UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCARGA DE LA DRAGA A LA ZONA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS AL NORTE DEL PUERTO SALAVERRY

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ERVIN HANS ESCOBAR AGUILAR

Lima - Perú

2011

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Irma y Edwin, que son el motor que me permite seguir creciendo, al Ing. Teodoro Martínez por su ejemplo de profesionalismo e integridad, a Yhensy por su apoyo y comprensión, y todas las personas que me dieron palabras de aliento y apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN

LISTA DE TABLAS **II**

LISTA DE FIGURAS **II**

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS **IV**

INTRODUCCIÓN **VI**

CAPITULO 1: ASPECTOS GENERALES **1**

1.1. ANTECEDENTES 1

1.2. OBJETIVOS 9

1.2.1. Objetivo General 9

1.2.2. Objetivos Específicos 9

1.3. UBICACIÓN 9

1.4. DESCRIPCIÓN Y ANALISIS 10

CAPITULO 2: CÁLCULOS HIDRÁULICOS **14**

2.1. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN 14

2.1.1. Oleaje 14

2.1.2. Mareas 22

2.1.3. Vientos 23

2.1.4. Corrientes Marinas 24

2.1.5. Corriente Inducida por el Oleaje 25

2.1.6. Configuración del Fondo Marino 26

2.1.7. Sedimentos del Fondo Marino 26

2.2. CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 29

2.2.1. Fórmulas de Bijker 29

2.2.2. Cálculo de la Altura y Profundidad de la Rompiente 29

2.2.3. Cálculo de la Longitud de Ola y Coeficiente de Shoaling 30

2.2.4. Cálculo de la Velocidad Inducida por el Oleaje 31

2.2.5. Cálculo del Transporte de Sedimentos de Fondo 32

2.2.6. Cálculo del Transporte de Sedimentos en Suspensión 33

2.2.7. Cálculo del Transporte de Sedimentos Total 33

2.3. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE DESCARGA 34

2.3.1. Batimétrica del punto de Acoplamiento y Descarga 34

2.3.2. Ubicación del punto de Acoplamiento y Descarga 35

CAPITULO 3: PARÁMETROS DE DISEÑO 36

3.1. ELECCION DEL TIPO DE TUBERÍA 36

3.1.1. Tubería de Polietileno HDPE 36

3.1.2. Ventajas y Desventajas de las tuberías HDPE 37

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA 38

3.2.1. Selección del diámetro de la tubería 38

3.2.2. Selección de la Razón de Dimensión Estándar de la Tubería (SDR) 39

3.3. ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DESCARGA 41

3.3.1. Anclajes 41

3.3.2. Boyarines de Marca e Izado 44

3.3.3. Acoplamiento y Válvula 46

CONCLUSIONES 48

RECOMENDACIONES 49

BIBLIOGRAFIA 50

ANEXOS

Anexo N° 1 – Dragas de succión y arrastre TSHD con capacidad de 2,400 m3.

Anexo N° 2 – Especificaciones de la Válvula de Cierre Rápido (Camlock Coupling) y la Válvula de Mariposa (Butterfly Valvue)

PLANOS

Plano IS-HEA-0111-01 – Planta y Corte del Sistema de Descarga

Plano IS-HEA-0111-02 – Boyarines de Izado y Marca

RESUMEN

En la costa norte del país no existen zonas con abrigo natural para el emplazamiento de determinadas obras como puertos. Por el contrario la costa es abierta, lo que hace que el fenómeno de transporte de sedimentos sea un punto importante cuando se trate de construir estructuras sobre el litoral.

Las obras de abrigo construidas para facilitar las operaciones portuarias del Puerto de Salaverry originaron erosión de las playas al norte del puerto, pues los sedimentos eran retenidos por el rompeolas y el espigón retenedor de arena, alterando así las condiciones de disponibilidad de sedimentos y produciendo la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano.

El presente informe tiene como objetivo general la ubicación del sistema de descarga, desde la draga a la zona de mayor capacidad de transporte de sedimentos, para transportar el material dragado en el Puerto de Salaverry a la costa norte, mitigando así la erosión producida por las obras de abrigo.

Para lograrlo se realizan los cálculos de los parámetros de hidráulica marítima y se obtiene la curva "Transporte de sedimentos vs Profundidad de rompiente". Esta curva fundamentalmente indica la zona donde se ubica la profundidad a la cual se presenta la mayor capacidad de transporte de sedimentos en la rompiente, y ésta se produce en la batimétrica -2.90 m, profundidad a la cual se ubica el punto de descarga del sistema.

Entonces, una vez definida la batimetría del punto de descarga, se define la profundidad a la cual se debe ubicar el punto de acoplamiento de la draga al sistema de descarga, en base a la curva "Transporte de sedimentos vs Profundidad de rompiente" y la batimetría de la zona en estudio, siendo esta la batimétrica -6.50 m. Por tanto el sistema de descarga tendrá un longitud de 293.80 m.

Según los registros históricos de ENAPU el dragado del Puerto de Salaverry es de 1'037,003.63 m^3/año, y la capacidad de transporte de sedimentos en la zona de estudio es de 757,167.63 m^3/año, por tanto se dispone de material suficiente para mitigar la erosión de la costa norte producida por la acumulación de sedimentos retenidos por el rompeolas y el espigón retenedor de arena del Puerto de Salaverry.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Volúmenes dragados con equipo de ENAPU 11

Tabla 1.2: Condiciones naturales del Puerto de Salaverry 12

Tabla 2.1: Alturas aguas profundas y coeficientes de refracción 29

Tabla 2.2: Cálculo de la altura en la rompiente 30

Tabla 2.3: Cálculo de la profundidad de rompiente 30

Tabla 2.4: Cálculo de la longitud de la ola 31

Tabla 2.5: Cálculo del coeficiente de Shoaling 31

Tabla 2.6: Cálculo de la velocidad inducida por el oleaje 32

Tabla 2.7: Cálculo del transporte de sedimentos de fondo 32

Tabla 2.8: Cálculo del transporte de sedimentos en suspensión 33

Tabla 2.9: Cálculo del transporte de sedimentos totales 34

Tabla 3.1: Especificaciones Técnicas PE 100 36

Tabla 3.2: Especificaciones Técnicas PE 180 37

Tabla 3.3: Rangos de velocidad de flujo 39

Tabla 3.4: Dimensiones de Tuberías HDPE – Grado PE 80 40

Tabla 3.5: Descripción del boyarín 45

Tabla 3.6: Descripción de la luz del boyarín 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Marinero Rivas - Equipo de dragado de Salaverry 2

Figura 1.2: Planteamiento del Sistema de Bypass 3

Figura 1.3: Molo retenedor de arena del puerto de Salaverry 4

Figura 1.4: Proceso morfológico en el Puerto Salaverry 4

Figura 1.5: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1978 5

Figura 1.6: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1988 5

Figura 1.7: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1999 6

Figura 1.8: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 2008 6

Figura 1.9: Evolución de la sedimentación al sur del Puerto de Salaverry. 7

Figura 1.10: Balneario de Las Delicias en el año 1942 7

Figura 1.11: Balneario de Las Delicias en el año 2000 8

Figura 1.12: Proyección de la erosión en Las Delicias para el año 2024 8

Figura 1.13: Proyección de la erosión en Buenos Aires para el año 2024 9

Figura 1.14: Ubicación del Sistema de Descarga 10

Figura 1.15: Draga THSD (Trailing Suction Hopper Dredger) 12

Figura 1.16: Draga acoplada al Sistema de Descarga 13

Figura 2.1: El perfil de una ola regular 14

Figura 2.2: Desplazamientos orbitales de las partículas 15

Figura 2.3: Clasificación del oleaje según el periodo T 16

Figura 2.4: Macro distribución de oleaje para Salaverry 18

Figura 2.5: Características de la onda progresiva, Teoría lineal (Airy) 20

Figura 2.6: Esquema de un Perfil de Playa 20

Figura 2.7: Altura de la rompiente y su clasificación, según CERC 21

Figura 2.8: Profundidad en la rompiente, según CERC. 22

Figura 2.9: Grafico de mareas en Salaverry 23

Figura 2.10: Prom. mensual multianual del viento prevaleciente 23

Figura 2.11: Modelo de Rosa de Vientos 24

Figura 2.12: Corriente de Humboldt 24

Figura 2.13: Parámetros del transporte de sedimentos en suspensión 28

Figura 2.14: Capacidad de Transporte de Sedimentos en la Rompiente 35

Figura 3.1: Tramo máximo entre anclajes de concreto para tuberías HDPE 42

Figura 3.2: Anclajes de concreto para tuberías submarinas de HDPE 44

Figura 3.3: Boyarín de marca 46

Figura 3.4: Válvula Camlock 47

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

A : Parámetro del transporte de sedimentos en suspensión.

a_b : Máxima amplitud orbital en el fondo.

B : Parámetro adimensional determinado en 1977, con un valor de 5

C : Coeficiente de Chezy.

c_0 : Celeridad de la ola en aguas profundas, en m/seg.

d : Profundidad de ola, en m.

d_0 : Profundidad de ola en aguas profundas, en m.

d_b : Profundidad de ola en la zona de rompiente, en m.

D : Diámetro medio de la partícula de sedimento

D_{50} : Diámetro representativo del sedimento del 50% que pasa.

D_{90} : Diámetro representativo del sedimento del 90% que pasa.

f_w : Parámetro adimensional de fricción.

g : Gravedad, en m/seg^2.

H_0 : Altura de la ola en aguas profundas, en m.

H : Altura del oleaje en un punto de la costa, en m.

H_b : Altura de la ola en la zona de rompiente, en m.

H_S : Altura significativa de ola, en m.

K_r : Coeficiente de refracción.

K_{r1} : Coeficiente de refracción en aguas profundas.

K_{r2} : Coeficiente de refracción en aguas intermedias.

K_{r3} : Coeficiente de refracción en aguas poco profundas.

K_S : Coeficiente de bajos (shoaling).

k´ : Constante adimensional de Von Karman ≈ 0.40.

K : Número de ola.

m : Pendiente de la playa.

L : Longitud de la ola, en m.

L_0 : Longitud de la ola en aguas profundas, en m.

L_r : Longitud de la ola en la zona de rompiente, en m.

r : Rugosidad del fondo a lo largo de la playa.

Q : Parámetro de Transporte litoral.

S_b : Transporte de sedimentos de fondo, en m^3/año/m.

S_s : Transporte de sedimentos en suspensión, en m^3/año/m.

S' : Transporte de sedimentos total, en m^3/año/m.

S_{Total} : Transporte de sedimentos total, en m^3/año.

T : Periodo de las olas, en seg.

TSHD : Trailing Suction Hopper Dredgers.

HDPE : High Density Polyethylene (Polietileno de alta densidad).

u_b : Máxima velocidad orbital en el fondo, en m/seg.

μ : Factor de rizos.

μ : viscosidad dinámica del agua

V : Velocidad de la corriente inducida por el oleaje, en m/seg.

W : Velocidad de caída de la partícula de diámetro D del sedimento.

Z^* : Parámetro del transporte de sedimentos en suspensión.

Ø : Ángulo formado por la cresta de la ola y la batimétrica.

$Ø_0$: Ángulo formado por la cresta de ola y batimétrica en aguas profundas.

γ_b : Índice de rompiente.

Δ : Densidad relativa.

ρ_s : Densidad del sedimento.

ρ : Densidad del agua.

τ_c : Cortante de fondo.

INTRODUCCIÓN

Luego de la construcción del Puerto de Salaverry, alrededor del año 1964 empezó el arenamiento hacia el interior del puerto, produciendo pérdida de calado e incremento del oleaje, dificultando así las operaciones portuarias. Por tal motivo en 1973 se construyo el espigón en el cabezo del rompeolas con una longitud inicial de 130 m, la misma que fue incrementándose con el paso del tiempo pues no se lograba dar una solución definitiva al problema de arenamiento y oleaje.

Estas estructuras bloquearon los sedimentos que alimentaban las playas hacia el norte y, sin estos aportes, estas han sufrido un retroceso del perfil costero. Como resultado se tiene que al sur del rompeolas se ha producido sedimentación lo que ha permitido un crecimiento de playa, y al norte se ha producido erosión con pérdida de la línea costera.

El presente Informe de Suficiencia tiene como objetivo ubicar el sistema de descarga de la draga a la zona con mayor capacidad de transporte de sedimentos, ubicando el punto de acoplamiento y el punto de descarga, y también definir los parámetros para el diseño del sistema de descarga. Con la finalidad de descargar el material dragado del Puerto de Salaverry en la costa norte, para mitigar la erosión del perfil costero.

El informe comprende tres capítulos, en el primer capítulo se indican los antecedentes que originaron la situación actual, la descripción general del sistema de descarga, y los objetivos del informe.

En el segundo capítulo denominado Cálculos Hidráulicos; se desarrollan y plasman los conceptos básicos respecto a hidráulica marítima, se realizan los cálculos para obtener el transporte de sedimentos en la zona de rompiente, y con el análisis de los resultados ubicar el sistema de descarga.

Finalmente en el tercer capítulo se describen los parámetros a considerar para el diseño del sistema de descarga (anclajes, boyarines de marca, boyarín de izado, etc.)

La referencia bibliográfica utilizada se identifica entre corchetes [ ] y se señala al final del informe.

CAPITULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

El inicio de la construcción del rompeolas principal del Puerto de Salaverry en 1956 se comenzó a obstruir el transporte de sedimentos. Debido a que la costa norte es una zona abierta y no existen zonas de abrigo natural para el emplazamiento de obras portuarias, lo que hace que el fenómeno de transporte de sedimentos sea un punto importante cuanto se trate de construir estructuras sobre el litoral.

Una vez colmatada la capacidad de almacenaje de arena al sur del rompeolas, la arena comenzó a pasar delante de él, depositándose en el extremo interior del mismo. Este ingreso aumentaba paulatinamente hasta alcanzar la magnitud del transporte de los sedimentos existentes antes de la construcción del puerto.

En consecuencia al ingreso de sedimentos al puerto se efectuó en 1970 un primer dragado de emergencia con la draga Oficial Mar Landa permitiendo que el puerto continuara funcionando, en 1971 se efectuó un segundo dragado de emergencia con la misma draga con el fin de mantener limpio el canal de emergencia abierto en la primera oportunidad.

En vista de la incapacidad del equipo existente para habilitar totalmente el canal de ingreso, zona de maniobras y amarraderos, es que el 1972 se decide efectuar un dragado integral con el alquiler a la empresa Drading VO2 de la draga Volvox-Hollandia de 6,000 m3 de capacidad de cántara.

De las experiencias descritas sirvieron para tomar la decisión de adquirir una draga de succión por arrastre con tolva de 1,600 m^3 de capacidad, denominada Marinero Rivas que llegó recién 2 años más tarde en 1974, mientras tanto no se pudieron efectuar los dragados de mantenimiento que se habían programado posteriores al dragado integral por falta del equipo apropiado, procediéndose por lo tanto en 1973 a la construcción de un espigón de 300 m de largo, perpendicular al rompeolas en la zona del cabezo, con la finalidad de que retuviera o disminuyera el ingreso de arena al puerto, dando tiempo así, a la llegada de la draga nueva.

Figura 1.1: Marinero Rivas - Equipo de dragado de Salaverry

Fuente: Vease [11]

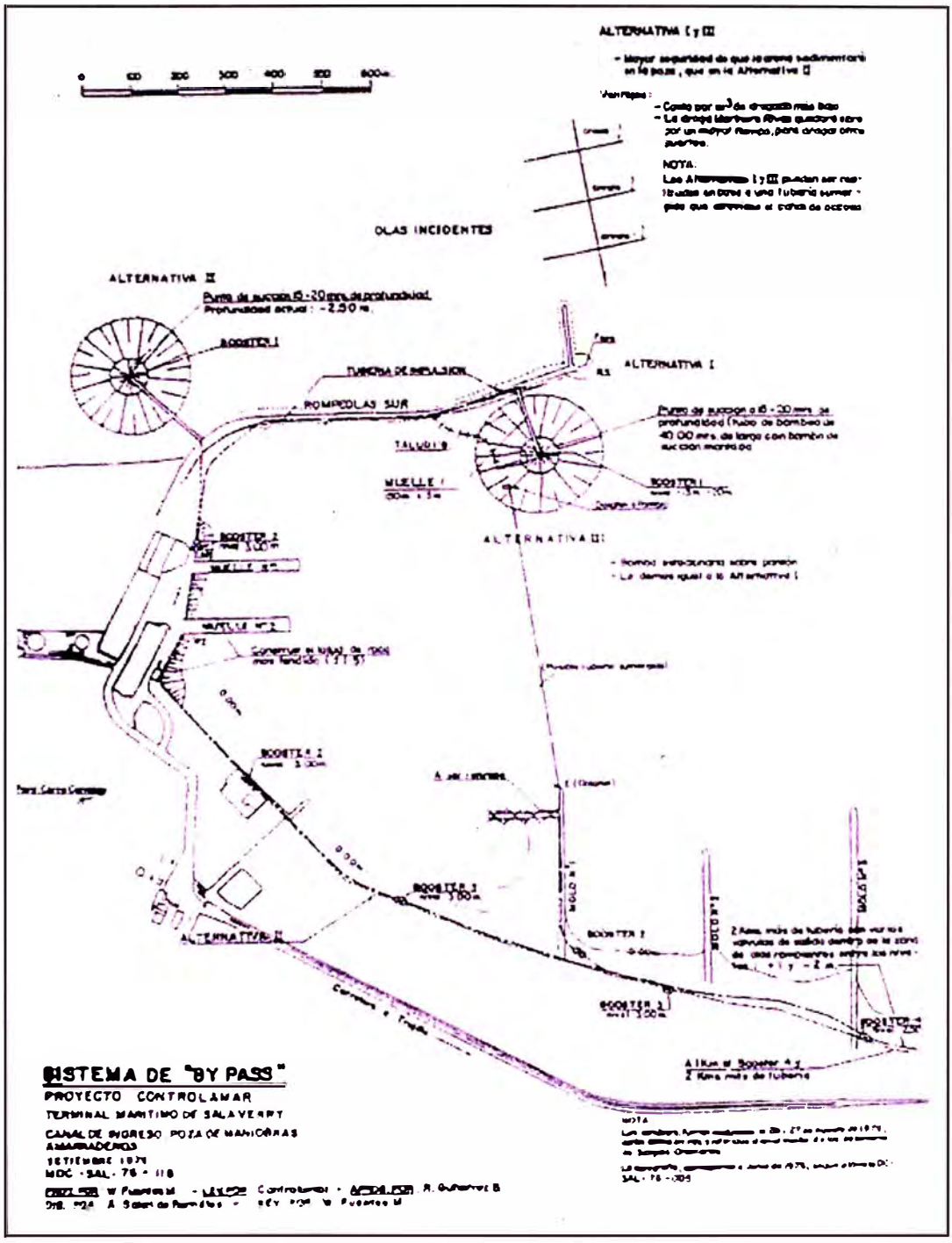
La draga Marinero Rivas con sus 1,600 m^3 de capacidad de cántara, podria haber resuelto el problema del dragado de mantenimiento posterior en el puerto, a no ser por el hecho de que en las mejores condiciones de carga de su cántara, apenas lograba el 15.0% de material en la mezcla con el agua debido a la fineza de la arena, lo que origina que sea casi imposible su decantación, véase [6].

De lo que se concluyó en ese entonces que el hecho de aumentar la capacidad de dragado de las dragas no solucionaria el problema del pobre rendimiento del equipo, ya que el tipo de material del fondo es el que hace que este sistema de dragado no sea el de mayor eficiencia.

Como consecuencia de las mediciones efectuadas hasta 1977 se concluyó que para restablecer el régimen de transporte de la arena a lo largo del litoral como existia antes de la construcción del rompeolas, lo indicado seria la instalación de un sistema de Bypass de arena entre la zona donde éste se acumula hasta la zona erosionada.

Por lo que se recomendó aquel entonces la ejecución de un estudio definitivo para el diseño de un sistema de Bypass de arena que a mediano plazo daria solución al problema, proyecto realizado por la compañia Controlamar. En la Figura 1.2 se ilustra el planteamiento del sistema de Bypass de arena con tres alternativas diferentes para la succión de material a bombear.

