

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA
ESPECIALIZACION**



“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”

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN:**

GESTIÓN AMBIENTAL

**PRESENTADO POR:
HUGO RODOLFO MALDONADO CONTRERAS**

**LIMA, PERÚ
2009**

**A mis Padres: Moisés y Marina, a mi compañera Nila;
colegas y alumnos**

III

Con la gratitud eterna a mis profesores de la Maestría de la FIA quienes destinan su valioso tiempo a la Universidad con el único interés de dar bases sólidas de conocimientos. Un reconocimiento sincero a las autoridades de la Universidad de Ingeniería, representadas en la persona del Dr. Alejandro Mendoza, quien con mucha sabiduría dirige la sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

Gratitud que expreso especialmente a mi asesor M.Sc. Antonio Salvá Pando, excelente Maestro, de quien aprendí a amar el conocimiento y la investigación.

RESUMEN

En la costa del país no existen zonas con abrigo natural para el emplazamiento de determinadas obras como puertos. Por el contrario la costa es más bien abierta, lo que hace que el fenómeno de transporte de sedimentos sea un punto importante cuando se trate de construir estructuras sobre el litoral. La construcción del puerto de Salaverry originó que la playa de Buenos Aires, ha sufrido la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano con una pérdida de costa desde el año 1978 al 2008 de 221.43 metros, debido a que las condiciones de la disponibilidad de sedimentos fueron alteradas.

Del cálculo de erosión obtenemos una pérdida de playa de 227 metros. La velocidad de la corriente de mareas llenante y vaciante son de 0.1231 m/s y 0.1458 m/s respectivamente.

Los coeficientes de refracción en aguas profundas, intermedias y poco profundas en la dirección SurOeste son: $K_{R1} = 0.9581$, $K_{R2} = 1.0423$ y $K_{R3} = 0.9897$. En la dirección Sur son: $K_{R1} = 0.9367$, $K_{R2} = 0.9048$ y $K_{R3} = 0.9974$.

El coeficiente de bajos K_S para profundidad de rompiente $d_b = 1.54$ m es de 1.690 y para $d_b = 5.59$ m el $K_S = 1.278$.

En el caso del transporte de sedimentos paralelo a la costa se ha evaluó capacidad de transporte de sedimentos por la ecuación de Bijker (Delft University of Technology) por el cual el transporte litoral es determinado en base al efecto combinado de olas y corrientes; considera el transporte de fondo y el transporte en suspensión con un transporte total de sedimentos de $S_{total} = 826,567.27 \text{ m}^3/\text{año}$.

El espigón diseñado para detener la erosión, es construido de rocas y perpendicularmente a la línea de costa con el propósito de formar una nueva playa mediante la retención de los sedimentos transportados por las corrientes litorales, se ha tenido cuidado en elegir la profundidad a la que se debe emplazar el cabezo del espigón, con su emplazamiento desde la LAM de 1.88 m, hasta la batimétrica 2.5 m. El presupuesto constructivo es de 1,227,203.40 nuevos soles.

INDICE

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

CAPITULO I INTRODUCCION	1
CAPITULO II MARCO TEORICO	
Antecedentes	2
A.1 Erosión continua en Costa de Oro, Brisbane, Australia	3
A.2 Erosión en la Playa N° 3 del Club de Regatas "Lima"	5
A.3 Erosión en Zona Costera Proyectada para Habilitación Urbana Recreacional, Km. 110 de la Panamericana Sur.	7
JUSTIFICACIÓN	10
MARCO LEGAL	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
Estudio de casos	
2.1 Modelo físico del arenamiento del Puerto de Salaverry	13
2.2 Estudios Hidráulicos Puerto de Pacasmayo, impacto de la planta del puerto sobre el desarrollo de la línea costera	24
2.3 Estabilización de las descargas del río Nerang, Australia	30
2.4 Estudio en el Delta del Ebro , Delta '96 , España	34
Las Variables de la investigación	
Variables independientes	39
Variable dependientes	39
Variables intervinientes	39
- Oleaje	40
- Mareas	51
- Vientos	51
- Corrientes Marinas	53
- Corriente Inducida por el Oleaje	54
- Configuración del Fondo Marino	54
- Sedimentos del Fondo Marino	55

ESTUDIO DE EROSIÓN	57
CAPITULO III OBJETIVO	60
Objetivo general	60
Objetivos específicos	60
CAPITULO IV MATERIALES Y MÉTODOS	61
MATERIALES	61
Imágenes Satelitales	62
Refracción de las olas	63
METODO	63
Levantamiento Batimétrico - topográfico	63
Sondajes	64
Estudio de refracción de oleaje	64
Medición de lados	65
Medición de ángulos	66
Taquimetría	66
Cálculo de la altura y profundidad de la rompiente	67
Cálculo de la velocidad inducida por el oleaje	68
Cálculo de transporte de sedimentos	69
Estudio de corriente de marea	71
Muestras del fondo marino	72
Análisis de imágenes satelitales	73
Pre Procesamiento de imágenes	73
Interpretación de las imágenes	75
Diseño de un sistema de protección costero para mitigar el proceso erosivo	77
Establecimiento de la ola de diseño	78
Diseño del espigón	79
Nivel de trabajo , taludes	81
Sección típica del espigón	82

CAPITULO V RESULTADOS	85
DISCUSIÓN	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92

ANEXOS

- A1.-Fotografías
- A2.-Análisis de sedimentos
- A3.-Cuadro de mareas de Salaverry
- A4.-Análisis de :
 - Precios unitarios
 - Gastos generales
 - Presupuesto base
 - Fórmula polinómica
 - Conformación de la fórmula polinómica
 - Relación de equipo mínimo
 - Cronograma
- A5.-Planos
- A6.-Imágenes Satelitales

FIGURAS

1.1	Erosión en la playa Dorada, Australia	5
1.2	Pérdida de arena en la playa N° 3 del club Regatas sede Lima. Los materiales de acarreo que se observan provienen del sur	7
1.3.1	Zona costera, construcción de la habilitación urbana	9
1.3.2	Detalle de Zona Siniestrada	9
2.1.1	Investigación en modelo hidráulico del Puerto de Salaverry	15
2.1.2	Sedimento usado en el modelo hidráulico del TP Salaverry	17
2.1.3	Prueba T-1. Formación del banco en el puerto. Tac = 0 ^h	21
2.1.4	Prueba T-2. Formación del banco en el puerto. Tac = 0 ^h	21
2.1.5	Prueba T-3. Formación del banco en el puerto. Tac = 0 ^h	22
2.1.6	Prueba T-4. Formación del banco en el puerto. Tac = 0 ^h	22
2.1.7	Prueba T-5. Formación del banco en el puerto. Tac = 0 ^h	23
2.1.8	Ensayo 14 del modelo hidráulico del TP Salaverry	23
2.2.1	Alternativa T1 del Puerto en Pacasmayo	24
2.2.2	Alternativa T2 del Puerto en Pacasmayo	25
2.2.3	Línea de Costa pronosticada para T1	26
2.2.4	Línea de Costa pronosticada para T2	27
2.2.5	Impacto del espigón de 150m de longitud (después de 10 años)	28
2.2.6	Posible solución con espigón adicional 8despues de 10 años)	29
2.3.1	Ubicación del río Nerang	31
2.3.2	Modelo de refracción para cálculos de transporte litoral	32
2.3.3	Solución a la entrada del río Nerang con rompeolas	32
2.3.4	Vista en Modelo hidráulico de la desembocadura del río Nerang	34
2.4.1	Zona de estudio delta del Ebro	35
2.4.2	Medidas topográficas realizadas en la Barra del Trabucador	36
2.4.3	Trineo con sensor de altura de olas, 6 correntómetro electromagnéticos, 2 sensores de sedimento en suspensión	37
2.4.4	Tetrápodos con el sistema PUV para medidas hidrodinámicas	38
2.5	El perfil de una ola regular	40
2.6	Desplazamientos Orbitales	40
2.7	Patrón de refracción	43
2.8	Macro distribución de oleaje para Salaverry	46

2.9	Rosa de altura de oleaje en mar abierto derivadas del modelo de pronóstico (hincast) y de observaciones de barcos	47
2.10	Gráfico de mareas en Salaverry, de la Tabla de Mareas, DHN	51
2.11	Modelo de Rosa de Viento	52
2.12	Corriente de Humboldt	54
2.13	Marea llenante y vaciante	54
2.14	Perfil costero en proceso de erosión	57
2.15	Variación de la playa debido a la erosión	57
4.1	Variación de la velocidad vs. altura de rompiente	69
4.2	Transporte del sedimento en la rompiente	71
4.3	Erosión costera de la playa Buenos Aires, Trujillo	74
4.4	Erosión en la zona costera de Buenos Aires- Trujillo	75
4.5	Gráfico para la determinación del peso de roca en la coraza	80
4.6	Gráfico para la determinación del peso roca en el cuerpo	80
4.7	Sección longitudinal del espigón	82
4.8	Sección transversal del espigón	83
4.9	Ubicación del espigón en la playa Buenos Aires-Trujillo	84

FOTOGRAFÍAS

1	Sedimentación al Sur del Molo Retenedor de arena	94
2	Erosión al Norte del Molo Retenedor de arena	94
3	Disposición en planta del modelo	95
4	Equipo generador de oleaje	95
5	Prueba T-3, formación del banco, t=41 horas	96
6	Prueba T-3, vista general de la situación final, t=41 horas	96
7	Prueba T-2, vista general de la situación inicial, t _{ac} =0 horas	97
8	Prueba T-2, formación del banco, t=31.5 horas	97
9	Prueba T-5, formación del banco, t=32 horas	98
10	Prueba T-5, formación del banco, t=43 horas	98
11	Reconocimiento de campo de la playa	99
12	Observando el tamaño de las olas en la zona de rompiente	99
13	Preparación del lastre	100
14	Boya Amarilla, medición de corrientes	100
15	Boya Roja, medición de corrientes	101
16	Levantamiento Batimétrico con Ecosonda	101
17	Levantamiento topográfico	102
18	Levantamiento topográfico en la playa de Buenos Aires	102
19	Ecosonda electrónica de registro continuo	103
20	Levantamiento topográfico de la playa	103
21	Levantamiento topográfico	104
22	Taquimetría de la playa, usando el Nivel	104
23	Ubicación de vértices de la Poligonal con la Estación Total	105
24	Taquimetría de la playa, usando el nivel	105
25	Taquimetría y Nivelación	106

TABLAS

2.1.1	Particularidades de las 14 pruebas	18
2.1.2	Tipos de pruebas llevadas a cabo por el LNH	19
2.3	Clasificación del Oleaje según el período T	41
2.4	Distribución de frecuencias y frecuencias acumuladas de ocurrencia de olas "SWELL" en aguas profundas para Salaverry según Sailing Directions	44
2.5	Promedio Mensual Multianual de Viento Prevaliente de la Estación Salaverry 1978-2005	53
2.6	Viento Máximo Absoluto de la estación Salaverry 1978-2005	53
4.1	Imágenes recopiladas y sus características(*) imágenes dibujados en el plano P01	62
4.2	Coordenadas de la Poligonal de apoyo, UTM 17S; Datum WGS 84	65
4.2.1	Altura de olas significantes en aguas profundas en Salaverry	67
4.2.2	Altura (H_b) y profundidad (d_b) de olas en la zona de rompiente	67
4.2.3	Valores del coeficiente de fondo	68
4.2.4	Velocidad inducida por el oleaje	69
4.2.5	Transporte de sedimentos	70
4.2.6	Transporte de sedimentos en la zona de rompiente	70
4.2.7	Puntos de control considerados en la zona	76
4.2.8	Coeficiente de refracción acumulada	77
4.2.9	Altura de ola rompiente y profundidad de rompiente	79
4.3	Peso y volumen de roca a ser empleado en la construcción del espigón	83

CAPITULO I

INTRODUCCION

Las playas de los balnearios, localizadas al sur de la ciudad de Trujillo, han sufrido la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano. Este impacto se debió a la construcción del Terminal Marítimo de Salaverry, que a partir de 1956, se finalizó la construcción del Puerto de Salaverry, el cual constaba de un rompeolas principal para dar abrigo a las instalaciones del puerto y de tres molos en la zona norte, que fueron construidos progresivamente.

Alrededor del año 1964 empezó a pasar arena hacia el interior del puerto. En 1973, se construyó un espigón en el cabezo del rompeolas con una longitud aproximada de 130 m. Estas estructuras bloquearon los sedimentos que alimentaban las playas hacia el norte y, sin estos aportes, las playas ubicadas al norte han sufrido un retroceso de su perfil costero.

Como resultado se tiene que al sur del rompeolas se ha producido sedimentación la que ha permitido un crecimiento de la playa y al norte se ha producido erosión con pérdida de la línea costera.

Este transporte de sedimentos ha sido interceptado por el rompeolas principal del puerto de Salaverry, que en este caso actúa como un obstáculo al paso de los sedimentos, movimiento que antes de la construcción del rompeolas, se encontraba en equilibrio, sin sedimentación ni erosión a lo largo de la playa. La construcción del TP Salaverry, alteraron los procesos naturales del transporte de sedimentos y es el principal factor de erosión a escala local al Norte del Puerto, el equilibrio no se alcanza hasta la actualidad.

En estos momentos la erosión ha progresado tanto que durante la época de invierno las olas impactan en las proximidades de las viviendas de la playa Buenos Aires del distrito Víctor Larco Herrera en la Ciudad de Trujillo.

El presente trabajo de investigación determinará la zona costera afectada por los efectos de erosión causados por la construcción del Puerto de Salaverry y el

molo retenedor de arena en sus diversas etapas, se presentan las mediciones y el estudio de erosión, recomendándose una solución para la estabilización de la costa.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES

Las playas de los balnearios, localizadas al sur de la ciudad de Trujillo, han sufrido la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano. Este impacto se debió a la construcción del Terminal Marítimo de Salaverry, que a partir de 1956, inició la construcción de una serie espigones, rompeolas y prolongaciones de dichas obras construidas para facilitar las operaciones portuarias. Estas estructuras bloquearon los sedimentos que alimentaban las playas hacia el norte y, sin estos aportes, playas al norte han sufrido un retroceso de su perfil costero.

La erosión de las playas es un problema global. Por lo menos, el 70% de las playas arenosas del planeta lo están sufriendo. Las causas se deben tanto a factores globales como locales. La elevación del nivel del mar es el principal factor a escala planetaria y está estrechamente relacionado con el calentamiento global: a medida que se eleva la temperatura media del planeta, aumenta el volumen del agua en los océanos, tanto por el derretimiento de las capas de hielo y glaciares, como por el efecto de la expansión térmica del agua.

