalmente al trabajo de campo hay que tomar en cuenta la documentación técnica.

Equipos para efectuar levantamientos

Componentes básicos de un levantamiento batimétrico en el medio marino:

- Embarcación apropiada.
- Elemento sensor de profundidad.
- Sistema de posicionamiento.
- Estación mareográfica.
- Si se trabaja en condiciones muy expuestas es recomendable la utilización de sensores de movimiento.

Los levantamientos batimétricos se realizan mediante ecosondas de una sola frecuencia según el tipo de suelo de fondo. Se han utilizado ecosondas de 210 KHz para suelos de arena y 30 KHz para suelos con barro. El levantamiento mediante ecosondas se realiza habitualmente haciendo recorridos en formas paralelas distanciadas de 50 m hasta 100 m dependiendo de la zona de levantamiento y la escala de representación de los levantamientos.

Para detectar la basura portuaria o cualquier otro elemento sobre el fondo se recomienda utilizar sistemas de barrido lateral denominados Side Scan Sonar. Pueden utilizarse también sistemas de Multihaz pero en la mayoría de los casos tienen menor definición, por ello se usan en conjunto estos equipos.

Procesamiento de la información

Cuando se efectúa el relevamiento mediante perfiles la herramienta más adecuada para el procesamiento de los datos obtenidos es la utilización del Modelo Digital de Terreno (DMT). El Modelo Digital de Terreno toma los puntos relevados y hace pasar una superficie de segundo orden por esos puntos con lo cual la interpolación entre los mismos mejora sensiblemente con respecto a las interpolaciones lineales.

2.4.2 Datos Hidrodinámicos:

Los datos hidrodinámicos son necesarios para el diseño de las obras de dragado y para determinar las posibilidades de funcionamiento de dragas y sus equipos de apoyo elegidas para realizar el trabajo.

Los datos hidrodinámicos son los siguientes:

Niveles de agua

La variación de los niveles de agua de un lugar está determinada por si es una zona fluvial donde depende el ciclo hidrológico o una zona marítima con influencia de mareas.

La profundidad disponible en un lugar al iniciar la obra de dragado determina en algunos casos el tipo de draga y tamaño de draga que puede utilizarse. De la misma manera en lo que respecta a las profundidades máximas.

La medición de los niveles de agua en forma continua en el espacio y en el tiempo es necesaria para tener una adecuada reducción de sondajes.

Corrientes

Los valores de intensidad y dirección de la corriente influyen de manera diferente sobre cada tipo de draga sea porque afecta el comportamiento de la draga o porque tiene influencia sobre los sedimentos que están siendo movilizados. Este aspecto se va a ver dentro de las condiciones límites al estudiar cada draga en particular.

Las corrientes también tienen efecto sobre las dragas que requieren estar ancladas para realizar su operación.

En el caso de sedimentos a dragar ambientalmente sensibles, las corrientes juegan un papel muy importante en su dispersión.

Olas

Las condiciones de oleajes de un lugar determinan si una draga va a poder operar y en el caso de que pueda hacerlo cuánto tiempo va a perder en la operación por condiciones de oleaje adversas. Por lo tanto las condiciones de

oleaje nos permiten efectuar una selección del equipo y método de trabajo y estimación de demoras.

Hay que tener en cuenta los casos en donde es necesario trabajar con equipos de apoyo que en general son más sensibles al oleaje por sus menores dimensiones.

Los principales problemas que se pueden presentar en una draga debido al oleaje, son deformaciones o roturas en la escala o en los zancos, los mismos fenómenos se pueden presentar en la tubería.

Si tenemos arena suelta, al extraerla con una draga de succión con cortador, podremos tener un magnífico rendimiento, el cual se desplomará si tenemos oleaje fuerte en un lapso del 50% al 75% del tiempo.

En el Cuadro 2.02 se observan ciertas recomendaciones de alturas máximas de ola para diversos equipos de dragado.

Cuadro 2.02 Máxima altura de olas para dragados

Tipo de draga	Ola tormenta (m) Período de 5 segundos	Ola marejada (m) Período de 10-15 segundos
Chalán pequeño equipado	0.3 – 0.5	0.2 – 0.4
Chalán grande equipado	0.5 – 1.0	0.4 – 0.8
Draga estacionaria pequeña con tubería	0.2 – 0.5	0.2 -0.5
Draga estacionaria mediana con tubería	0.5 – 1.0	0.3 – 0.6
Draga estacionaria grande con tubería	1 – 1.5	0.8 – 1.2
Draga autopropulsada	0.6 – 1.0	0.4 – 0.8
Draga autopropulsada con compensador de oleaje	2.0 – 4.0	2.0 – 4.0

Fuente: Ingeniería Marítima y Portuaria; Ediciones Alfaomega; México 1999^[7]

2.4.3 Investigaciones geológicas y geotécnicas

Las propiedades del suelo tienen gran influencia en las diferentes etapas del proceso de dragado que son:

- **Excavación:** comprende la disgregación, fragmentación o corte del suelo o roca. **Elevación:** desde el fondo hasta la superficie mediante medios mecánicos o hidráulicos.
- **Transporte:** del material excavado a un sitio de colocación o relleno en las cántaras de los buques, en barcazas o mediante tuberías como mezcla de agua y sedimentos.
- **Disposición del material dragado.**

Los principales requisitos de información pueden dividirse esencialmente en información geológica que corresponde a la forma de distribución, volúmenes y características geológicas de los materiales e información geotécnica que corresponde a las propiedades mecánicas de esos materiales.

Por lo tanto el objeto de las investigaciones geológicas y geotécnicas es:

- **Determinar volumen y distribución de los diferentes materiales existentes en el fondo:** es necesario determinar los volúmenes a dragar absolutos y relativos, la estratigrafía de los materiales, el espesor de las capas a dragar. El perfil de materiales a dragar, en muchos casos, está compuesto por materiales de diversos tipos, por ejemplo, arenas densas sobre fondos rocosos; limos sobre arenas densas, etc. La producción de los equipos de dragado varía mucho en función del tipo de material. El espesor y el área en la que se encuentra un determinado material son muy importantes pues afectan directamente la producción de los equipos de dragado. En general, cuando el espesor de la capa a ser dragada es importante la producción de los equipos de dragado es mayor y por lo tanto más económica de dragar que capas de pequeño espesor. En casos de dragado de capas de pequeño espesor la variable crítica es el área en la que está distribuido el material mas que el volumen y en ciertos casos, el tipo de material.
- **Mediante la ejecución de análisis in situ y en laboratorio establecer todas las propiedades físicas y mecánicas que puedan influenciar las operaciones de dragado y el transporte del material**

- Determinar las condiciones de los materiales en las cuatro situaciones: “in situ”, excavado, transportado, depositado
- Establecer si el material es adecuado para utilizar en rellenos de playas o áreas para usos posteriores.
- De acuerdo al tipo de material, principalmente su granulometría, se deben evaluar los eventuales efectos ambientales
- Establecer las pendientes de los taludes de los canales o áreas a dragar
- Determinar la dragabilidad del material

Clasificación de Suelos

Para la obtención del rendimiento de dragado, es necesario conocer las características del suelo que se va extraer. El criterio básico es el conocimiento del diámetro de las partículas, para distinguir entre arcillas, sedimentos (limos), arenas, garvas, y boleó.

Una base para la identificación de suelos en dragado, fue propuesta por PIANC en su publicación de 1972 denominada “Reporte Internacional de la Comisión para la Clasificación de Suelos para Dragados” [7].

Dentro de los materiales cohesivos tenemos arcillas, limos y materia orgánica, siendo sus principales características las siguientes:

- La distribución del tamaño de los granos, siendo los mayores de 0.06 mm, lo que tendrá influencia en el desgaste de la cabeza del cortador.
- Su resistencia al esfuerzo cortante es principal factor para determinar la fuerza requerida por el cortador.
- Su peso volumétrico es el factor determinante para calcular su capacidad de transporte tanto vertical como horizontal.

En los materiales cohesivos se deben obtener valores del contenido de humedad para determinar el comportamiento del suelo durante el ciclo de dragado.

El porcentaje de materia orgánica tiene influencia sobre el peso volumétrico, causando también gasificación, lo que ocasiona problemas de vacíos durante el ciclo de dragado.

La consistencia da una medida de la compactación del suelo, y consecuentemente de la fuerza requerida en el cortador.

Los suelos fuertemente cohesivos pueden llegar a necesitar barrenados y volados antes de su excavación.

Los materiales no cohesivos son arenas, gravas, boleos o una mezcla de éstos, siendo sus principales propiedades indicadas en el Cuadro 2.03.

El tamaño de los granos es importante para determinar la velocidad crítica mínima, de tal forma que éstos permanescan en suspensión.

En el caso de una draga autopropulsada, el tamaño del grano es decisivo para el tiempo de decantación y del dragado.

Cuando los granos de arena son mayores de 0.3 mm causan mayor desgaste en la parte inferior de la tubería de descarga de la draga.

La mayor compactación de arena, grava y algunas arcillas, será determinante en la fuerza que debe ejercer el cortador, así como el consumo de energía del mismo.

El desgaste de la tubería y la bomba dragadora, dependerá de la forma redondeada o angular de los granos de arena.

La permeabilidad es importante, ya que durante el proceso de corte, el volumen del suelo incrementa debido a que cambia la densidad al pasar de un material con menor porcentaje de vacíos, a uno con mayor porcentaje. Durante este proceso se crea un vacío entre los poros del material y el agua, debiendo los mismos poros nivelar esta diferencia de presión, lo que ocasiona que la fuerza en el cortador se incremente considerablemente.

En un suelo cementado, debe clasificarse dentro de los materiales cohesivos ya que durante el proceso de corte, las fuerzas que se originan a las que se tendrían en una arena normal.

Si se tiene una pequeña porción de arcilla en la arena, esta originará que el material sea menos permeable y adopte un talud más pronunciado, además tendrá una influencia positiva en la tubería por un menor desgaste.

El peso específico de los componentes del suelo influye en la resistencia al corte y en el cambio de la velocidad crítica de la tubería.

En la Cuadro 2.03 se presentan las bases generales de identificación y clasificación de suelos para efecto de dragados.

La densidad de sólidos es la relación entre el peso volumétrico de un material y el agua , por lo tanto carece de unidades.