Figura 1.2: Planteamiento del Sistema de Bypass



Fuente: Véase [6]

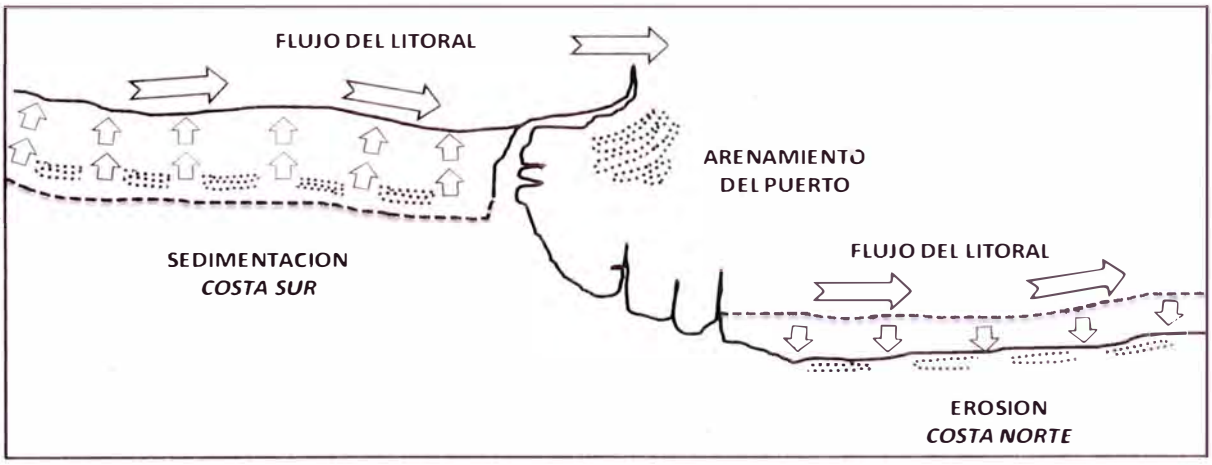
Por lo tanto con el inicio de la construcción de obras de abrigo para facilitar las operaciones en el Puerto de Salaverry, y luego con la construcción del molo retenedor de arena en el cabezo del rompeolas se produjo la obstrucción del transporte natural de sedimentos, que antes se encontraba en equilibrio, por tal razón sin los aportes de sedimentos a las playas del norte se ha originado un retroceso de su perfil costero.

Figura 1.3: Molo retenedor de arena del puerto de Salaverry

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de este fenómeno se tiene que al sur del rompeolas se produjo sedimentación de material lo que ha permitido un crecimiento de la playa, y al norte se produjo erosión con pérdida de línea costera, siendo esta la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano.

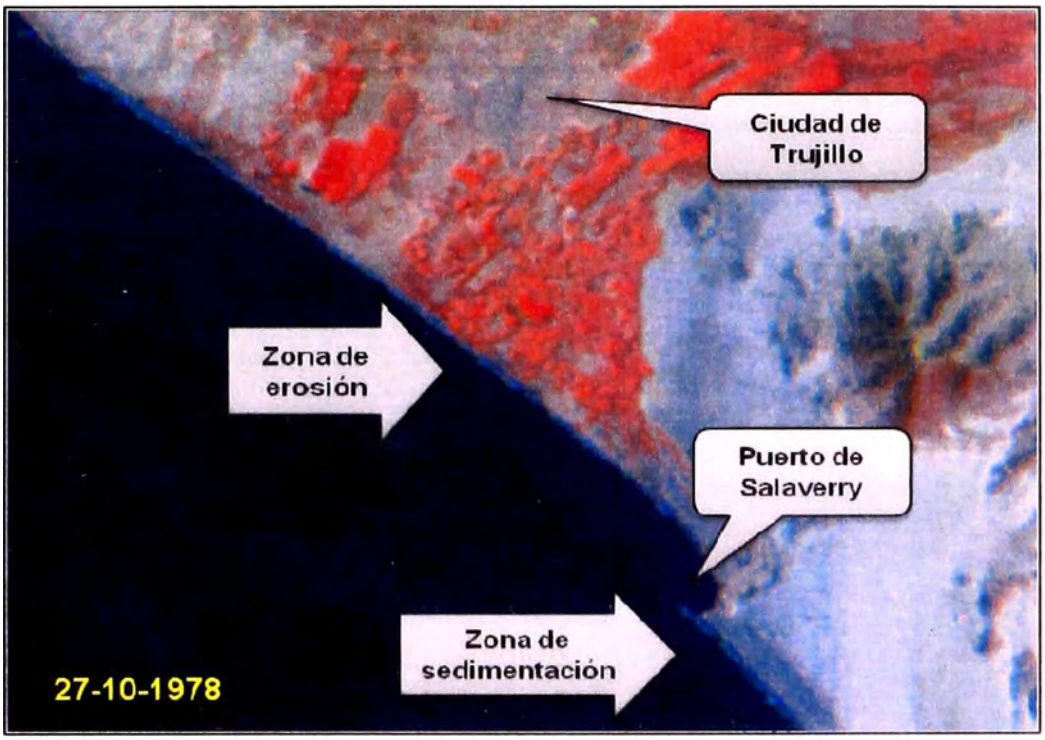
Figura 1.4: Proceso morfológico en el Puerto Salaverry



Fuente: Véase [10]

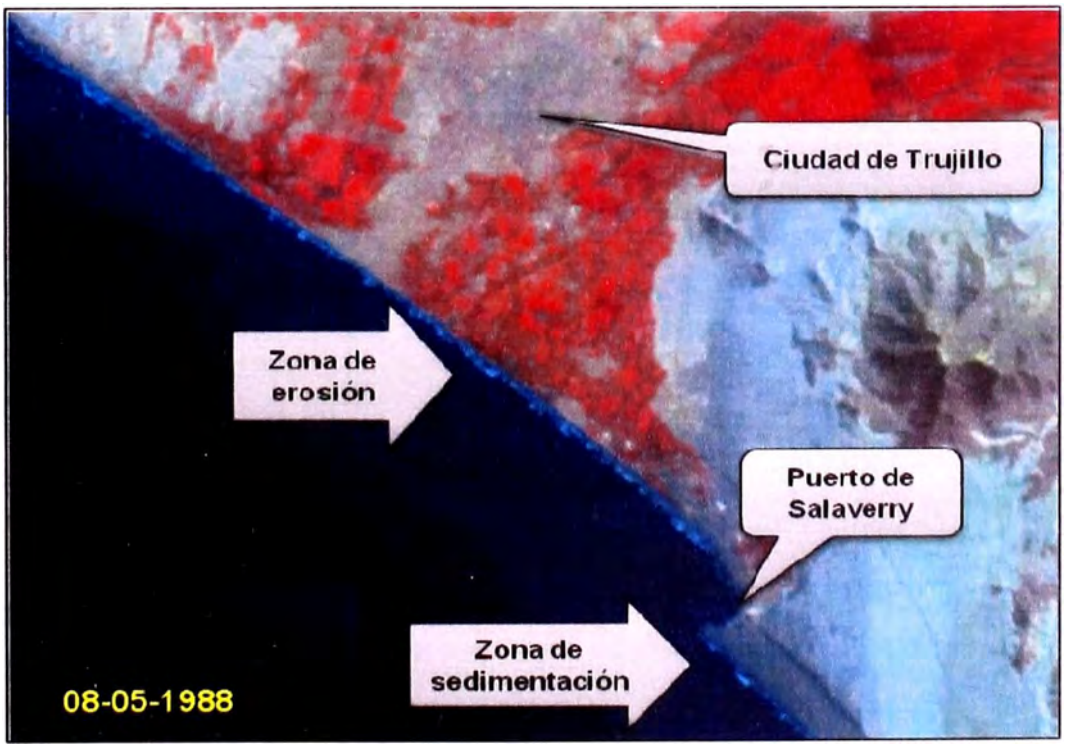
Para una mejor apreciación del problema a continuación se muestran imágenes satelitales del perfil costero en el Puerto de Salaverry desde 1978 hasta el 2008 (Figuras 1.5 al 1.8), las cuales evidencian el proceso de sedimentación al sur y el proceso de erosión al norte del puerto, después de la construcción de las obras de abrigo del puerto de Salaverry hasta la situación actual.

Figura 1.5: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1978



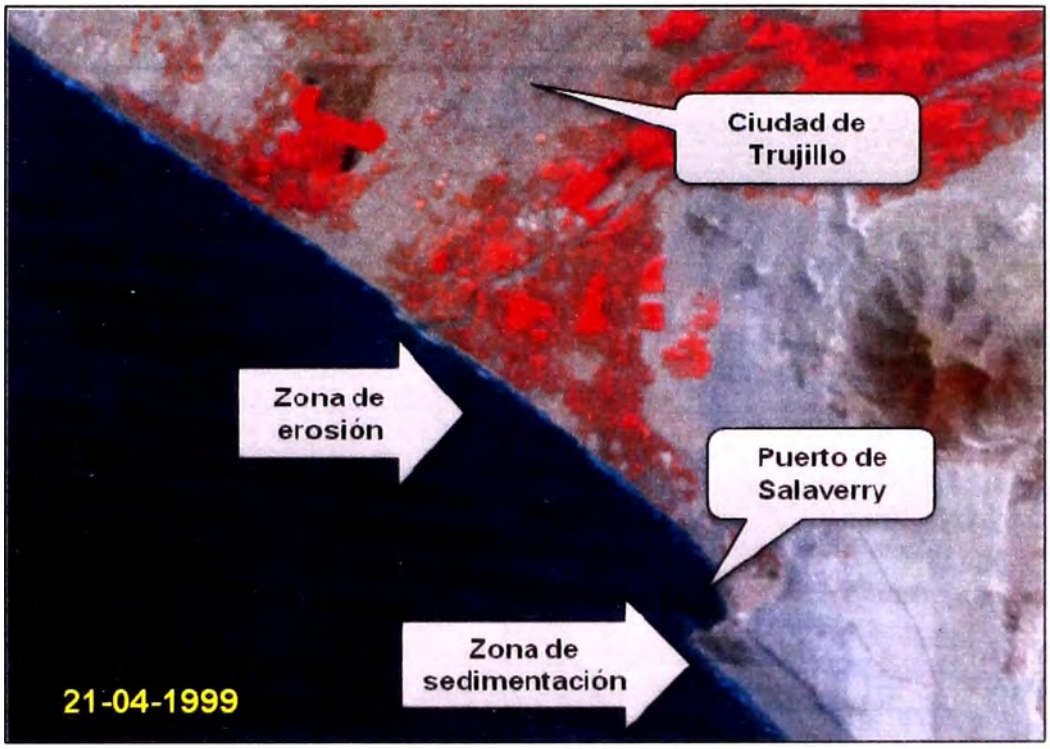
Fuente: Véase [4]

Figura 1.6: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1988



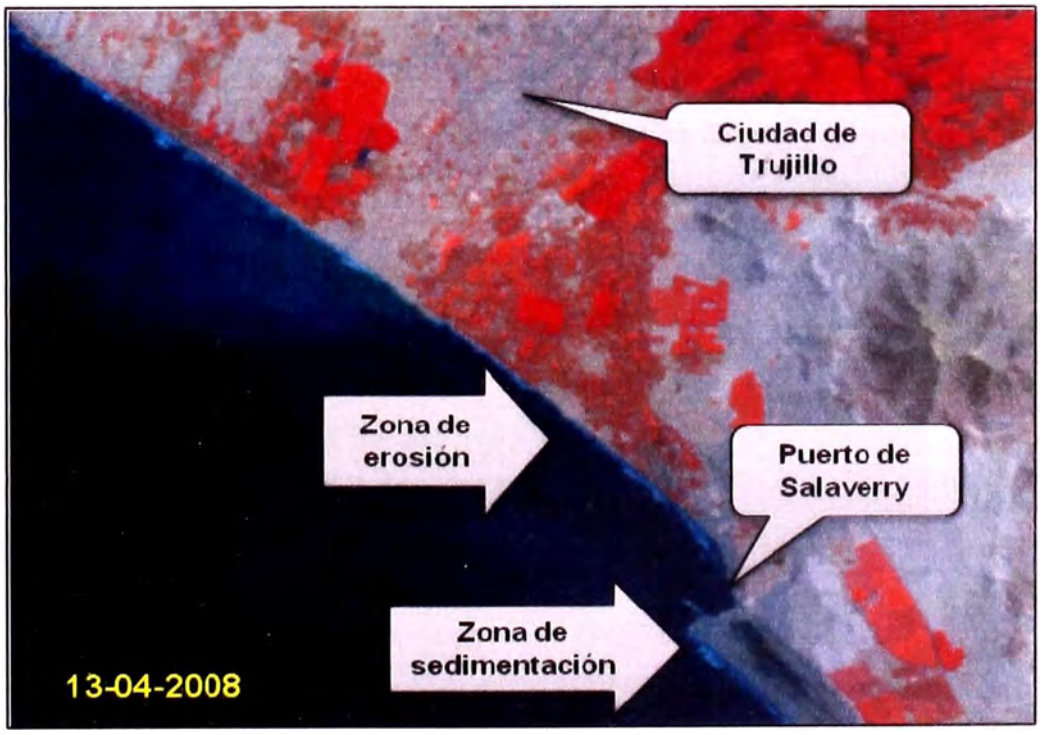
Fuente: Véase [4]

Figura 1.7: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 1999



Fuente: Véase [4]

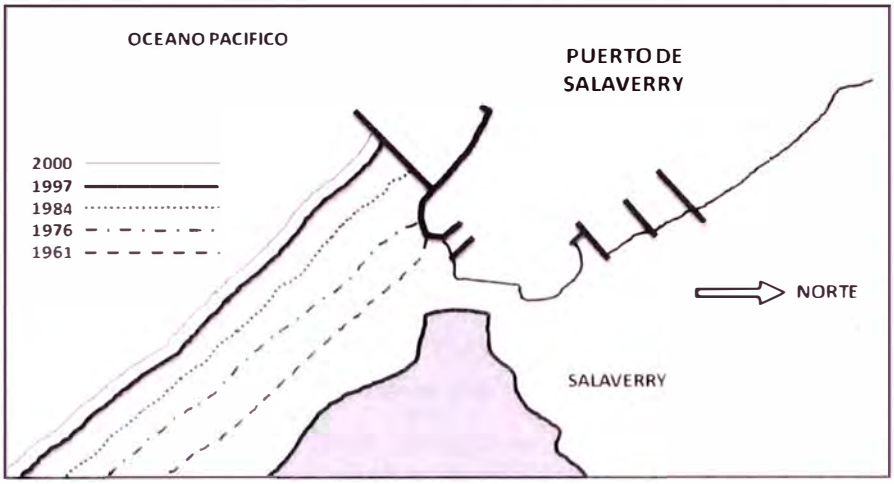
Figura 1.8: Perfil Costero en el Puerto de Salaverry en 2008



Fuente: Véase [4]

A continuación se ilustrara de manera cronológica como se produjo el crecimiento de la sedimentación de la costa sur desde el inicio de la construcción del rompeolas principal en 1956 y luego con la construcción del espigón de 300 metros en 1973, este último ampliado por primera vez a 535 metros en 1982 y por segunda vez a 1035 metros en el 2003.

Figura 1.9: Evolución de la sedimentación al sur del Puerto de Salaverry.



Fuente: Véase [10]

En la costa norte se produjo un impacto negativo al romper el equilibrio del transporte natural de sedimentos, pues sin los aportes de sedimentos retenidos en la zona sur del molo retenedor de arena, las playas al norte del Puerto de Salaverry han presentado una pérdida progresiva de playa en el transcurso de los últimos 50 años, afectando los balnearios de Las Delicias y Buenos Aires

Figura 1.10: Balneario de Las Delicias en el año 1942

Fuente: Vease [11]

Figura 1.11: Balneario de Las Delicias en el año 2000

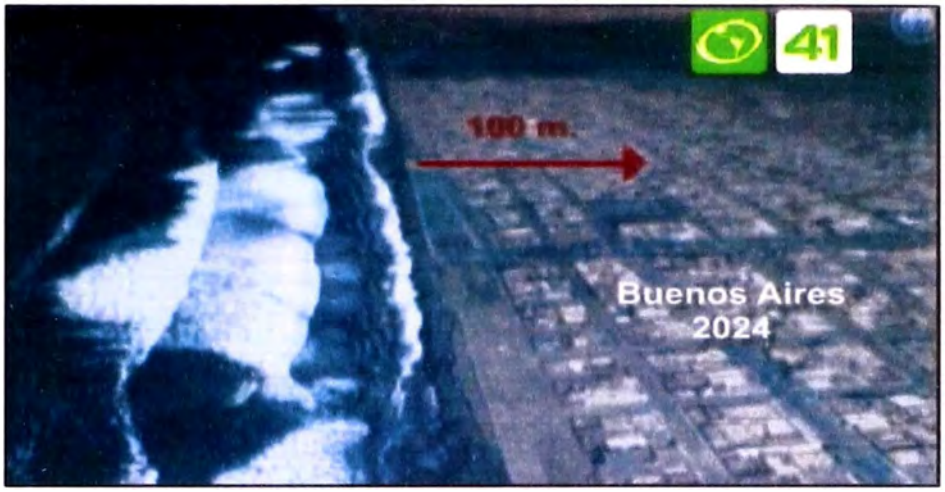
Fuente: Véase [11]

Según el estudio de sedimentación realizado por la empresa holandesa Royal Haskoning para la Autoridad Portuaria Nacional, tenemos que si se mantiene esta tendencia de erosión del litoral costero, al norte del Puerto de Salaverry, se proyecta que para el 2024 en el balneario de Las Delicias la costa retrocederá unos 150 metros como se muestra en la Figura 1.12 situación que se agravaría para el balneario de Buenos Aires donde la erosión hará que la costa retroceda unos 100 metros como se muestra en la Figura 1.13, es decir la zona urbana incluyendo la plaza de armas estaría en peligro. Por tanto un maretazo o un oleaje fuerte pueden tener consecuencias similares a la de un tsunami, simplemente porque la playa está desapareciendo

Figura 1.12: Proyección de la erosión en Las Delicias para el año 2024

Fuente: Véase [11]

Figura 1.13: Proyección de la erosión en Buenos Aires para el año 2024



Fuente: Véase [11]

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Ubicar el sistema de descarga en forma adecuada tal que se descargue el material dragado en la zona de mayor capacidad de transporte, y se ubique el acoplamiento fuera de la zona de rompiente para evitar los problemas de oleaje.

1.2.2. Objetivos Especificos

- Definir la ubicación del acoplamiento de la draga con el sistema de descarga; y la ubicación del punto descarga del material dragado dentro de la zona de rompiente, precisando la batimétrica a la que se debe ubicar.
- Definir los parámetros de diseño del sistema de descarga (tuberias, acoplamiento a la draga, anclajes, boyarines de marca e izado, ayudas a la navegación, etc.)

1.3. UBICACIÓN

El Puerto de Salaverry se ubica en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Se encuentra ubicado a 258 millas náuticas al norte del Callao. Su cercana ubicación con la ciudad de Trujillo (12 km) y con la carretera Panamericana (8 km), brinda un fácil acceso al puerto.

La ubicación del Sistema de Descarga es 500.0 m al norte del Molo N°3 del Puerto de Salaverry, a una distancia de aproximada de 1.5 km del puerto, véase [5].

Figura 1.14: Ubicación del Sistema de Descarga

Fuente Elaboración propia

1.4. DESCRIPCIÓN Y ANALISIS

Actualmente el dragado realizado en el puerto de Salaverry es realizado en gran parte por el Marinero Rivas, en una menor parte por el Grumete Arciniega, dichos equipos pertenecientes a ENAPU, los mismos que ya cumplieron su vida útil por lo que el mantenimiento de rutina resulta ineficiente pues dichos equipos requieren de reparaciones mayores para garantizar el cumplimiento de todas las reglamentaciones internacionales al respecto, por lo que resulta cada vez más costoso realizar la operación de dragado.

Las dragas pertenecientes a ENAPU no pueden descargar directamente el material a la zona con capacidad de transporte, ya que esta se encuentra en la zona de rompiente ubicada aproximadamente desde la batimétrica -5, siendo la profundidad de la draga de 5 metros por tanto la draga no puede acercarse a esta zona y descargar el material directamente, véase [5].

Además las dragas pertenecientes a ENAPU no cuentan con la tecnología para poder descargar el material a través de un sistema de descarga a la zona con

capacidad de transporte de sedimentos, ubicada aproximadamente entre las batimétricas -1.4 y -5.0 m.b.n.m. según [10].

Actualmente el material dragado del Puerto de Salaverry por ENAPU es de aproximadamente 1'037,000 m^3/año según se muestra en la Tabla 1.1, el mismo que se descarga fuera de la zona de rompiente donde no se presenta capacidad de transporte de sedimentos considerable.

Tabla 1.1: Volúmenes dragados con equipo de ENAPU

AÑO	B/D MARINERO RIVAS	B/D GRUMIETE ARCINIEGA	B/D MAR LANDA
1990	-	-	-
1991	472,854.00	-	-
1992	-	-	-
1993	535,684.00	-	25,590.00
1994	625,997.00	-	70,594.00
1995	737,923.00	-	-
1996	964,370.00	-	-
1997	766,834.00	-	-
1998	974,969.00	100,471.00	-
1999	1,126,100.00	196,168.00	-
2000	1,630,999.00	49,316.00	-
2001	1,761,988.00	-	-
2002	-	136,667.00	-
2003	1,322,174.00	158,397.00	-
2004	1,330,378.00	173,661.00	-
2005	468,898.00	-	-
2006	1,220,264.00	-	-
2007	1,586,941.00	154,821.00	-
Total por Draga	**15,526,373.00**	**969,501.00**	**96,184.00**

.: Total General: **16,592,058.00 m3**
.: Periodo de Registro: **16.00 *años***

Volumen Promedio Dragado: **1,037,003.63 m3/año**

Fuente: Registro de ENAPU S.A.