En sectores de intensa ocupación de la costa, la posición de equilibrio no es alcanzada debido a la presencia de estructuras de protección que alteran los procesos naturales, constituyéndose en el principal factor de erosión a escala local

Muchas veces el resultado final es un efecto a largo plazo que se descubre cuando el daño irreparable ya está hecho. Por esta razón es recomendable que se analicen cuidadosamente los posibles daños que se pueden ocasionar a la

playa antes de proceder a construir obras civiles.. Este cambio puede ser natural como un aumento lento del nivel del mar, o puede ser inducido por el hombre. Este último puede producir efectos erosivos más rápidos que los debidos a los cambios naturales.

A continuación se presentan tres casos con problemas daño costero

A.1 Erosión continua en Costa de Oro, Brisbane, Australia

La ciudad de Costa Dorada en el Sur de Queensland está situada sobre la costa este de Australia, a 60 Km. aproximadamente de la costa sudeste de Brisbane, y frente al Océano Pacífico. Es un área recreacional muy bien conocida. Durante la década del ('60) más de A\$ 150 millones han sido invertidos en esta área. En la década del 70 el área recibía un total de aproximadamente 130,000 visitantes por día.

Debido a una capacidad de transporte a lo largo del litoral en la dirección norte, ocurre una erosión a largo plazo en las playas de la Costa Dorada. Por otro lado, ocurre erosión a corto plazo durante las tormentas más intensas. Como un resultado de estos dos fenómenos, los edificios públicos y privados, ubicados muy cerca del nivel de alta marea, se han perdido o bien han sido dañados.

En 1964 el Departamento de la Coordinación General de Queensland, Australia, solicitó al Laboratorio de Hidráulica de Delft para examinar los problemas de erosión de las playas de la Ciudad de Costa Dorada en el sur de Queensland y para recomendar un programa de investigaciones. Los resultados de estas investigaciones eran necesarios para resolver problemas concernientes con erosión de la playa, fijación de las desembocaduras del río o ingresos de mareas y descargas de alcantarillado. En 1965 el Laboratorio de Hidráulica de Delft presentó un informe en el cual fueron señaladas las investigaciones requeridas.

En 1968 el Laboratorio fue requerido para apoyar en la evaluación de la información recopilada como consecuencia de las recomendaciones del reporte preliminar y para plantear de allí en adelante las soluciones recomendadas para

los problemas costeros de la Ciudad de Costa Dorada. Un informe de este estudio fue presentado en el Informe de 1970 del Laboratorio de Hidráulica de Delft [1]. Se recomendó mejorar las playas de Costa dorada entre Point Danger en el sur y la Entrada del Río Nerang por medio de alimentación artificial de la playa.

Una de las áreas con problemas estudiadas en [1] fue la Entrada del Río Nerang la cual comunica la Broadwater, una amplia laguna dentro de la cual el Río Nerang descarga, en el Océano Pacífico (ver figura 1.1). La entrada es extremadamente inestable y migra a una tasa anual entre 20 m y 40 m en la dirección norte, con una consecuencia de que en El Spit, una franja arenosa de tierra al sur de la entrada, se produce sedimentación, mientras que la Isla Stradbroke South al norte de este es erosionada. Se concluyó que para estabilizar la entrada y para permitir a las pequeñas embarcaciones navegar en la entrada, esta debería estar protegida con muros de encauzamiento. Además se recomendó que el transporte de sedimentos neto en la dirección norte debería ser by-paseado desde El Spit hasta la South Stradbroke Island, para prevenir una excesiva erosión de la última.

Se sugirió que la disposición en planta detallada de los muros de encauzamiento y la construcción de los muros por etapas, fuera estudiada en un modelo hidráulico a pequeña escala. Como un resultado de estos el presente estudio está siendo considerado.

El lunes 12 de enero de 2009, los beach-goers tenían una oleada de lo que pueden parecer las costas en 50 años, con Nuevo Gales del Sur y Queensland sur-oriental experimentando las mareas diurnas más altas del pronosticadas para 2009.

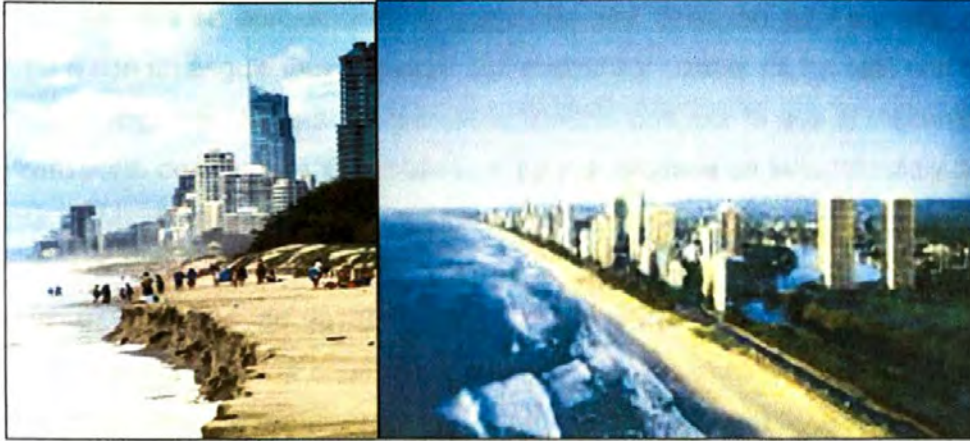


Figura 1.1.-Erosión en la playa Dorada, Australia

En la Figura N° 1.1 se aprecia una combinación de tormentas y las altas mareas causaron erosión de la playa significativa en la costa de oro Imagen: Bruce Miller

A.2 Erosión en la Playa N° 3 del Club de Regatas “Lima”

Se debe considerar que durante la estación de invierno, en la cual el mar construye un perfil transversal muy peculiar. En esta estación, el mar toma la arena de la playa y la deposita mar adentro, en lo que se denomina, transporte de sedimentos transversal a la costa (onshore-offshore). En el verano, este proceso se invierte y el mar devuelve la arena desde mar adentro hacia la costa.

Por otro lado, los cantos rodados que se observan en la zona sur de la playa; figura 2.2, son materiales de acarreo provenientes del sur, y son probablemente consecuencia de la construcción de la carretera de La Herradura a La Chira. Es muy posible que durante dicha construcción se arrojó al mar una gran cantidad de piedras (cantos rodados) y una parte de éstas se trasladó hasta la zona sur de la playa N° 3 del Club.

Sin embargo, desde Diciembre de 2001 hasta la fecha, no se aprecia un acrecentamiento de cantos rodados, pues no se observaron unidades sin crecimiento de algas y musgos.

Adicionalmente existe una particularidad en la playa N° 3 del Club y es que las

crestas de olas se aproximan a la costa con una dirección casi paralela a la misma o con un ángulo muy reducido. Así mismo las crestas de las olas son más o menos perpendiculares a los contornos batimétricos, por lo que el mecanismo de transporte de arena es algo distinto al que se produce en la parte norte de la Bahía de Miraflores.

En la parte norte de la Bahía de Miraflores la arena es transportada fundamentalmente por la corriente a lo largo de la línea costera, inducida por el oleaje en la zona de rompientes, que tiene una incidencia oblicua con la costa. Esta corriente de sedimentos es la denominada corriente litoral (longshore current).

En la playa N° 3 el mecanismo de transporte de arena es diferente, al no tener una incidencia oblicua. El transporte de arena se produce mayormente por el acarreo masivo generado por el oleaje. Las olas con gran longitud de onda, cargadas de sedimentos se propagan hacia la bahía y pierden parte de su energía debido a la difracción y refracción y finalmente al romper en las cercanías de la playa; así, en este proceso se va depositando la arena.

En el Estudio de Factibilidad de las Obras de Defensa del Club, realizado por CONTROLAMAR SGI SRLTDA. En Abril – Mayo de 1999, se propuso como solución la prolongación de 100 m de longitud del Espigón N° 3. Por razones presupuestarias, el Club tomó la determinación de ampliar sólo 40 m.

En el estudio "Impacto de Ampliación de Espigón en la Costa" realizado por WL/Delft Hydraulics en Febrero de 2001 para el Club, para la ampliación de 40 m del espigón N° 3, se ha estimado un crecimiento de la línea costera de la playa con un límite inferior de 5 m y un límite superior de 20 m, bajo la suposición de que el perfil sobre la batimétrica -6 m, se encuentra en estado de máxima pendiente.



Figura 1.2 Pérdida de arena en la playa N° 3 del club Regatas sede Lima.
Los materiales de acarreo que se observan provienen del sur

A.3 Erosión en Zona Costera Proyectada para Habilitación Urbana Recreacional, Km. 110 de la Panamericana Sur.

La zona de habilitación urbana "La Riviera", es una propiedad con un litoral de aproximadamente 650 metros de longitud, distribuidos en dos pequeñas ensenadas denominadas Riviera Francesa en la parte norte y Riviera Italiana en la parte sur.

Tanto en las laderas de la Riviera Francesa como en la Italiana, se han edificado viviendas construidas sobre terrazas. Las viviendas cercanas a la playa fueron construidas por encima de la cota de terreno, teniendo como soporte un muro de concreto armado.

Frente a ambas playas existen en forma natural, afloramientos rocosos que de alguna manera podrían proteger la costa. Sin embargo, durante los días 15, 16 y 17 de junio de 2006 se presentaron bravesas que resultaron en las peores condiciones de erosión, causando el siniestro de las viviendas ubicadas en la parte sur de la Riviera Italiana. Ahora se conoce que en el extremo sur de dicha playa, se concentran los rayos de refracción que provienen tanto del sur como

del suroeste, en aguas profundas y resultó ser la causa del siniestro.

Así mismo, de la información de la DHN sobre Oleajes Anómalos – Bravezas de Mar, en la estación mareográfica de La Punta Callao (ver anexo F), se conoce que las bravezas de junio de 2006 alcanzaron una máxima amplitud de 2.3 m, lo que equivale a una altura de ola de 4.6 m registrada en dicha estación, lo cual es considerado como braveza fuerte de diseño de las obras de protección requiere del conocimiento del oleaje (aguas profundas, intermedias y poco profundas), los niveles del mar, corrientes marinas y sedimentos de la superficie del fondo en las cercanías del área de interés.

Para conocer el oleaje en las cercanías del área de interés, es necesario conocer el relieve del fondo marino en un área que comprende el litoral existente en la zona de habilitación urbana, con una extensión adicional de 100 m a cada lindero, lo que hace una longitud total aproximada de 1.0 Km.; y una extensión hacia el mar, hasta alcanzar aproximadamente la batimétrica -12 m. Se requiere pues, realizar un levantamiento topográfico batimétrico del área señalada.

Con ayuda de la información cartográfica disponible (portulanos) y de información sobre oleaje en aguas profundas, será posible realizar un estudio de penetración de oleaje desde aguas profundas, profundidades intermedias hasta las cercanías del área de interés.

Una vez conocido el clima de oleaje, será posible plantear alternativas de solución para protección del área costera de la zona de habilitación urbana, desde el punto de vista técnico económico.



Figura 1.3.1.- Zona costera, construcción de la habitación urbana



Figura 1.3.2.- Detalle de Zona Siniestrada

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación determinará la zona costera afectada por los efectos de erosión causados por la construcción del Puerto de Salaverry y el molo retenedor de arena en sus diversas etapas de ampliación.

Salvo en los lugares protegidos naturalmente como la bahía de Paita, de Chimbote y de Paracas, la costa del litoral peruano comprendido entre Talara y Tacna tiene una dinámica particular, en la que se pone de manifiesto un transporte de sedimentos con dirección de sur a norte.

Por esta razón, cualquier obra de protección portuaria en lugares sin abrigo natural, generará un desequilibrio en el transporte de sedimentos, causando sedimentación al sur de las obras y erosión al norte de las mismas.

Es importante prever el impacto generado por las obras sobre la morfología costera y tratar de diseñar integralmente el proyecto mitigando los daños

Aun cuando no exista pérdida neta de material de la playa durante un evento, ocurren a menudo problemas de erosión como resultado del movimiento de olas hacia y desde la costa.

Durante una tormenta se establece un mar confuso dentro de la zona de rompientes y las olas atacan la playa con intervalos regulares desde diferentes direcciones. La pendiente de la playa se satura rápidamente, disminuye la percolación del agua que llega desde el mar y se intensifica el flujo de retorno. En este proceso una gran cantidad de arena es removida de la superficie de la playa y transportada mar adentro de la zona de rompientes, donde es depositada en aguas relativamente profundas en forma de barras de arena.

A medida que la barra de arena crece la zona de rompientes se traslada en dirección al mar. Este proceso hace que las olas rompan cada vez más lejos de la costa y disipen una cantidad considerable de energía antes de llegar a la

playa, lo cual disminuye la acción erosiva sobre la superficie de la playa. El proceso continúa hasta cuando cesa la erosión.

El material que ha sido arrastrado desde la playa durante la tormenta retorna luego por la acción de olas moderadas o swells; estas olas son de menor altura y de mayor período que las olas de tormenta, son regulares y tienden a llegar a la playa en una sola dirección. Debido a que las olas llegan a intervalos relativamente grandes el nivel freático de la playa disminuye y parte del agua que llega desde el mar percola; además, los canales que se forman durante las tormentas desaparecen y parte de la arena de las barras que se forman mar adentro vuelve nuevamente a la playa, la cual queda lista para la siguiente tormenta.

Cuando una costa está en equilibrio con sus alrededores los problemas de erosión de la playa ocurren cuando se presenta algún evento que interrumpe o disminuye el transporte litoral que alimenta el área. Este cambio puede ser natural como un aumento lento del nivel del mar, o puede ser inducido por el hombre. Este último puede producir efectos erosivos más rápidos que los debidos a los cambios naturales.

Hay cuatro tipos básicos de obras de ingeniería que afectan el transporte de arena y la estabilidad de las playas. El primero altera la producción de sedimentos de la fuente, por ejemplo la construcción de presas en ríos y la protección de acantilados contra la erosión.

El segundo tipo está constituido por espigones o por rompeolas que se extienden desde la costa e interceptan el transporte litoral reduciendo el suministro de arena aguas abajo de la obra.

El tercer tipo de barrera litoral comprende los rompeolas que se construyen mar adentro e interceptan las olas antes de que lleguen a la costa. Por esta razón se reduce la tasa de transporte y el material litoral se acumula en el área protegida que queda detrás del rompeolas.