El peso volumétrico puede ser medido en diferentes estados dentro del proceso de dragado.

La densidad en sitio se obtiene midiendo el peso volumétrico en el terreno antes de dragar.

La densidad en la tolva se obtiene midiendo el peso volumétrico a bordo y el equipo utilizado para ir a depositar el material.

La densidad en el sitio de depósito se obtiene el peso volumétrico, al final del ciclo de dragado, una vez depositado el material o algún tiempo después que se ha consolidado el mismo.

Pruebas in situ y en laboratorio

En el Cuadro 2.04 se muestran las principales pruebas in situ y en laboratorio, aplicadas al dragado.

Las pruebas de laboratorio para dragado determinan las propiedades que permiten seleccionar el equipo adecuado para disgregar y remover el suelo, y además deben de proporcionar la información necesaria para evaluar el desgaste del equipo y definir la calidad del relleno que, posteriormente, pueda formarse con el material dragado. Su importancia relativa depende del material, del método de transporte y el destino del relleno.

En el Cuadro 2.05 indica qué parámetros son indispensables y cuáles son complementarios para las tres fases principales de dragado, con base en la clasificación general del material.

Los fines de estas pruebas se comentan a continuación indicando la forma de realizarlos cuando el procedimiento difiere respecto al usual, o cuando la prueba sea poco común, respetando los tres grupos mencionados en la cuadro 2.05.

Cuadro 2.03 Bases generales para la identificación de suelos para efecto de dragado (PIANC)

Tipo de suelo		Identificación por tamaño		Identificación	Resistencia y características estructurales			
		Rango en mm	Malla					
Boleo	N.A. Grano adhesivo	Mayor de 200mm entre 60 y 200mm		Examen y medida visual	N.A.			
Grava		Gruesa de 6 -20mm Media de 6 a 20mm Fina de 2-6mm		Fácilmente identificable con un examen visual	Es posible encontrar algunos estratos cementados de grava con boleos. La grava puede existir mezclada con arena			
Arena		Gruesa de 0.6 -2mm Media de 0.2 a 0.6mm Fina de 0.06-0.2mm		Partículas visibles con pequeña cohesión al estar secas.	Algunos depósitos pueden estar compactados y cementados aumentando su resistencia. Estructura homogénea o estratificada. Puede estar mezclada con arcilla aumentando su dureza.			
Sedimento o limos		Gruesa de 0.02-0.6mm Media de 0.006 a 0.02mm Fina de 0.002-0.006mm		Pasa malla 200	Esencialmente no poseen gran plasticidad, con características similares a las arenas. El más fino se aproxima a la arcilla en su plasticidad. Mezclado con arena o arcilla pueden estar homogéneos o estratificados. Su consistencia varía de fluido espeso a sólido.			
Arcilla	Cohesivo	Menor de 0.002mm La distinción entre arcilla y sedimento no se basa en el estado de las partículas sino en sus propiedades físicas. Indirectamente se relacionan al tamaño de las partículas.		N.A.	Fuerte cohesión, plasticidad y dilatación, fácilmente se presiona con los dedos poniéndose liso y grasoso. En estando seca se rompe durante el proceso de dragado.	Consisten	Comportamiento	Est.C kg/c
Muy suelto						Se escurre entre los dedos.	0.17	
Suelto						Fácilmente moldeable con los dedos.	0.17-	
Firme						Requiere de fuerte presión para moldearse con los dedos	0.45-	
Rígido						No se moldea con los dedos	0.90-	
Firme *	Se presiona con mayor dificultad con el pulgar.	1.34						
Materia orgánica	N.A.	N.A.	N.A.	Generalmente se identifican por el color café, fuerte olor con presencia de fibras y madera.	Puede ser firme o como esponja en la naturaleza. Direcciones horizontal y vertical.			
N.A. No aplicable.								

Fuente: Ingeniería Marítima y Portuaria: Ediciones Alfaomega; México 1999 [7]

Cuadro 2.04 Pruebas in situ y en laboratorio con aplicación de dragado.

Propiedades y características del suelo	Prueba en sitio	Prueba de laboratorio de campo o canal
Análisis del tamaño de la partícula	N.A.de la mezcla.	Tamizado sobre suelos granulares, sedimentación de suelos cohesivos. Correlación en mezclas de suelos como arcillas arenosas. Evaluación rustica por comparación, con microscopio o contador de rejilla.
Agudeza de la partícula	N.A.	Comparación con muestras normales y fotográficas.
Peso volumétrico en el sitio	N.A. Exceptuando medición en cantos rodados.	La unidad en el suelo como se encontró en el sitio, o sea la relación entre el peso total y el volumen total del suelo.
Gravedad específica de partículas sólidas	N.A.	Es la proporción entre la unidad de peso de las partículas sólidas y la unidad de peso del agua.
Compactación en el sitio	Prueba de penetración estándar, penetrómetro holandés u otros basados en pruebas estándar.	N.A.
Contenido de la mezcla	Método de medición radioactivo.	Determinación del contenido de sólidos de la mezcla.
Plasticidad	N.A.	Determinación de límites líquido y plástico.
Resistencia al corte	Penetrómetro manual, prueba de paleta, otros penetrómetros.	Prueba de compresión en muestras no confinadas o prueba de compresión triaxial.
Contenido de cal	N.A.	Aplicación de ácido hipoclorhídrico para indicar efervescencia.
Contenido orgánico	N.A.	Determinación del contenido orgánico.
Estos reportes fueron preparados por " International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (I.S.S.M.F.E.) y por " International Association of Dredging Companies (A.I.D.C.) e impresos por P.I.A.N.A en el boletín No 11, vol.1 del año 1972, habiendo sido revisados en 1981.		

Fuente: Ingeniería Marítima y Portuaria; Ediciones Alfaomega; México 1999 ^[7]

Cuadro 2.05 Exploración y muestreo

Métodos	Suelos					Rocas	
	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Cantos y/o boleos	Suaves	Duras
	Materiales						
Sondeos de lavado	Chiflón						
	Buril						
	Broca tricónica						
Muestreo por gravedad	Muestreador delgado 38 mm < diám. < 152mm						
	Muestreador grueso diám. > 152mm						
Muestreo por varillaje	Tubo shelby						
	Tubo shelby afilado						
	Pistón muestreador						
	Penétrometro estándar						
	Barril Denisson						
	Barril muestreador con tubo interior partido						
Muestreo sin varillaje	Vibromuestreador						
	Muestreador DOSP						
	Automuestreador marino MAS - 78						
Exploración y pruebas con varillaje	Cono dinámico						
	Cono estático						
	Veleta						
Exploración y pruebas con varillaje	Cono estático Geodof o SEACAF						
	Veleta de cable o veleta Halibut						
	Prueba de bombeo						
Exploración indirecta	Perfilador de reflexión sísmica continua						
	Prospección sísmica						

Fuente: Ingeniería Marítima y Portuaria; Ediciones Alfaomega; México 1999 ^[7]

Las propiedades determinadas en laboratorio con fines de dragado se indican en el siguiente Cuadro 2.06:

Cuadro 2.06 Propiedades determinadas en laboratorio con fines de dragado

Base del proceso	Suelos no cohesivos	Suelos cohesivos	Rocas
Disgregación y remoción del material	*Compacidad relativa *Granulometría Densidad de sólidos Contenido de agua Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica	* Cohesión *peso volumétrico saturado *límites de consistencia y contenido de agua *Viscosidad de la suspensión agua-suelo *Adhesión	*origen geológico y estructura mineral *Resistencia a la compresión *Peso volumétrico Grado de alteración Dureza Tenacidad
Transporte del material	*Peso volumétrico *Granulometría *Forma y dureza de los granos Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica	*Peso volumétrico *Viscosidad de la suspensión agua-suelo Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica Límites de consistencia	*Peso volumétrico
Deposito y tratamiento del material	*Peso volumétrico *Granulometría *Forma de los granos Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica	* Límites de consistencia *Peso volumétrico seco máximo	*Peso volumétrico
*Pruebas imprescindibles para la determinación de las características del material.			

Fuente: Ingeniería Marítima y Portuaria; Ediciones Alfaomega; México 1999 ^[7]

Lineamientos a seguir para ejecutar investigaciones geotécnicas

Para ejecutar investigaciones geotécnicas es necesario tomar en cuenta los siguientes lineamientos:

Intensidad de la Investigación

No hay reglas fijas en lo que hace a la intensidad de la investigación como por ejemplo, el número de perforaciones a realizar. El principio rector debería ser realizar la suficiente investigación que permita un buen conocimiento del modelo geotécnico del área bajo estudio en términos de los factores que tienen influencia en los procesos de dragado y transporte y consecuentemente, costos. La intensidad con la cual un sitio en particular debe ser investigado depende principalmente de la complejidad geológica del lugar y de las distancias sobre las cuales se producen la variación de condiciones.

Al margen de la cantidad de muestreos es importante que la profundidad a alcanzar exceda la profundidad de proyecto y que el área a relevar sea mayor a la de proyecto e incluya posibles alternativas.

El detalle que se requiere va a depender en las propiedades de los materiales existentes. Si los materiales son semejantes desde el punto de vista de la dragabilidad de los mismos no tiene demasiado sentido insistir en una gran cantidad de perforaciones que van a mejorar el conocimiento académico del subsuelo mientras desde el punto de vista del dragado se van a ejecutar con el mismo equipo de dragado. Por otra parte, si la diversidad de materiales va a exigir diferentes equipos de dragado para su extracción o se va a producir una gran variación de rendimientos por la extracción de los mismos, está justificado realizar investigaciones mas detalladas.

Ubicación, área y cantidad

Para realizar los estudios es necesario tomar en cuenta los aspectos los siguientes aspectos:

- Tener especial cuidado en el control vertical. La precisión de las distancias en el sentido vertical es crítica para la determinación y representación del techo de los materiales durós o materiales no aptos, interfases entre diferentes tipos de suelos y para la determinación de áreas y volúmenes de dragado. Las estimaciones de volúmenes de dragado son mucho más sensibles a los errores en el sentido vertical que a los errores en el sentido horizontal.
- Dentro de los problemas que aparecen frecuentemente en este sentido se encuentra que no se haya tomado correctamente la influencia de la marea o se apliquen lecturas no precisas de alturas de marea a las indicaciones de profundidad de las perforaciones. Las nuevas tecnologías disponibles de posicionamiento electrónico pueden ayudar a resolver este problema. Es importante incluir una estimación de la precisión lograda en el control vertical en el informe geotécnico.