Según [5] se concluye que para mitigar el problema de erosión de la costa norte se debe aprovechar el material dragado y descargarlo en la zona con mayor capacidad de transporte de sedimentos, que se ubicará en la zona norte al Molo

N°3 del Puerto de Salaverry. Por lograr este objetivo se elige el tipo de draga según las características del Puerto de Salaverry (Tabla 1.2), según [5] se utilizará una draga hidráulica de succión y arrastre THSD (Trailing Suction Hopper Dredger) con una capacidad de cántara de 2,400 m^3.

Tabla 1.2: Condiciones naturales del Puerto de Salaverry

	Condicion del Suelo	Estado del Mar y Clima	Condiciones de Sitio	Logistica	Produccion de Procesamiento
Terminal Portuario de Salaverry	• El suelo marino del terminal portuario de Salaverry es Arena - Fango (CL). • El material sedimentario tiene un D90=	• Amplitud de la marea = 1.00m. • Altura de oleaje promedio = 1.24m. • Viento prevaleciente: Máximo = S 6.1 Nudos (noviembre); Mínimo = S 4.2 Nudos (marzo). • La precipitacion maxima es de 0.9 mm (marzo) y minima de 0.0 mm (junio, octubre).	• El puerto tiene una profundidad de 12.0m. • Periodo de bravura del mar de Julio - Setiembre.	• Area de maniobras no muy amplia (aprox. 22.5 ha) por tanto el B/D debe tener alta mobilidad. • La profundidad del calado limita la cantidad de material a dragar. • Punto de descarga a 1.5 km.	• La produccion del buque draga debe ser aprox. 1'700,000 m3/año. • La descarga se realizara con sistema de tuberias flotantes y sumergidas.

Fuente: Véase [5]

Figura 1.15: Draga THSD (Trailing Suction Hopper Dredger)

Fuente: Véase [2]

Para este tipo de draga cuando el objeto del dragado es realizar rellenos de terrenos o de playas, la descarga de la draga se efectúa mediante un sistema de tuberias. Para ello se conecta una tubería flexible flotante al dispositivo de proa preparado para ello, se conecta esta tubería flotante a otro tramo de tubería rígida, normalmente sumergida y apoyada en el fondo, donde se bombea el material.

Por lo tanto para poder descargar el material dragado directamente a la zona con mayor capacidad de transporte de sedimentos es necesaria la habilitación de un sistema de descarga que conecte la draga a dicha zona.

Figura 1.16: Draga acoplada al Sistema de Descarga

Fuente: Vease [2]

El sistema de descarga se conforma por una tubería de polietileno HDPE flotante desde el punto de acoplamiento y antes de la zona de rompiente; en la zona de rompiente para evitar el oleaje, la tubería de polietileno HDPE tendrá contrapesos de concreto. La longitud de la tubería y la ubicación de los extremos se obtienen en función de los cálculos de los parámetros de hidráulica marítima y la batimetría de la zona donde se ubicara el Sistema de Descarga.

Un caudal de salida razonable para una tubería de polietileno HDPE de 0.50 m de diámetro es de 2,500 m^3/hr. Según [3] el tiempo de descarga aproximado por para este tipo de draga por el método de descarga es de 60 minutos. Para el tiempo de posicionamiento de la draga y la conexión al sistema de descarga se puede considerar un 50% del tiempo de descarga.

CAPITULO 2: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

2.1. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables que se tienen en estudios costeros son las variables independientes, dependientes y las variables intervinientes.

Variable independiente: La construcción de las obras de abrigo del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena.

Variables intervinientes:

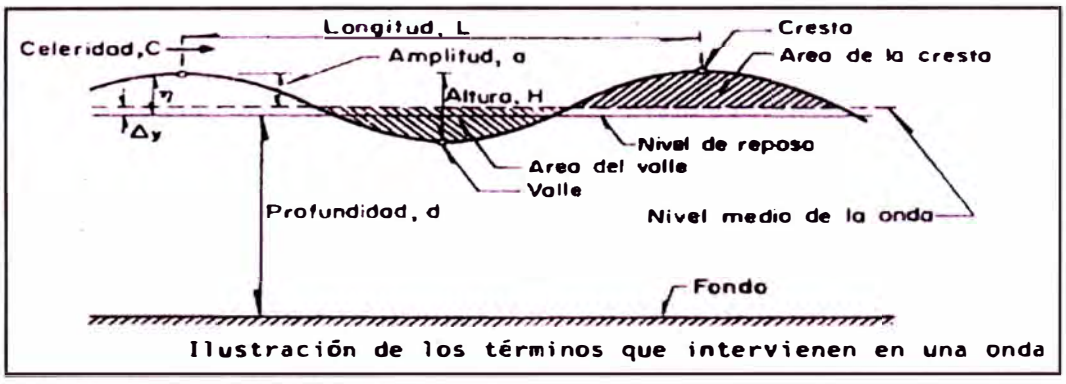
- Oleaje
- Mareas
- Vientos
- Corrientes Marinas
- Corriente Inducida por el Oleaje
- Sedimento del Fondo Marino

Las variables qua Intervienen en procesos costeros con cambios morfológicos, tienen sustento teórico muy particular como es el caso del oleaje y el transporte de sedimentos.

2.1.1. Oleaje

El oleaje regular para una serie de crestas paralelas, todas de igual altura con distancias mutuas iguales, moviéndose con celeridad constante. En sección se obtiene la imagen de una ola regular como se muestra en la Figura 2.1.

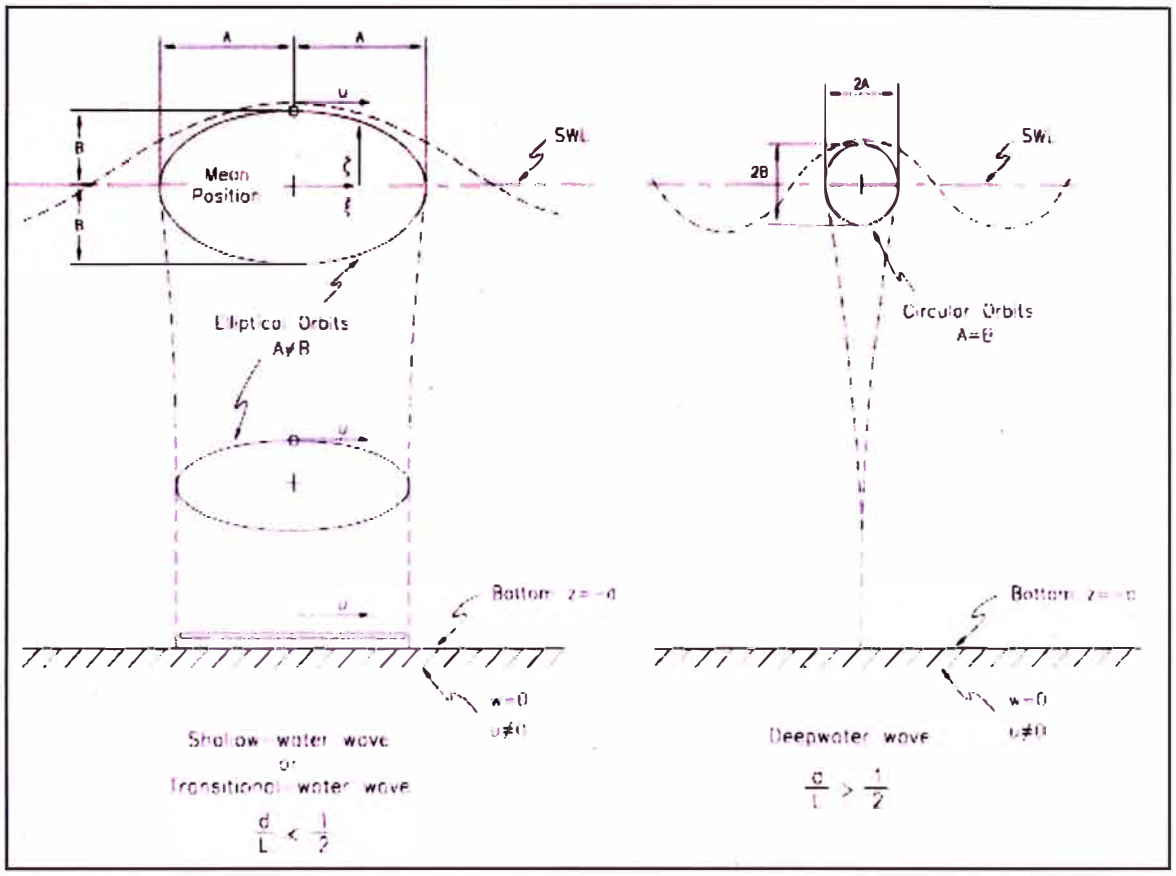
Figura 2.1: El perfil de una ola regular



Fuente: Véase [8]

En aguas profundas al movimiento del oleaje describe una trayectoria circular, mientras que en aguas intermedias ó someras el oleaje toca fondo y las trayectorias se deforman como lo muestra la Figura 2.2.

Figura 2.2: Desplazamientos orbitales de las particulas



Fuente: Véase [8]

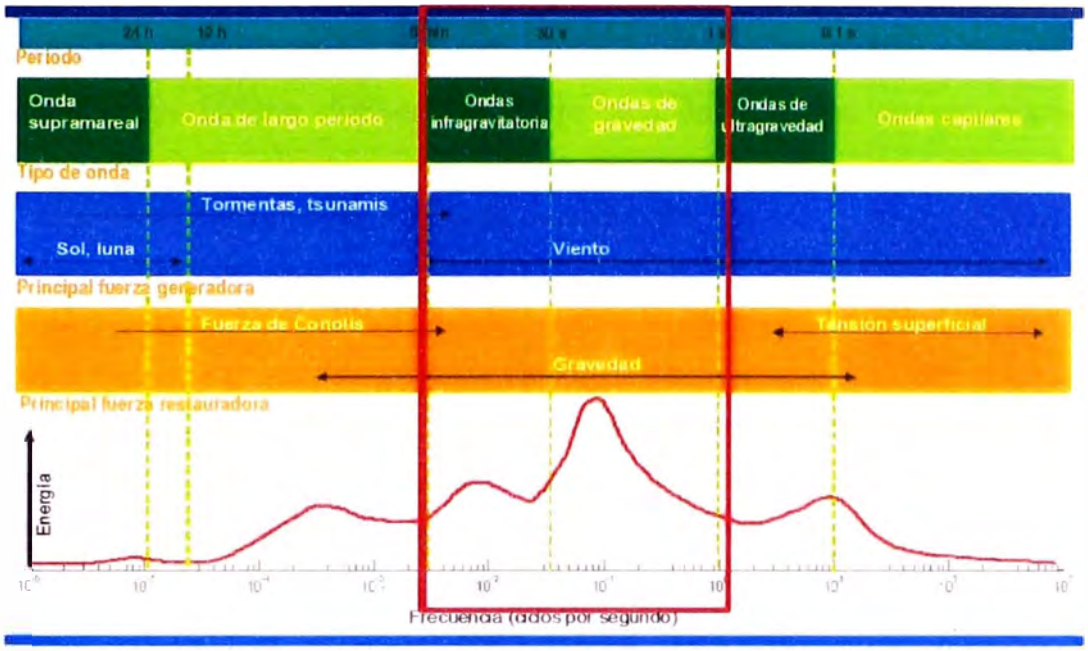
i. Olas Swell

Son olas generadas por el viento a grandes distancias y son las que predominan en la costa peruana y son de interés en ingeniería costera.

Existen centros de alta presión en los paralelos 30°N y 30°S. El anticiclón es un centro de alta presión, que en el Pacifico Sur se encuentra en las costas de Chile y generan las olas swell que llegan a la costa peruana con un alto porcentaje de ocurrencia.

En el hemisferio sur el sentido del anticiclón es anti horario y es el que gobierna la dirección de los vientos alisios. La Tabla 2.1 muestra la clasificación de las olas según su periodo T, en el caso de Salaverry es de 14 segundos.

Figura 2.3: Clasificación del oleaje según el periodo T



Fuente: Véase [10]

ii. *Deformación del Oleaje*

Al avanzar el oleaje hacia aguas poco profundas, la presencia del fondo y obstáculos (islas y estructuras marítimas) producen modificaciones al oleaje, en altura, celeridad y longitud de onda.

Estas modificaciones se deben a los siguientes fenómenos: Efectos viscosos (fricción), Permeabilidad del fondo (pérdida de energía), Efecto de Bajos, Refracción (cambio de celeridad), Difracción (transferencia lateral de energía) y Reflexión (pérdida de energía en la frontera reflejante).

iii. *Altura de la Ola en la Costa*

La altura H del oleaje en un punto cercano a la costa puede obtenerse de:

$$H = K_r \times K_s \times H_o \qquad (2.1)$$

Donde:

H_o : Altura en aguas profundas

K_s : Coeficiente de refracción

K_r : Coeficiente de bajos (Shoaling)

iv. Refracción del Oleaje

Conforme el oleaje se traslada hacia aguas poco profundas, el cambio de profundidad causa una disminución en la celeridad y como consecuencia su longitud disminuye y su altura aumenta y el frente de ese oleaje se reorienta conforme a los contornos de las líneas batimétricas.

Ese efecto se llama refracción del oleaje, el cual depende de la relación d/L.

La refracción del oleaje es la deformación del oleaje que se acerca hacia la costa, con su cresta (frente de oleaje) en diferentes profundidades. Los rayos ortogonales denotarán una curvatura, dependiendo de cuán importante sea el ángulo ϕ (entre la cresta de la ola y una determinada profundidad).

v. Oleaje en Aguas Profundas

Bajo la consideración que el patrón de oleaje en aguas profundas, en la zona de interés, está gobernado por fenómenos a gran distancia, se ha tomado las direcciones S y SO en aguas profundas, por ser la de mayor ocurrencia. Las olas provenientes de otras direcciones tienen baja frecuencia de ocurrencia, o por su orientación no ingresaran a la zona de estudio

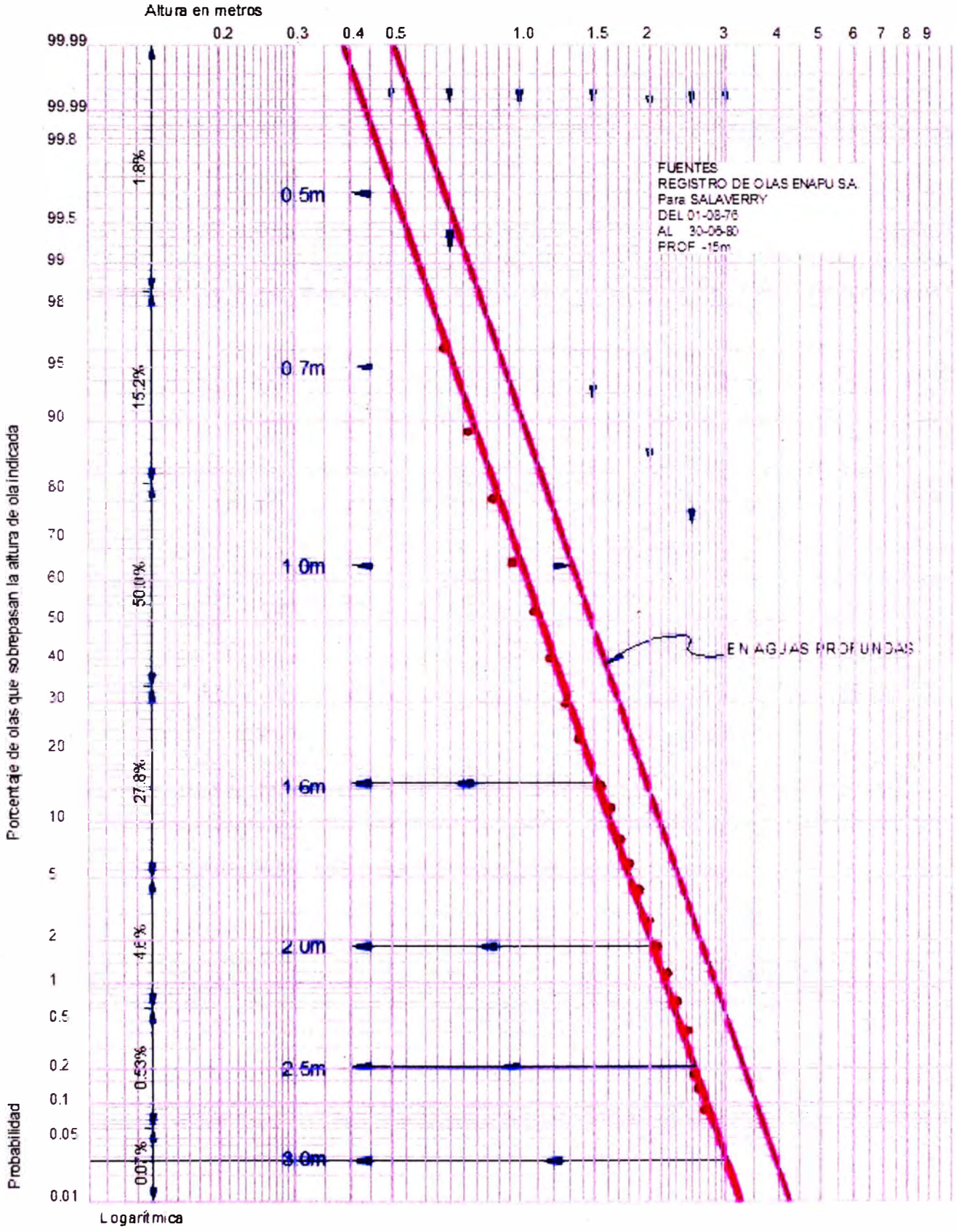
Para la macro distribución de alturas de olas, se ha considerado la mostrada en la Figura 2.4, la ocurrencia de Olas Significantes (H_s) correspondiente al registro de oleaje del Puerto de Salaverry, en la batimétrica 15.0 m desde el 01.08.76 a 30.06.80.

En el gráfico de la figura señalada se ha trazado la distribución correspondiente a aguas profundas, teniendo en consideración los coeficientes de refracción y de bajos local.

De este modo y bajo la consideración de que las olas son mayormente de tipo swell en aguas profundas, se ha tomado la macro distribución de H_o para aguas profundas, la que ha sido usada para el presente informe.

El periodo de oleaje considerado para el informe para fines de cálculo es de 14", que es el periodo significante y cuya información proviene también de los registros de mediciones realizados en el Puerto de Salaverry.

Figura 2.4: Macro distribución de oleaje para Salaverry



Fuente: Empresa Nacional de Puertos ENAPU

vi. Oleaje en las cercanías del área de interés

La consideración de aguas profundas esté relacionada a la condición:

$$d_o > \frac{L_o}{2}$$

Siendo: d_o: Condición de aguas profundas

$L_o = 1.56 \times T^2 = 1.56 \times 142 = 306.0$ m

Por lo tanto: $d_o > 153.0$ m

En condiciones de aguas profundas, cuando éstas son mayores a 153 m. las olas se propagan casi sin perder energía; mas cuando las olas van entrando a menores profundidades, éstas se deforman por efectos de refracción, de bajos y otras consideraciones. De este modo, con la información del oleaje en aguas profundas se puede determinar el oleaje en las proximidades del área de estudio.

vii. Clasificación del Oleaje según la Altura

Olas de amplitud pequeña, con altura pequeña en comparación a su longitud. Es aplicable la teoría lineal, teoría de Airy (onda senoidal), teoría de Stokes, (primera aproximación)

Ola de amplitud finita, considera los desplazamientos que sufre la superficie libre y permite calcular algunas propiedades de la ola con mayor precisión. Es aplicable la teoría de Stokes (segunda aproximación).