El cuarto tipo está compuesto por los canales que se dragan a través de la berma litoral. Estos canales crean profundidades mayores que las normales y

producen una acumulación del material litoral aguas arriba del flujo litoral, y una reducción del suministro aguas abajo. El dragado se complementa generalmente con rompeolas.

En todos los casos la reducción del transporte litoral produce una recesión de la playa, la cual se facilita además porque las olas continúan trasladando sedimentos de la playa hacia y desde el mar.

A menos que se tomen medidas para prevenir estos fenómenos la erosión de la playa continúa hasta cuando se logra la estabilidad para la nueva condición.

MARCO LEGAL

Ley general del ambiente: Ley N° 28611, del 13-10-2005

Ley del sistema portuario nacional: Ley N° 27943, del 01-03-2003

Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental: Ley N° 27446, del 23-04-2001.

Convenio Marpol 73/78, Organización Marítima Internacional (OMI)

Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea en materia de medio ambiente, Artículo 174.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es el impacto erosivo por la construcción del Terminal portuario de Salaverry y el Molo Retenedor de arena?

Después de la construcción del puerto de Salaverry la costa al norte del puerto ha empezado a erosionar. El balneario Las Delicias, localizado al sur de Trujillo, ha sufrido la erosión de playa más grande conocida en el litoral peruano. Este impacto se debió a la instalación del Terminal Marítimo de Salaverry que, a partir de 1956, inició la construcción de una serie espigones y rompeolas con el propósito de facilitar las operaciones portuarias. Estas estructuras bloquearon los sedimentos que alimentaban las playas hacia el norte y, sin estos aportes, playas como en Las Delicias sufrieron un retroceso de aproximadamente 160 metros y la destrucción de diversas casas.

La construcción del rompeolas y molo de retención de arena del puerto de Salaverry ha sido y es la causa permanente de la erosión de la zona costera al norte del puerto. Las obras del puerto han roto el equilibrio natural del transporte de sedimentos costero (ver Fotografías 3 y 4).

Como consecuencia las zonas costeras al norte del Puerto de Salaverry se encuentran en proceso erosivo. Se han destruido carreteras, viviendas, malecones, entre otras propiedades.

Cuando una costa está en equilibrio con sus alrededores los problemas de erosión de la playa ocurren cuando se presenta algún evento que interrumpe o disminuye el transporte litoral que alimenta el área. Este cambio puede ser natural como un aumento lento del nivel del mar, o puede ser inducido por el hombre. Este último puede producir efectos erosivos más rápidos que los debidos a los cambios naturales.

Lo primero que debe hacerse es tratar de entender qué es lo que está sucediendo al perfil costero, lo cual implica un conocimiento del clima del oleaje en la zona y de la fuente, dirección, cantidad y límites del transporte litoral. Para poder controlar el proceso erosivo no existe una solución general que pueda aplicarse a todos los casos de erosión.

Para poder desarrollar la investigación, se mostrarán cuatro casos que involucran erosión costera, sedimentación y mediciones.

2.1 Modelo físico del arenamiento del Puerto de Salaverry

El arenamiento del puerto de Salaverry fue estudiado mediante un modelo físico tridimensional en el Laboratorio Nacional de Hidráulica. El arenamiento se produjo al sur del rompeolas de protección del puerto. (Informe Técnico N° 3-040, Lima 1981).

En el año 1956 se finalizó la construcción del Puerto de Salaverry, el cual consta de un rompeolas principal para dar abrigo a las instalaciones del puerto y de tres molos en la zona norte, que fueron construidos progresivamente.

Las olas se aproximan con un cierto ángulo hacia la costa (ver Plano R-3), lo cual hace posible la generación de un transporte de sedimentos paralelo a la costa por la acción combinada de olas y corrientes.

Este transporte de sedimentos ha sido interceptado por el rompeolas principal, que en este caso actúa como un obstáculo al paso de los sedimentos, movimiento que antes de la construcción del rompeolas, se encontraba en equilibrio, sin sedimentación ni erosión a lo largo de la playa.

Como resultado se tiene que al sur del rompeolas (ver Anexo A-1, fotografías del 5 al 10), se ha producido sedimentación la que ha permitido un crecimiento de la playa y al norte se ha producido erosión ó sea que ha habido un retroceso de la línea costera.

Se ha producido además, una modificación en la batimetría del puerto. El arenamiento al sur del rompeolas ha llegado a penetrar en el puerto, habiéndose formado un banco alrededor del cabezo del rompeolas.

Alrededor del año 1964 empezó a pasar arena hacia el interior del puerto. En 1973, se construyó un espigón en el cabezo del rompeolas con una longitud aproximada de 130 m, con el objeto de reducir el transporte hacia el interior del puerto.

Por otra parte, se hacen continuas operaciones de dragado para mantener el canal de acceso y la profundidad requerida dentro del puerto.

La situación el momento de realizar el modelo era que el banco del cabezo ha crecido tanto que existía el peligro que el puerto se cierre si no se tomaban las medidas urgentes y por otra parte, la penetración del oleaje era excesiva dentro del puerto.

La investigación tenía el propósito de evitar ó disminuir hasta el límite tolerable, el transporte de sedimentos alrededor del cabezo.

Estudio en Modelo Hidráulico.

El área de interés en el prototipo tiene 8 Km de longitud de costa con el puerto más o menos en el centro y mar adentro se extiende hasta unos 5 Km llegando a las profundidades de 13 a 15 m. La Disposición en planta del modelo se ve en la fotografía N° 1, Anexo A-1.

Se escogió una escala de longitudes $n_L = 240$ atendiendo a la disponibilidad de espacio en el Laboratorio Nacional de Hidráulica[3], lo cual da un área de modelo de $35 \times 20 \text{ m}^2$, una vista del modelo hidráulico se puede observar en la fotografía 2.1.1



Fotografía 2.1.1 Investigación en modelo hidráulico del Puerto de Salaverry

Por otra parte se hicieron pruebas para seleccionar el material de fondo. Se estudiaron los perfiles resultantes de la distribución del oleaje bajo determinadas condiciones. Así se seleccionó la cantera de arena y se encontró una distorsión del orden de 3 ó 4. En el transcurso de la investigación se adoptó el valor de 4. Ello permitió obtener perfiles de playa comparables con los del prototipo.

El planchón de la máquina de oleaje condiciona una de los bordes (ver Fotografía N° 4, anexo A-1). Su orientación corresponde al frente de olas en el emplazamiento correspondiente.

Los datos de oleaje del prototipo fueron esquematizados por una ola proveniente del Sur (en aguas profundas), con un ángulo de incidencia de 5° con respecto a la línea de costa. El periodo para un porcentaje de 10% del tiempo = $16.5''$; la velocidad de la corriente para el mismo porcentaje de tiempo = 0.27 m/s (Valor calculado); altura de ola a la profundidad de 15m = 1.65m ; valor promedio del diámetro del sedimento = $190\mu\text{m}$. Se calculó en el prototipo un transporte de sedimentos del orden de $1 \cdot 10^6$ $\text{m}^3/\text{año}$ en una zona correspondiente al extremo sur del modelo.

De esta forma se realizaron las pruebas de calibración, con la siguiente escala tomada como punto de partida.

Escala de longitud	n_L	=	240
Escala de altura	n_h	=	60
Escala de tiempo	n_T	=	7.75
Escala de velocidad:	n_C	=	7.75

Además se consideró usar un periodo suficientemente largo para obtener una gran distancia entre bancos y se logró ubicar la zona de playas entre un banco y un valle lo que fue muy favorable para el crecimiento de la costa. De esta manera, se seleccionó $T_m = 2.23''$

En la calibración se encontró experimentalmente: $n_V = 2$; $n_H = 15$; $n_{fw} = 1.8$ y $n_C = 0.7$.

Por la comparación del crecimiento de línea costera en modelo y prototipo para magnitudes homólogas, se encontró la escala morfológica del tiempo para diversos ejes, se encontró la relación 1 año = 1.8 horas.

Finalmente con el modelo calibrado, se llevan a cabo las investigaciones que darán la solución del problema.

La Tabla 2.1.1, se da una vista general de las catorce pruebas de calibración con las condiciones de borde concernientes al periodo de la ola, descarga líquida y alimentación de arena.

La Fotografía 2.1.2 nos muestra el sedimento usado en la investigación del modelo hidráulico del Puerto de Salaverry, con un flujo de sedimentos de 400 l/s.



Fotografía 2.1.2 Sedimento usado en el modelo hidráulico del TP Salaverry

Prueba N°	Duración (horas)	Caudal de Agua (l/s)	Caudal de Agua (l/s)	Alimentación de arena	Particularidades
1	20	1.84	0	0	Determinación de transporte de arena puerto ubicado en zona central
2	20	1.84	0	20	
3	27	1.84	0	100	
4	10	1.84	20	145	Introducción de mejoras; instalación de vertedero; puerto ubicado en zona central
5	36	1.84	10-50	0-200	Variación de la alimentación de arena y del caudal de agua. A partir de la prueba 5 se ubica el puerto en la zona Norte
6	71	1.84	20-35	40-160	
7	35	1.60	35	160	Cambio del periodo de ola y variación del nivel de agua entre 0 y +2 cm..
8	25	1.60	35	160	
9	34	1.60	30-40	160-480	
10	49	1.43	30	200-300	Determinación de la influencia del periodo de ola
11	11	1.18	40	160-240	
12	5	1.97	40	320	
13	71	2.23	40-50	200-500	Determinación de la posición óptima de costa
14	66	2.23	50	400	Prueba final de la calibración Ver figura 2.1.8

Tabla 2.1.1.-Particularidades de las 14 pruebas

El propósito de las investigaciones en el modelo de arenamiento del puerto de Salaverry, era encontrar la posición y longitud óptimas del espigón a ser construido en el cabezo o en el quiebre del rompeolas principal del puerto de

Salaverry [3], en relación a la forma del banco en el puerto y la agitación del oleaje dentro del puerto causada por la presencia del banco.

Para poder determinar la situación óptima se efectuaron cinco pruebas (ver Tabla 2.1.2) los esquemas son mostradas en las figuras 2.1.3 al 2.1.7.

Prueba N°	Longitud del espigón desde la línea de agua del rompeolas (m)		Ubicación del espigón
	Prototipo	Modelo	
T-1	360	1.50	cabezo
T-2	480	2.00	cabezo
T-3	600	2.50	cabezo
T-4	480	2.00	quiebre
T-5	720	3.00	quiebre

Tabla 2.1.2.-Tipos de pruebas llevadas a cabo por el LNH

Los resultados en la formación del banco, se ha dado la línea de profundidad 5m. De la formación del banco, para la situación final de cada prueba .

El ancho de la barra medido en la dirección Nor-Oeste no cambia significativamente para las diferentes posiciones y longitudes del espigón. La longitud de la barra, medida en una dirección Sur Oeste, es por supuesto mayor en la situación para la cual se construye un espigón en el cabezo (T-1, T-2, y T-3).

La formación del banco cerca del cabezo del rompeolas en el modelo, se encuentra más cerca de esta estructura y es menos extendido con respecto al prototipo. Este fenómeno es causado por el hecho de que la velocidad de caída de la arena del modelo es relativamente mayor que la del prototipo. En consecuencia el transporte de arena en suspensión es menor en el modelo que en el prototipo.

Esta diferencia de longitudes es, según los resultados del modelo físico, del orden de 40 a 70 m. y según el modelo matemático, del orden de 100 m. Considerando que el espigón actual tiene una longitud de 130 m.

Esta diferencia de longitudes es causada por el hecho de que el punto de partida del espigón en el quiebre, está más retirado (hacia tierra) que el punto de partida para el espigón en el cabezo.

Morfología general

Si el espigón se construye en el quiebre del rompeolas principal, se debe advertir que ocurrirá erosión en el área del espigón. Esta erosión causará una adicional sedimentación en el puerto y además existe la posibilidad de que se pueda dañar el espigón actual en el cabezo del rompeolas principal. Este espigón ha sido construido en 1973, sobre la barra que estuvo formada entonces. Si ocurre erosión en el área norte la cimentación del espigón actual puede sufrir socavación. Si esto sucede, también la arena actualmente atrapada por el espigón podría ingresar al puerto.

El área de captura en el caso de un espigón en el quiebre es cerca del 10% más pequeña que la que produciría en el cabezo y en consecuencia la línea costera en el caso de un espigón en el quiebre, crecerá en un 10% más rápido.

Oleaje dentro del puerto

En la situación para la cual se construye un espigón en el cabezo, la mayor longitud de la barra influenciará en la penetración de oleaje en el puerto. Debido a esta mayor longitud, las olas estarán más afectadas por el fenómeno de refracción. Debido a este fenómeno los rayos de las olas se curvarán más en la dirección del puerto.

Para la situación en que se tiene el espigón en el quiebre del rompeolas, el hecho de que las líneas de profundidades coinciden bien, con aquellas correspondientes a la situación actual (T-0), la penetración de oleaje al interior

del puerto no cambiará significativamente si se compara con la actual situación del prototipo.