- Utilizae las investigaciones geofísicas con precaución y, como mínimo, correlacionarlas con perforaciones.

Clasificación de materiales y propiedades físicas:

Para realizar la clasificación de los materiales y propiedades físicas es necesario tomar en cuenta los aspectos los siguientes aspectos:

- Realice ensayos in situ y en laboratorio de acuerdo a normas ASTM y en un número suficiente de muestras de cada perforación
- Incluya la descripción de las perforaciones y vibrocorings con una clasificación y descripción de los materiales de acuerdo con las normas ASTM e incluya los resultados de los ensayos realizados in situ y en laboratorio en el registro de los trabajos de campo
- Investigue y documente el contenido de conchilla dentro de los materiales arenosos
- Utilice las normas ASTM para los Ensayos de Penetración Standard (SPT)
- No continúe el Ensayo de Penetración Standard (SPT) mas allá del rechazo (50 golpes/6 pulgadas). Saque testigos de suelos rocosos
- En los casos que esté obteniendo testigos de suelos rocosos, determine y registre en el informe de la perforación la recuperación del testigo, la descripción de calidad de la roca y la fractura de la misma a los efectos de suministrar información sobre la calidad de la roca.

Aspectos que diferencian las investigación geotécnica para dragado, de las obras de ingeniería civil.

Los aspectos que diferencian la investigación geotécnica para dragado, de las obras de ingeniería civil son:

- Relación directa entre el tipo de suelo y costos de dragado: el tipo de suelo a ser dragado define el tipo de draga que debe utilizarse, los rendimientos a obtener con los equipos elegidos para realizar el dragado, las condiciones de transporte y otros aspectos fundamentales. Dado el alto valor de los equipos de dragado queda definido la mayor parte de los costos de las obras.
- El área a ser investigada es muy grande: las obras de dragado se realizan en superficies significativas.
- Ambiente hostil que requiere técnicas especiales: las obras de dragado se realizan en ambientes acuáticos, fluviales o marítimos. En primer lugar las investigaciones se realizan desde una plataforma o desde un buque en un medio acuático y la distancia entre la superficie y el fondo puede ser importante. En situaciones normales la variación de los niveles de agua, las corrientes y el oleaje ponen condiciones difíciles a las tareas de campo.
- Los datos de suelos se que se obtienen: se utilizan con diferente objetivo que las obras habituales, el objetivo principal es determinar las condiciones de dragabilidad de los suelos. El concepto de dragabilidad incluye la características del suelo y la del equipo de dragado que se va a utilizar. En el caso de existir materiales de diferentes características en un mismo sitio el equipo elegido debe estar en las condiciones de dragar adecuadamente esa diversidad de materiales.

2.4.4 Transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos es difícil determinar ya sea mediante mediciones de campo y estudios de gabinete.

En el caso de obras de una cierta duración el conocimiento del transporte de sedimentos permite calcular el dragado de mantenimiento necesario realizar durante el dragado de apertura. Dependiendo de cada cuanto se realicen las mediciones y cómo esté estipulado contractualmente la oportunidad de realizarlos, método de medición y pago puede tener una gran influencia sobre los costos.

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y zona de rompiente, aunque también fuera de esta existe transporte.

El estudio del transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos:

- En ingeniería de costas el acarreo litoral, determina el diseño de protecciones costeras.
- En el dragado es importante por los problemas del volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas previamente dragadas.

Por otra parte, es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión o depósitos y determinar las cantidades involucradas. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, peso o volumen por unidad de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones de campo o por métodos analíticos.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocan esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sean transportados en suspensión o por el fondo a distancias más o menos grandes y depositados en zonas tranquilas. Por ello antes de emprender la realización de una obra es preciso tomar en cuenta las posibles interacciones entre el fluido en movimiento y los sedimentos del fondo sobre los que éste actúa.

Por otro lado las vías navegables en desembocadura de ríos están sujetas además del acarreo litoral en su desembocadura, al transporte de sedimentos en suspensión (arcillas, limos) que bajan de la cuenca, principalmente en época de avenidas, depositándose en las zonas de mayor profundidad, donde al aumentar el área hidráulica disminuye la velocidad.

2.4.5 Datos meteorológicos

Es habitual que exista información meteorológica para el sitio de trabajo o lugares cercanos obtenida por servicios meteorológicos. Debe efectuarse el procesamiento de los datos de acuerdo al interés específico del proyecto.

Viento

Los vientos de gran intensidad además de producir olas de viento pueden obligar a interrumpir la operaciones de dragado y desplazamiento hacia zonas protegidas. El viento hace que la maniobra de las naves sean más difíciles, especialmente en áreas confinadas. El viento afecta mas a las embarcaciones menores, especialmente las barcazas vacias.

Lluvia

Las lluvias intensas afectan la eficiencia de los equipos y personal. Las lluvias pueden afectar el material dragado puesto en tierra. Afectan también a los operarios a cargo de las tuberías en obras de relleno.

Niebla

La niebla obliga a navegar y operar con visibilidad reducida con lo que restringe los movimientos de las dragas y embarcaciones de apoyo produciendo demoras. En aguas con navegación comercial pueden llegar a interrumpir el dragado. Aunque la draga puede navegar con sistemas de posicionamiento pueden producirse colisiones con las naves. Hay que tener en cuenta la demora de las operaciones por este motivo. En algunos lugares y épocas del año puede ser significativo.

Temperatura

Las temperaturas externas afectan la eficiencia de equipos y personal. Puede ser necesario contar con aire acondicionado en sala de maquinas u oficinas en tierra.

2.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DRAGADO

La elección del equipo de dragado, más adecuado para un determinado trabajo, se realiza teniendo en cuenta una serie de aspectos siendo los principales:

- Las características del suelo
- La profundidad de dragado
- Las condiciones hidrográficas
- Aspectos logísticos
- Las condiciones ambientales

Las características del suelo a dragar son el factor de más influencia en la elección del tipo de draga.

La profundidad de dragado determina las condiciones límites para los equipos de dragado.

Las condiciones hidrográficas: oleaje, corrientes, marea, etc. pueden hacer que determinados tipos de dragas sean menos favorables que otras.

Los aspectos logísticos a considerar son la accesibilidad de los equipos de dragado a los sitios de trabajo, la forma en que se va realizar el transporte del material dragado hasta los sitios de descarga y la interacción entre los equipos de dragado y el tráfico de naves.

Las condiciones ambientales pueden afectar directamente el tipo de equipo seleccionado ya que pueden existir limitaciones por el ruido, turbulencia causada durante la realización de los trabajos, el obstáculo a la navegación, las perturbaciones en el medio de las condiciones de la flora y fauna.

CAPÍTULO III ANALISIS DE LA ALTERNATIVA

3.1 ANÁLISIS

El puerto de Salaverry esta ubicado en una zona de costa abierta, libre de protección natural esta protegido de la acción de las olas sur y suroeste por un rompeolas situado al lado sur.

El puerto tiene problemas de acumulación de arena debido al oleaje que ingresa a su área operativa, por ello se obliga a realizar un dragado permanente, así como prolongar periódicamente el molo retenedor de arena existente para contener la arena que discurre de sur a norte en el litoral.

También se esta produciendo erosión en las playas al Norte del puerto, debido a la baja capacidad de transporte de sedimentos presente y a la falta de suministro de arena retenida por el molo existente (Figura 3.01)

Figura 3.01 Erosión en la zona norte del puerto, playa Las Delicias.



Fuente: <http://salvandoplayas.blogspot.com/2011/01/el-problema-de-la-costa-moche-trujillo.html>

Se plantean tres alternativas de trabajos a realizar para resolver el problema de arenamiento en el puerto Salaverry:

- Alternativa 1: Dragado del área operativa del puerto. Las zonas a dragar son el área de operaciones y canal de acceso y la zona de depósito de material es mar a dentro, es el dragado convencional que se realiza en el puerto Salaverry.

Ventajas: Mantiene operativo al puerto

Desventajas: No realiza aporte alguno para mitigar el proceso de erosión en la costa norte y requiere de realizar un dragado permanente.

- Alternativa 2: Dragado por un sistema de bypass de arena entre la zona donde se acumula la arena (molo retenedor) y la zona norte del puerto (Molo N°3). Se emplea una draga estacionaria en la zona de acumulación de arena y mediante un sistema de tuberías en tierra transporta el material a lo largo de la costa hasta llegar a la zona de depósito.

Ventajas: Disminuye el arenamiento producido en la zona sur del puerto y aporta material a zona erosionada.

Desventajas: No controla el arenamiento del puerto producido por el oleaje que ingresa, es necesario dragar también la zona operativa del puerto y requiere de dragado permanente. Según datos de ENAPU el costo del dragado por un sistema de bypass de arena representa 1/3 del costo por m³ de dragado convencional, por lo el costo de esta alternativa representa un incremento del 30% con respecto a la alternativa 1.

- Alternativa 3: Dragado del puerto y bombeo del material dragado a la zona de erosión. Las zonas a dragar son el área de operaciones y canal de acceso y la zona sur del puerto. Se emplea una draga que navega con el material hasta la costa erosionada y mediante un sistema de tuberías a tierra bombea el material.

Ventajas: Mantiene operativo al puerto y aporta material a zona erosionada.

Desventajas: Requiere de realizar un dragado permanente. El costo del dragado mediante bombeo representa un incremento del 20% con respecto a la alternativa 1.

Para la solución al problema de arenamiento en el puerto de Salaverry se selecciona la alternativa 3, que será el tema de estudio en el presente capítulo.

3.2 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

3.2.1 Nombre del proyecto

“Dragado del puerto Salaverry y bombeo del material dragado a la zona de erosión”

3.2.2 Ubicación

El puerto de Salaverry se encuentra ubicado en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, a 258 millas náuticas al norte del Callao y a 12 km de la ciudad de Trujillo.

Las playas erosionadas en el sector de Las Delicias se encuentran ubicadas a aproximadamente a 4 millas náuticas del puerto de Salaverry.