Los límites de aplicación de la teoría lineal son:

$$\frac{L^2 H}{d^3} \ll 100 \qquad \text{y} \qquad \rho \frac{H}{L} \ll 1$$

Oleaje según Profundidad Relativa

- En aguas profundas: $0.5 \leq \frac{d}{L}$
- En aguas intermedias: $0.05 \leq \frac{d}{L} \leq 0.5$
- En aguas someras: $\frac{d}{L} \leq 0.05$

Figura 2.5: Características de la onda progresiva, Teoría lineal (Airy)

Profundidad relativa	Aguas someras o poco profundas $\frac{d}{L} < \frac{1}{20}$	Aguas intermedias $\frac{1}{20} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Aguas profundas $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
Periodo de la onda	T	T	T
Longitud de la onda	$L_o = T\sqrt{g*d}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$
Celeridad de la onda	$C_o = \sqrt{g*d}$	$C = \frac{gT}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_o = \frac{gT}{2\pi}$
Perfil de la superficie de la onda	$\eta_o = \frac{H_o}{2}\cos(k_o x - \sigma_o t)$	$\eta = \frac{H}{2}\cos(kx - \sigma t)$	$\eta_o = \frac{H_o}{2}\cos(k_o x - \sigma_o t)$
Velocidades orbitales de las particulas a)horizontal	$u_o = \frac{\sigma_o}{k_o d}\eta_o$	$u = \eta\sigma\frac{\cosh[k(d+y)]}{\operatorname{senh}(kd)}$	$u_o = \frac{H_o}{2}\sigma_o e^{k_o y}\cos(k_o x - \sigma_o t)$
b) vertical	$v_o = \frac{\sigma_o H_o}{2}(1+\frac{y}{d})\operatorname{sen}(k_o x - \sigma_o t)$	$v = \frac{\sigma H}{2}\frac{\operatorname{senh}k(y+d)}{\operatorname{senh}kd}\operatorname{sen}(kx-\sigma t)$	$v_o = \frac{\sigma_o H_o}{2}e^{k_o y}\operatorname{sen}(k_o x - \sigma_o t)$
Distribución de presiones	$p = -\rho g y + \frac{\rho g H_o}{2k_o d}\cos(k_o x - \sigma_o t)$	$p = -\rho g y + \frac{\rho g H}{2}\frac{\cosh k(y+d)}{\cosh kd}\cos(kx-\sigma t)$	$p_o = -\rho g y + \frac{\rho g H_o}{2}e^{k_o y}\cos(k_o x - \sigma_o t)$
Energía de la onda	$E_o = \frac{1}{8}\rho g H_o^2 L$	$E = \frac{1}{8}\rho g H^2 L$	$E_o = \frac{1}{8}\rho g H_o^2 L$
Potencia de la onda	$P_o = \frac{1}{8}\rho g H_o^2 C_o$	$P = \frac{\rho H^2}{8}C\frac{1}{2}\left\{1+\frac{2kd}{\operatorname{senh}(2kd)}\right\}$	$P_o = \frac{\rho H_o^2}{16}C$
Celeridad de grupo	$C_g = C_o$	$C_g = \frac{L}{T}\frac{1}{2}\left\{1+\frac{2kd}{\operatorname{senh}(2kd)}\right\}$	$C_g = \frac{1}{2}C$

(Numero de ola) $k = 2\pi/L$
(Frecuencia angular) $\sigma = 2\pi/T$

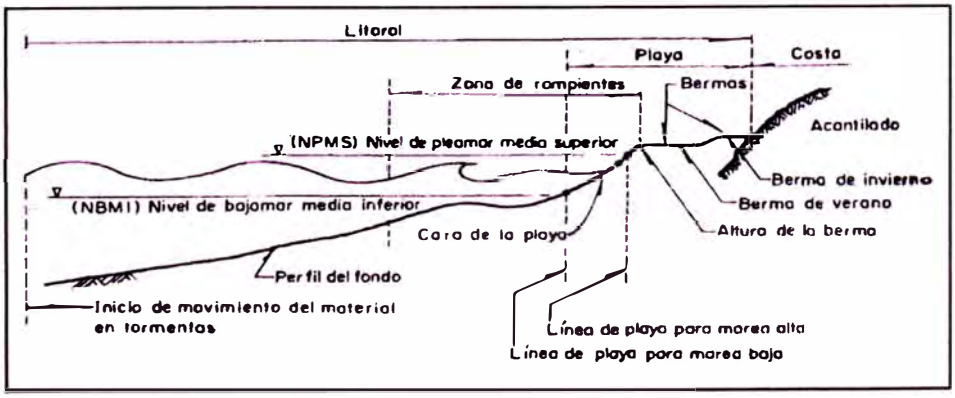
Fuente: Véase [8]

viii. Zona de Rompiente

La zona de rompientes es la zona donde rompe el oleaje y abarca desde la cota cero hasta profundidades variables, de acuerdo a las características del perfil costero. Esta zona es muy activa en el movimiento de los sedimentos.

El movimiento del agua en la zona de rompientes es la causa mayor del transporte de sedimentos a lo largo del litoral. Las velocidades orbitales del fondo en combinación con la turbulencia del fondo ponen al sedimento en suspensión. Este sedimento en suspensión puede ser transportado por la corriente inducida por el oleaje en rompiente.

Figura 2.6: Esquema de un Perfil de Playa



Fuente: Véase [8]

Altura de la ola en rompiente

En el diseño de estructuras como rompeolas, escolleras, etc. es necesario conocer si estarán sujetas a la acción de olas, de ahí el interés en el estudio de este valor. La distancia vertical entre la altura de la cresta de la ola en la rompiente y el valle inmediato delante de ella es lo que se conoce como altura en rompiente.

En aguas someras, para obtener la altura en rompiente H_r se recomienda utilizar las curvas experimentalmente obtenidas por el CERC (Coastal Engineering Research Center) según la Figura 2.7, la cual está en función de la pendiente de la playa, altura de la ola en aguas profundas y la esbeltez de la ola.

$$\frac{H_r}{H'_o} = f\left(\frac{H'_o}{L_o}, S\right) \qquad \text{.....} \qquad (2.2)$$

Donde:

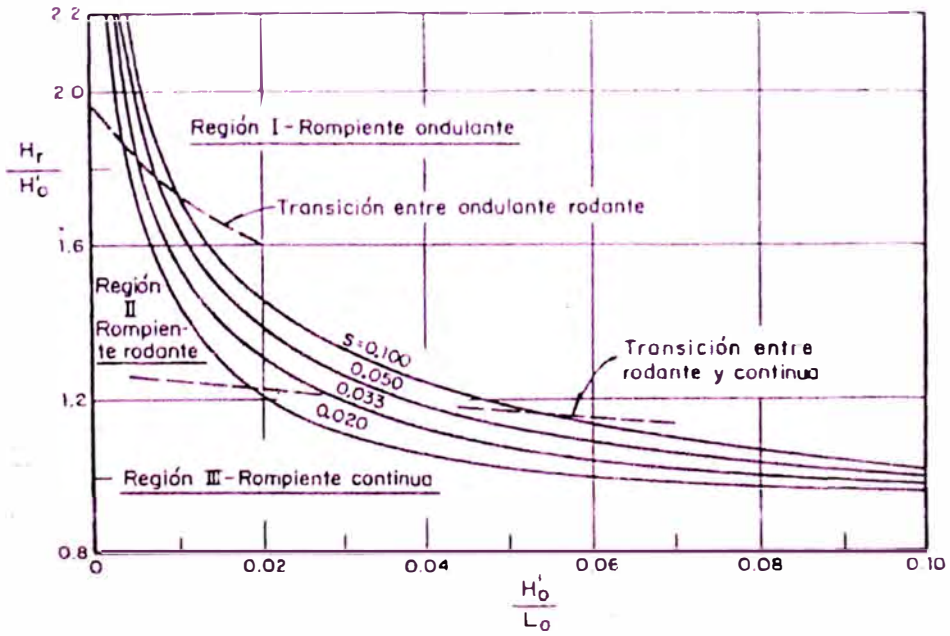
H'_o : altura de la ola en aguas profundas trasladada a aguas bajas entre ortogonales ($H'_o = K_r \times H_o$)

H_r : altura de ola en rompiente

S : pendiente de la playa

L_o : longitud de la ola en aguas profundas

Figura 2.7: Altura de la rompiente y su clasificación, según CERC



Fuente: Véase [8]

Profundidad en la rompiente

Para diseñar algunas obras marítimas se requiere conocer la profundidad a la cual las olas llegan a romper. Para ello se puede utilizar las curvas obtenidas por el CERC según la Figura 2.8, la cual está en función de la pendiente de la playa, la altura de la ola rompiente y periodo de la ola.

$$\frac{d_r}{H_r} = f\left(\frac{H_r}{gT^2}, S\right) \qquad \text{.....} \qquad (2.3)$$

Donde:

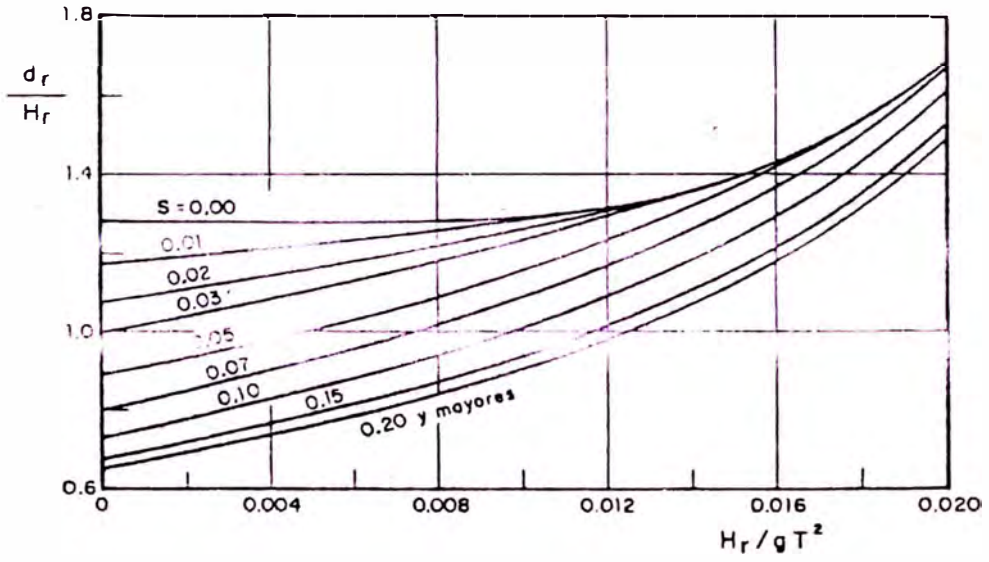
d_r : profundidad en la rompiente

H_r : altura de ola en rompiente

S : pendiente de la playa

T : periodo de la onda

Figura 2.8: Profundidad en la rompiente, según CERC.



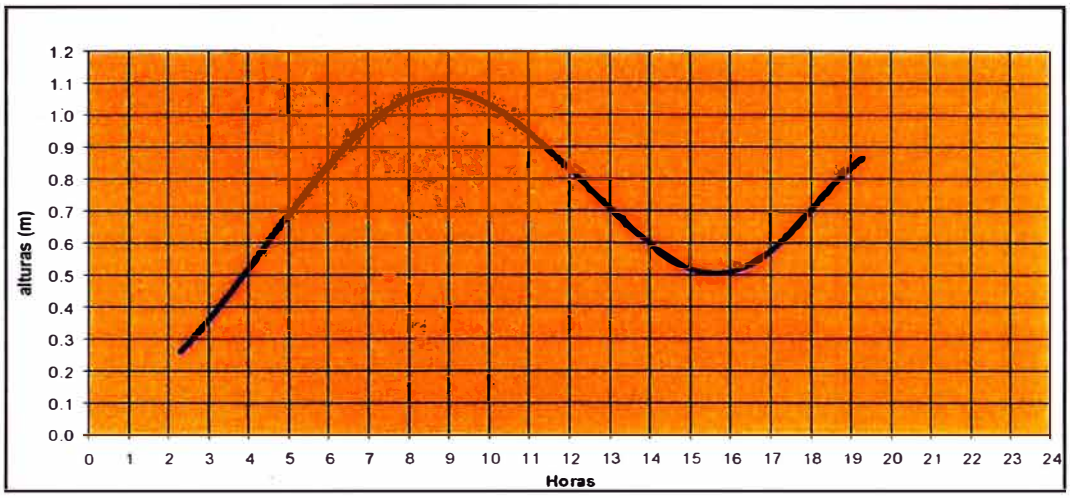
Fuente: Véase [8]

2.1.2. Mareas

Las variaciones diarias del nivel mar se deben, entra otros factores a las variaciones de la marea, ocasionadas a su vez por la fuerza de atracción de la luna y el sol. En la costa peruana la marea es de naturaleza semi-diurna es decir existen diariamente dos pleamares (ascenso) y dos bajamares (descenso).

En la Figura 2.9 se muestran el grafico de marea según la información de las tablas de pronósticos que edita la Dirección Hidrográfica de la Marina.

Figura 2.9: Grafico de mareas en Salaverry



Fuente: Tabla de mareas – Dirección de Hidrografía Navegación Año 2010

2.1.3. Vientos

En la costa peruana la variación de los vientos locales no ejerce mucha Influencia sobre el oleaje debido a que las tormentas críticas y que generan el oleaje local se presentan a grandes distancias, en las costas de Chile (Anticiclón del Pacifico Sur). Por esta misma razón, el viento prevaleciente proviene de la dirección sur, presentándose una variación de la intensidad en determinados meses del año, según sea esta la zona costera.

En la zona de estudio, la variación de los vientos locales no ejerce mucha influencia sobre el oleaje, debido a que las tormentas críticas y que generan oleaje local se generan a grandes distancias (Anticiclón del Pacifico Sur).

Los vientos locales provienen predominantemente del S y SE (75% del tiempo), con velocidades menores a tres (03) nudos, durante el 505 del tiempo y mayores de once nudos, el 1% del tiempo.

Figura 2.10: Prom. mensual multianual del viento prevaleciente

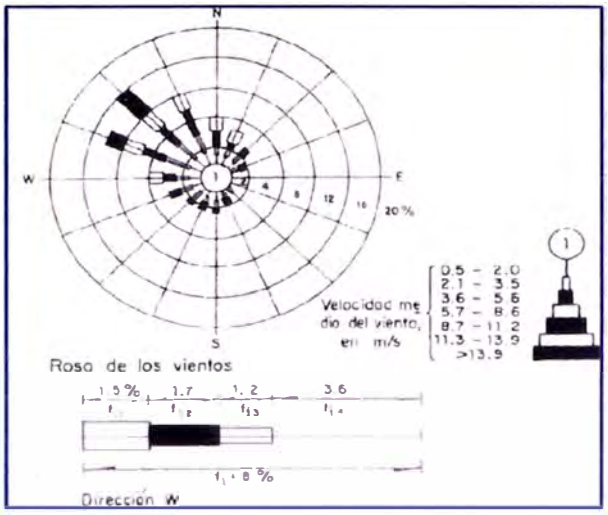
Latitud 08°13'00" Longitud 68°58'30" Altitud 4.25 m.s.n.m.

ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC	
DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV	DD	VV
S	5.1	S	4.6	S	4.3	S	5.0	S	4.6	S	4.2	S	4.5	S	4.5	S	5.6	S	5.5	S	5.4	S	5.1

NOTA: DD = Dirección del viento (RUMBO)
VV= Velocidad del viento (NUDOS)

Fuente: División Meteorología Dpto. Medio Ambiente DHN

Figura 2.11: Modelo de Rosa de Vientos



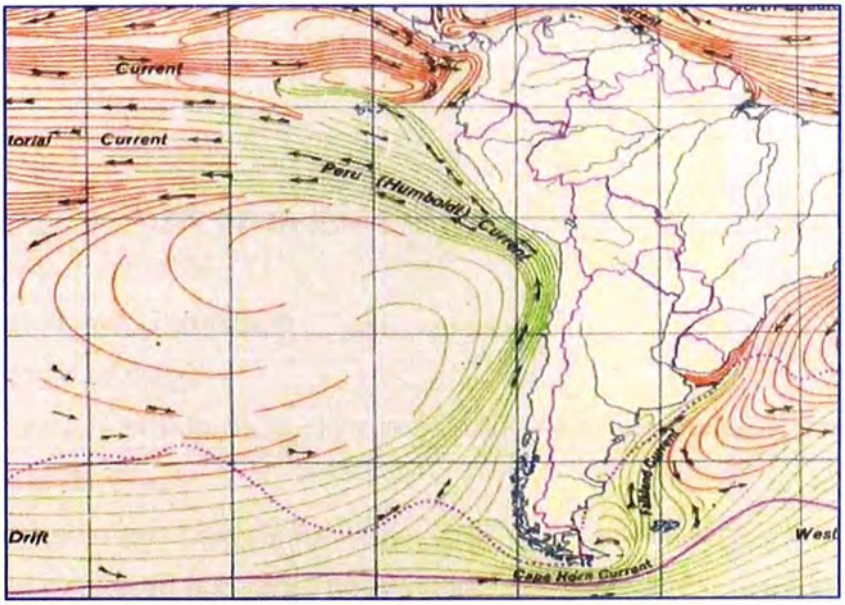
Fuente: Véase [8]

2.1.4. Corrientes Marinas

Las diferencias de temperatura en el océano originan las corrientes marinas, se pueden imaginarlas como ríos de agua dentro del mar. Existen corrientes cálidas como la del Golfo, y frías como la del Labrador. Otros factores que las causan son los vientos, las diferencias de salinidad y la rotación terrestre.

Las corrientes marinas más importantes son: La corriente de Humboldt, Figura 2.12 y las corrientes de mareas (llenante y vaciante). Estas corrientes son de baja intensidad y no intervienen en el transporte de sedimentos.

Figura 2.12: Corriente de Humboldt



Fuente: Véase [10]

2.1.5. Corriente Inducida por el Oleaje

La corriente (V) a lo largo del litoral se presenta entre la zona de rompientes y la línea costera. Esta corriente es generada por la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje cuya cresta se aproxima con un ángulo ϕ de inclinación a la costa.

La variable más importante para determinar la corriente longitudinal a la costa es el ángulo ϕ entre la cresta de la ola y la línea de costas. El ancho de la zona activa del oleaje en una playa, va desde la línea de costas hasta la zona de rompientes. Este ancho crece con la altura del oleaje.

La velocidad de la corriente inducida por el oleaje (corriente litoral), véase [10], es un concepto que propone una velocidad resultante en una zona de rompientes, cuando existe un ángulo de incidencia entre la cresta de la ola y la línea de costas.

$$V=\frac{5\pi\sqrt{g}}{8\sqrt{2}}\times\frac{\sin\emptyset_o}{c_o}\times\gamma\times\frac{C}{\sqrt{f_w}}\times d\times m \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (2.4)$$

$$f_w=\exp\left[-5.977+5.213\left(\frac{a_o}{r}\right)^{-0.194}\right]$$

$$a_o=\frac{\left(\frac{H}{2}\right)\cosh\left[\frac{2\pi}{L}\left(\frac{H}{2}+d\right)\right]}{\sinh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}$$

$$C=18\times\log\left(12\times\frac{d_r}{r}\right)$$

Donde:

c_o : celeridad de la ola en aguas profundas
γ : índice de la rompiente
d_r : profundidad de la rompiente
m : pendiente de la playa
$\emptyset_o$: ángulo entre la cresta de la ola y la batimétrica en aguas profundas
C : coeficiente de Chezy
f_w : parámetro adimensional de fricción
r : rugosidad del fondo a lo largo de la playa

2.1.6. Configuración del Fondo Marino

La configuración del fondo marino en las proximidades de la zona de estudio se obtiene con la ejecución de una batimetría local. Para el conocimiento de la configuración del fondo en profundidades mayores, es necesario recurrir a los Portulanos de la DHN.

De sumo interés es conocer la orientación de la costa (azimut) con la dirección de la cresta de la ola rompiente. La batimetría permitirá la trasformación del oleaje desde aguas profundas hacia aguas poco profundas.

2.1.7. Sedimentos del Fondo Marino

Los sedientos se caracterizan por la distribución granulométrica. Es importante conocer los diámetros característicos como el D_{50}, D_{90}; el peso especifico del material, y la velocidad de caída de determinadas partículas. La información granulométrica permite calcular el transporte de sedimentos a lo largo de la costa, véase [10].

Transporte de Sedimentos de Fondo según Bijker

$$S_b = \frac{BDV\sqrt{g}}{C} \exp\left[\frac{-0.27\Delta DC^2}{\mu V^2\left[1+\frac{1}{2}\left(\varepsilon\frac{u_b}{V}\right)^2\right]}\right] \quad \cdots\cdots \quad (2.5)$$

$$C' = 18\times\log\left(12\times\frac{d_r}{D_{90}}\right) \quad , \quad \mu = \frac{C}{C'} \quad , \quad \varepsilon = \frac{C\sqrt{f_w}}{\sqrt{2g}}$$

Donde:

S_b : transporte de sedimentos de fondo
B : parámetro adimensional determinado en 1977, con un valor de 5
D : diámetro medio de la partícula de sedimento
μ : factor de rizos
D_{90} :diámetro representativo del sedimento con 90% que pasa
V : velocidad inducida por el oleaje
C : coeficiente de Chezy
u_b : máxima velocidad orbital de fondo
d_r : profundidad de la rompiente

Transporte de Sedimentos en Suspensión Adaptación de Einstein

Intervienen dos parámetros independientes A y Z*

$$Z^* = \frac{W\sqrt{\rho}}{k\sqrt{\tau_c\left[1+\frac{1}{2}\left(\varepsilon\frac{u_b}{V}\right)^2\right]}} \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (2.6)$$

$$\tau_c = \frac{\rho g V^2}{C^2}$$

$$A = \frac{r}{d} \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (2.7)$$

Donde:

W : velocidad de caída de la partícula de diámetro D del sedimento

k : constante adimensional de Von Karman=0.40

τ_c : cortante de fondo

Los demás términos ya fueron definidos.

Con ayuda de los parámetros se obtiene la relación S_s/S_b, ingresando en la Figura 2.13 con los datos de A y Z*, obteniendo así el valor de S_s.