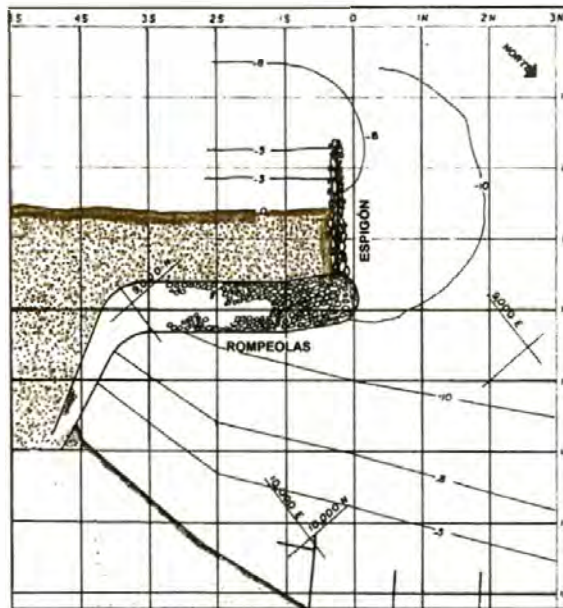


Figura 2.1.3.- Prueba T-1. Formación del banco en el puerto. Tac = 0^h

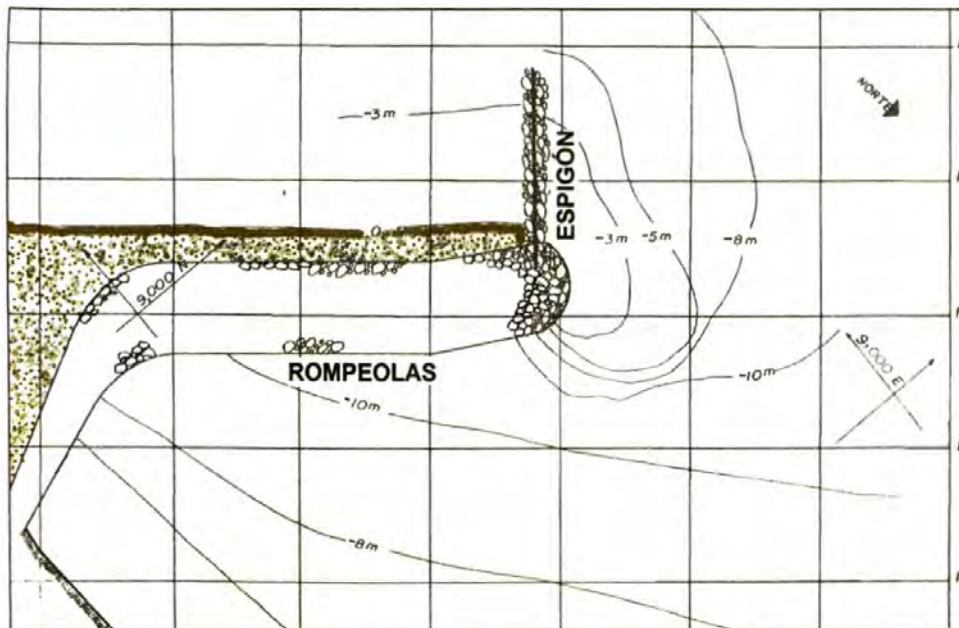


Figura 2.1.4.-Prueba T-2. Formación del banco en el puerto. Tac = 0^h

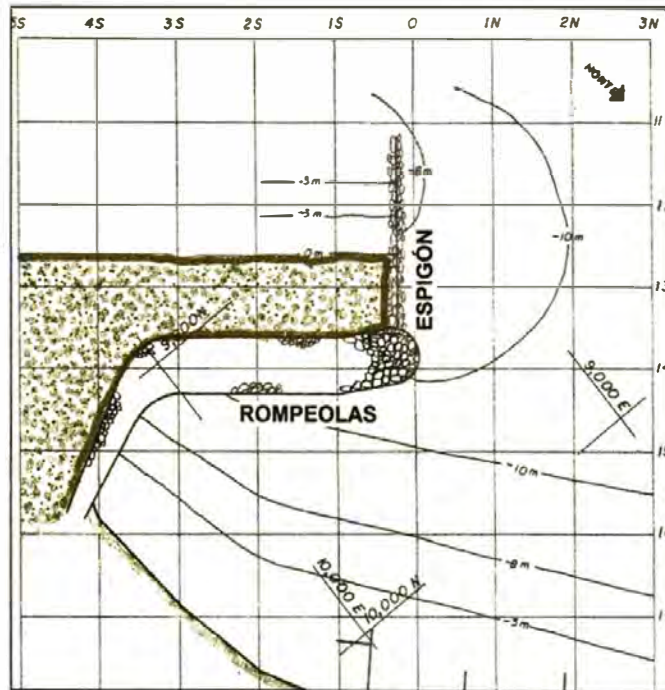


Figura 2.1.5.- Prueba T-3. Formación del banco en el puerto. Tac = 0^h

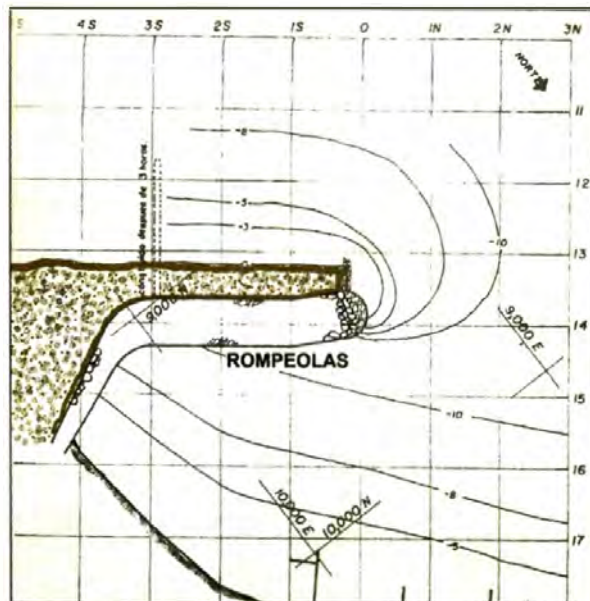


Figura 2.1.6.-Prueba T-4. Formación del banco en el puerto. Tac = 0^h

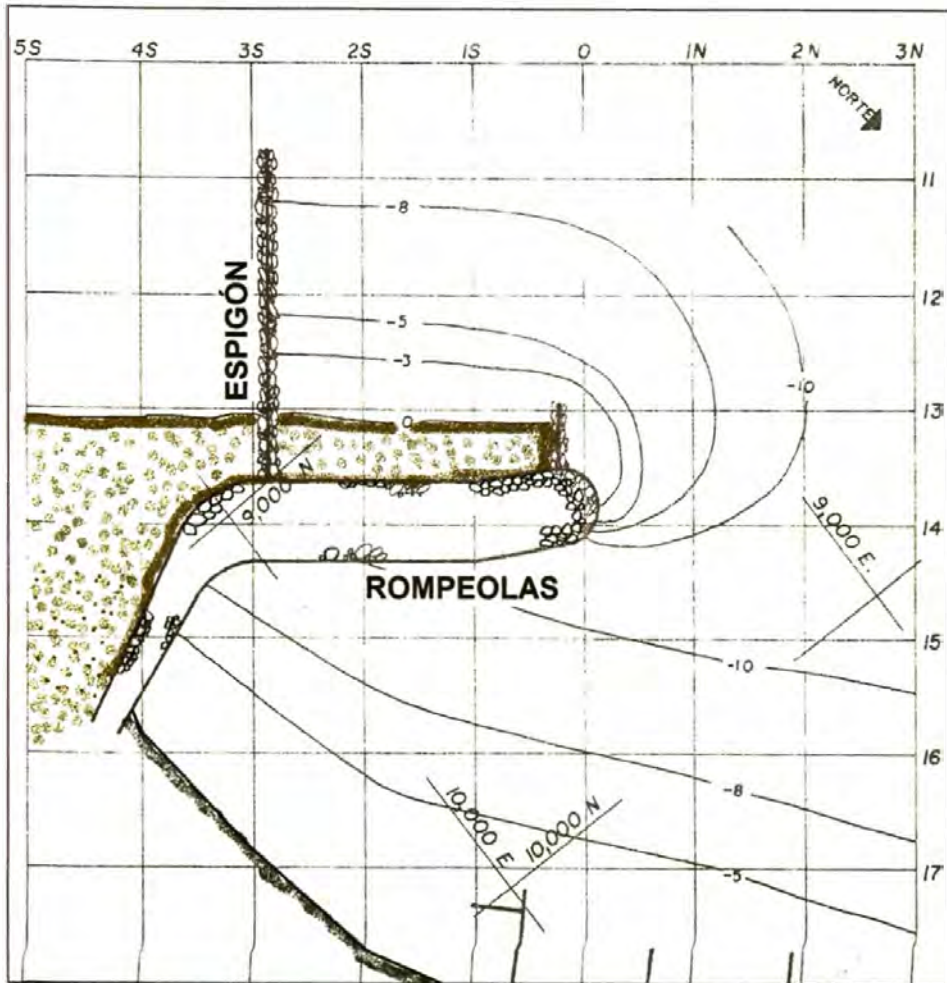


Figura 2.1.7.- Prueba T-5. Formación del banco en el puerto



Figura 2.1.8 Ensayo 14 del modelo hidráulico del TP Salaverry

2.2 Estudios Hidráulicos Puerto de Pacasmayo, impacto de la planta del puerto sobre el desarrollo de la línea costera.

Un puerto mar adentro (offshore) a lo largo de la costa cerca de Pacasmayo, afectará al clima de oleaje cercano a la costa y así también al transporte de sedimentos a lo largo del litoral de la corriente inducida por las olas, con dirección hacia el norte.

Las siguientes plantas alternativas del puerto han sido consideradas.

T1 (Punta Pacasmayo), un concepto de puerto mar adentro (offshore) en Punta Pacasmayo que consiste en un muelle de 220 m de longitud protegido con un rompeolas mar adentro de 500 m de longitud. (Figura 2.2.1).

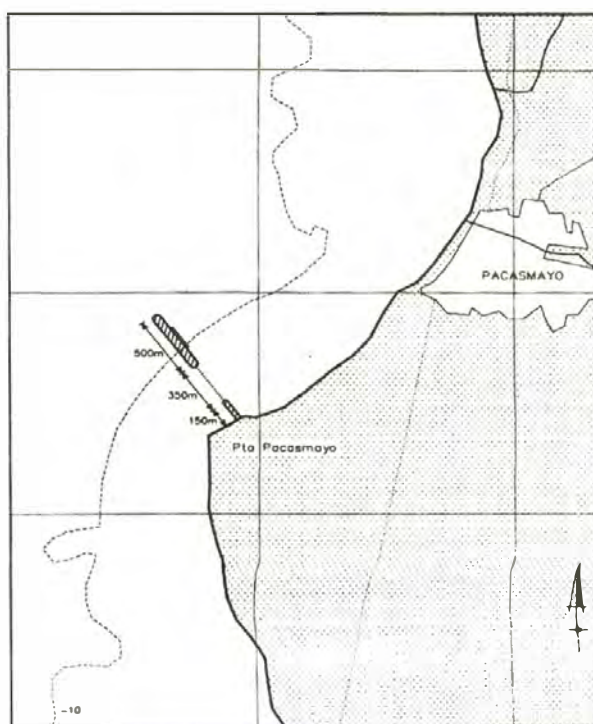


Figura Nº 2.2.1.- Alternativa T1 del Puerto en Pacasmayo

T2 (Banderitas), un concepto de puerto mar adentro (offshore) ubicado cerca de 6 Km. al sur de Punta Pacasmayo, en "Banderitas", que consiste en un muelle de

220 m de longitud protegido por un rompeolas mar adentro de 450 m de longitud y estribo de 350 m de longitud (ver Figura 2.2.2)

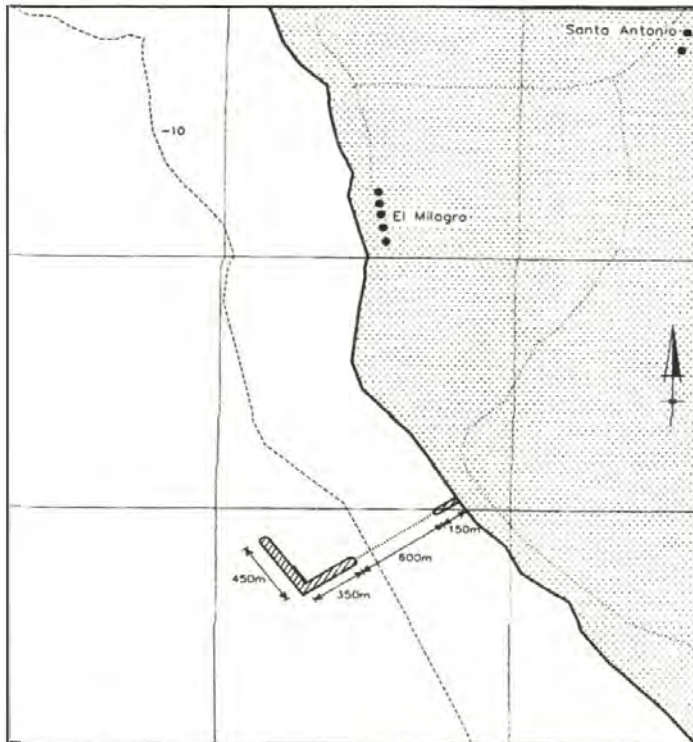


Figura N° 2.2.2.-Alternativa T2 del Puerto en Pacasmayo

Si el rompeolas está localizado suficientemente lejos de la playa, una saliente estable se puede desarrollar, la cual proporciona un total pasaje de arena durante un tiempo. Durante la formación de la saliente, se crea un déficit de arena al norte del puerto. Esto resultará en erosión para esta área. Después del desarrollo de una saliente estable, el transporte litoral pasa casi completamente y la erosión posterior será mínima.

La condición del puerto en Punta Pacasmayo, la orientación de la línea de costa y el transporte de sedimentos ocurre para ángulos de línea costera entre 315° y 335° con $600,000 \text{ m}^3/\text{año}$.

Los resultados de los cálculos de la línea costera muestran una retracción de la línea de costas justo al norte del puerto de varias decenas de metros por año.

Después de 10 años un área de 4 a 8 Km. al norte del puerto es afectada por erosión. (Ver Figura 2.2.3)

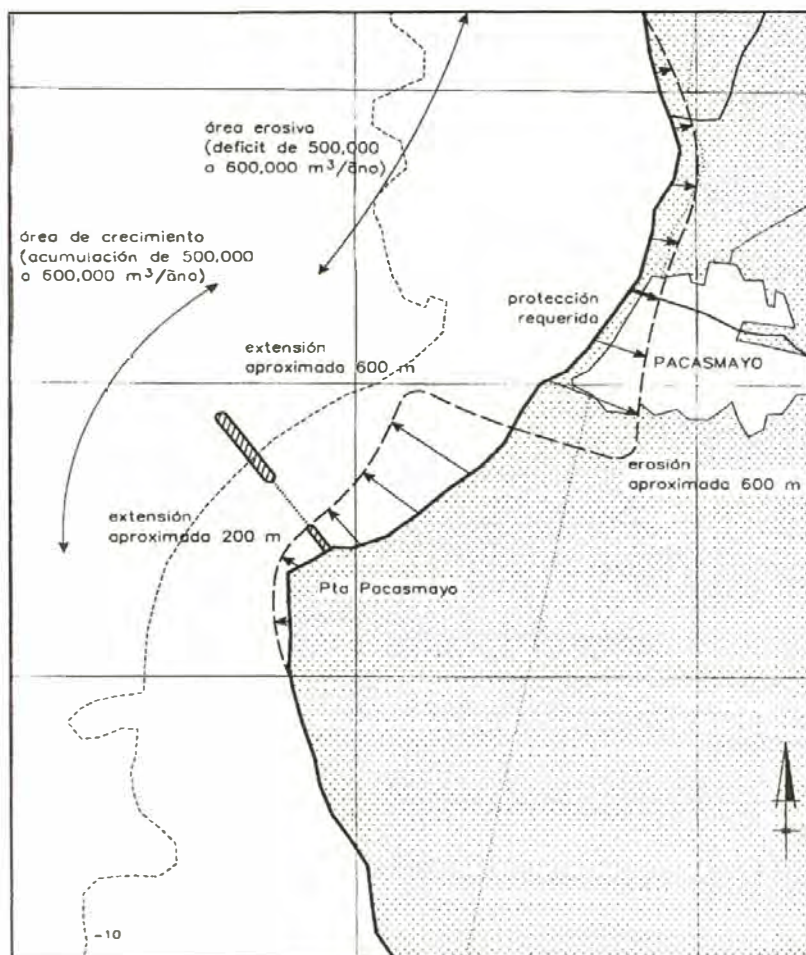


Figura 2.2.3.-Línea de Costa pronosticada para T1

La condición del puerto en Banderitas, el transporte se reduce a un valor de 200,000 a 300,000 m³/año, ver Figura 2.2.4. Se predice la formación de tómbola. La acumulación de arena continuará cada año y se presentará la erosión al norte del puerto.