3.3 DESCRIPCIÓN

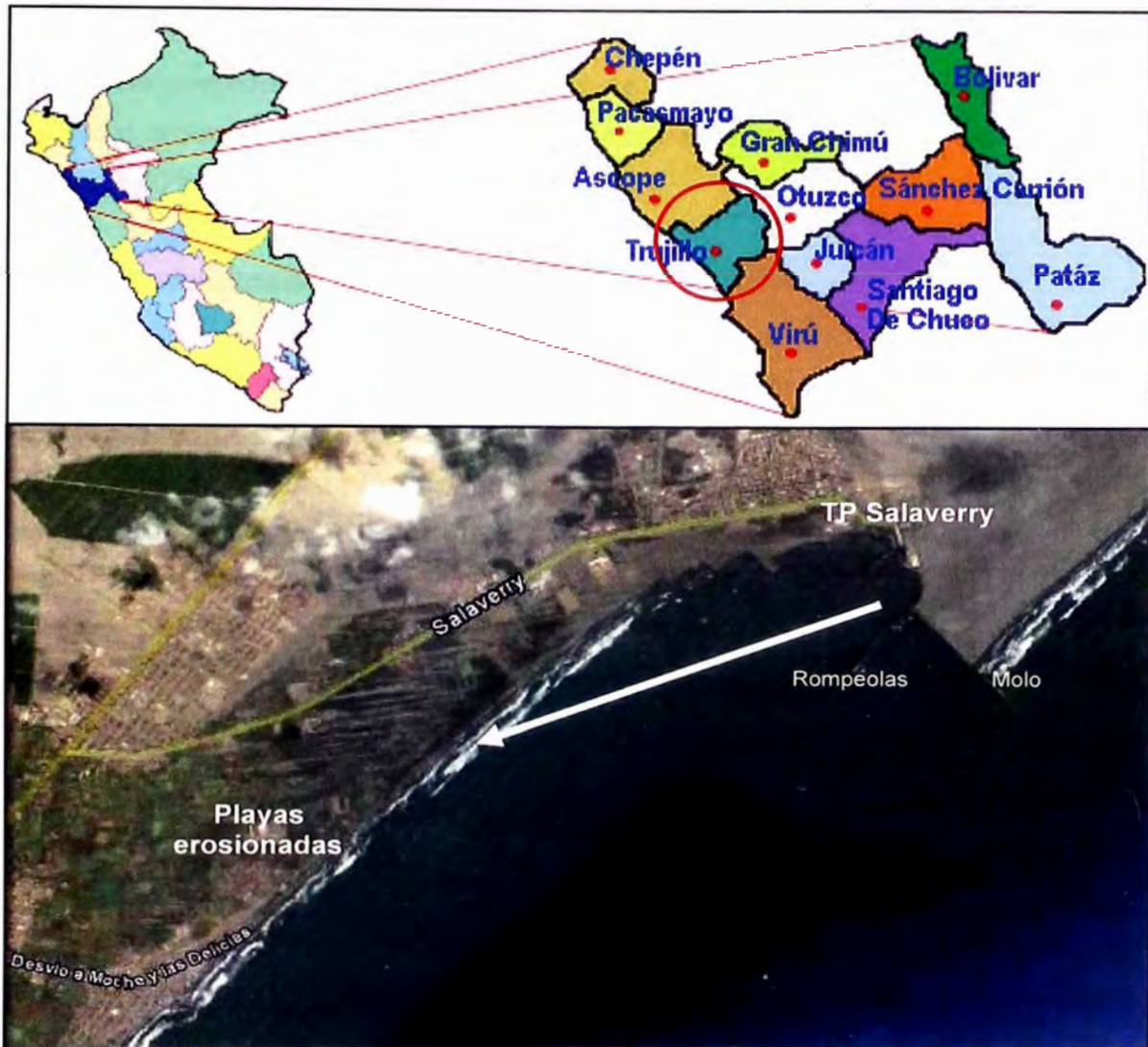
El proyecto comprende el dragado del puerto Salaverry y el bombeo del material dragado a la zona de erosión.

El proyecto es una alternativa de solución al problema de arenamiento del puerto y la erosión de las playas al norte del puerto, con lo que permitiría restablecer el equilibrio dinámico de la costa.

Los trabajos consisten en realizar un dragado en el área de operaciones y canal de acceso del puerto a fin de obtener las profundidades operativas del puerto; y en una zona al sur del puerto a fin de retener el sedimento que se transporta de sur a norte.

La zona a depositar el material dragado son las playas erosionadas al norte del puerto, para ello el material dragado es transportado por la draga hasta una zona navegable, frente a las costas erosionadas, y desde allí bombeado a tierra mediante tuberías.

Figura N° 3.02 Ubicación del Proyecto



3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.4.1 Materiales a dragar

Los materiales a dragar en el puerto son arena y fango que representan el puerto de Salaverry un 70% y 30% respectivamente ^[8].

3.4.2 Volúmenes a dragar

El transporte de sedimentos es del orden de 1'000,000 m³/año y para el proyecto se considera el dragado de 4'000,000 m³ a fin de disminuir los costos

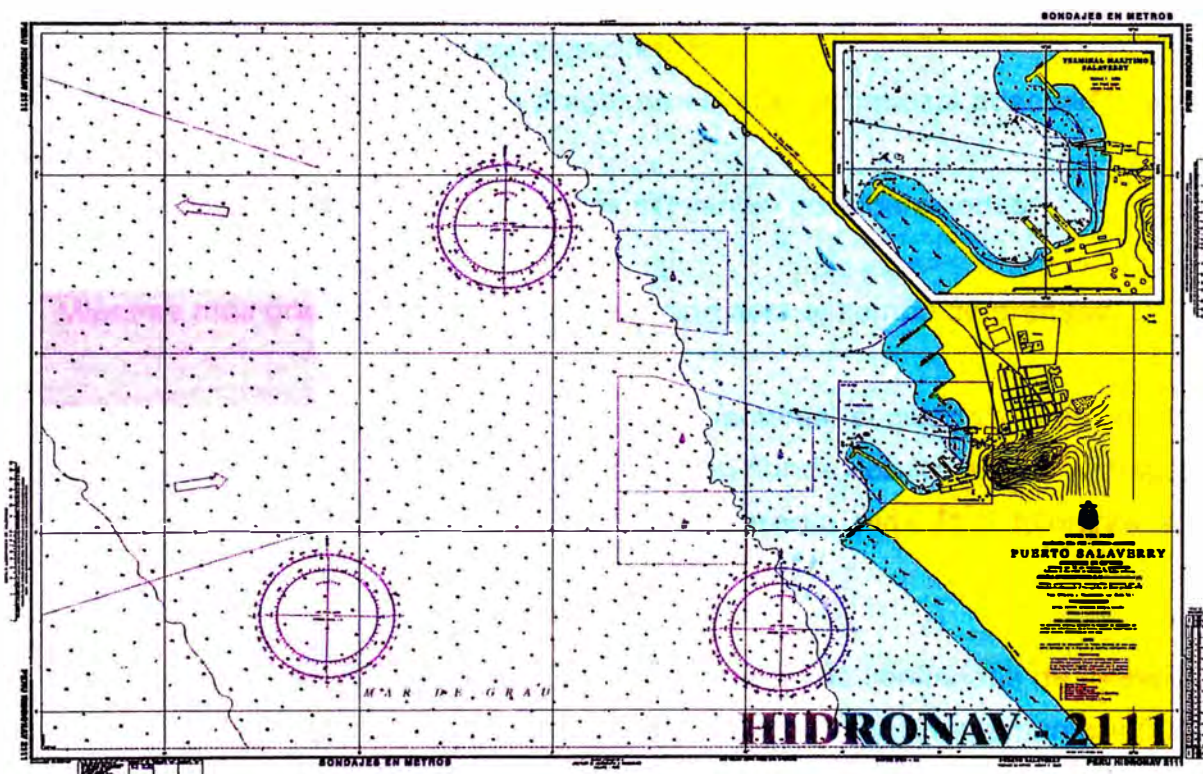
de movilización y desmovilización, considerando que se debiera dragar el puerto en periodos de 4 años.

Se puede considerar que la producción de material en la cántara (sedimento) varía del orden del 30% del volumen de cántara para el fango y en el caso de la arena el 40% del volumen de la cántara ^[8].

3.4.3 Profundidades

La profundidad del puerto de Salaverry existente se encuentra en la batimétrica -9.0m. De los portulano se ha de ha determinado que la profundidad de dragado comprende desde la aproximadamente batimétrica -9 hasta la batimétrica -13, para obtener el volumen de dragado.

Figura N° 3.03 Portulano del Puerto Salaverry



3.4.4 Selección de la draga

Para el dragado de volúmenes grandes tal como los que se requieren dragar en Salaverry solo se prestan dos tipos de draga:

- Dragas de corte y succión (CSD)

- **Draga de arrastre y succión en marcha (TSHD)**

La draga tipo CSD opera en forma estática y requiere ya sea de tuberías largas que obstruirían la operación del puerto, o de barcasas para llevar los materiales dragados a la zona de depósito. Esto no es práctico por lo cual solo se pueden utilizar dragas del tipo TSHD.

Dependiendo del volumen de dragado, la dificultad de maniobra, los calados existentes y la distancia entre la zona de dragado y la zona de depósito se debe seleccionar el tamaño de la o las dragas que deben realizar los trabajos de dragado. Las dragas TSHD se seleccionan por la capacidad expresada en metros cúbicos de la tolva o cántara. Todos los demás elementos de la draga, tal como tamaño de tuberías de succión, tubería de impulsión, capacidad de las bombas, potencia de propulsión, hélice de proa y demás accesorios están siempre diseñarlos de acuerdo con el tamaño de la bodega o cántara de la draga y por consiguiente no requieren ser especificados.

Dependiendo del tipo de material a dragar se escoge un cabezal adecuado para optimizar la producción.