El coeficiente de bajos se calcula con la siguiente fórmula:

$$K_{SH} = \sqrt{\frac{1}{(\tanh kd_b)\left(1+\frac{2kd_b}{\sinh 2kd_b}\right)}} \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (2.8)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d_b}{L}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (2.9)$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad , \quad \sigma = \frac{2\pi}{T}$$

Donde:

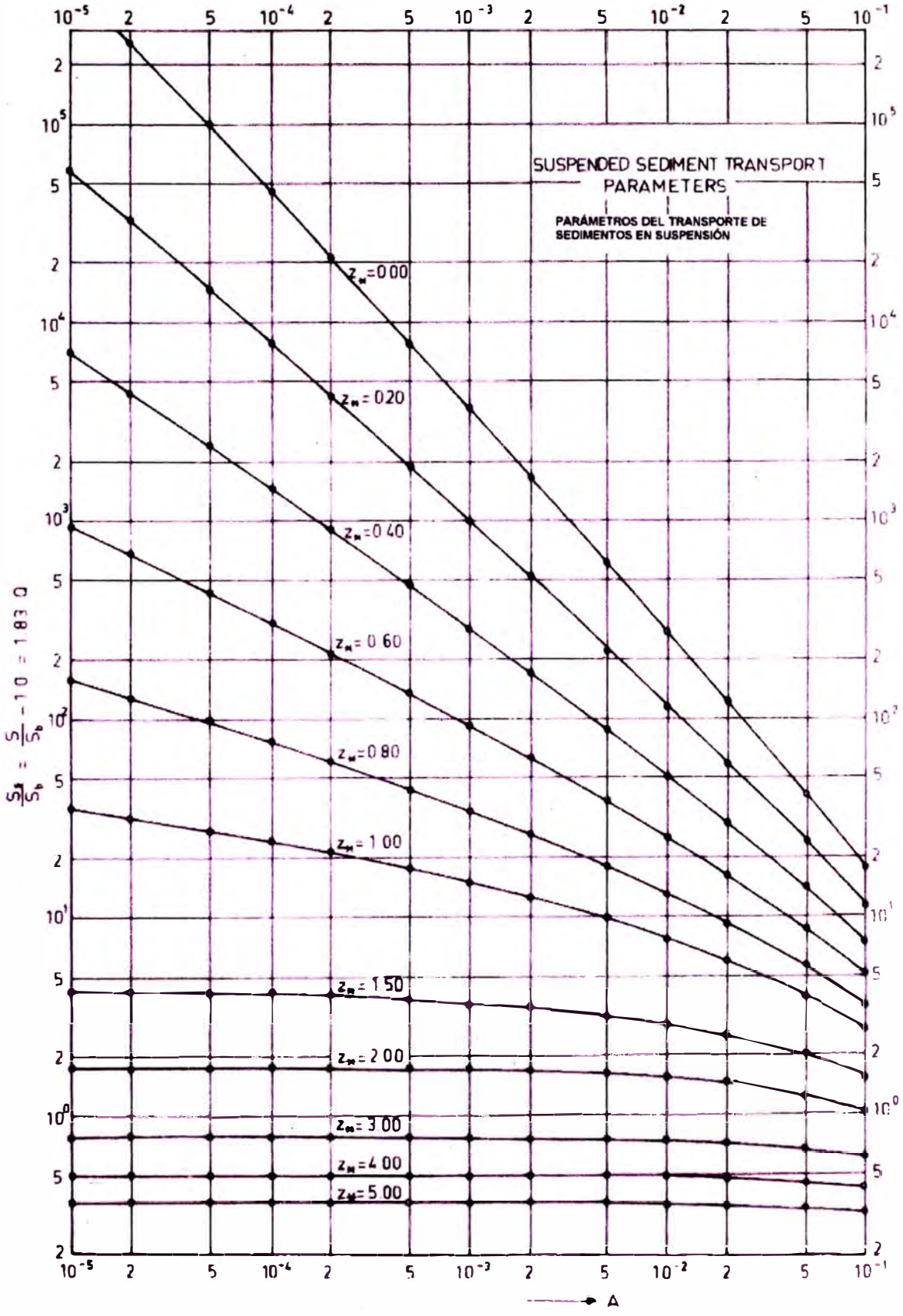
d : profundidad de la rompiente

L : longitud de la ola

T : periodo de la ola

σ : frecuencia angular

Figura 2.13: Parámetros del transporte de sedimentos en suspensión



Fuente: Véase [8]

2.2. CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Para los cálculos realizados en este subcapítulo se tomaron los datos obtenidos mediantes ensayos y levantamientos batimétricos de [10].

2.2.1. Fórmulas de Bijker

Bijker (1967) propuso que el efecto combinado de todas las posibles fuerzas componentes del transporte litoral puede ser determinado y que se puede determinar la corriente litoral y transporte litoral sobre esta base.

La aproximación de Bijker fue la introducción de la influencia del oleaje vía una modificación del esfuerzo cortante de fondo, tal como se conoce en las fórmulas de transporte de sedimentos para corrientes.

Bijker escogió la fórmula de Kalinske-Frijlink para el transporte de fondo, y usó la fórmula de Einstein para el transporte de sedimentos en suspensión.

2.2.2. Cálculo de la Altura y Profundidad de la Rompiente

Se tienen los siguientes parámetros iniciales conocidos, véase [10].

$T = 14"$ $\quad g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ $\quad L_o = 306.02$ m $\quad d_o = 153.01$ m

De la macro distribución de oleaje de Salaverry de la Figura 2.4, véase [10], se obtiene las alturas en aguas profundas y de los planos presentados en [10] se obtienen los coeficientes de refracción tanto en aguas profundas, intermedias y someras.

Tabla 2.1: Alturas aguas profundas y coeficientes de refracción

Ocurrencia (%)	Ho (m)
1.60	0.75
18.40	1.05
47.00	1.40
28.00	1.91
4.40	2.55
0.54	3.20
0.06	3.75

	Sur	Suroeste
Kr1	0.9367	0.9581
Kr2	0.9048	1.0423
Kr3	0.9974	0.9897
Kr	**0.8453**	**0.9883**

Fuente: Véase [10]

Para el cálculo de la altura y profundidad de la rompiente (H_b y d_b) se utilizan las fórmulas (2.2) y (2.3), con los valores obtenidos se ingresan a las figuras 2.7 y 2.8 para una pendiente dada de S = 0.0193.

Del cálculo se obtuvieron las Tablas 2.2 y 2.3 donde se muestran los resultados de la altura en rompiente y profundidad de rompiente para las respectivas ocurrencias.

Tabla 2.2: Cálculo de la altura en la rompiente

Ocurrencia (%)	H'o (m)	H'o/Lo	S	Hb/H'o	Hb (m)
1.60	0.634	0.0021	0.0193	2.024	1.28
18.40	0.888	0.0029	0.0193	1.871	1.66
47.00	1.183	0.0039	0.0193	1.738	2.06
28.00	1.615	0.0053	0.0193	1.634	2.64
4.40	2.156	0.0070	0.0193	1.532	3.30
0.54	2.705	0.0088	0.0193	1.459	3.95
0.06	3.170	0.0104	0.0193	1.411	4.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3: Cálculo de la profundidad de rompiente

Ocurrencia (%)	Hb (m)	Hb/gxT^2	S	db/Hb	db (m)
1.60	1.28	0.0007	0.0193	1.073	1.38
18.40	1.66	0.0009	0.0193	1.079	1.79
47.00	2.06	0.0011	0.0193	1.085	2.23
28.00	2.64	0.0014	0.0193	1.090	2.88
4.40	3.30	0.0017	0.0193	1.094	3.61
0.54	3.95	0.0021	0.0193	1.098	4.33
0.06	4.47	0.0023	0.0193	1.113	4.98

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Cálculo de la Longitud de Ola y Coeficiente de Shoaling

Se tienen los siguientes parámetros iniciales conocidos, véase [10].

$T = 14"$ $\quad g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ $\quad L_o = 306.02$ m $\quad d_o = 153.01$ m

Para el cálculo de la longitud de ola se utiliza la fórmula (2.9) donde se asume un valor inicial de L_o y se iterara hasta obtener el valor real, para el cálculo del

coeficiente de Shoaling se utiliza la fórmula (2.8). Se obtienen los resultados de las Tablas 2.4 y 2.5 respectivamente.

Tabla 2.4: Cálculo de la longitud de la ola

Ocurrencia (%)	db (m)	Lo (m)	L (asum.) (m)	2πxdb/L	tanh	L (calc.) (m)
1.60	1.38	306.02	51.21	0.1689	0.1673	51.21
18.40	1.79	306.02	58.34	0.1930	0.1906	58.34
47.00	2.23	306.02	65.00	0.2157	0.2124	65.00
28.00	2.88	306.02	73.63	0.2454	0.2406	73.63
4.40	3.61	306.02	82.31	0.2758	0.2690	82.31
0.54	4.33	306.02	89.92	0.3028	0.2939	89.92
0.06	4.98	306.02	96.17	0.3253	0.3143	96.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.5: Cálculo del coeficiente de Shoaling

Ocurrencia (%)	d_b (m)	k (m^{-1})	kxd_b	$senh(2kd_b)$	$tanh(kd_b)$	K_{sh}
1.60	1.38	0.1227	0.1689	0.3443	0.1673	1.7367
18.40	1.79	0.1077	0.1930	0.3956	0.1906	1.6295
47.00	2.23	0.0967	0.2157	0.4449	0.2124	1.5460
28.00	2.88	0.0853	0.2454	0.5108	0.2406	1.4559
4.40	3.61	0.0763	0.2758	0.5799	0.2690	1.3804
0.54	4.33	0.0699	0.3028	0.6433	0.2939	1.3240
0.06	4.98	0.0653	0.3253	0.6974	0.3143	1.2831

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Cálculo de la Velocidad Inducida por el Oleaje

Se tienen los siguientes parámetros iniciales obtenidos mediantes ensayos y levantamientos batimétricos, véase [10].

T=14" $\quad g=9.81\frac{m}{s^2}$ $\quad L_o$=306.02 m $\quad d_o$=153.01 m

r=0.05 m $\quad D_{50}$=0.19 mm $\quad D_{90}$=0.34 mm $\quad$ S=m=0.0193

$C_o=21.8583\frac{m}{s}$ $\quad \rho=1{,}025\frac{Kg}{m^3}$ $\quad \rho_s=2{,}650\frac{Kg}{m^3}$ $\quad \emptyset_o=27.30°$

Para el cálculo se utiliza el Método de Bijker, según la fórmula (2.4) obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6: Cálculo de la velocidad inducida por el oleaje

Ocurrencia (%)	Hb (m)	db (m)	$2\pi/L$ (m^{-1})	a_b (m)	fw	C ($m^{1/2}/s$)	γ	V (m/s)
1.60	1.28	1.38	0.1227	3.8964	0.0238	45.3439	0.9320	0.6641
18.40	1.66	1.79	0.1077	4.4475	0.0225	47.4033	0.9268	0.9243
47.00	2.06	2.23	0.0967	4.9677	0.0215	49.1191	0.9217	1.2141
28.00	2.64	2.88	0.0853	5.6663	0.0203	51.1010	0.9174	1.6643
4.40	3.30	3.61	0.0763	6.3960	0.0194	52.8849	0.9141	2.2087
0.54	3.95	4.33	0.0699	7.0521	0.0187	54.3067	0.9107	2.7629
0.06	4.47	4.98	0.0653	7.5206	0.0182	55.3912	0.8985	3.2335

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Cálculo del Transporte de Sedimentos de Fondo

Se tienen los siguientes parámetros iníciales obtenidos mediantes ensayos y levantamientos batimétricos, véase [10].

T=14" $\quad g=9.81\frac{m}{s^2}$ $\quad L_o=306.02$ m $\quad d_o=153.01$ m

r=0.05 m $\quad D_{50}=0.19$ mm $\quad D_{90}=0.34$ mm $\quad S=m=0.0193$

$C_o=21.8583\frac{m}{s}$ $\quad \emptyset_o=27.30°$ $\quad \rho=1{,}025\frac{Kg}{m^3}$ $\quad \rho_s=2{,}650\frac{Kg}{m^3}$

$\Delta=1.59$ $\quad W=0.03\frac{m}{s}$ $\quad B=5.0$ $\quad k=0.4$

Para el cálculo del transporte de sedimento de fondo se utiliza el Método de Bijker, según la fórmula (2.5) obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Cálculo del transporte de sedimentos de fondo

Ocurrencia (%)	Hb (m)	db (m)	V (m/s)	u_b (m/s)	ξ	C' ($m^{1/2}/s$)	μ	Sb (m3/s/m)
1.60	1.28	1.38	0.6641	1.7207	0.3566	84.3587	0.5375	2.658E-05
18.40	1.66	1.79	0.9243	1.9548	0.3624	86.4182	0.5485	4.292E-05
47.00	2.06	2.23	1.2141	2.1728	0.3669	88.1340	0.5573	6.043E-05
28.00	2.64	2.88	1.6643	2.4606	0.3715	90.1159	0.5671	8.616E-05
4.40	3.30	3.61	2.2087	2.7550	0.3753	91.8997	0.5755	1.155E-04
0.54	3.95	4.33	2.7629	3.0138	0.3781	93.3216	0.5819	1.440E-04
0.06	4.47	4.98	3.2335	3.1939	0.3809	94.4060	0.5867	1.672E-04

Fuente: Elaboración propia

2.2.6. Cálculo del Transporte de Sedimentos en Suspensión

Se tienen los siguientes parámetros iníciales obtenidos mediantes ensayos y levantamientos batimétricos, véase [10].

T=14"	$g=9.81\frac{m}{s^2}$	L_o=306.02 m	d_o=153.01 m
r=0.05 m	D_{50}=0.19 mm	D_{90}=0.34 mm	S=m=0.0193
$C_o=21.8583\ \frac{m}{s}$	$\emptyset_o$=27.30°	$\rho=1{,}025\ \frac{Kg}{m^3}$	$\rho_s=2{,}650\ \frac{Kg}{m^3}$
Δ=1.59	$W=0.03\ \frac{m}{s}$	B=5.0	k=0.4

Para el cálculo se utilizó el Método de Bijker, según la fórmula (2.6) y (2.7), con los resultados obtenidos se ingresa a la Figura 2.13 para obtener el valor de la relación S_s/S_b, los resultados se presentan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8: Cálculo del transporte de sedimentos en suspensión

Ocurrencia (%)	Hb (m)	db (m)	V (m/s)	u_b (m/s)	ξ	τ_c	Z*	A	Ss/Sb
1.60	1.28	1.38	0.6641	1.7207	0.3566	2.1568	1.3840	0.036	2.60
18.40	1.66	1.79	0.9243	1.9548	0.3624	3.8233	1.0917	0.028	3.80
47.00	2.06	2.23	1.2141	2.1728	0.3669	6.1431	0.8885	0.022	7.10
28.00	2.64	2.88	1.6643	2.4606	0.3715	10.6656	0.6930	0.017	13.50
4.40	3.30	3.61	2.2087	2.7550	0.3753	17.5396	0.5503	0.014	24.50
0.54	3.95	4.33	2.7629	3.0138	0.3781	26.0261	0.4569	0.012	35.50
0.06	4.47	4.98	3.2335	3.1939	0.3809	34.2659	0.4008	0.010	51.20

Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Cálculo del Transporte de Sedimentos Total

Con todos los cálculos realizados se obtiene el transporte de sedimentos total en la zona de rompiente como la suma del transporte de sedimentos de fondo y suspensión.

$$S=S_b+S_s \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2.10)$$

S : transporte de sedimentos totales

S_b : transporte de sedimentos de fondo

S_s : transporte de sedimentos en suspensión

De la fórmula (2.10) se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9: Cálculo del transporte de sedimentos totales

Ocurrencia %	Hb m	db m	Long. m	Sb (m3/s/m)	Ss (m3/s/m)	S (m3/s/m)	S' (m3/s)	S_{total} (m3/s)
1.60	1.28	1.38	72.15	2.658E-05	6.911E-05	9.569E-05	6.904E-03	0.00011046
18.40	1.66	1.79	21.45	4.292E-05	1.631E-04	2.060E-04	4.419E-03	0.00081312
47.00	2.06	2.23	23.00	6.043E-05	4.290E-04	4.894E-04	1.126E-02	0.00529088
28.00	2.64	2.88	34.05	8.616E-05	1.163E-03	1.249E-03	4.254E-02	0.01191168
4.40	3.30	3.61	38.18	1.155E-04	2.830E-03	2.946E-03	1.125E-01	0.00494866
0.54	3.95	4.33	38.23	1.440E-04	5.113E-03	5.257E-03	2.010E-01	0.00108529
0.06	4.47	4.98	34.94	1.672E-04	8.562E-03	8.729E-03	3.050E-01	0.00018300
							Total	0.02434310
							Total Anual	757,167.63

Fuente: Elaboración propia

Finalmente la capacidad de transporte de sedimentos anual en la zona de estudio es:

$$S = 757{,}167.630 \ \frac{m^3}{año}$$

2.3. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE DESCARGA

2.3.1. Batimétrica del punto de Acoplamiento y Descarga

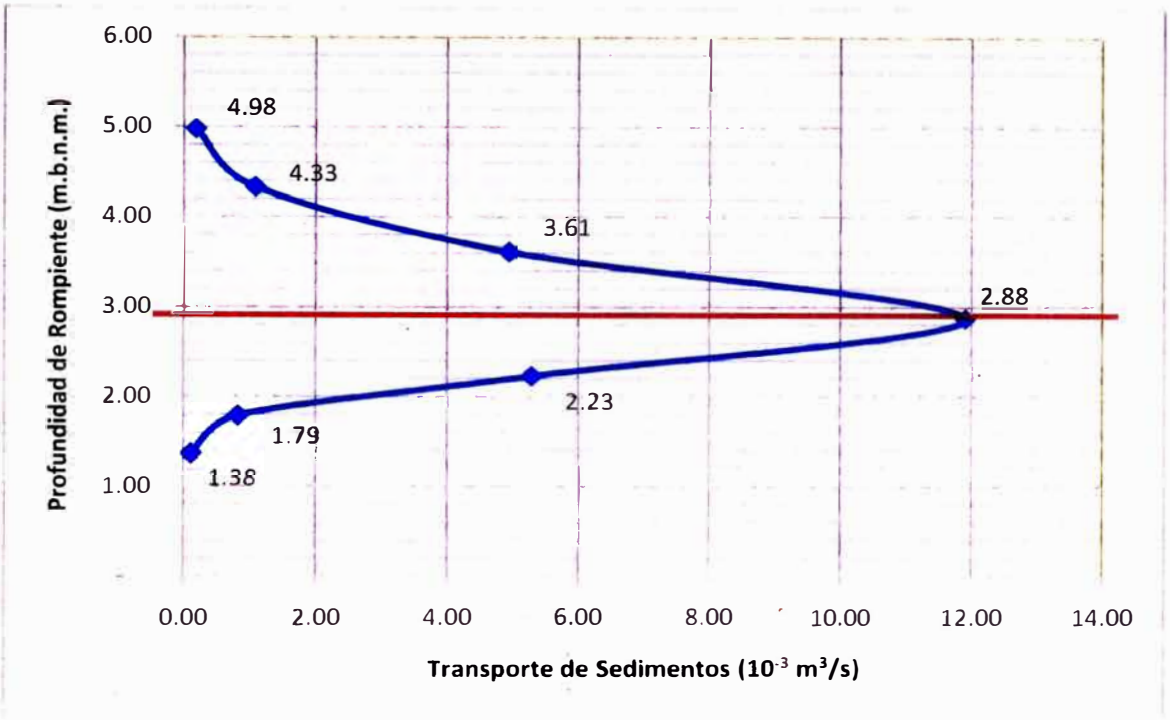
Una vez realizado el cálculo del transporte de sedimentos totales, se grafica la curva "Profundidad de Rompiente vs Transporte de Sedimentos", en función a los resultados obtenidos en la Tabla 2.9.

Como se puede observar en la Figura 2.14 la zona de rompiente se extiende a partir de la batimétrica -5, según [5] la draga de diseño TSHD tiene un profundidad de 5 m (véase Anexo N°1), verificándose así que la draga por sí sola no puede descargar el material en esta zona con gran actividad en el transporte de sedimentos.

Por criterios de seguridad (véase [3]) debe haber una distancia mínima de 1.50 m entre el fondo de la draga y el lecho marino. Por lo tanto la profundidad a la que se ubicara el punto de acoplamiento de la draga con el sistema de descarga será en la batimétrica -6.50 m.

Esta curva fundamentalmente indica la zona donde se ubica la profundidad a la cual se da la mayor capacidad de transporte de sedimentos en la rompiente, y esta se produce en la batimétrica -2.90 m, por lo tanto es a esta profundidad se ubicara el punto de descarga del sistema.

Figura 2.14: Capacidad de Transporte de Sedimentos en la Rompiente



Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Ubicación del punto de Acoplamiento y Descarga

Una vez definida la batimétrica en la que se colocaran los puntos de acoplamiento y descarga se puede definir la ubicación en la que estas, en base al levantamiento batimétrico proporcionado por la Gerencia del Terminal Portuario de Salaverry y los planos de [10].

En el Plano IS-HEA-0111-01 se detalla la ubicación de los puntos de acoplamiento y descarga, siendo sus coordenadas:

- Punto de acoplamiento : 721,647.95 E 9'091,993.72 N
- Punto de descarga : 721,870.51 E 9'092,185.52 N

El punto de descarga se ubica a 150.65 m de la costa, mientras que el punto de acoplamiento se ubica a 444.45 de la costa. Por tanto el sistema de descarga tendrá un longitud de 293.80 m.