Como puede verse en las Figuras de la planta T1 y T2, la erosión siempre se presenta al norte del emplazamiento del puerto proyectado.

Los modelos numéricos utilizados fueron: Breakwat, Diffrac 5.0; Scatter; Shipma-5; Sutrench; Unibest; y Watron.

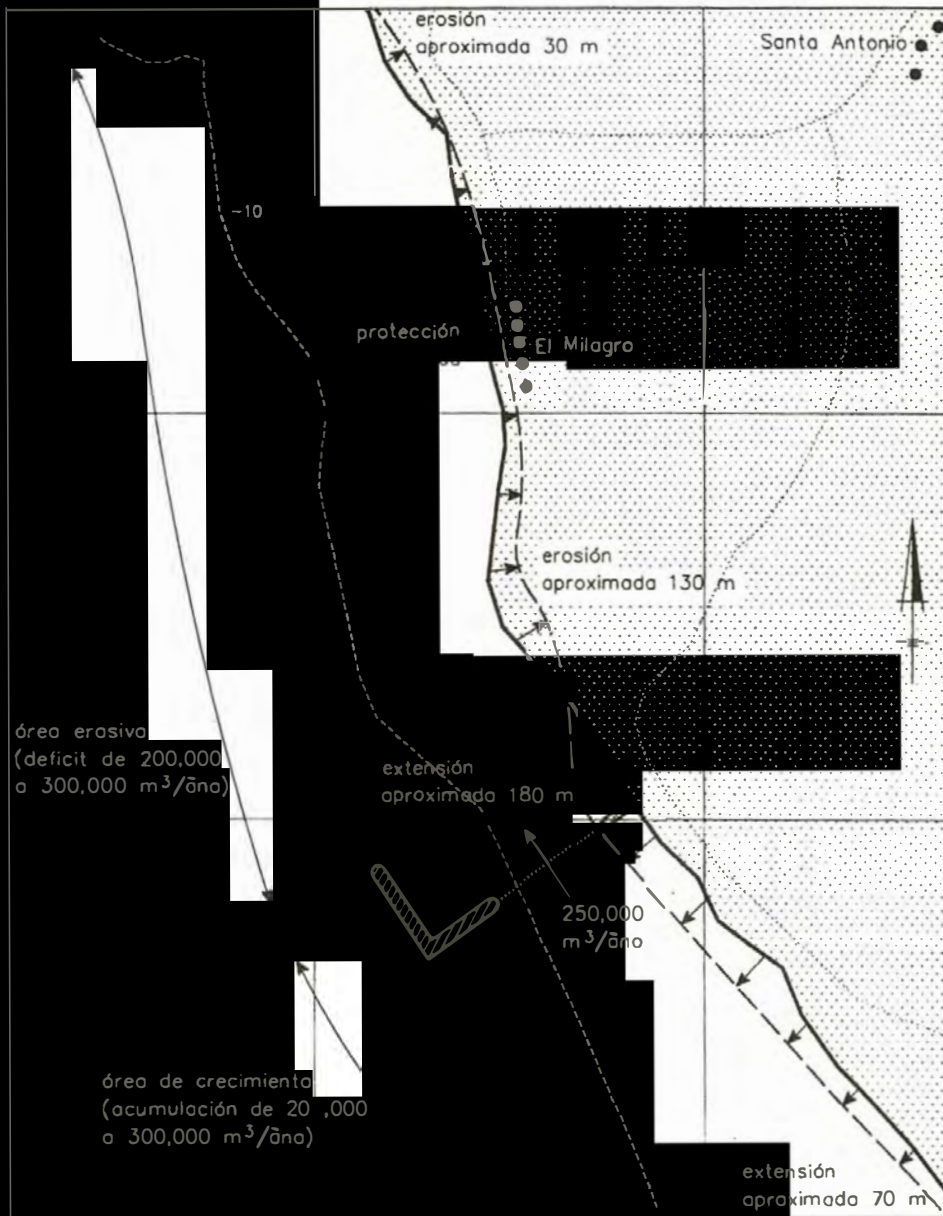


Figura 2.2.4.- Línea de Costa pronosticada para T2

Estrategia recomendada para la mitigación de efectos negativos

Existen dos áreas a lo largo de la costa en donde se ha pronosticado retracción de la línea costera, ver Figura 2.2.5. La primera área está ubicada al norte de la saliente y la segunda área al norte del espigón (si es

construido). Si es necesario, la erosión puede ser mitigada por medio de un espigón.

La retracción de la línea costera al norte de la saliente está ubicada en un área donde la erosión es aceptable. Se aconsejó monitorear estrictamente el desarrollo de la línea costera después de la construcción del puerto, para confirmar que la carretera cercana a la costa no sea puesta en riesgo.

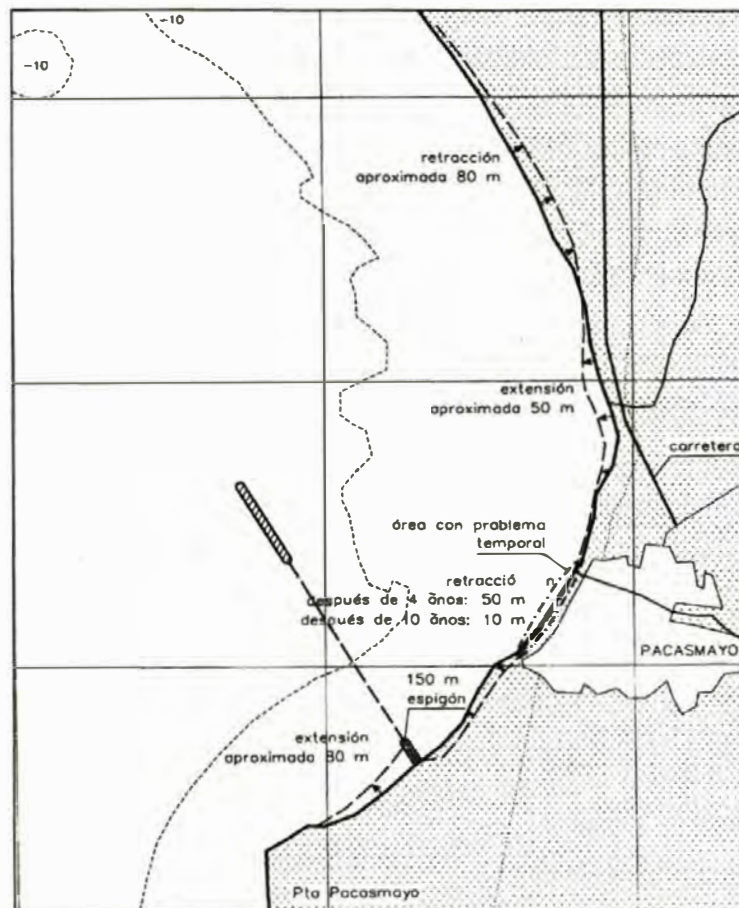


Figura 2.2.5 Impacto del espigón de 150 m de longitud (después de 10 años)

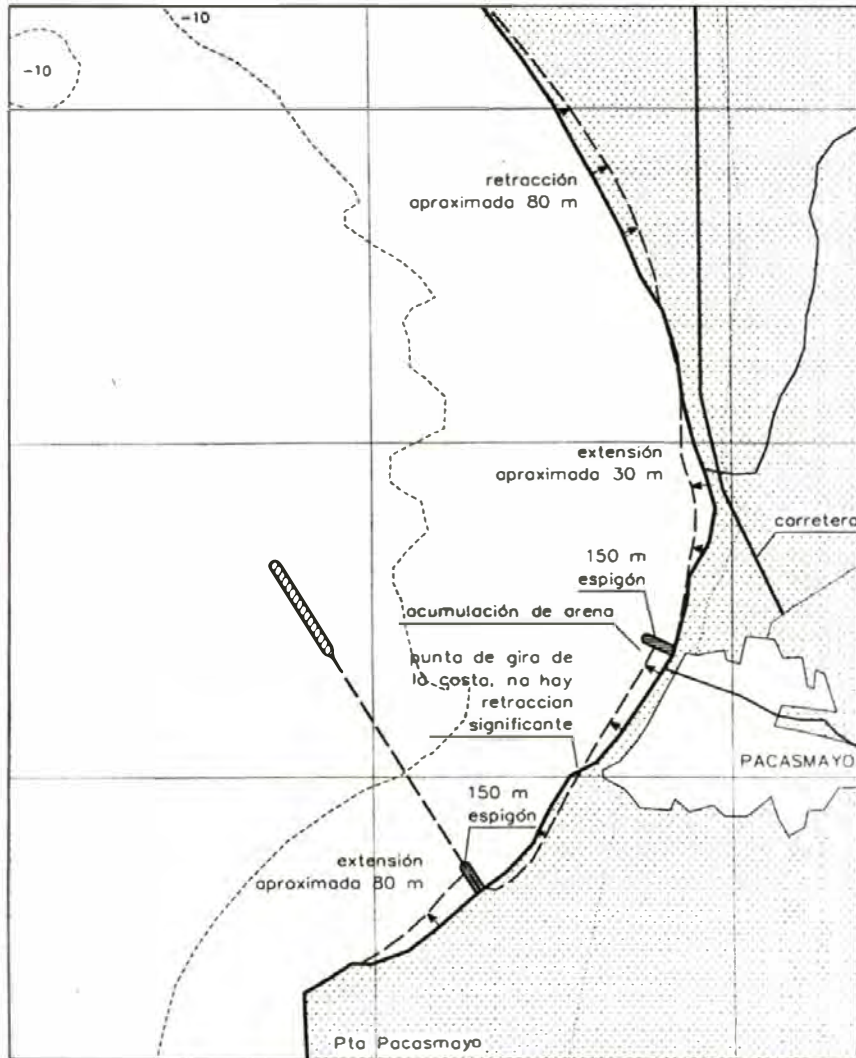


Figura 2.2.6 Posible solución con espigones adicionales (después de 10 años)

Considerando el hecho que la erosión pronosticada en esta área es solo temporal, el método de alimentación regular de arena deberá ser preferido.

Además se tendría que construir un espigón adicional en la playa de la Ciudad de Pacasmayo, para proteger la ciudad. El espigón adicional debería tener la misma longitud que el espigón que se encuentre más al sur [5], para mantener una playa al frente de la Ciudad de Pacasmayo con un impacto minimizado, ver Figura 2.2.6. Se debe notar que los espigones adicionales del norte eliminan el positivo efecto de la

formación de salientes, que puede alcanzar las playas de Pacasmayo después de algunos años.

La formación de la saliente se atenuará más adelante por los espigones del norte puesto que menor cantidad de arena es transportada hacia el rompeolas.

Se estudió la alternativa T-3, que es un Puerto localizado justo al sur de Pacasmayo, con un puente de 1500 m de longitud y 500 m de rompeolas, ésta alternativa no requiere un ángulo entre el puente y el rompeolas, lo cual es más favorable desde el punto de vista de operación del puerto.

La retracción de la línea costera al norte de Pacasmayo es cerca de 80 m después de 10 años. El crecimiento de la línea costera al frente de la Ciudad de Pacasmayo es de 40 a 60m después de 10 años; y 70 a 90 m después de 50 años.

2.3 Estabilización de las descargas del río Nerang, Australia

La estabilización de las descargas del río Nerang y los problemas costeros asociados, fueron estudiados mediante un modelo físico tridimensional en el Laboratorio de Delft. (Nerang River Entrance Stabilization, Delft Hydraulics Laboratory, M1259, Septiembre 1976).

La erosión de la costa afectaba no solamente el uso turístico de las playas sino que también se tenía que durante los ciclones las casas cercanas a la playa sufrían serios daños.

Un segundo problema lo constituían las desembocaduras de los ríos, y justamente la desembocadura más importante es la del río Nerang (Figura 2.3.1) la cual se desplaza en la dirección septentrional a una razón de 25 metros por año.

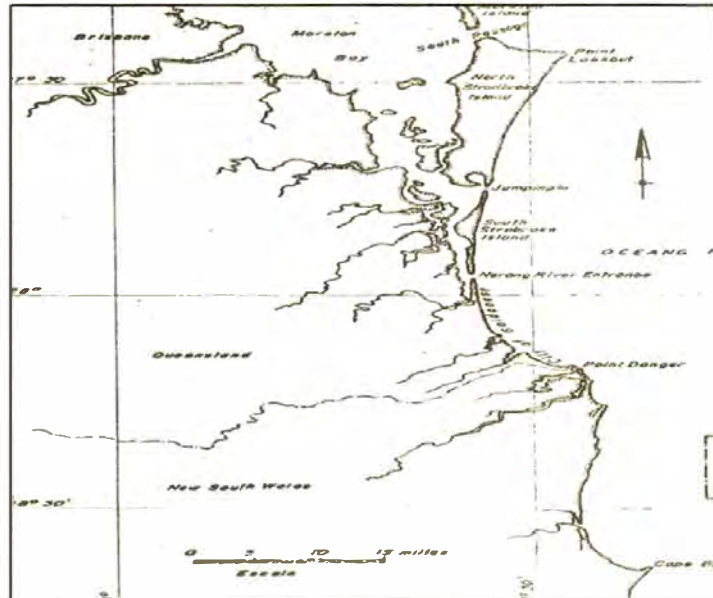


Figura 2.3.1.-Ubicación del río Nerang,Australia

Una de las posibles causas de los problemas de erosión lo constituía el encauzamiento de la desembocadura del río Tweed situada al sur de la Ciudad de la Costa de Oro, en New South Wales cerca al límite de Queensland [10].