El proceso de selección de draga tiene las siguientes consideraciones:

- **Mientras más grande sea la draga, más corto será el tiempo de dragado.**
- **El tamaño de la draga está limitado por dos factores: el calado y la eslora de la draga debido a lo confinado de las áreas en donde deberá operar la draga. Una draga más pequeña permitirá un movimiento más fácil mientras se draga.**

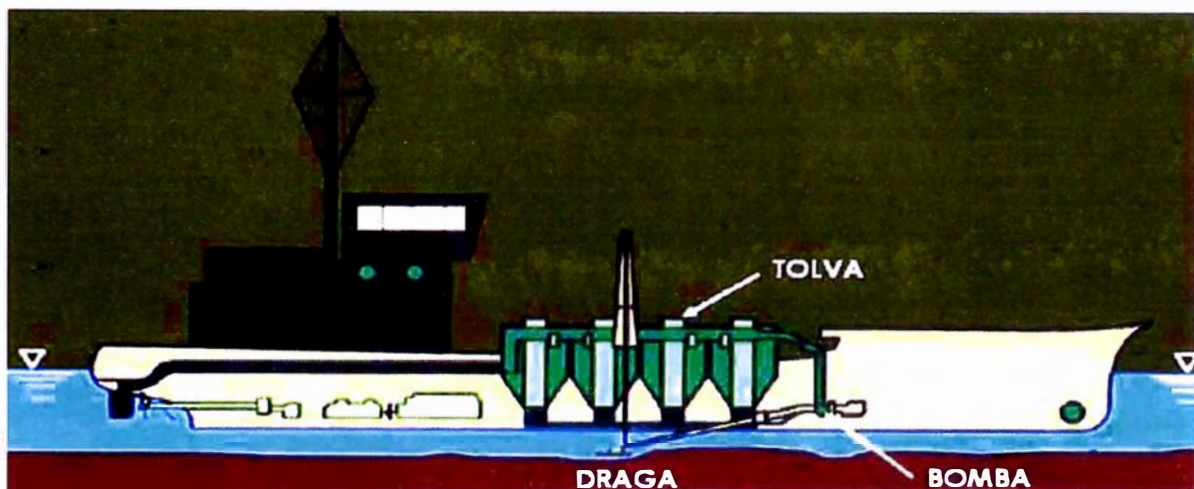
La draga más grande que sea capaz de dragar las áreas confinadas de manera eficiente, es una draga con una capacidad de tolva de aproximadamente 4,000 m³. La selección de este tamaño de draga se basa en consideraciones de maniobra, la eslora permite maniobrar en la zona entre los muelles, mientras que el calado limitado permite navegar en la zona de dragado.

Dicha draga tiene como características aproximadas:

- **Una eslora total 113.6m**

- Calado con carga del orden de 8m.
- Velocidad de navegación superior a los 13.6 nudos.
- Tubos de succión de alrededor de 900 mm de diámetro.
- Bombas de succión con capacidad promedio de bombeo de alrededor de 3 - 3.5 m³/s de una mezcla de suelo y agua en la tolva por cada bomba.

Figura 3.04 Esquema de una draga de arrastre y succión en marcha.



La relación de equipo mínimo es:

- Una draga de succión en marcha con dos tubos de succión con capacidad de tolva de 4000 m³.
- Una retroexcavadora montada sobre un pontón o un "arado marino" para ser utilizada con remolcador.
- Una lancha de mediciones hidrográficas equipada con los equipos de posicionamiento DGPS, ecosonda y equipos asociados para realizar mediciones de batimetría.
- Para el bombeo del material dragado a la zona de erosión se considera tuberías de 500 mm de diámetro a fin de estandarizar y obtener una mayor

versatilidad para uso compartido y de emergencia, con la draga Grumete Arciniegas que dispone de tuberías de ese diámetro.

Figura 3.05 Manzanillo II, draga de arrastre y succión en marcha con 4,000m³ de cántara



<http://www.ship-hunters.be/photo%20gallery/Fp/Dredgers/M/Manzanillo%20II.htm>

3.4.5 Procedimientos de dragado

La operación de dragado se realiza por medio de una draga de arrastre y succión en marcha (TSHD). La draga opera realizando ciclos donde navega hacia la zona donde se realiza el dragado, habiendo llegado a la zona a ser dragada baja los tubos de succión hasta en fondo marino. Por el peso propio del cabezal que se encuentra en el extremo de los tubos de succión este se hunde en el suelo que conforma el suelo marino. Al otro extremo del tubo de succión se encuentra una bomba de succión que aspira una mezcla de material del fondo acompañado de agua.

A medida que se llena la cántara con la mezcla de agua y sedimento parte de éstos se van sedimentando y el agua excedente puede descargarse de vuelta al ambiente por medio de un vertedero.

Una vez concluido el proceso de bombeo la draga se desplaza hacia la zona de depósito, para ello se desplaza frente a las costas erosionadas.

La descarga a tierra se efectúa con una conexión de tuberías, para ello el extremo flotante de la tubería es izada con winche y mediante un mecanismo de acoples se fija y luego se procede al bombeo del material a la playa erosionada; en este caso se mezcla el agua con el material de la cántara y se forma una mezcla adecuada para ser bombeada a través de tuberías ^[8].

Un ciclo de dragado consta de la siguiente secuencia:

- La draga inicia el recorrido hacia la zona de dragado
- Llegado a la zona de dragado bajo los cabezales de dragado
- A través de la tubería se succiona la mezcla que entra a una tolva o cántara
- En el momento que la cántara está llena, se inicia el rebose de la mezcla de la superficie. La mezcla que rebosa al inicio tiene una menor concentración de suelo que la mezcla que entra a la cántara. A medida que se va sedimentando suelo firme en el fondo de la cántara la concentración de la mezcla de rebose va aumentando.
- En un momento se para el proceso de bombeo y la draga navega hacia la zona de depósito (zona de erosión).
- Llegando a la zona de depósito se realiza el posicionamiento de la draga, la conexión de la tubería a tierra y procede a realizar el bombeo, luego retorna a la zona de dragado para iniciar el siguiente ciclo,
- El ciclo de dragado se repite tantas veces como sea necesario hasta haber obtenido las dimensiones verticales y horizontales.

3.4.6 Ciclos de dragado

A continuación se muestra un cálculo típico de un ciclo normal de dragado para una draga de capacidad de tolva de 4,000 m³ y con zona de depósito ubicada aproximadamente a 4 millas náuticas del puerto.

Las características de la draga se describieron en el Ítem 3.3.4 Selección de la draga.

Tabla N° 3.01 Ciclo normal de dragado

Actividad	Tiempo
Rebose 25-30min	30 min
Succión 4,000 m ³ /(2x3 m ³ /s)+Rebose	41 min
Navegar con carga a la zona de depósito 4 millas náuticas/(0.50x13.6nudos) = 0.588 hrs	35 min
Bombeo a tierra 1.50x(T _{succión})	62 min
Tiempo de giro 20-25min	25 min
Navegar sin carga al puerto 4 millas náuticas/13.6nudos = 0.294 hrs	18 min
Total de ciclo de dragado 1.30x(41+35+62+25+18)min	235 min ~ 4.0 hrs

En este cálculo se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- La draga deberá tener dos tuberías de succión.
- La velocidad con carga representa el 50% de la velocidad sin carga.
- El tiempo de bombeo a tierra tiene un incremento del 50%.
- Un incremento del 30% en el ciclo de dragado, debido los periodos de espera o retrasos y desaceleraciones por el tráfico de las naves que entran y salen del puerto, las paralizaciones debido a pequeños objetos sumergidos.

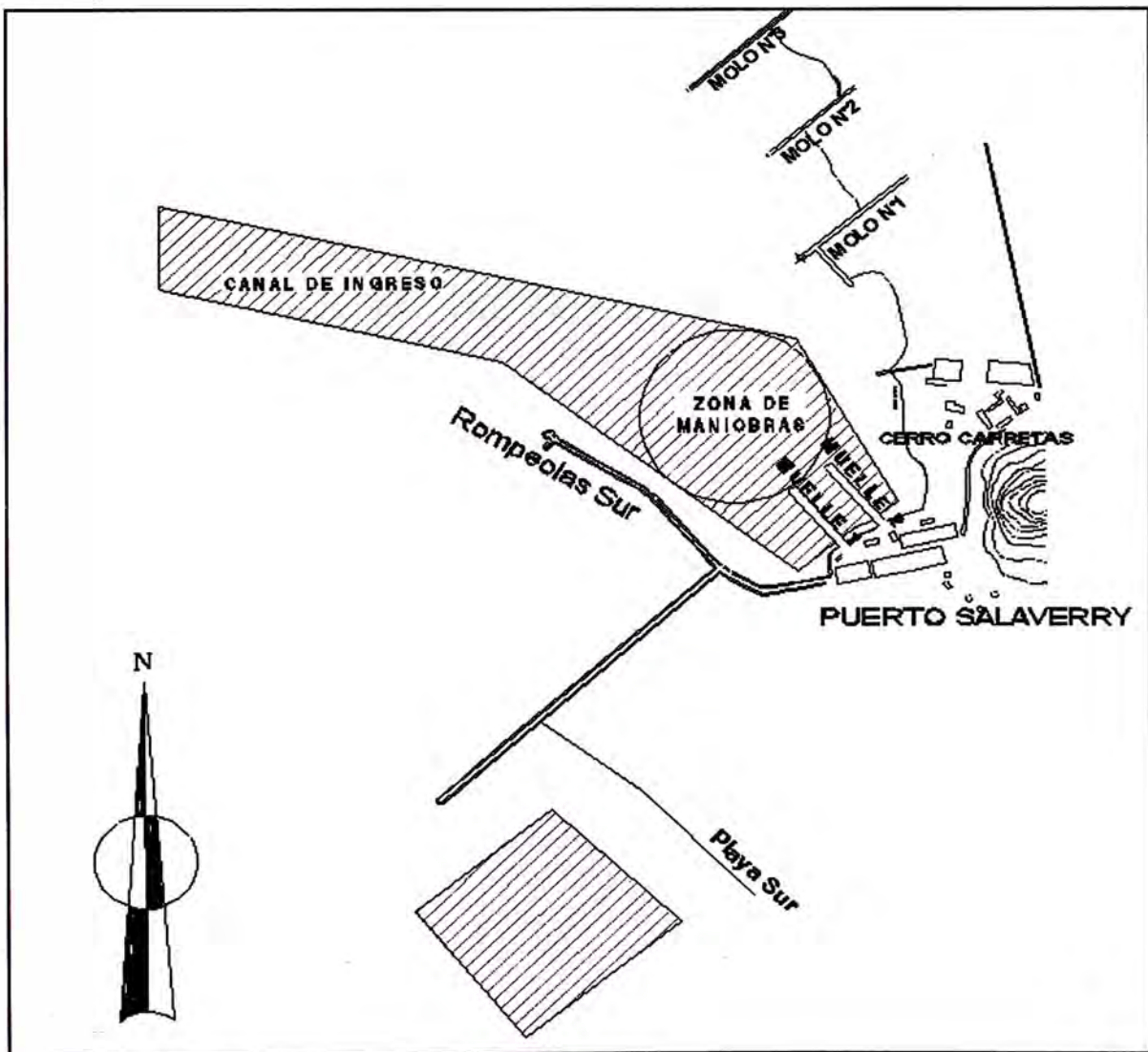
El dragado se realizará durante 6 días a la semana, 24 horas por día y se realiza el mantenimiento el sétimo día, con lo cual se obtiene 36 cargas de tolva por semana.