CAPITULO 3: PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1. ELECCION DEL TIPO DE TUBERÍA

3.1.1. Tubería de Polietileno HDPE

Para el sistema de descarga de material dragado se utilizaran tuberías de polietileno HDPE, por ser las tuberías más comúnmente utilizadas en instalaciones submarinas.

Los materiales de tubería más comunes son el polietileno de alta densidad con peso molecular alto y el polietileno de alta densidad con peso molecular extra alto. Del peso molecular dependen esencialmente las características de rudeza, durabilidad, resistencia al impacto, a la abrasión y al agrietamiento por esfuerzo ambiental.

El peso molecular extra alto facilita el procedimiento de fusión de extremos de la tubería. Cuando se usa el término HDPE (acrónimo en inglés, polietileno de alta densidad) se refiere a ambos materiales.

A continuación en las Tablas 3.1 y 3.2 se presenta una descripción general de las especificaciones técnicas correspondientes a los grados de HDPE de uso más común, los grados PE 100 y PE 80.

Tabla 3.1: Especificaciones Técnicas PE 100

Propiedad	Método de Prueba	Valor Típico	Unidad
Densidad (resina base)	ISO 1183	949	Kg/m3
Densidad (compuesto)	ISO 1183	959	Kg/m3
Índice de Fluidez (190°C/5Kg)	ISO 1183	0.45	g/10 min.
Tensión Máxima Elástica	ISO 6295	25	Mpa
Alargamiento a la Rotura	ISO 6295	>600	%
Modulo de Elasticidad	ISO 527	1400	Mpa
T° de Reblandecimiento Vicat (1Kg)	ISO 306	127	°C
T° de Reblandecimiento Vicat (5Kg)	ISO 306	77	°C
Estabilidad Térmica (OIT, 210°C)	ISO 10837	>20	min.
ESCR (10% Igepal)	ASTM D-1693-A	>10000	h
Contenido de Negro de Humo	ASTM D-1693	>2	%

Fuente: < http://www.dabterreteria.cl/sysdoc/manual/15.pdf>

Tabla 3.2: Especificaciones Técnicas PE 180

Propiedad	Método de Prueba	Valor Típico	Unidad
Densidad (resina base)	ISO 1183	945	Kg/m3
Densidad (compuesto)	ISO 1183	955	Kg/m3
Índice de Fluidez (190°C/5Kg)	ISO 1183	0.85	g/10 min.
Tensión Máxima Elástica	ISO 6295	21	Mpa
Alargamiento a la Rotura	ISO 6295	>600	%
Modulo de Elasticidad	ISO 527	1000	Mpa
T° de Reblandecimiento Vicat (1Kg)	ISO 306	125	°C
T° de Reblandecimiento Vicat (5Kg)	ISO 306	72	°C
Estabilidad Térmica (OIT, 210°C)	ISO 10837	>20	min.
ESCR (10% Igepal)	ASTM D-1693-A	>10000	h
Contenido de Negro de Humo	ASTM D-1693	>2	%

Fuente: < http://www.dabferreteria.cl/sysdoc/manual/15.pdf>

La presión a la que se someterá la tubería submarina no se conoce, pues no se tienen datos técnicos detallados de la draga de diseño, véase [3]. Por tanto se asumirá el supuesto que el grado de la tubería de polietileno utilizada es de grado PE 80.

3.1.2. Ventajas y Desventajas de las tuberías HDPE

La tubería de estos materiales tiene las siguientes ventajas:

- La tubería de HDPE nos ofrece ahorro importante en los costos de instalación, bajo costo de mantención y larga vida útil.
- Las tuberías de HDPE pesan considerablemente menos que la mayoría de las tuberías de otros materiales haciendo más fácil su manejo e instalación, por lo que se obtienen importantes ahorro en la mano de obra y equipos para su instalación.
- La tubería no es frágil, es flexible por lo que puede curvarse y deformarse sin efectos adversos. Esto permite su instalación en terreno con obstáculos pudiendo instalarse en forma serpenteada respetando las tolerancias de curvatura.
- Los químicos naturales del suelo no afectan las tuberías de HDPE, ni causarle degradación de ninguna forma. Tampoco es conductor eléctrico por lo que no son afectadas por la oxidación o corrosión por la acción electrolítica,

tampoco son afectadas por las algas, bacterias u hongos y son resistente al ataque biológico marino.

- Las tuberías de HDPE poseen excelentes propiedades de escurrimiento que mantienen durante toda su vida útil. Gracias a las paredes lisas de la tubería y a la impermeabilidad del Polietileno, es posible mantener mayor capacidad de flujo y mínimas perdidas de fricción.

- La vida útil estimada para las tuberías de HDPE, es superior a 50 años, para cada aplicación particular las condiciones de trabajo internas o externas pueden alterar la vida útil o cambiar la base de diseño recomendada para alcanzar la misma vida útil.

- La tubería de HDPE es apropiada para fondos de arena, lodo, grava y pequeñas rocas, pero requiere de pesas externas (usualmente hormigón armado) para mantenerla en su lugar e impedir que flote o se mueva por las fuerzas hidrodinámicas.

Su principal desventaja es:

- El HDPE es un material relativamente suave que puede ser dañado por las anclas de los grandes barcos que enganchan y jalan la tubería. Sin embargo, su alta resistencia al impacto protegerá la tubería de astillarse y romperse.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

3.2.1. Selección del diámetro de la tubería

La selección del diámetro de la tubería submarina de HDPE se hace con la misma serie de determinaciones como para otro material de tubería. Usualmente se utiliza el balance de la reducción de pérdida de fricción contra las velocidades de flujo necesarias para mantener el suficiente arrastre que evitará la deposición de residuos o el crecimiento de bacterias.

La tubería de HDPE tiene excelentes características de flujo debido a su pared excepcionalmente suave; tiene una constante de la fórmula de Hazen-Williams de C = 155 para agua y C = 140 para aguas servidas. Esto permite una selección de mayor velocidad y menor diámetro que para la mayoría de otros materiales de la tubería.

Para tuberías submarinos que utilizan tubería de HDPE la velocidad de flujo que ha probado ser satisfactoria desde el punto de vista tanto de fricción como de limpieza, usualmente está dentro de los rangos presentados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Rangos de velocidad de flujo

Tamaño Nominal de la Tubería (cm)	Rangos Satisfactorios De Velocidad (m/s)
10 – 30	0.7 – 2.0
25 – 50	1.2 – 3.0
40 – 75	2.0 – 4.0

Fuente: Véase [12]

El caudal de salida de la draga al sistema de descarga, en base a criterios de producción y optimización, véase [3], es de 2,500 m^3/hr.

Una tubería de tamaño razonable para este caso es de un diámetro de 50.0 cm, pues se dispone de tubería de ese diámetro para la draga de corte Grumete Arciniega, incluyendo conexiones y rotulas para ese diámetro. De esa manera se estandariza y se tiene versatilidad para uso compartido y de emergencia.

Por lo tanto se verifican los parámetros de la tubería, en función a la Figura 3.1.

$$Q = 2{,}500\ \frac{m^3}{hr} = 0.694\ \frac{m^3}{s}$$

$$D = 0.50\ m$$

$$\therefore\ V = \frac{0.694}{0.50} = 1.388\ \frac{m}{s}$$

3.2.2. Selección de la Razón de Dimensión Estándar de la Tubería (SDR)

Las tuberías de polietileno están dimensionadas por un diámetro exterior controlado y por el espesor mínimo de la pared a fin de obtener la presión deseada por el método de razón de dimensión estándar (SDR).

La Tabla 3.4 presenta los diámetros externos e internos y el peso promedio por unidad de longitud (kg/m) de las tuberías fabricadas de acuerdo de los métodos de ISO, para el grado PE 80.

Tabla 3.4: Dimensiones de Tuberías HDPE – Grado PE 80

DIAM. NOM. Diam. mm.	PN=4 bar SDR 32		PN=6 bar SDR 21		PN=8 bar SDR 17		PN=10 bar SDR 13.6		PN=12.5 bar SDR 11		PN=16 bar SDR 9		PN=20 bar SDR 7.4	
	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.	e pared min mm.	Diam.int. aprox. Mm.
20.0	-		-	-	-	-	-	-	-		2.3	15.40	-	-
25.0	-		-	-	-	-	-	-	-		2.8	19.40	-	-
32.0	-		-	-	-	-	2.8	26.40	3.0	26.00	3.6	24.80	-	-
40.0	-		-	-	-	-	3.0	34.00	3.7	32.60	4.5	31.00	-	-
50.0	-		-	-	-	-	3.7	42.60	4.6	40.80	5.6	38.80	-	-
63.0	-		-	-	3.7	55.60	4.7	53.60	5.8	51.40	7.1	48.80	8.6	45.80
75.0	-		-	-	4.5	66.00	5.6	63.80	6.8	61.40	8.4	58.20	10.3	54.40
90.0	-		-	-	5.4	79.20	6.7	76.60	8.2	73.60	10.1	69.80	12.3	65.40
110.0	3.4	103.20	5.3	99.40	6.6	96.80	8.1	93.80	10.0	90.00	12.3	85.40	15.1	79.80
125.0	-	-	6.0	113.00	7.4	110.20	9.2	106.60	11.4	102.20	14.0	97.00	17.1	90.80
140.0	4.3	131.40	6.7	126.60	8.3	123.40	10.3	119.40	12.7	114.60	15.7	108.60	19.2	101.60
160.0	4.9	150.20	7.7	144.60	9.5	141.00	11.8	136.40	14.6	130.80	17.9	124.20	21.9	116.20
200.0	6.2	187.60	9.6	180.80	11.9	176.20	14.7	170.60	18.2	163.60	22.4	155.20	27.4	145.20
250.0	7.7	234.60	11.9	226.20	14.8	220.40	18.4	213.20	22.7	204.60	27.9	194.20	34.2	181.60
315.0	9.7	295.60	15.0	285.00	18.7	277.60	23.2	268.60	28.6	257.80	35.2	244.60	-	-
355.0	10.9	333.20	16.9	321.20	21.1	312.80	26.1	302.80	32.2	290.60	39.7	275.60	-	-
400.0	12.3	375.40	19.1	361.80	23.7	352.60	29.4	341.20	36.3	327.40	-	-	-	-
450.0	13.9	422.20	21.6	407.00	26.7	396.60	33.1	383.80	-	-	-	-	-	-
500.0	15.4	469.20	23.9	452.20	29.7	440.60	36.8	426.40	-	-	-	-	-	-
560.0	17.3	525.40	26.7	506.60	33.2	493.60	-	-	-	-	-	-	-	-
630.0	19.4	591.20	30.0	570.00	37.4	555.20	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: <http://www.dihyc.com.pe/tuberiashdpe.html>

Generalmente, la sección de la tubería submarina que recibe mayor presión es la que está dentro de la zona rompiente del oleaje, usualmente representada por profundidades menores de 6 metros en áreas protegidas del mar abierto.

En esta zona ocurre la mayor presión externa desde las corrientes, es la que recibe el impacto de objetos traídos por éstas y las olas, y es la más propensa a minarse. Es también el área que soporta la mayor presión interna y está sujeta a impactos por la colocación de los lastres rocosos.

Por lo tanto, la sección de tubería a través de esta zona frecuentemente se selecciona con una SDR menor (pared de tubería más gruesa) que la sección fuera de la zona rompiente del oleaje a fin de contrarrestar el impacto adicional, flexión, fuerzas cortantes y de zuncho. Una SDR con un rango de 11 a 21 es el que usa comúnmente en la zona rompiente del oleaje y de 19 a 32,5 para la sección fuera de esta zona, según [12].

Por tanto, para uniformizar la presión nominal de trabajo se elegirá un SDR igual a 21, por tanto las características de esta tubería de grado PE 80 y de 50.0 cm de diámetro, son:

$$D_{int}=452.20 \text{ mm} \qquad e_{pared}=23.90 \text{ mm}$$

3.3. ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DESCARGA

3.3.1. Anclajes

Probablemente la causa más común del fracaso de las tuberías submarinas de HDPE es el anclado inadecuado de la tubería en el fondo del mar. Esta deficiencia hace que se mueva y se dañe debido a las corrientes y rompiente del oleaje. Debido a que las tuberías de diámetro más pequeño usan bloques de anclaje más pequeños, usualmente quedan tendidas en el fondo donde ocurre poco o ningún arrastre.

Asimismo, en la mayoría de las condiciones típicas del suelo, la tubería de HDPE y los lastres tienden a reposar en la excavación de arrastre sin causar ruptura de la tubería por las características flexibles del HDPE, también tolera mejor el movimiento que cualquier otro material para tubería submarina.

Otra causa de falla de la tubería submarina de HDPE ha sido el uso de metales no resistentes a la corrosión para asegurar los lastres a la tubería. Una falla posterior de los fiadores hace que los anclajes o collarines se suelten y debido a que la tubería y sus contenidos son menos pesados que el agua marina, la tubería flota hacia la superficie. El diseño correcto y la instalación adecuada son esenciales para asegurar una larga vida útil a la tubería.

i. Determinación de la distancia entre los Anclajes

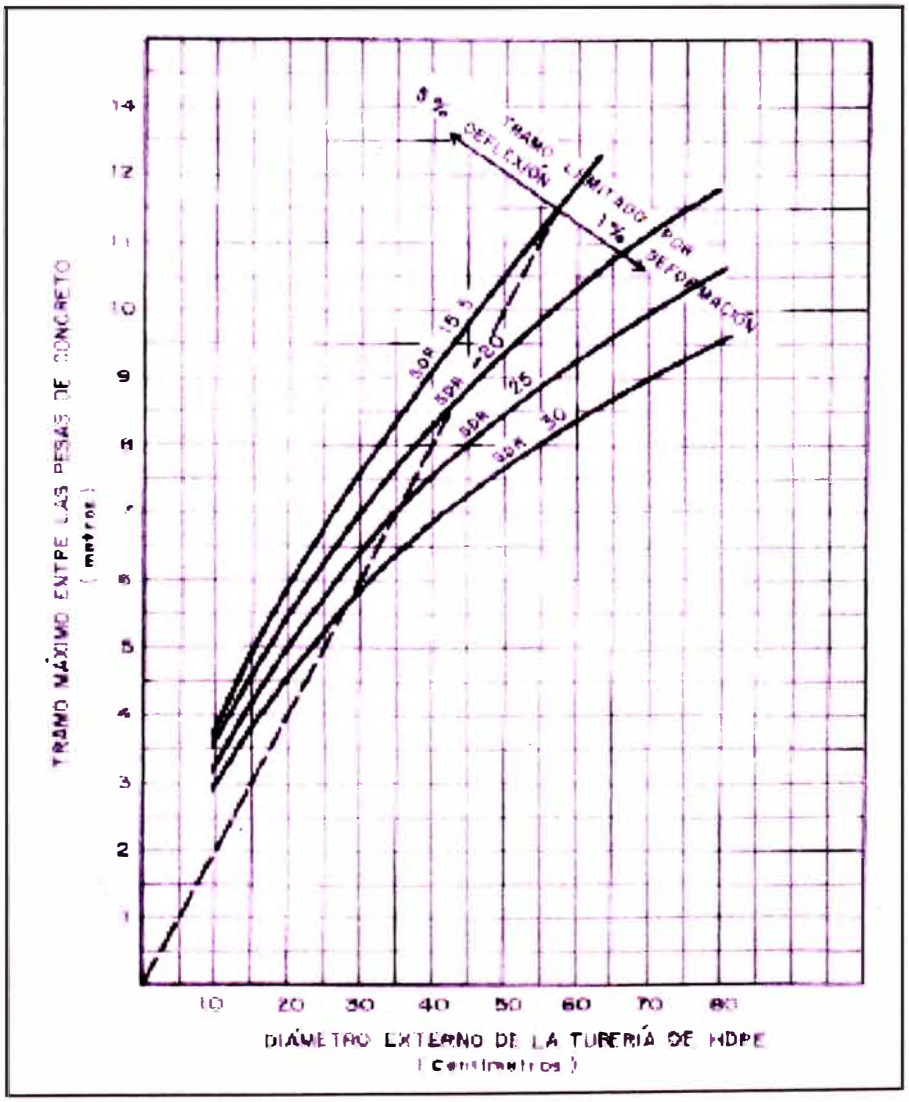
La mayor presión y desviación en la viga ocurre en la instalación debido al peso de los lastres durante el flotamiento y remolque de la tubería. También puede darse por fuerzas hidrodinámicas de las corrientes y posiblemente por el hundimiento de los anclajes en un lecho suave.

Es importante que las distancias entre los lastres no sean muy grandes. La presión ejercida puede ser estimada como una viga simple uniformemente cargada con una unidad de carga igual a la unidad de flotación de la tubería.

Para limitar la desviación a menos de 5% o la deformación a menos de 1%, se ha desarrollado el cuadro de la Figura 3.1 para determinar el tramo máximo entre los lastres para diversas dimensiones estándar de tubería de HDPE. Se debe notar que para SDR más pequeñas, aunque el espacio entre lastres puede ser mayor, usualmente no excede de 5 ó 6 metros por razones prácticas de construcción.

Este límite es una regla establecida para evitar, o al menos reducir, problemas en el manejo y acoplamiento de lastres muy grandes. También es mejor, desde el punto de vista de las fuerzas hidrodinámicas externas, tener lastres más pequeños y más cercanos que grandes y con mayor espacio entre ellos porque cuanta más cerca esté la tubería del lecho, la fuerza externa será menor.

Figura 3.1: Tramo máximo entre anclajes de concreto para tuberias HDPE



Fuente: Véase [12]

En la figura se observa que para un diámetro de 50.0 cm, se obtiene una distancia máxima entre anclajes de 9.0 m. Por tanto por consideraciones técnicas y constructivas, véase [12], se elegirá una distancia entre anclajes para la tubería submarina de 5.0 m.

ii. Determinación del peso de los lastres

Existen dos consideraciones al determinar el peso para anclar adecuadamente los emisarios submarinos de HDPE en el fondo del mar. Una consideración es el lastre necesario para evitar la flotación y prevenir el movimiento horizontal debido a corrientes en áreas fuera de la zona rompiente del oleaje; la otra es prevenir el movimiento dentro de la zona rompiente del oleaje durante las peores condiciones de tormenta. Se usan dos soluciones totalmente diferentes.

El término "factor de hundimiento" se usa en las tuberías de emisarios submarinos de HDPE para describir la razón de la fuerza total hacia abajo con relación a la fuerza total hacia arriba del sistema de tuberías, incluidos la tubería, el contenido de la misma y las pesas de los lastres de hormigón (anclas o collarines).

El factor de hundimiento no es más que la gravedad específica del sistema y se usa como un indicador de la estabilidad de la tubería y su resistencia a las diversas fuerzas hidrodinámicas ejercidas por el mar. Las guías señalan que los valores apropiados del factor de hundimiento varían entre 1,1 y 1,5.

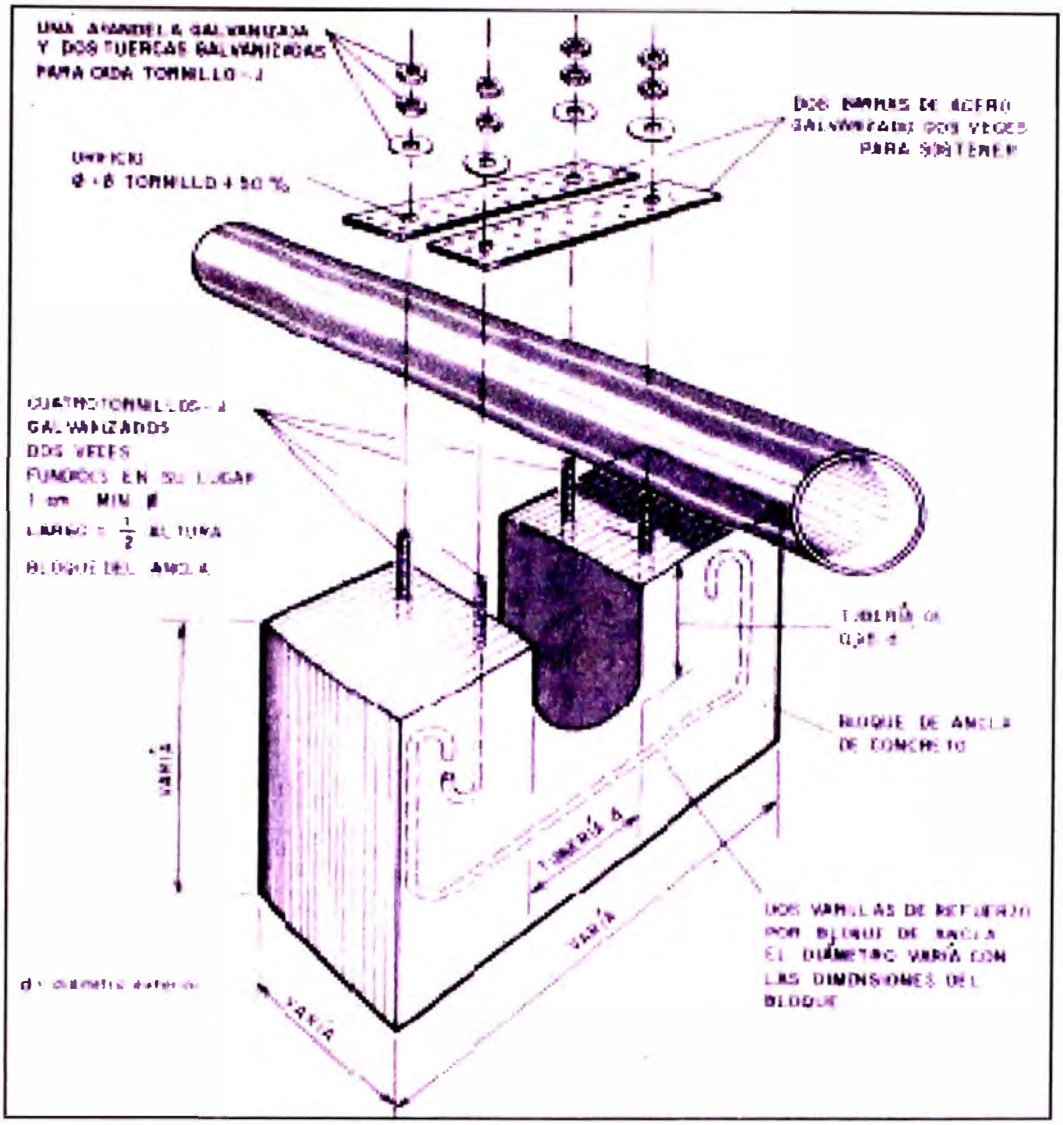
iii. Diseño del Anclaje

Los anclajes cumplen la función de impedir el desplazamiento horizontal de la tubería por efecto de las corrientes. El anclaje será de concreto armado de tipo rectangular, por ser el que brinda de mayor estabilidad en zonas de oleaje (zona de rompiente).