Los muros de encauzamiento detenían parte del transporte litoral en la dirección norte. Se realizó un extenso programa de recolección de datos, el periodo principal de observaciones tuvo una duración aproximada de dos años y parte de la recolección de datos se continuó después de ese periodo.

En base a las observaciones se realizó el estudio con el objeto de recomendar las soluciones más apropiadas de los diversos problemas.

Erosión en la playa

En base a los diagramas de refracción (Figura 2.3.2) y datos sobre las olas y corrientes, se realizaron cálculos para determinar la capacidad del transporte litoral longitudinal en diversas secciones de la costa. Estos cálculos revelaron un incremento de la capacidad del transporte litoral en la dirección norte, resultando un déficit promedio de aproximadamente 400,000 m³.

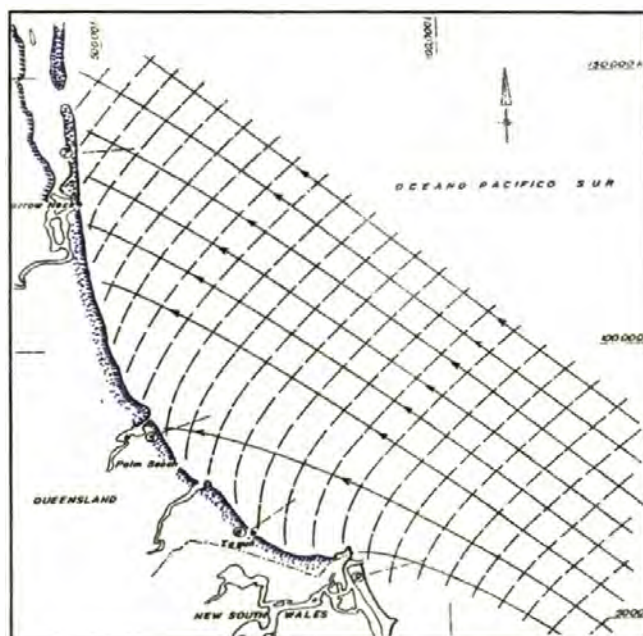


Figura 2.3.2.- Modelo de refracción para cálculos de transporte litoral

De los cálculos que realizaron encontraron que los muros de encauzamiento del río Tweed interceptaban aproximadamente 1.6 millones de m^3 de arena que de otro modo habrían resultado provechosos para las playas de la Costa de oro, véase la Figura 2.3.3

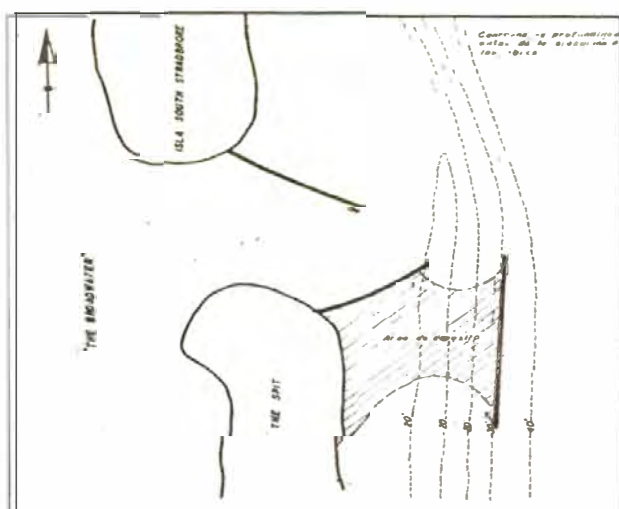


Figura 2.3.3.-Solución a la entrada del río Nerang con rompeolas

Además de la regresión gradual y continua, existe el comportamiento dinámico debido a la influencia estacional. Movimientos de arena de hasta 8 millones de

m³ en dirección hacia el mar pueden alcanzarse durante una estación de ciclones muy mala. Durante el tiempo de calma posterior a los ciclones la mayor parte de este volumen de arena es recuperada debido al transporte sobre la costa. El principal problema se debe a que este comportamiento dinámico no se lleva a cabo debido a que las casas y hoteles han alcanzado la línea costera.

Después de considerar las diversas posibilidades de protección de costas se recomendó una solución consistente en una extensa alimentación artificial de arena, que consideraba un bombeo inicial de aproximadamente 8 millones de m³ con el objeto de crear un cierto ancho de playa requerido y luego de otra cantidad de aproximadamente 4 millones de m³ para crear una zona de amortiguamiento para combatir con la erosión gradual debido al transporte longitudinal en un cierto número de años. Inevitablemente este último suministro de arena deberá ser repetido en el futuro. Para proteger las entradas contra la divagación y formación de bajos se recomendó un número limitado de estructuras (molos, muros de encauzamiento).

Pero para la estabilización de la desembocadura del río Nerang es que se desarrolle el muro de encauzamiento como se muestra en Figura 2.3.4, de modo que las corrientes de mareas junto con las descargas del río Nerang mantengan la sección transversal deseada.

Para mantener un equilibrio costero han considerado como la única solución en un sistema permanente de by-pass de la arena, que transfiera ésta de un extremo de la entrada al otro [10].

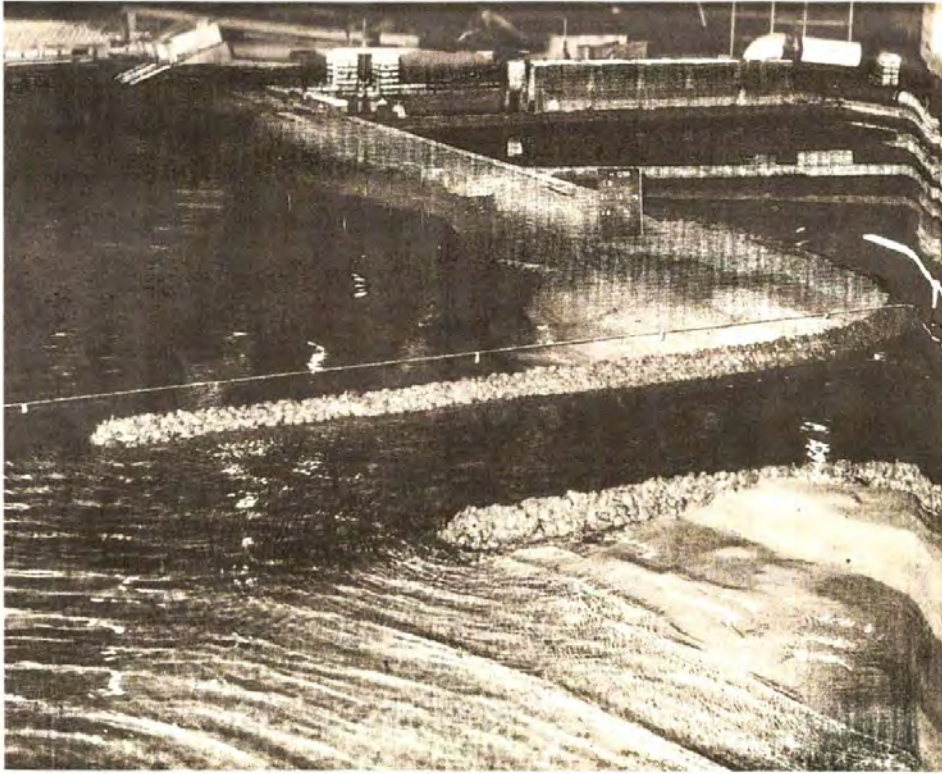


Figura 2.3.4.-Vista en Modelo hidráulico de la desembocadura del río Nerang

2.4 Zona de estudio en el Delta del Ebro, Delta '96 Campaña llevada a cabo en el Estudio Experimental, por el Laboratorio de Ingeniería Marítima-UPC, España.

Actualmente se cree que entre el 65 y 70% de la población mundial vive en una franja estrecha de la zona costera. Por lo tanto, las playas se han visto sometidos a una gran presión antropogénica, además de una explotación excesiva de los recursos naturales. Así pues, existe la necesidad intrínseca de conocer, estudiar, y proteger la zona costera. Por lo tanto es necesario conocer y describir en detalle y cuantitativamente las condiciones hidrodinámicas de la zona costera y su impacto en la línea costera, así como su repercusión medio-ambiental [7].

Procesos hidro-morfodinámicos en la zona cercana a la costa.

Las playas arenosas son características de muchas de las zonas costeras de todo el mundo y su comportamiento (procesos físicos) puede ser estudiado en diferentes escalas espaciales. El comportamiento de las costas arenosas tiene que ver con la dinámica de sus rasgos morfológicos y su respuesta puede verse reflejada en los desplazamientos de la línea de la costa.

La zona de estudio es el Delta del Ebro (Figura 2.4.1) por ser un ambiente poco afectado por el hombre, por su geometría longitudinal cuasi-uniforme. Los experimentos se llevaron a cabo en el periodo comprendido entre los días 30/10/96 al 10/11/96 y se centraron en la zona cercana a la costa, desde la línea de orillas hasta una profundidad aproximada de 3 m, en un trayecto frente a la barra del Trabucador en el hemidelta sur.

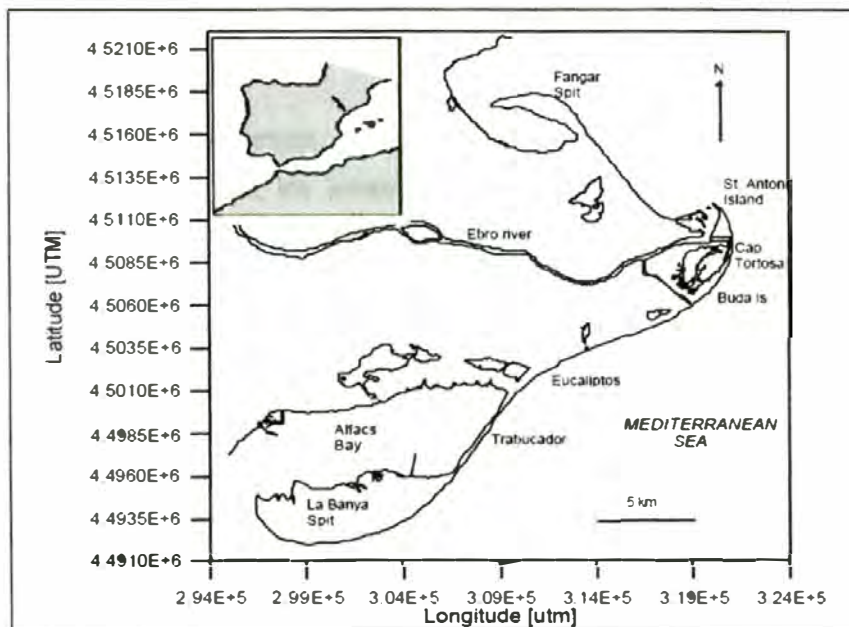


Figura 2.4.1.- Zona de estudio delta del Ebro, España

El levantamiento de los perfiles topo-batimétricos describe un área de 300 m, de ancho de playa por 250 m de largo. La topografía se realizó antes y después de los experimentos, tomándose cada punto de los perfiles por medición directa hasta una profundidad máxima de 2 metros (Figura 2.4.2) dentro de la zona de rompientes por medio de topografía convencional (estación total SOKIA SET 3B,

con distanciómetro infrarrojo y prismas ópticos), usándose además, el trineo e imágenes aéreas de video.



Figura 2.4.2.- Medidas topográficas realizadas en la Barra del Trabucador

Fuera de la zona de rompientes, en aquellas zonas donde la profundidad hacía imposible el acceso a pie, los levantamientos batimétricos se realizaron con métodos indirectos, usando ala zodiac del LIM y escandallo, con posicionamiento terrestre.

Los trabajos realizados durante la campaña fueron siempre referenciados a un sistema de coordenadas local con el eje de abscisa paralelo a la dirección de la costa y el origen de coordenadas centrado en la zona de trabajo del trineo. Los datos se enlazaron planimétricamente al sistema de proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) y la altimetría al geode de Cataluña.

El trineo se utilizó como soporte para los correntómetros, los turbidímetros, el sensor de altura de ola (figura 2.4.3). Aunque este trineo resulta ser sumamente versátil para la medición en la zona de rompientes, su utilización en el campo resulta un poco complicada.

El levantamiento de los perfiles topo-batimétricos describe un área de 300 m de ancho de la playa por 250 m de largo, en la parte central se encuentra la barra del Trabucador.



Figura 2.4.3.-Trineo con sensor de altura de olas, 6 correntómetro electromagnéticos, 2 sensores de sedimento en suspensión

Fuera de la zona de rompiente, en aquellas zonas donde la profundidad hacía imposible el acceso a pie, los levantamientos batimétricos se realizaron con métodos indirectos, usando la zodiac del LIM y escandallo, con posicionamiento terrestre.

Los trabajos realizados durante la campaña fueron siempre referenciados a un sistema de coordenadas local con el eje de abscisa paralelo a la dirección de la costa y el origen de coordenadas centrado en la zona de trabajo del trineo. Los datos se enlazaron planimétricamente al sistema de proyección Universal transversal de Mercator (UTM).

Para esta campaña se utilizó un sistema móvil de medición que sirvió de soporte para los correntímetros, los turbidímetros, el sensor de altura de ola. Aunque este trineo resulta ser sumamente versátil para la medición en la zona de rompientes, su utilización en el campo resulta un poco complicada.

El sistema utilizado incluyó 6 correntómetros electromagnéticos, 1 sensor de alturas, contenedor estanco, datalogger y software de adquisición y control de datos.

Una característica importante de este sistema de medición es que no se trata de un sistema estándar. Los 6 correntómetros electromagnéticos y el sensor de altura de ola, envían sus registros acopladamente, primero al datalogger y de ahí a los ordenadores en tierra por medio de cables conductores blindados con conectores sumergibles. Por su complejidad, este sistema fue diseñado expresamente y en conjunto por el LIM y Delft Hydraulics.

Se contó con dos estaciones meteorológicas. Una situada en la parte posterior del trineo y la otra localizada a 800 m del área de estudio y en una torre de observación sobre la cresta de una duna, aproximadamente a 10m de altura sobre el nivel del mar.

Además de los correntómetros instalados en el trineo, se contó con un sistema anclado al fondo del tipo "PUV" en la zona cercana a la costa. Se trata de un correntómetro S4DW (figura 2.4.4), de Interocean, USA, constituido por un conjunto de sensor de presión de alta precisión y un correntómetro electromagnético biaxial, para corrientes en el plano horizontal.