Considerando un 40% de la concentración de material en la tolva (sedimento), se obtiene 1,600 m³ de material por ciclo, por lo tanto producción semanal estará en el orden de 57,600m³.

3.4.7 Zonas a dragar

Las zonas a dragar son el canal de acceso y la zona de maniobras (Figura 3.06), para mantener operativo al puerto; y una zona en la parte sur del puerto. Actualmente el molo retenedor ya no es eficiente y por ello el dragado hasta la batimétrica -13 permitirá formar una trampa para el sedimento que se transporta de sur a norte.

Figura N° 3.06 Zona a dragar



3.4.8 Obstáculos submarinos

No hay garantía alguna con respecto a que las áreas de dragado estén libres de obstáculos submarinos. Si los objetos hundidos han sido identificados deben ser retirados antes de las operaciones de dragado. Puede haber una gran cantidad de elementos más pequeños como cadenas, cables, anclas y similares, los objetos mas pequeños pueden entorpecer la operación de dragado.

3.4.9 Monitoreo de datos de calidad de agua

Independientemente del método de dragado que se aplique se debe llevar a cabo el siguiente reconocimiento: Toma de muestras de agua y medición de materiales suspendidos en estas muestras en intervalos y ubicaciones que indique el ingeniero supervisor.

3.4.10 Monitoreo para detectar sedimentación

Se debe realizar un programa regular de monitoreo de sedimentos suspendidos para confirmar que éstos no se trasladen en una cantidad importante hacia las áreas que no serán dragadas.

3.4.11 Control de sedimentación e impactos ambientales

Durante el avance de la s obras de dragado y dependiendo del método que se aplique se debe asegurar respetar las restricciones y tomar las medidas apropiadas a fin de asegurar una mínima perturbación del entorno acuático circundante.

Se debe organizar una secuencia y métodos de dragado para asegurar que el contenido de sedimento suspendido del agua en cualquier posición a lo largo de la línea definida en la especificación cumpla con la licencia ambiental.

3.5 COSTOS

3.5.1 Consideraciones generales

Elegido el equipo y el procedimiento de trabajo se puede valorizar cada uno de los componentes y determinar cual es el costo de la obra. Esta determinación se realiza tanto en la etapa de proyecto de la obra para poder prever las partidas presupuestarias correspondientes, como en la etapa de presentación de propuestas por parte de los eventuales contratistas.

La determinación de costos se puede realizar una vez que se ha definido el equipamiento de dragado necesario para realizar la obra, o sea dragar los volúmenes solicitados en el plazo de obra. El aspecto mas importante de todo el proceso es determinar adecuadamente la producción del equipamiento a utilizar que es lo que va a determinar cuanto tiempo debo utilizar cada equipo.

Es importante hacer una diferencia entre “costo” de la obra de dragado y “precio” de la misma.

El costo de la obra de dragado es un valor objetivo que resulta de valorizar todos los ítems que son necesarios para la ejecución de la misma.

El precio del dragado es un valor que resulta de adicionar a los costos una serie de aspectos subjetivos y de oportunidad, por lo que para una misma obra, los costos son muy parecidos pero los precios pueden ser muy diferentes.

A los efectos de determinar el costo de la obra se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Movilización y desmovilización
- Costos de posesión
- Costos operativos

Para determinar el precio de la obra se deben agregar los siguientes conceptos

- Gastos Generales
- Riesgos

- **Beneficios**

El costo de las obras de dragado es muy dependiente del tiempo necesario para realizar las operaciones pues muchos de los componentes mas importantes del costo se valorizan por unidad de tiempo como son los costos de capital de los equipos, los costos asociados a personal y otros. Por ello la adecuada previsión en la ejecución de cada una de las tareas tiende principalmente a conocer con anticipación la real duración de las mismas y a evitar cualquier demora que pudiera producirse.

3.5.2 Precios unitarios

Se ha establecido o que se necesitará una draga de succión en macha de 4,000 m³. El mercado de dragado internacional es muy sui generis. Solo existen cuatro empresas grandes especializadas en dragado que en realidad se reparten casi el 100% del dragado en el mercado Internacional de libre competencia.

Por consiguiente los precios de dragado son precios de "oportunidad" y se establecen con base en la competencia que los contratistas estimen, el sitio donde tienen trabajando una draga adecuada para la obra en concurso y su disponibilidad y la cartera de contratos que tienen.

Por consiguiente los precios que se calculan a continuación deben considerarse como un ejercicio de tipo académico.

La metodología utilizada por los contratistas es de definir el costo de operación de una draga por semana. La semana es una unidad de medida en que se draga, se rota tripulación, se realiza el mantenimiento preventivo, se carga combustible y se avitualla.

Las empresas consideran para cada draga un número de semanas operativas al año y un número de semanas inoperativas, ya sea por entrada a dique, movilización entre un proyecto y el siguiente a semanas sin contrato.

Por otro lado para cada proyecto se estima la producción de la draga por semana, considerando el tipo de material a ser dragado y la distancia entre la zona de dragado y la zona de depósito para definir un ciclo óptimo de la draga, a este cálculo se le suman perdidas de tiempo, por ejemplo, por obstrucción a la navegación debido a barcos.

3.5.3 Cálculo del costo por metro cúbico de dragado

El cálculo del costo por metro cúbico de dragado se calcula según la Norma Técnica: "Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y la maquinaria del sector construcción".

Datos generales de la draga de arrastre por succión en marcha:

Valor de adquisición (Va)	= US\$ 75'000,000.00 (Sin I.G.V)
Vida económica útil (VEU)	= n =30años; 8,736 horas anuales = 262,080 horas
Valor de rescate (Vr)	= 20% del Va = US\$ 15'000,000.00
Potencia	= 16,280 HP
Capacidad de Cántara	= 4,000 m ³

Cálculo del costo horario de posesión:

El costo horario de posesión se determina sumando la depreciación más el interés de capital invertido más los impuestos, seguros y almacenaje.

- Costo horario de la depreciación

El costo horario de la depreciación se calcula de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}\text{Depreciación} &= \frac{Va - Vr}{VEU} = \frac{US\$ 75'000,000.00 - US\$ 15'000,000.00}{30\text{años}} \\ &= US\$ 2'000,000.00 / \text{año} \\ &= US\$ 2'000,000.00 / 8,736 \text{ horas} \\ &= US\$ 228.94 / \text{hora}\end{aligned}$$

- Costo horario del interés de capital invertido:

El costo horario del interés de capital invertido se calcula de la siguiente expresión:

$$\text{Interés de capital invertido} = \frac{\text{IMA} \times \%}{\text{N}^\circ \text{ de horas anuales}}$$

Previamente se calcula la inversión media anual (IMA):

$$\text{IMA} = \frac{V_a(n+1) + V_r(n-1)}{2 \times n} = \frac{\text{US\$ } 75'000,000.00(30+1) + \text{US\$ } 15'000,000.00(30-1)}{2 \times 30 \text{ años}}$$

$$\text{IMA} = \text{US\$ } 46'000,000.00 / \text{año}$$

Para el presente cálculo se usara como referencia la tasa en moneda extranjera (TAMEX) del mes de diciembre del año 2010 que fue de el 8.37%.

$$\begin{aligned} \text{Interés de capital invertido} &= \frac{\text{US\$ } 46'000,000.00 / \text{año} \times 0.0837}{8,736 \text{ horas}} \\ &= \text{US\$ } 440.73 / \text{hora} \end{aligned}$$

- Costo horario de los seguros, impuestos y almacenaje :

Para el presente cálculo se usara referencialmente las siguientes tasas promedios anuales de seguros, impuestos y almacenaje:

Seguros	:	2.5%
Impuestos	:	2.0%
Almacenaje	:	1.0%
Total	:	5.5%

La sumatoria de las tasas promedio se aplicara sobre la inversión media anual.

$$\begin{aligned} \text{Seguros, impuestos} &= \frac{\text{IMA} \times (\Sigma \text{ de tasas anuales})}{\text{N}^\circ \text{ de horas anuales}} \\ \text{y almacenaje} &= \frac{\text{US\$ } 46'000,000.00 / \text{año} \times .055}{8,736 \text{ horas}} \\ &= \text{US\$ } 289.61 / \text{hora} \end{aligned}$$

Obteniendo así el costo horario de posesión:

Depreciación	= US\$ 228.94 /hora
Interés	= US\$ 440.73 /hora
<u>Seguros, impuestos y almacenaje</u>	= US\$ 289.61 /hora
Total de costo horario de posesión	= US\$ 959.28 /hora

Cálculo del costo horario de operación:

El costo horario de posesión se determina sumando el mantenimiento y reparación más el combustible, lubricantes, etc. más mano de obra.