Se construirán con concreto armado de 210 kg/cm² de resistencia a los 28 días y llevará tres tipos de aditivos: uno para la protección contra el ataque químico, un superfludificante y un densificador a base de microsílica.

El acero empleado en la fabricación de los anclajes será de grado 60 y llevará un recubrimiento epóxico para que lo proteja de la corrosión.

Figura 3.2: Anclajes de concreto para tuberías submarinas de HDPE



Fuente: Véase [12]

Los anclajes de concreto deberán ser almacenados cerca del lugar de trabajo. Pero aún así, es necesario contar con el equipo adecuado para trasladarlos desde el área de almacenamiento hasta el sitio de trabajo y para levantar la tubería de modo que se logren colocar los anclajes por debajo de ésta.

3.3.2. Boyarines de Marca e Izado

Los extremos de la tubería submarina del sistema de descarga, deben ser debidamente señalizados de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Señalización Náutica, HIDRONAV - 5111 edición 2003 publicado por la DHN, a fin de evitar que sea dañada por las operaciones de las embarcaciones que operan y transitan por el área.

La descripción de los boyarines de marca e izado son similares y se indican en la Tabla 3.5. La descripción de la luz que tendrán los boyarines de marca se indican en la Tabla 3.6.

Tabla 3.5: Descripción del boyarín

Forma	Cilindro doble cono
Modelo	P-2ST
Altura tota	2.50 m
Altura de castillete	1.23 m
Altura del cilindro	0.585 m
Altura del cono inferior	0.685 m
Diámetro mayor	0.87 m
Material	Plástico reforzado con fibra de vidrio
Color	Amarillo

Fuente: Véase [12]

Tabla 3.6: Descripción de la luz del bóyarin

Color	**Ámbar**
Tipo	Luz auto sostenida de forma de campana con aditamento en forma de S
Fuente de energía	Paneles solares incorporados
Alcance de la luz	2 m.n. (factor Transp. atmos. 0.75)
Ritmo	Luz de destellos con patrón por confirmar
Encendido	Por conmutador automático con célula fotovoltaica incorporado
Anclaje	22 metros de cadena de acero galvanizado de ¼ de pulg. de diámetro con grilletes de ¼ pulgada y peso de anclaje de 200 kilos

Fuente: Véase [12]

La señal antes descrita cumple con lo dispuesto en los artículos 108, 205.a.4 y 205.b del Reglamento de Señalización Náutica HIDRONAV - 5111, 3ra. Edición 2003.

Los boyarines de marca se instalan a 2 m hacia el lado de mar del inicio y el final de la tubería submarina, con el propósito de que sirva de referencia para evitar que se fondeen las anclas y se realicen operaciones de pesca de arrastre y otras actividades que puedan interferir con el sistema de descarga, en un área circular de 500 metros de radio con centro en la posición de la boya.

Figura 3.3: Boyarín de marca

Fuente: Véase [9]

El boyarín de izado se ubica al final del sistema de descarga, este facilita la conexión del sistema con la draga. La ubicación y detalles de los boyarines de marca e boyarín de izado se especifican en el Plano IS-HEA-0111-02.

3.3.3. Acoplamiento y Válvula

El Camlock se ubica al final del sistema de descarga y se utiliza para conectar directamente el sistema de descarga con la draga, mediante un sistema de garras que presionan la brida con un sistema de levas, según se muestra en la Figura 3.3.

La válvula mariposa se ubica entre la válvula Camlock y las tuberías HDPE, de acuerdo al plano IS-HEA-0111-02 y las especificaciones que se adjuntan en el Anexo N°2.

Figura 3.4: Válvula Camlock

Fuente <http://www.gall-thomson.co.uk/web/index.php?id=15>

CONCLUSIONES

Del presente informe se desprenden las siguientes conclusiones, que en orden de desarrollo son:

1. El transporte de sedimentos es de 757,167.63 m^3/año, y el volumen de dragado promedio del Puerto de Salaverry es de 1'037,003.63 m^3/año. Siendo éste volumen suficiente para mitigar la erosión, y recuperando así el equilibrio natural de transporte sedimentos en la costa norte del Puerto Salaverry.

2. La zona de rompiente se extiende a partir de la batimétrica -5 m en dirección a la costa y la draga de diseño TSHD tiene una profundidad de 5 m; por tanto la draga no puede descargar el material directamente en la zona con capacidad de transporte de sedimentos.

3. Según los cálculos de la capacidad de transporte de sedimentos, el 95.45% del transporte de sedimentos se origina entre la batimétrica -2.23 m y -4.33 m, dentro de la zona de rompiente.

4. La zona donde se presenta la mayor capacidad de transporte de sedimentos es en la batimétrica -2.90 m, dentro de la zona de rompiente. Por lo tanto a esta profundidad se ubica el punto de descarga del sistema, a 150.65 m de la costa.

5. Por criterios de seguridad la distancia mínima entre el fondo de la draga y el lecho marino es 1.50 m. Por lo tanto la profundidad a la que se ubica el punto de acoplamiento de la draga con el sistema de descarga se produce en la batimétrica -6.50 m, fuera de la zona de rompiente, a 444.45 m de la costa.

6. El sistema de descarga tendrá un longitud de 293.80 m, conformado por tuberías submarinas de polietileno HDPE, con un diámetro de 500 mm, con anclajes de concreto armado del tipo rectangular, con una distancia de 5 m entre los anclajes, los cuales tendrán un factor de hundimiento de 1.5. Tendrá boyarines de marca en los puntos de acoplamiento y descarga, y un boyarín de izado para el acoplamiento con la draga.

RECOMENDACIONES

- Para realizar un análisis más detallado de los cálculos de hidráulica marítima, se recomienda efectuar las pruebas, ensayos, levantamientos batimétricos de la zona exacta donde se implementará el sistema de descarga.

- Las tuberías del sistema de descarga serán de polietileno de alta densidad HDPE, grado PE80, con una presión nominal de trabajo SDR 21, con un diámetro exterior de 500.00 mm y un de diámetro interior de 452.20 mm, un espesor de 23.90 mm. Esto porque se dispone de tuberías de estas características para la draga de corte Grumete Arciniega, incluyendo conexiones y rotulas para ese diámetro. De esa manera se estandariza y se tiene versatilidad para uso compartido y de emergencia.

- Los anclajes serán de concreto armado de 210 kg/cm² de resistencia a los 28 días y llevará tres tipos de aditivos: uno para la protección contra el ataque químico, un superfludificante y un densificador. El acero empleado en los anclajes será de grado 60 y con recubrimiento epóxico contra la corrosión.

BIBLIOGRAFIA

[1] Escalante, Raúl – Ingeniería de Dragado – *"Tema 5: Elección del equipo de dragado"* – Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Argentina, 2007.

[En línea] <http://www.graduadosportuaria.com.ar/bibliografia.htm>

[2] Escalante, Raúl – Ingeniería de Dragado – *"Tema 9: Draga de succión por arrastre TSHD"* – Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Argentina, 2007.

[En línea] <http://www.graduadosportuaria.com.ar/bibliografia.htm>

[3] Escalante, Raúl – Ingeniería de Dragado – *"Tema 10: TSHD - Cálculo de producción"* – Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria – Argentina, 2007.

[En línea] <http://www.graduadosportuaria.com.ar/bibliografia.htm>

[4] G-MATIC S.A.C. Soluciones Generales en Geomática y Sistemas de Información – *"Estudio de erosión de la costa en el distrito de Buenos Aires"* – Perú, 2009.

[En línea] <http://www.gmaticsac.com/publicaciones/cambios_costa_trujillo.html>

[5] Grupo N°3 – Estudio de Pre Inversión a Nivel Perfil – *"Protección de la Costa Norte del Puerto Salaverry"* – Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, 2010.

[6] Gutiérrez, Roberto y Moor, Ronald – II Congreso Latinoamericano de Dragado – *"Posible Solución al Problema de Arenamiento y Penetración del Oleaje en el Puerto de Salaverry"* – Empresa Nacional de Puertos ENAPU – Perú, 1977.

[7] Informe Técnico – *"Estudio en Modelo Hidráulico del Arenamiento del Puerto de Salaverry"* – Laboratorio Nacional de Hidráulica – Perú, 1981.

[8] Instituto de Investigaciones Eléctricas – Manual de Diseño de Obras Civiles – *"A.2.13 Hidráulica Marítima: Recomendaciones y Comentarios"* – Comisión Federal de Electricidad – México, 1983.

[9] Karlsen, Tom – *"PE Catalogue – Submarine Applications, PIPELIFE NORGE AS"* – Interconsult ASA – Noruega, 2002.

[En línea] <http://www.pipelife.com/media/generic/pdfs/Technical_Catalogue_for_ Submarine_Installations_of_Polyethylene_Pipes.pdf>

[10] Maldonado Contreras, Hugo – Tesis de la Sección de Posgrado y Segunda Especialización – *"Determinación del Impacto Erosivo en el litoral por la construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena, desarrollando un Estudio de Erosión"* – Facultad de Ingeniería Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, 2009.

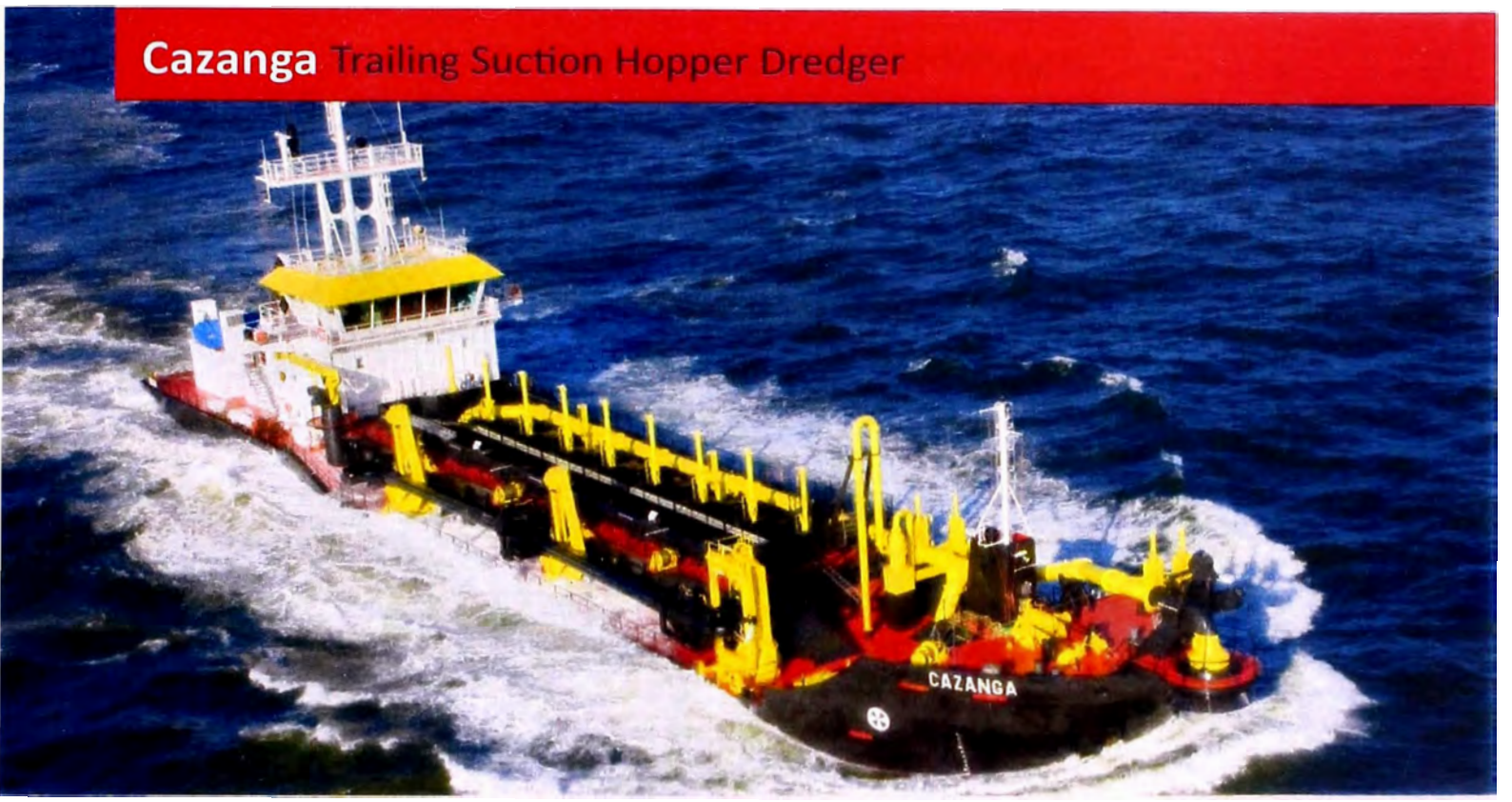
[11] Ozono Televisión Canal 41 – *"La erosión costera y su repercusión en el equilibrio ambiental"* – Perú, 2007.

[En línea] <http://www.youtube.com/user/OzonoTelevision#p/search/0/qIwrlqG05y0>

[12] Reiff, Fred – *"Emisarios Submarinos de Pequeños Diámetro de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)"* – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS – 2000.

ANEXO N° 1

Cazanga Trailing Suction Hopper Dredger



Name	Cazanga
Type	Trailing Suction Hopper Dredger
Year of construction	2008
Owner	Sonangol
Builder	IHC Dredgers B.V.

Dimensions	
Length o.a	82.80m
Length b.p p	78.50m
Beam	16.00m
Draught (dredging mark)	5.00m
Hopper capacity	2,400m
Deadweight (dredging mark)	3,950t
Diameter suction tube	700mm
Dredging depth	25.00m

Power and speed	
Main engines	2 x 1,350kW
Jetpump power	360kW
Bow thruster	325kW
Auxiliary power	200kW
Total installed power	2,980kW
Loaded speed	11.4 knots

Accommodation	12 persons

Self-emptying system with bow discharge connection of 650mm

All rights reserved. Reproduction in any form or by any means is not allowed, without prior permission in writing from IHC Merwede B.V.

IHC Holland B.V.

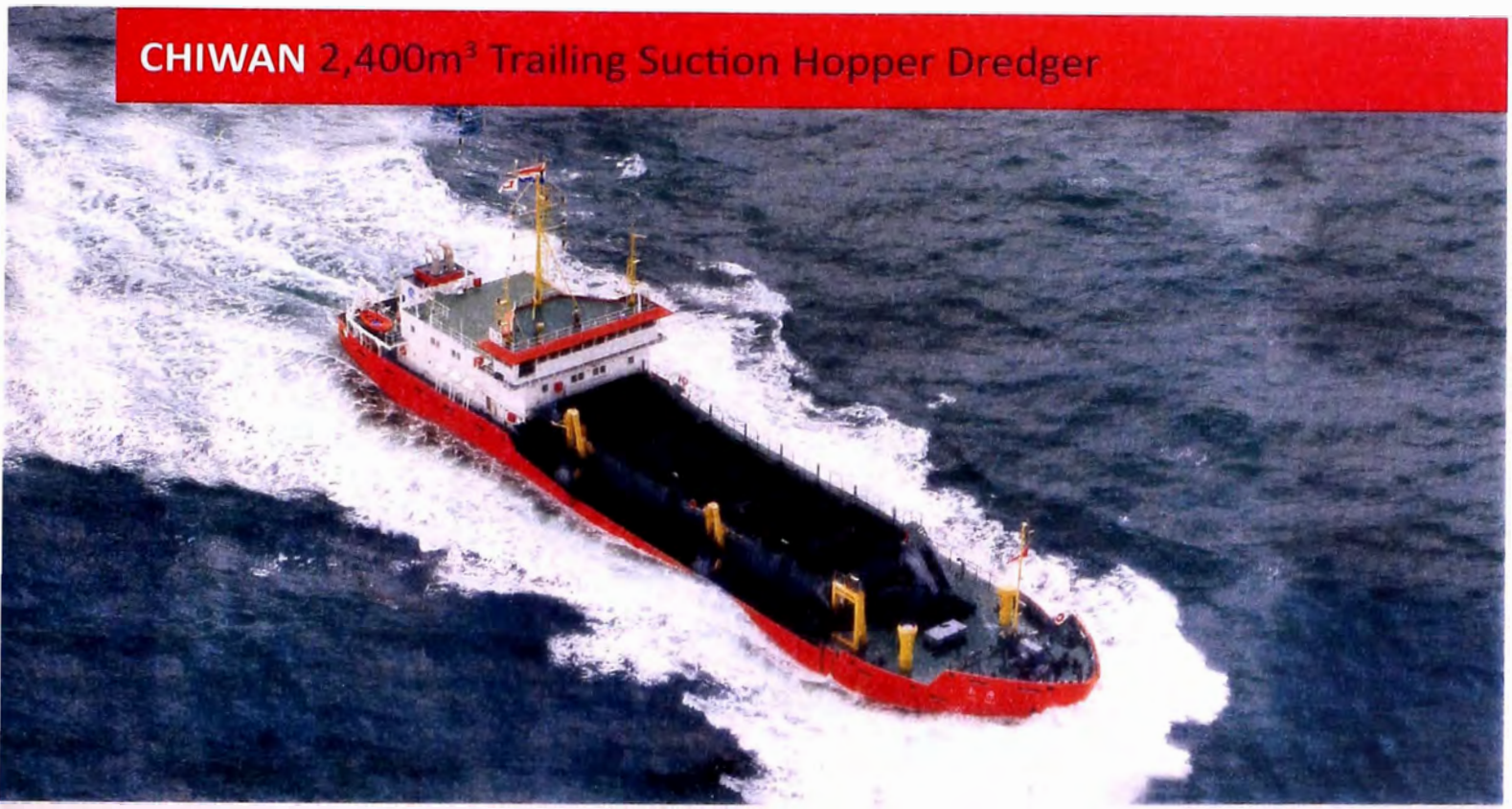
P.O. Box 204, 3360 AE Sliedrecht
Molendijk 94, 3361 EP Sliedrecht
The Netherlands

T +31 184 41 15 55
F +31 184 41 18 84
info@ihcmerwede.com
www.ihcmerwede.com

The technology innovator.

IHC MERWEDE

CHIWAN 2,400m³ Trailing Suction Hopper Dredger



Name	CHIWAN
Type	Trailing Suction Hopper Dredger
Year	1992
Owners	Guangzhou Waterway Bureau
Builder	IHC Holland

Dimensions	
Length overall	81.70m
Length bpp	78.00m
Beam	15.80m
Depth	5.50m
Draught	4.50m
Hopper volume	2,400m³
Hopper load (Dredging Mark)	2,781 ton
Deadweight (Dredging Mark)	3,131 ton
Max. Dredging depth	30m
Diameter suction pipe	700mm

Power and speed	
Dredge pump power (max.)	370kW
Jet pump power	325kW
Propulsion power	2x 1,850kW
Total installed power	4,135kW
Laden speed	12 knots

Accommodation	36 persons

PU 01195

All rights reserved. Reproduction in any form or by any means is not allowed without prior permission in writing from IHC Merwede B.V.

IHC Holland B.V.

P.O. Box 204, 3360 AE Sliedrecht
Molendijk 94, 3361 EP Sliedrecht
The Netherlands

T +31 184 41 15 55
F +31 184 41 18 84
info@ihcmerwede.com
www.ihcmerwede.com

The technology innovator.