Figura 2.4.4.-Tetrápodos con el sistema PUV para medidas hidrodinámicas

Las conclusiones de las observaciones realizadas durante la campaña Delta'96 Las medidas hidrodinámicas obtenidas con el trineo se obtuvieron una mejor descripción de la estructura vertical de las corrientes, al tener medidas más cerca del fondo, en las inmediaciones de la capa límite, y al medir la estructura 3D a 65 cm. del fondo.

Las medidas de la estructura vertical de la corriente permitieron la identificación de perfiles logarítmicos (para corrientes inducidas por la rotura del oleaje), descartando el supuesto de perfiles verticales casi uniformes. Estas medidas también permiten la obtención de información esencial para el estudio del transporte de sedimentos, como la escala de rugosidad del fondo, la cuantificación de las corrientes de resaca y los coeficientes de fricción.

Variables de la 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.

Variable dependiente: modificación de la morfología costera al norte del Puerto de Salaverry, que se manifiesta en pérdida de litoral o erosión costera.

Variables intervinientes

Oleaje

Mareas

Vientos

Corrientes Marinas

Corriente Inducida por el Oleaje

Configuración del Fondo Marino

Sedimentos del Fondo Marino

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

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 N° 2.5

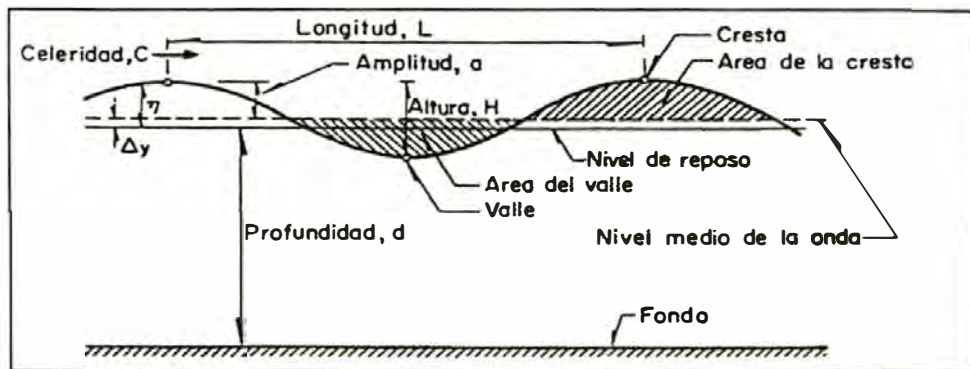


Figura 2.5.- El perfil de una ola regular

En aguas profundas el 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 N° 2.6

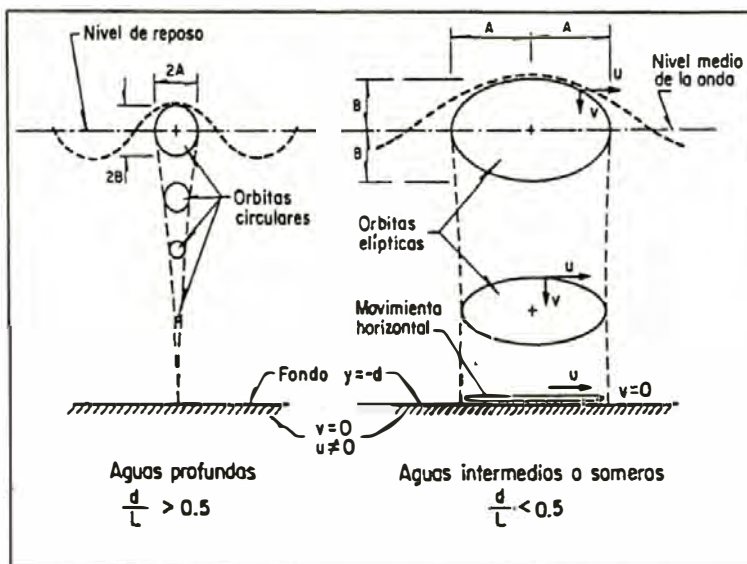


Figura 2.6
Desplazamientos
Orbitales

Olas Swell

Son olas generadas por el viento a gran distancia 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 Pacífico 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 antihorario 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 (*).

Nombre de la Onda	Periodo	Fuerza más importante que la genera	Fuerza más importante que la amortigua
Capilar	0-0.1s	Viento	Tensión superficial, gravedad
De ultragravedad	0.1-1s	Viento	Gravedad, Tensión superficial
De gravedad (*)	1-30s	Viento	Gravedad
De infragravedad	30s-5min	Viento	Gravedad, Coriolis
De periodo largo, incluido ondas de marea	5min-24 h	Viento, tormenta. Maremotos, atracción del sol y la luna	Coriolis, Gravedad
De transmarea	> 24h	Atracción del sol y la luna	Coriolis

Tabla 2.3.-Clasificación del Oleaje según el periodo T

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).

Altura de la Ola en la Costa

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

$$H = K_r * K_s * H_o \dots\dots\dots(2.1)$$

Donde:

K_r : Coeficiente de refracción

K_s : Coeficiente de bajos (shoaling)

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 cuan importante sea el

ángulo f_0 (entre la cresta de la ola y una determinada profundidad). La Figura 2.7 muestra un patrón de refracción

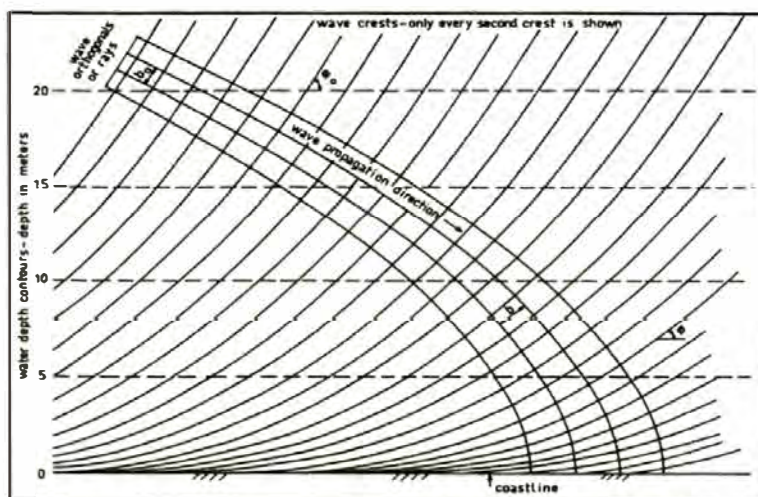


Figura 2.7.- Patrón de refracción

OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS

La información del Sailing Directions Tabla 2.4, da la distribución de frecuencias y frecuencias acumuladas de ocurrencia de olas "swell" en aguas profundas, para diferentes direcciones, frente al Puerto del Callao.

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

Para la macro distribución de alturas de olas, se ha considerado la mostrada en la Figura 2.8, Ocurrencia de Olas Significantes (H_s), correspondiente al registro de oleaje en el Puerto de Salaverry, en la batimétrica -15 m, desde el 01-08-76 al 30-06-80.

En el gráfico de la lámina señalada, se ha trazado la distribución correspondiente a aguas profundas, teniendo en consideración los

coeficientes de refracción y de bajos para tal localidad. De este modo y bajo la consideración de que las olas son mayormente de tipo swell en aguas profundas, se ha tomado la macrodistribución de H_s para aguas profundas, la que ha sido aplicada en el presente estudio.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

ALTURA (m)	NO	O	SO	S	SE	E	EN	TOTAL
0.30 - 1.80	---	0.5	9.80	36.30	7.30	0.10	---	54.00
1.80 - 3.60	---	---	6.50	25.50	8.00	0.20	---	40.20
Mayor a 3.60	---	---	0.30	2.00	0.50	---	---	2.80

FRECUENCIAS ACUMULADAS DE OCURRENCIA

ALTURA (m)	NO	O	SO	S	SE	E	EN	TOTAL
0.30 - 1.80	---	0.5	16.60	63.80	15.80	0.30	---	97.00
1.80 - 3.60	---	---	6.80	27.50	8.50	0.20	---	43.00
Mayor a 3.60	---	---	0.30	2.00	0.50	---	---	2.80

Tabla 2.4 Distribución de frecuencias y frecuencias acumuladas de ocurrencia de olas "SWELL" en aguas profundas para Salaverry según Sailing Directions

El período del oleaje considerado en el estudio para fines de diseño es de 14", que es el período significativo y cuya información proviene también de los registros de mediciones en el Puerto de Salaverry,

Para fines de diseño se requiere conocer el oleaje en las cercanías de la zona del proyecto.

En la zona del estudio, el oleaje que se presenta en la costa es de tipo "swell"; es decir, que las olas en el litoral provienen desde aguas profundas y son generadas por vientos con cierta persistencia y patrones de dirección; y son producidas mayormente por el anticiclón del Pacífico Sur, patrón que es válido para gran parte del litoral peruano.

A la zona del proyecto, llegan las olas "swell", afectadas por los efectos de refracción, difracción, desde aguas profundas de las direcciones Sur, Sur

Oeste y Oeste. La Tabla 2.4 muestran las frecuencias de olas "swell" en Salaverry.

Las magnitudes y frecuencias indicadas se tendrán en cuenta como la única fuente que nos indica la dirección de olas, mientras que para las alturas y períodos de olas se hará referencia al estudio de olas realizado en Salaverry, por ser la información más cercana al proyecto. No existen otros estudios con mayor tiempo de duración que se haya realizado en el área, hasta la fecha.

También se puede obtener la condición de oleaje del modelo de pronóstico (hindcast) de las olas **sea** y **swell**. La experiencia con observaciones de barcos nos han llevado a concluir que la energía de las olas **sea** y **swell** no debe ser sumada. Esto es porque es difícil sumar alturas de las olas separadas tanto para las olas **sea** como para las olas **swell**. Se puede obtener engañosamente altos resultados si las dos alturas de ola son resueltas.

La dirección del oleaje fue obtenida tomando la dirección promedio de las olas **sea** y **swell**, [5] ponderadas en concordancia con la energía. Los resultados del análisis son ilustrados en la figura 2.9 que muestra la rosa de alturas de olas basada en las observaciones de barcos y en el modelo de pronóstico (hindcast). Como puede verse hay diferencias entre ambas figuras la explicación es:

- Las olas **swell** bajas con una altura alrededor de 0.75 m puede ser omitida completamente en las observaciones hechas desde los barcos.
- El punto de la malla para la cual los resultados fueron obtenidos del modelo de pronóstico está cerca de la costa. El área de las observaciones del barco es tal que se hacen muchas observaciones a grandes distancias de la costa. La presencia de la costa significa que la dirección promedio de las olas en el modelo de pronóstico no puede provenir de la dirección sur este. Sin embargo se pueden encontrar olas de tal dirección en el área de las observaciones de los barcos.
- En nuestra experiencia, las alturas de olas más grandes observadas desde

los barcos son a menudo sobreestimadas.

- Es posible que las condiciones de viento y oleaje a mayores distancias de la costa sean más severas.

El clima de oleaje está representado por la rosa de altura de oleaje en mar abierto, ver la Figura 2.9.