- Cálculo del costo de mantenimiento y reparación (CMR):

El cálculo del costo de mantenimiento y reparación se determina de la siguiente expresión:

CMR = Costo de mano de obra mantenimiento + Costo de reparaciones

Para calcular ambos costos se calcula previamente el costo de mantenimiento:

$$\begin{aligned}\text{Costo de mantenimiento} &= 90\% \times \text{Valor de adquisición} \\ &= 0.90 \times \text{US\$ } 75'000,000.00 \\ &= \text{US\$ } 67'500,000.00\end{aligned}$$

Calculando el costo de la mano de obra de mantenimiento:

$$\begin{aligned}\text{Costo M/O mantenimiento} &= 25\% \times \text{Costo de Mantenimiento} / \text{VEU} \\ &= 0.25 \times \text{US\$ } 67'500,000.00 / 262,080 \text{ horas} \\ &= \text{US\$ } 64.39 / \text{hora}\end{aligned}$$

Calculando el costo de reparaciones:

$$\begin{aligned}\text{Costo de reparaciones} &= 75\% \times \text{Costo de Mantenimiento} / \text{VEU} \\ &= 0.75 \times \text{US\$ } 67'500,000.00 / 262,080 \text{ horas} \\ &= \text{US\$ } 193.17 / \text{hora}\end{aligned}$$

CMR = Costo de mano de obra + Costo de reparaciones

$$\begin{aligned}\text{CMR} &= \text{US\$ } 64.39 / \text{hora} + \text{US\$ } 193.17 / \text{hora} \\ &= \text{US\$ } 257.56 / \text{hora}\end{aligned}$$

- Cálculo del costo de combustible y lubricantes:

Para el cálculo del costo de combustible y lubricantes, se calcula con la potencia total instalada trabajando a un 67% por un factor de consumo en galones de diesel por hora de 0.04, y multiplicado por el costo del galón. Para lubricantes se agrega un 5% más.

$$\begin{aligned}\text{Costo de combustible y lubricantes} &= 1.05 \times 0.67 \times \text{Pot. total (HP)} \times 0.04 \times \text{Costo diesel/gln} \\ &= 1.05 \times 0.67 \times 16,280 \times 0.04 \text{gln/hr} \times \$2.78/\text{gln} \\ &= \text{US\$ } 1,272.63 \text{ /hora}\end{aligned}$$

- Cálculo del costo de la mano de obra:

Para el cálculo del costo de la mano de obra se esta considerando un porcentaje referencial del valor de adquisición entre la vida económica útil.

$$\text{Costo de la mano de obra} = \text{US\$ } 220.00 \text{ /hora}$$

Obteniendo así el costo horario de operación:

$$\begin{aligned}\text{Mantenimiento y reparación} &= \text{US\$ } 257.56 \text{ /hora} \\ \text{Combustible, lubricantes, etc.} &= \text{US\$ } 1,272.63 \text{ /hora} \\ \underline{\text{Mano de obra}} &= \text{US\$ } 220.00 \text{ /hora} \\ \text{Total de costo horario de operación} &= \text{US\$ } 1,750.19 \text{ /hora}\end{aligned}$$

Cálculo del costo horario total:

El costo total horario se determina sumando el costo horario de posesión más costo horario de operación.

$$\begin{aligned}\text{Costo horario de la draga} &= \text{costo de posesión} + \text{costo de operación} \\ &= \text{US\$ } 959.28 \text{ /hora} + \text{US\$ } 1,750.19 \text{ /hora} \\ &= \text{US\$ } 2,709.47 \text{ /hora}\end{aligned}$$

Cálculo del costo por m³ de dragado:

Se considera una producción del 40% del volumen de la cántara. En un ciclo de dragado de 4 horas, la producción es de 1,600m³ de material (sedimento), por lo que la producción media horaria de la draga seria igual a 400m³ /hora

El costo por m³ de dragado se obtiene dividiendo el costo horario de la draga entre la producción media horaria:

$$\begin{aligned}\text{Costo por m}^3 \text{ de dragado} &= \frac{\text{US\$ 2'709,47 /hora}}{400\text{m}^3 \text{ /hora}} \\ &= \text{US\$ 6.77 /m}^3\end{aligned}$$

Luego se considera incrementar un porcentaje de 20% como costo de bombeo a la zona depósito mediante tuberías, con lo que se obtiene:

$$\text{Costo por m}^3 \text{ de dragado y bombeado} = 1.20 \times \text{US\$ 6.77 /m}^3$$

$$\text{Costo por m}^3 \text{ de dragado y bombeado} = \text{US\$ 8.13 /m}^3$$

3.4.3 Presupuesto de obra

Las partidas presupuestales sólo contemplan dos rubros principales, que son:

- Costo de movilización y desmovilización de la draga
- Costo de dragado por m³

Los equipos auxiliares tales como lancha para levantamientos batimétricos, ecosonda, equipo de posicionamiento, etc. son equipos estándar que vienen con la operación de dragado, son de responsabilidad del Contratista y no se requieren especificar.

A continuación se presenta un presupuesto de obra. El costo está constituido por la movilización y desmovilización de la draga y por el costo de dragado por m³ de material extraído.

El costo unitario por m³ es el que se ha calculado con anterioridad.

El precio esta dado en dólares porque en el Perú no existen estos equipos. Por ser precios internacionales, los gastos generales y la utilidad incluidos en el presupuesto.

Cuadro 3.2 Presupuesto estimado.

ITEM	PARTIDA	UND.	CANT.	P.U.	TOTAL
1.00	Movilización y desmovilización de Draga				
1.01	Movilización y desmovilización de TSHD (4,000m3)	und	1.00	1'500,000.00	1'500,000.00
2.00	Dragado				
2.01	Dragado de material aren-fango (MLWS -9 hasta aproximadamente MLWS-14) y descarga con bombeo	m3	4'000,000.00	6.77	27'080,000.00
3.00	Ayudas a la navegación				
3.01	Suministro e instalación de boyas de navegación	und	8.00	10,000.00	80,000.00
COSTO DIRECTO					28'660,000.00
GASTOS GENERALES 10%					2'866,000.00
SUB TOTAL					31'526,000.00
IGV 19%					5'989,940.00
PRESUPUESTO GENERAL					\$ 37'515,940.00

CONCLUSIONES

- El arenamiento que se produce en el puerto Salaverry hace necesario un permanente dragado para mantener las condiciones operativas del puerto.
- Mediante estudios se realizados se ha determindo que el norte del puerto, en la zona denominada Las Delicias y Buenos Aires, se ha producido un retroceso de la línea de la costa por falta de aporte de sedimentos retenidos por el rompeolas y el molo retenedor de arena.
- En el Perú la construcción de puertos no son obras muy comunes, y las zonas con abrigo natural ideales para construcción de un puerto son muy pocas. Por ello el estudio y evaluación para la construcción de un puerto son muy importantes para no alterar el equilibrio de la costa.
- La construcción de obras de abrigo en el puerto de Salaverry se diseñaron para mantener operativo al puerto, pero estas estructuras han alterando el equilibrio de transporte de sedimentos.
- El aspecto principal del conocimiento de las características de los materiales a dragar es que permite realizar una adecuada selección del equipo de dragado a utilizar, los rendimientos que se van a tener con cada tipo de draga y por lo tanto es un aspecto decisivo para la definición de los costos de dragado.
- Para restablecer el régimen del transporte de sedimentos en la costa norte, como existía antes de la construcción del rompeolas, y además resolver el problema de arenamiento en el puerto es necesario realizar el dragado del puerto Salaverry y bombeo del material dragado a la zona erosionada.
- Para el proyecto se ha seleccionado una draga de arrastre y succión en marcha con capacidad de cántara de 4,000m³.

- El proyecto considera un dragado de 4'000,000 m³ y tomando en cuenta que la producción semanal es de 57,600m³, el proyecto tendría un tiempo de duración de 69.5 semanas.
- Se ha determinado que el costo por metro cúbico de material dragado y bombeado es de US\$ 6.77 con la draga seleccionada, lo cual esta dentro de los costos de mercado en el Perú.
- El presupuesto del proyecto "Dragado del Puerto Salaverry y bombeo del material dragado a la zona de erosión" es de US\$ 37,515,940.00.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda un motitoreo constante del puerto, a fin de recopilar la información necesaria para desarrollar las soluciones a los problemas de de arenamiento y erosión.
- Se debe de prohibir todo tipo de construcciones que produzcan daños en el perfil costero.
- En el proceso de selección de la draga se tiene que considerar el tamaño, el calado y la eslora, ya estas condiciones están relacionados con el tiempo y la operación de dragado.
- El tiempo de navegación y el tiempo de bombeo, es decir el denominado ciclo de dragado se debe optimizar para las condiciones de Salaverry, para que la producción sea la óptima.
- Es necesario realizar un monitoreo de regular de la calidad de agua y la sedimentación a fin de evitar la perturbación del medio acuático circundante.
- Se recomienda realizar el dragado del Puerto Salaverry y bombeo del material dragado a la zona erosionada permanentemente. Se resolverá con ello el problema de arenamiento y mitigar la erosión de la costa norte.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gutiérrez B, Roberto./ Moor V., Ronald; ENAPU; Perú 1977
- [2] Gobierno Regional de la Libertad; Informe Técnico N° 017-2010-GR-LL/CR Estudio para la prevención de Desastre en el Ámbito Trujillo Mar; La Libertad – Perú 2010
- [3] Maldonado Contreras, Hugo; Determinación del Impacto Erosivo en el Litoral por la Construcción del Puerto Salaverry y el Molo Retenedor de Arena, desarrollando un Estudio de Erosión; Tesis (Mg.) Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Ambiental; Lima – Perú 2009
- [4] Gobierno Regional de la Libertad; Acuerdo Regional N° 087-2010-GR-LL/CR “Declarar en Situación de Emergencia el Litoral Costero de la Provincia de Trujillo”; La Libertad – Perú 2010
- [5] Escalante S., Raúl; Cátedra Ingeniería de Dragado; Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria; Argentina 2007; <http://www.graduadosportuaria.com.ar/>
- [6] Martínez Barrón, Jesús/ Salamanca Mora, Alberto; Tesis - Instituto Politécnico Nacional; México 2008; <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/324/1/FINAL.pdf>
- [7] Macdonel Martínez, Guillermo/ Pindter Vega, Julio/ Herrejón de la Torre, Luis/ Pizá Ortiz, Juan/ López Gutiérrez, Héctor; Ingeniería Marítima y Portuaria; Ediciones Alfaomega; México 1999
- [8] Apuntes de clase del Curso de Titulación Profesional 2010-II Modalidad de Actualización de Conocimientos - Planificación y diseño de Obras Portuarias

ANEXOS

ANEXO N° 01

BUQUE DRAGA (B/D) MARINERO RIVAS

Esta Draga de arrastre y succión con tolva llegó al Perú a fines del año 1973. Fue diseñada y fabricada por la compañía holandesa IHC, luego de un estudio de las necesidades de Dragado del Perú, realizado por la firma Holandesa Nedeco.