IHC MERWEDE

JUHU BEACH 2,400m³ Trailing Suction Hopper Dredger

Name	**JUHU BEACH**
Type	**Trailing Suction Hopper Dredger**
Year of construction	**2009 / 2010**
Owner	**Juhu Beach B.V.**
Builder	**IHC Dredgers B.V.**

Dimensions

Length o.a. abt.	82.80m
Length b.p.p.	78.50m
Beam	16.00m
Draught (dredging mark)	5.00m
Hopper capacity	2,400m³
Deadweight (dredging mark)	3,850 ton
Diameter suction tubes	700mm
Dredging depth	25m

Power and speed

Main engines	2 x 1,350kW
Jetpump power	1 x 360kW
Bow thruster	1 x 325kW
Auxiliary power	1 x 200kW
Total installed power	2,980kW
Laden speed	11,40 knots

Accommodation 14 persons

Self-emptying system with bow discharge connection of 650mm

PU 01258

IHC Holland B.V.

P.O. Box 204, 3360 AE Sliedrecht
Molendijk 94, 3361 EP Sliedrecht
The Netherlands

T +31 184 41 15 55
F +31 184 41 18 84
info@ihcmerwede.com
www.ihcmerwede.com

The technology innovator.

ANEXO N° 2

CAMLOCK COUPLING

STUDDED AND SHORT SPOOL

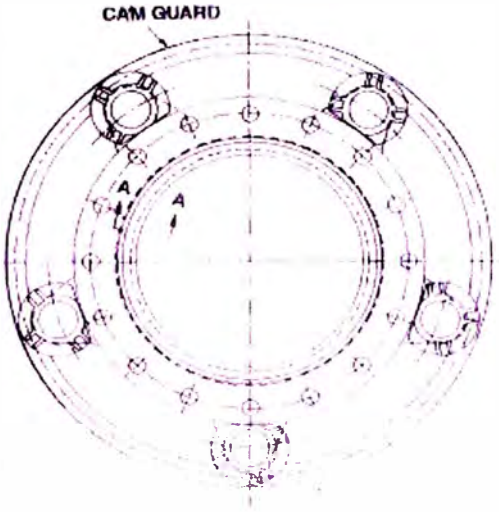
The Camlock coupling is a quick connection / release coupling. It is situated at the end of the rail hose and is used to connect the hose to the ship's manifold without the use of stud bolts. The connection is made by means of a number of cams mounted on the periphery of the Camlock coupling flange

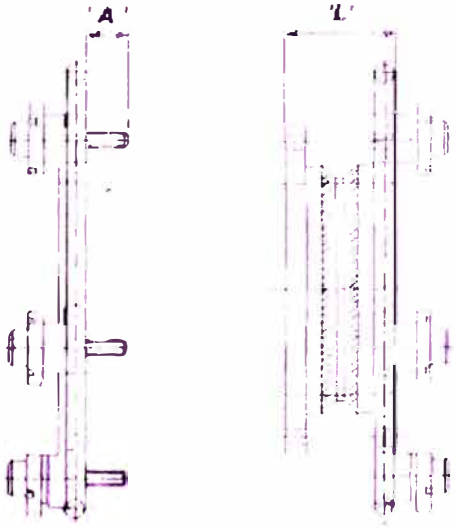
The hose is lined up with the ship's manifold flange and the two flanges brought together. The manifold flange is at this stage lying inside the pitch circle of the cams. The two flanges are locked together by rotating the cams which lock onto the back of the manifold flange using a special tool or a short bar.

The Camlock is manufactured in two basic designs - short spool and studded. The short spool Camlock has the advantage that if the cams become damaged the hose connection can still be made by bolting through the Camlock flange. This is not possible with the studded version.

The cam guard has been added to the standard coupling to prevent fouling of the cams by the pick-up chain.

Camlock coupling flanges and spool are electro-nickel plated. Finish is black bitumastic paint.





Studded Camlock | Short Spool Piece Camlock

Description	Material
Short Spool Piece - Flange	ASTM A105
Short Spool Piece - Tube	API 5L Grade B
Cam Block	Cast Steel
Cam	Cast Stainless Steel
Cam Bolt	Steel
Studded Camlock - Flange	BS EN 10025 Grade FE430A
Stud / Nut	Stainless Steel

Nominal Hose Size in	Nominal Hose Size mm	Studded Camlock No. of Studs	Std. Stud Dia. (in)	P.C.D. of Stud (in)	Weight in Air (kg)	A'Stud Projection (mm)
6	150	8	0.750	9.50	19.5	55
8	200	8	0.750	11.75	30.1	55
10	250	12	0.875	14.25	35.9	60
12	300	12	0.875	17.00	46.4	60
16	400	16	1.000	21.25	67.7	71
20	500	20	1.125	25.00	102.7	78

Nominal Hose Size in	Nominal Hose Size mm	No. of Cams	Cam Guard O.D. (mm)	P.C.D. of Cams (mm)	'O' Ring Sect./Dia. (in)	'O'Ring Groove I.d. (in)	Short Spool Camlock Weight in air (kg)	Short Spool Camlock Spool Length L (mm)
6	150	3	511	367	0.270	7.3120	31.8	127
8	200	3	572	420	0.275	9.0825	51.3	140
10	250	3	636	490	0.275	11.5625	65.7	153
12	300	4	711	568	0.376	13.3750	86.4	159
16	400	5	826	683	0.375	16.9375	132.7	191
20	500	6	930	767	0.375	21.5000	216.3	216

This information and all dimensions, weights etc. are thoroughly correct at the time of publication, but Dunlop Ltd., Oil & Marine reserves the right to modify data and design without notice. *(c)opyright 1994 Dunlop Oil & Marine (SEA) Pte. (reserved)*

BUTTERFLY VALVES

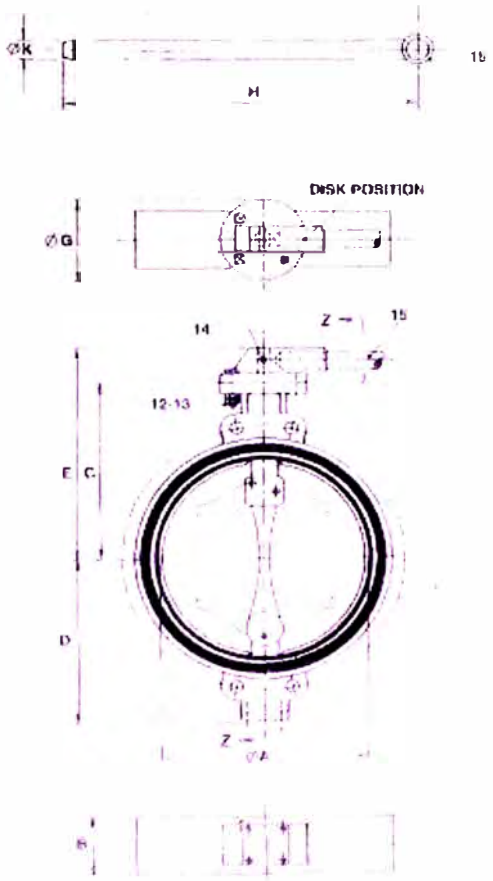
The butterfly valve is used at the tanker end of a floating hose string to isolate the system before tanker manifold disconnection. Usually it is sandwiched between the rail hose flange and a short spool Camlock coupling or a spool piece.

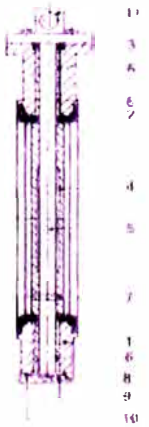
The valve is corrosion protected for use in a splash zone environment and is rubber lined. The lining is vulcanised to the valve body and forms an integral gasket.

The special aluminium bronze lever actuator is lighter and much more rugged than alternative gear box actuators. The lever housing is lockable in the open or closed positions.

The valve is not normally intended for use in pressure tests or for flow control purposes.

Standard finish to the valve body is black epoxy paint.





SECTION ON Z - Z

Item No	Description	Qty	Material	
1	Body	1	Cast Steel	ASTM A216 WCB
2	Body Liner	1	Buna N	
3	Shaft Seal U-Ring	1	Nitrile Rubber	
4	Disk	1	Al. Bronze	BS 1400 AB2
5	Shaft	1	MONEL	K-500
6	Bush	2	Bronze	ASTM B148 C 954
7	Taper Pin DIN 1	2	MONEL	K-500
8	Cover Plate	1	Steel	S355
9	Thrust Plate	1	Bronze	ASTM B148 C 954
10	O Ring	1	Nitrile Rubber	
11	Locking Cap	1	Al. Bronze	BS 1400 AB2
12	Bolt DIN 933	2	Al. Bronze	BS 1400 AB2
13	Nut DIN 934	4	Al. Bronze	BS 1400 AB2
14	Taper Pin DIN 1	1	MONEL	K-500
15	Lever	1	Al. Bronze	BS 1400 AB2

Nominal Bore		Dimensions (mm)							
ins.	mm	ØA	B	C	D	E	ØG	H	ØK
6	150	150	56	195	145	235	105	400	20
8	200	200	60	220	175	280	105	400	20
10	250	250	68	270	205	330	155	750	25
12	300	297	78	310	245	370	155	750	25
16	400	385	102	360	350	420	155	1000	30
20	500	480	127	420	405	530	200	1800	40
24	600	580	154	470	460	590	200	1800	50

This information and all dimensions, weights etc., are nominal, correct at the time of publication, but Dunlop Ltd., Oil & Marine reserves the right to modify data and design without notice.

Dunlop Oil & Marine (USA) Ltd approved

PLANOS

OCEANO PACIFICO

BUQUE DRAGA TSHD

ZONA DE ROMPIENTE

CARRETERA PANAMERICANA

A TRUJILLO

A T.P. SALAVERRY

444.45

293.80

150.65

P-A

P-D

MACIZO DE ANCLAJE BOYARIN DE MARCA
A 2 MTS. DE DISTANCIA DE PUNTA DE LA TUBERIA

MACIZO DE ANCLAJE BOYARIN DE MARCA
A 2 MTS. DE DISTANCIA DE PUNTA DE LA TUBERIA

SISTEMA DE DESCARGA
TUBERIA HDPE Ø20" PE 80 - SDR 21

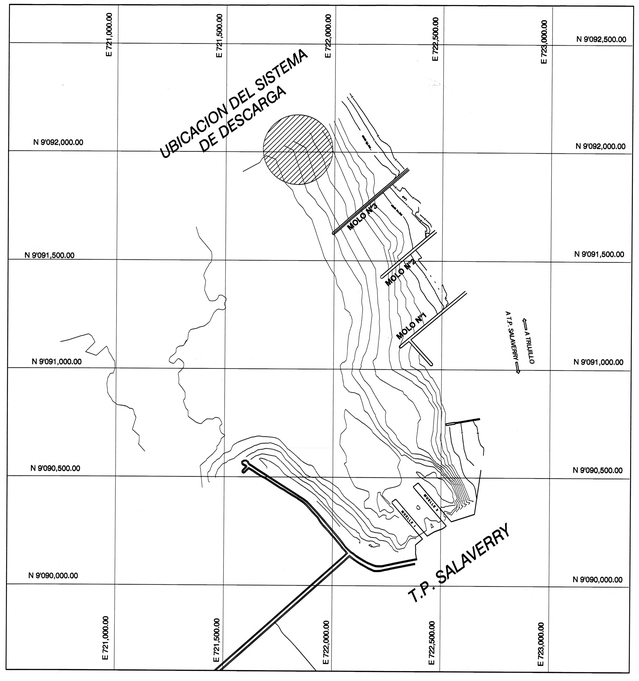
LAM + 1.88 m.
+ 2.00 m.

Linea mas alta marea (LAM.)

LAM +1.88 m.
+ 2.00 m.

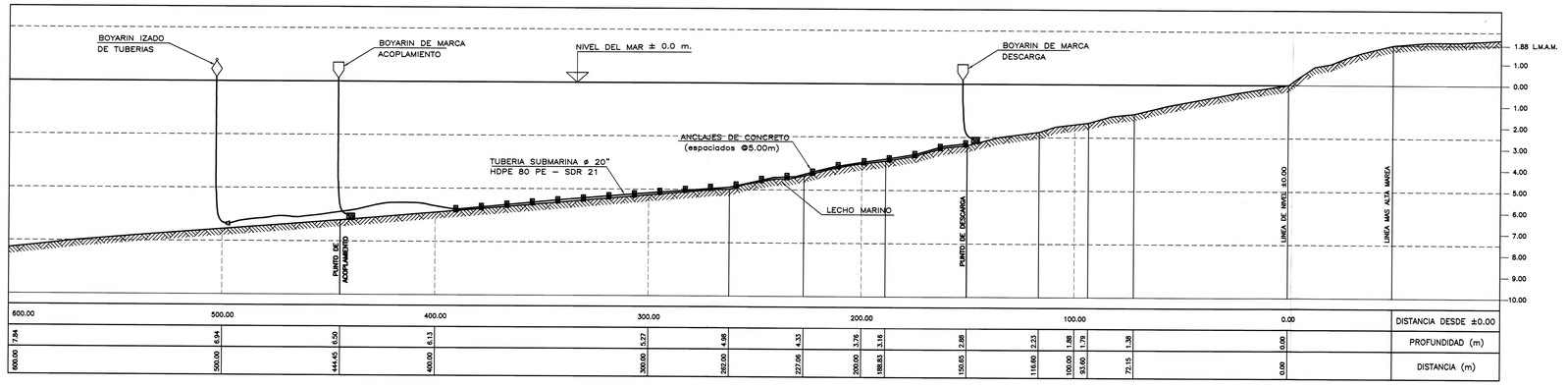
VISTA EN PLANTA DEL SISTEMA DE DESCARGA

0 5 10 25 50 100 (m)
ESCALA 1:1,000



CUADRO DE COORDENADAS UTM

PUNTO	N	E
P-A (PUNTO ACOPLAMIENTO)	9'091,993.72	721,647.95
P-D (PUNTO DESCARGA)	9'092,185.52	721,870.51



VISTA EN CORTE DEL SISTEMA DE DESCARGA

Esc. H: 1/1000
Esc. V: 1/100

No.	FECHA	DIBUJO	REVISO	DESCRIPCIÓN

REVISIONES

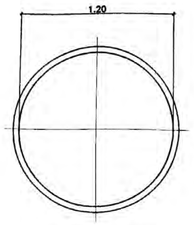
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCRGA DE LA DRAGA A LA ZONA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS AL NORTE DEL PUERTO SALAVERRY

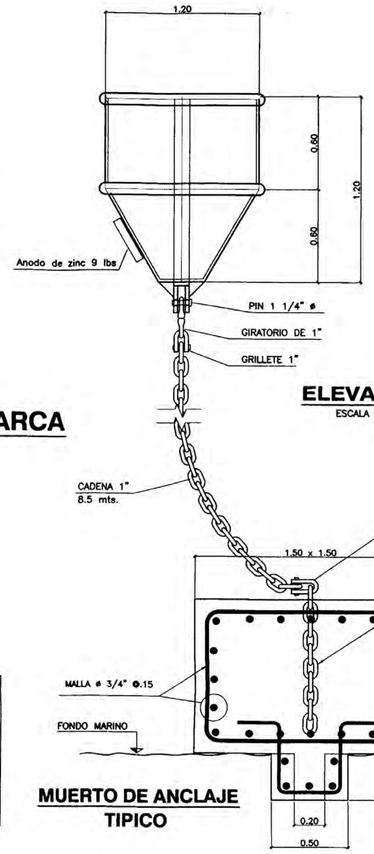
TITULO:
PLANTA Y CORTE DEL SISTEMA DE DESCARGA

DISEÑADO: Bachiring. ERVIN HANS ESCOBAR AGUILAR		ASESOR: Msc. Ing. H. MALDONADO C.	
FECHA: ENERO 2011	DIBUJADO: EHEA	ESCALA: INDICADA	REVISION: 00
UBICACIÓN: PUERTO SALAVERRY	LÁMINA: 1/1	FORMATO: A0	N° DE PLANO: IS-HEA-0111-01

ESTE DOCUMENTO ES CONFIDENCIAL Y PROPIEDAD INTELECTUAL DE PETROPERU. EXCEPTO PORMISO ESCRITO, NO SERA REPRODUCIDO, COPIADO, PRESTADO O USADO DIRECTA O INDIRECTAMENTE PARA PROPOSITO DIFERENTE PARA EL CUAL FUE ESPECIFICAMENTE PREPARADO. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.



PLANTA
ESCALA 1/5

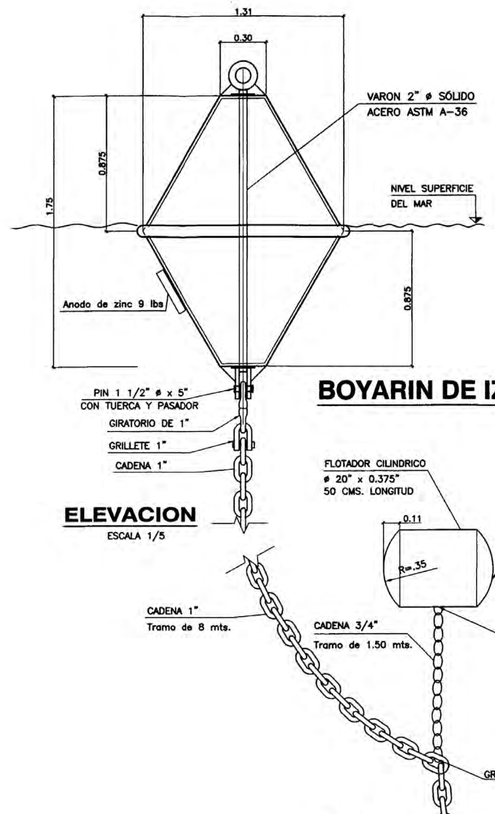


ELEVACION
ESCALA 1/5

BOYARIN DE MARCA

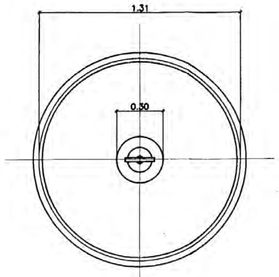
MUERTO DE ANCLAJE TIPICO

ESPECIFICACIONES TECNICAS
f'c = 210 kg/cm2.
f'y = 4,200 kg/cm2.
CEMENTO TIPO V
C/IMPERMEABILIZANTE
RECUBRIMIENTO = 5 cm.
PINTAR SUPERFICIE CON COALTAR 16 MILS MÍNIMO

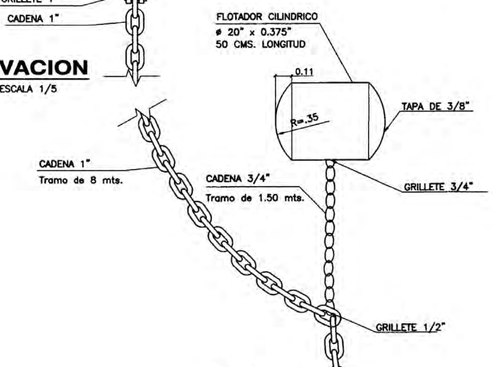


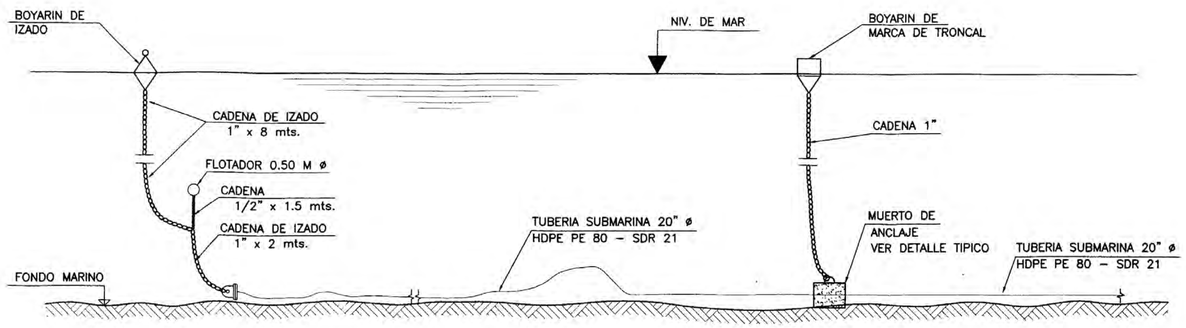
ELEVACION
ESCALA 1/5

BOYARIN DE IZADO



PLANTA
ESCALA 1/5





DETALLE TIPICO IMPLANTACION BOYARINES DE MARCA E IZAJE

S/E

No.	FECHA	DIBUJO	REVISO	DESCRIPCIÓN

REVISIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCRGA DE LA DRAGA A LA ZONA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS AL NORTE DEL PUERTO SALAVERRY

TITULO:
BOYARINES DE IZADO Y MARCA

DISEÑADO:		ASESOR:	
Bachiller. ERVIN HANS ESCOBAR AGUILAR		Msc. Ing. H. MALDONADO C.	
FECHA:	DIBUJADO:	ESCALA:	REVISIÓN:
ENERO 2011	EHEA	INDICADA	00
UBICACIÓN:	LÁMINA: / FORMATO:	N° DE PLANO:	
PUERTO SALAVERRY	1/1 / A1	IS-HEA-0111-02	