Ficha Técnica:

Motores Principales (2)

- Marca: Blackstone; Tipo EZSL 8M.
- Potencia: 1,250 HP.
- Velocidad: 1,000 RPM.

Motor de la Bomba de Dragado.

- Marca: Blackstone; Tipo ESL.GMK2.
- Potencia 1,329 HP.
- Velocidad: 1000 RPM.

Bomba de Dragado.

- Marca: IHC SMITH; Tipo Standard.
- Capacidad: 1,750 Lt/Seg. (6,300m³/hora)
- Velocidad: 292 RPM.
- Altura de descarga: 19 m columna de agua.
- Diámetro externo impelente: 1,395 mm.
- Diámetro tubería de salida de la bomba: 650 mm (sale con 550)
- Diámetro tubería de entrada a la bomba: 700 mm.

Grupos Electrógenos (2)

- Marca: General Motors.
- Modelo: 6-71 en línea 1063-7005.
- Potencia: 228 BHP
- Velocidad: 2100 RPM

- Alternador: Delco, modelo 426403, Pot.125 KW, 60 HZ, 440V.

Motor de Emergencia B/hidráulica.

- Marca: Lister; Tipo HR3MA.
- Potencia: 37.5 HP.
- Velocidad: 1800 RPM.

Casco del Buque-Draga:

- Eslora total: 67.75 m
- Eslora entre perpendiculares: 61.92 m
- Manga: 13 m
- Puntal: 6.3 m
- Calado cargado: 5.82 m

Profundidad de Dragado.

- 22 m.

Capacidad de Cántara.

- 1,600 m³ (2,560 Ton)

ANEXO N° 02

DRAGA "GRUMETE ARCINIEGA"

Se trata de una draga de corte y succión con línea de descarga, su construcción y el entrenamiento de la tripulación se dieron en el año 1993; Fue fabricada en SIMA-CALLAO con insumos importados bajo la dirección de la compañía DAMEN de Holanda.

Ficha Técnica:

- Eslora total: 36.0 m
- Eslora sin elinda: 23.0 m
- Ancho total: 8.45 m
- Puntal: 2.3 m
- Calado aproximado: 1.7 m
- Prof. de Dragado (45°): 12.0 m
- Diámetro del tubo de succión: 0.5 m
- Diámetro del tubo de descarga: 0.5 m
- Potencia del motor de la bomba de Dragado: 775 HP
- Potencia del motor auxiliar: 380 HP
- Capacidad de combustible: 56.7 m³
- Capacidad de agua dulce: 6.0 m³
- Caudal: 2,800 m³/hora
- Potencia del cortador (motor hidráulico): 150 HP en el eje.
- Cabezales de corte para suelos medio duros, suaves y conglomerado.

ANEXO N° 03

VOLUMENES DRAGADOS CON EQUIPOS DE ENAPU

PERIODO 1990 - 2007

(Vol. en M3)

AÑO	B/D MARINERO RIVAS			D GRUMETE ARCINIEGA				B/D MAR LANDA		
	CALLAO	SALAVERRY	CHIMBOTE	CALLAO	SALAVERRY	CHIMBOTE	PAITA	CALLAO	SALAVERRY	PAITA
1990	182,500							6,760		
1991	112,031	472,854						23,907		
1992	506,796							34,048		
1993	325,678	535,684		21,162				9,452	25,590	47,154
1994	14,011	625,997		60,637					70,594	
1995	101,326	737,923		36,007						
1996		964,370		15,725						
1997	46,649	766,834					28,847			
1998		974,969			100,471		106,475			
1999	44,264	1,126,100			196,168					
2000	68,972	1,630,999		40,665	49,316					
2001		1,761,988		40,022						
2002	214,637				136,667					
2003		1,322,174			158,397					
2004		1,330,378			173,661					
2005	200,300	468,898	53,496	73,053		94,261				
2006	25,067	1,220,264		141,356						
2007		1,586,941			154,821					
Total	1,842,231	15,526,373	53,496	428,627	969,501	94,261	135,322	74,167	96,184	47,154
TOTAL POR DRAGA:		17,422,100			1,627,711				217,505	
TOTAL GENERAL:					19,267,316					

FUENTE: Registros de ENAPU S.A.

ANEXO N° 04

INFORME TECNICO N° 017 - 2010 - MPT / PLANDET

De: Arq. Guillermo Malca Orbegozo
Gerente del PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL
Asunto: Estudios para Prevención de Desastre en el Ámbito de
Fecha: Trujillo, 14 de Julio de 2010

I. ANTECEDENTES:

- 1.1. Mediante Oficio N° 230-2010-MPT-PLANDET del 15 de Marzo de 2010, se remitió a los Sres. Regidores de la Municipalidad Provincial de Trujillo, el Informe N° 004-2010-PLANDET-MPT por el cual se pone a su conocimiento el Proyecto de Desarrollo Integral del Frente Marítimo y Zonas del Litoral de los Valles de Chicama – Moche – Virú denominado "Trujillo Mar".
- 1.2. En dicho proyecto se informa sobre la problemática de la franja costera como son entre otras: la Erosión Costera, Empantanamiento, la Contaminación Ambiental, etc.
- 1.3. A manera de antecedentes se menciona que en el lapso de 58 años (periodo 1942-2000) se ha perdido un aproximado de 110 metros lineales de playa en el centro poblado Las Delicias (Sector El Triángulo), como referencia para caracterizar esta problemática en nuestro ámbito provincial. El estudio de Sedimentación de Salaverry (Pro Inversión – APN, 2008), define la erosión costera como un problema que se originó cuando se trató de dar solución a la SEDIMENTACION producida en el Puerto de Salaverry. Las acciones que propiciaron la erosión son las siguientes:
 - Se construye rompeolas, para brindar condiciones de operatividad al Puerto lo cual origina una (Sedimentación alrededor de 1'000 m3 (sur) y de erosión (norte)
 - Se construyen 3 espigones lado norte a fin de detener la erosión que involucra el recinto portuario.
 - Aún cuando se han ejecutado estas acciones la sedimentación continua y la erosión avanza (Las Delicias – Buenos Aires), lo cual originó la reubicación de la vía de acceso al puerto, la construcción del enrocado en las Delicias y espigón corto para detener el proceso de erosión en este sector.
- 1.4. En el año 2008, Pro Inversión elaboró el Estudio de Sedimentación en Salaverry, en el cual se advierte que si no se toma medidas de ningún tipo para contrarrestar los efectos de la sedimentación, en el año 2024 la costa del balneario Las Delicias retrocederá 150 ml y en Buenos Aires 100 mi.
- 1.5. Con Acuerdo de Concejo N° 165-2010-MPT, de fecha 01 de Junio de 2010, el Concejo de la Municipalidad Provincial de Trujillo, acuerda declarar en Situación de Emergencia a las playas de esta Provincia, especialmente en Buenos Aires y las Delicias, debido a la erosión costera.

II. ANÁLISIS:

- La Provincia de Trujillo tiene un grave problema costero ocasionado la sedimentación y arenamiento lo que ha colocado en situación de emergencia a los balnearios de Las Delicias y Buenos Aires. Que, la empresa Danesa SKAGEN INNOVATION CENTER ha desarrollado un sistema de control de la erosión basado en módulos equalizadores de presión, quienes desarrollarán un pre-estudio a nivel de perfil del proyecto: CONTROL DE LA EROSIÓN Y REGENERACION DE PLAYAS DE LA COSTA MOCHE DE TRUJILLO a fin de darnos a conocer los beneficios del sistema SIC en su aplicación al problema de erosión de la zona costera de la Provincia de Trujillo.
- 2.3 El SIC es tan innovador como ecológico, amigable con el medio ambiente, económico, fácil de ejecutarse, fácil de construir y está a disposición del mundo desde aproximadamente 10 años, en Latinoamérica aún no hay ninguna experiencia. El sistema funciona mediante tubos con características especiales en la composición del acero que se colocan bajo la arena en forma vertical, equaliza la presión del agua que existe en la arena húmeda y son colocados en fila en dirección perpendicular al mar y luego en forma horizontal hasta cubrir un manto de playa que se quiera recuperar, desarrollándose de la siguiente manera: al caer la arena sobre la orilla, el agua baja con más rapidez, regresa a la costa por debajo de la tierra y la arena va quedando encima, se barre como un colador, como una especie de filtro.

III. **CONCLUSIONES:**

- 3.1 Dada la necesidad de atender la emergencia de los maretaños que vienen disminuyendo las playas y amenazando a la población costera de los Distritos de Moche, Víctor Larco y Huanchaco , la Gerencia del PLANDET recomienda la URGENTE E INMEDIATA contratación de la empresa señalada para que inicie los estudios indicados.

Es todo cuanto tengo que informar para los fines pertinentes.

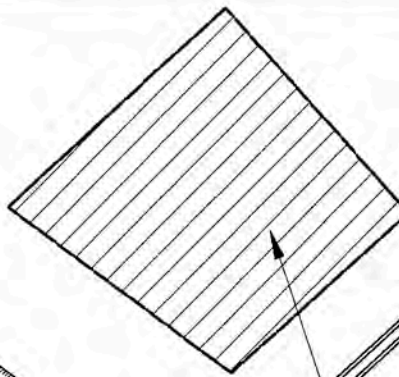
Atentamente



N

PLAYA SUR

MOLO RETENEDOR



N 9'090,000.00

FARO MORRO CARRETAS

MORRO CARRETAS

ZONA DE DRAGADO
A aprox = 870,872 m²
V aprox = 4' 000,000 m³

MUELLE 1
MUELLE 2

ZONA DE MANIOBRAS

F.R.S. (Faro Rompeolas Sur)

CANAL DE INGRESO

N 9'089,000.00

SALAVERRY

BS

FIESTA (MOLO 1)

MOLO N°1

BN

MOLO N°2

MOLO N°3

Entracado

E 722,000.00

E 723,000.00

E 722,000.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: Dragado del Puerto de Salaverry y bombeo del material dragado a la zona de erosión

PLANO: 1

PLANO: Ubicación de la zona de dragado

BACHILLER: Luz María Chileno Morán

Grupo: 01

FECHA: FEB-2011

ESCALA: 1/10,000