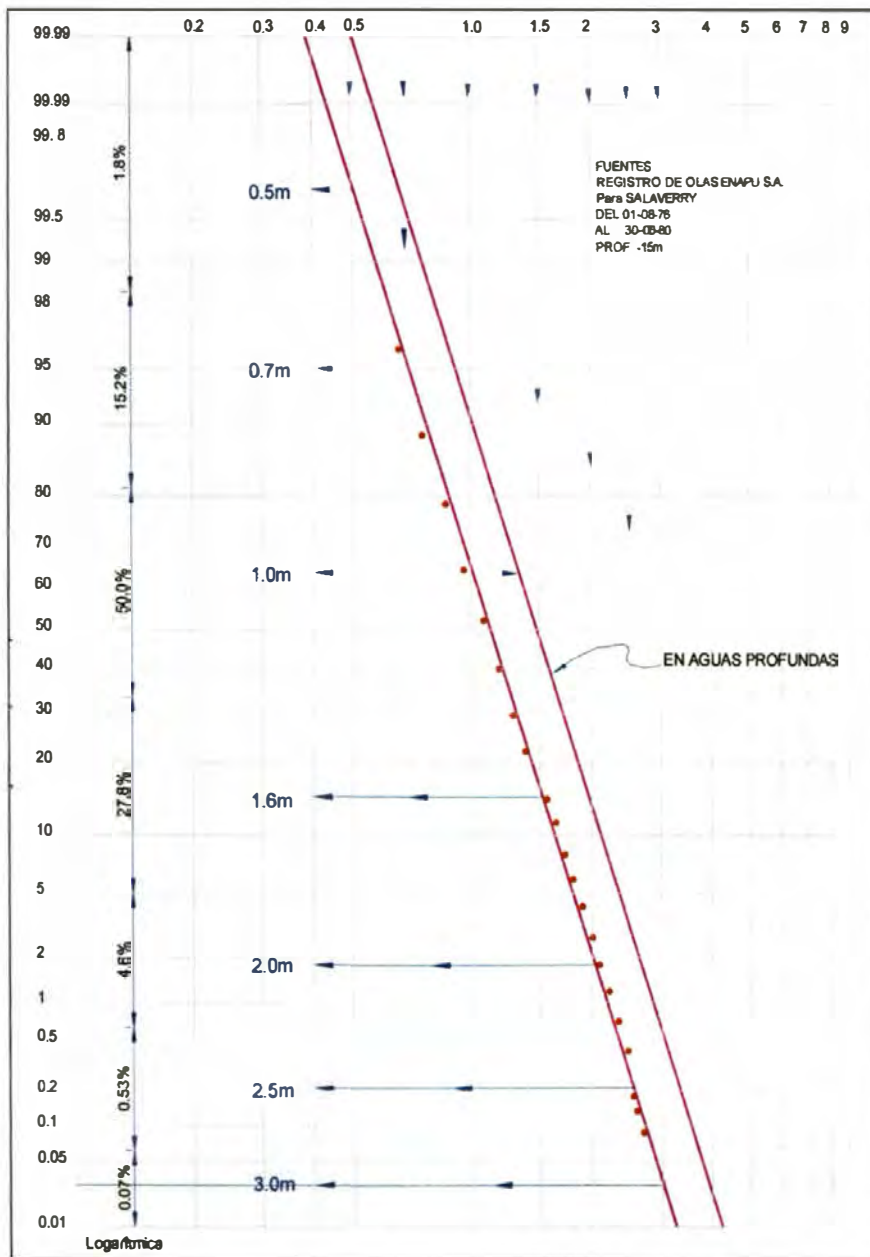


Figura 2.8.- Macro distribución de oleaje para Salaverry

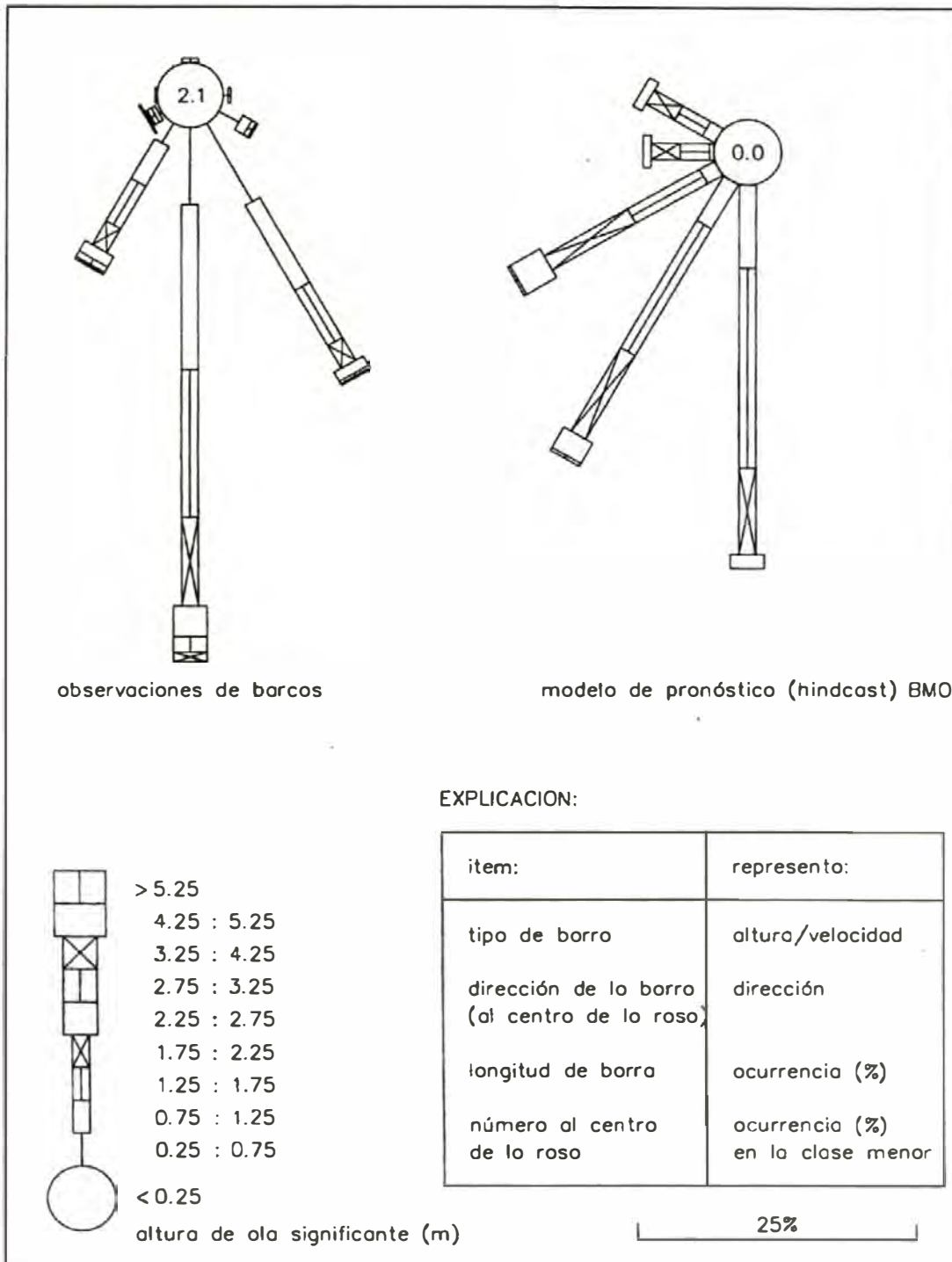


Figura 2.9 Rosa de altura de oleaje en mar abierto derivadas del modelo de pronóstico (hindcast) y de observaciones de barcos

OLEAJE EN LAS CERCANIAS DEL AREA DE INTERES

La consideración de aguas profundas está relacionada a la condición

$$d_o > L_o/2$$

Siendo:

d_o = condición de aguas profundas

$$L_o = 1.56 * T^2 = 1.56 * 14^2 = 306 \text{ m}$$

por lo tanto $d_o > 153 \text{ m}$.

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.

El estudio de refracción en aguas profundas se han sido realizados sobre Portulano a escalas 1: 100000, para un periodo de 14"

Para la condición de aguas intermedias y de aguas poco profundas se ha utilizado el Portulano a escala 1:50,000 y 1:5,000 respectivamente.

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:

$$(L^2H/d^3) \ll 100$$

$$(\rho H/L) \ll 1$$

Oleaje según Profundidad Relativa

- En aguas profundas: $d/L \geq 0.5$
- En aguas intermedias: $0.5 \geq d/L \geq 0.05$
- En aguas poco profundas: $d/L \leq 0.05$

Movimiento del Agua en la Zona de Rompientes

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 la rompiente.

La Velocidad de la Corriente Inducida por el Oleaje (corriente litoral), V [1, Bijker cap.13] 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.

$$V = \frac{5 \pi \sqrt{g} \operatorname{sen} \theta_0}{8 \sqrt{2} c_0} \gamma \frac{C}{\sqrt{f_w}} d \cdot m \dots\dots\dots(2.2)$$

c_0 es la celeridad de la ola en aguas profundas

γ es el índice de rompiente = H_r/d_r

d es la profundidad en la rompiente

m es la pendiente de la playa

- ϕ_0 es el ángulo entre la cresta de la ola y la batimétrica en aguas profundas
- C es el coeficiente de Chezy = $18 \log (12 \cdot d_r / r)$
- f_w es el parámetro adimensional de fricción
 $f_w = \exp [-5.977 + 5.213 (a_b/r) - 0.194]$
- r es la rugosidad del fondo a lo largo de la playa
- a_b es la máxima amplitud orbital en el fondo
- L es la longitud de la ola en la rompiente

Para la velocidad de la corriente litoral existen otras formulas que a continuación se muestran:

Fórmula de Komar e Inman, [6] fórmula I.200 ,calcula la velocidad litoral media, V_l ,entre la rompiente y la línea de costa.

$$V_l = 1.35 g^{1/2} \frac{H_r}{(d_r)^{1/2}} (\text{sen } \alpha_r) \cos \alpha_r$$

- H_r altura de la ola en rompiente, en m
- d_r profundidad en la rompiente, en m
- α_r ángulo de incidencia entre el frente de onda y la línea de rompiente
- V_l velocidad media de la corriente litoral, en m/s

De acuerdo con Longuet-Higgins, [6] fórmula I.201, la velocidad máxima de la corriente litoral se alcanza entre la rompiente y la línea de costa y se indica como V_l , dicha velocidad es aproximadamente 2 o 3 veces mayor que la velocidad en rompiente:

$$V_l = (20.3) S (gH_r)^{1/2} (\text{sen } 2\alpha_r)$$

- S pendiente de la playa

Se puede emplear con cualquier sistema congruente de unidades

Mareas

Las variaciones diarias del nivel del mar se deben, entre otros factores, a las variaciones de la marea, ocasionadas a su vez por la fuerza de atracción del 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 2.10 se muestran el gráfico de marea según la información de las tablas de pronósticos que edita la Dirección de Hidrografía de la Marina.

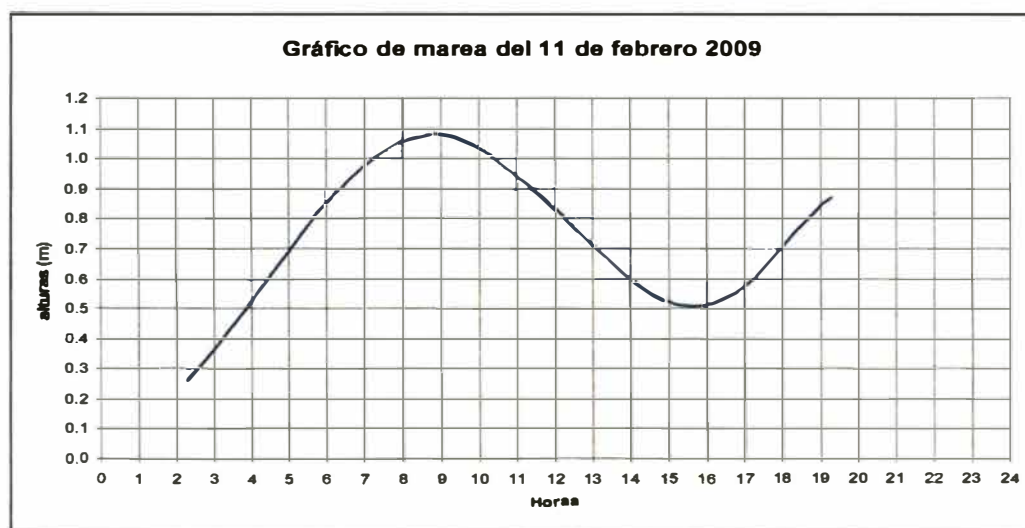


Figura 2.10.- Gráfico de mareas en Salaverry, de la Tabla de Mareas, DHN

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 Pacífico 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 ésta la zona costera.

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

Los vientos locales provienen predominantemente del S y SE (75 % del tiempo), con velocidades menores a tres nudos, durante el 50 % del tiempo y mayores de once nudos, el 1 % del tiempo. La Figura 2.11 muestra un modelo de rosa de viento.

La Tabla 2.5 Proporciona el Promedio Mensual Multianual de Viento Prevalciente y la Tabla 2.6 muestra el Viento Máximo Absoluto de la Estación Salaverry de 1978 a 2005.

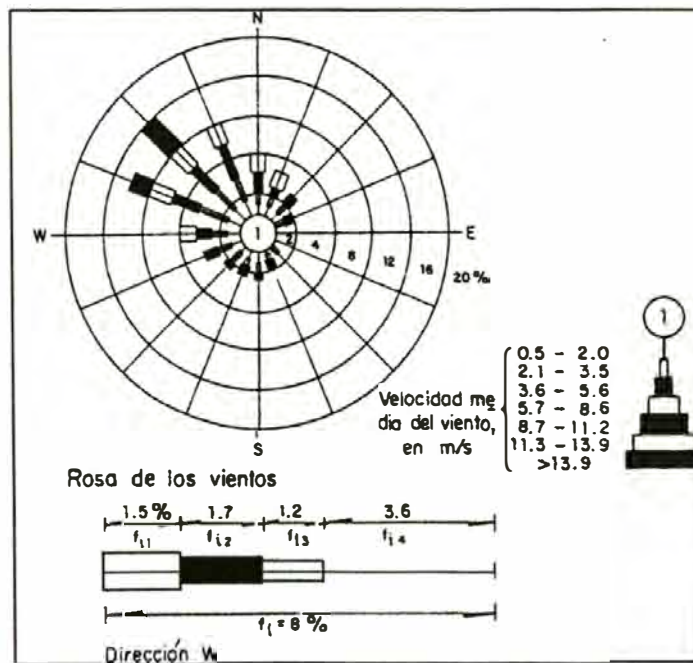


Figura 2.11.- Modelo de Rosa de Viento

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)

Tabla 2.5 Promedio Mensual Multianual de Viento Prevalciente de la Estación Salaverry 1978-2005

Descr	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC			
	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv	ddd	vvv		
Viento	ddd	vvv	120	23	180	21	180	20	110	20	130	22	210	21	190	22	190	23	190	20	190	20	190	22	180	25

Fuente. DHN Dpto de Medio Ambiente, división de Meteorología

ddd= dirección del viento (rumbo) ; vvv= velocidad del viento (nudos)

Tabla 2.6 Viento Máximo Absoluto de la estación Salaverry 1978-2005

Corrientes Marinas

Las corrientes marinas más importantes son: la Corriente de Humboldt, figura 2.12 y las Corrientes de Mareas (llenante y vaciante) ver Figura 2.13.

Estas corrientes son de baja intensidad y no intervienen en el transporte de sedimentos costero.



Figura 2.12 Corriente de Humboldt



Figura 2.13 Marea llenante y vaciante

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.

Configuración del Fondo Marino

La configuración del fondo marino en las proximidades del proyecto 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 calcular la transformación del oleaje desde aguas profundas hacia aguas poco profundas.

Sedimentos del Fondo Marino

Los sedimentos se caracterizan por la distribución granulométrica. Es importante conocer los Diámetros característicos como el D_{50} , D_{90} ; el peso específico 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 [1].

Transporte de Sedimentos de Fondo según Bijker

$$S_b = \frac{B D V \sqrt{g}}{C} \exp \left[\frac{-0.27 \Delta D C^2}{\mu V^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u_b}{V} \right)^2 \right]} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

- S_b es el transporte de fondo
- B es un parámetro adimensional determinado en 1977, con un valor de 5
- D es el diámetro medio de la partícula de sedimento
- μ es el factor de rizos = C / C'
- C es el coeficiente de Chezy
- $C' = 18 \text{ Log } (12 * d / D_{90})$
- d es la profundidad de la rompiente
- D_{90} diámetro representativo del sedimento con 90% que pasa
- $f_w = \exp [-5.977 + 5.213 (a_b/r) - 0.194]$
- $\xi = \frac{C \sqrt{f_w}}{\sqrt{2} g}$
- Δ es la densidad relativa = $(\rho_s - \rho) / \rho$
- ρ_s y ρ son las densidades del sedimento y agua respectivamente
- V es la velocidad de la corriente inducida por el oleaje
- u_b es la máxima velocidad orbital en el fondo

Transporte de Sedimentos en Suspensión Adaptación de Einstein

$$Z_* = \frac{W \sqrt{\rho}}{\kappa \sqrt{\tau_c \left[1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{\hat{u}_b}{V} \right)^2 \right]}} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

- Intervienen dos parámetros independientes: A y Z*
- A = r/d (ya definidos)
- W es la velocidad de caída de la partícula de diámetro D del sedimento
- κ es la constante adimensional de Von Karman = 0.40
- τ_c es el cortante de fondo
- ũ_b es la máxima velocidad orbital horizontal en el fondo
- Los otros términos ya fueron definidos.
- Con ayuda del gráfico se obtiene la relación S_s / S_b
- Finalmente se obtiene Q = S_s/(1.83*S_b)

El coeficiente de bajos se calcula con la siguiente fórmula:

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{(\tanh kd) \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)}} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$L = \frac{g T^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Número de ola $k = \frac{2 * \pi}{L}$;

Frecuencia angular $\sigma = \frac{2 * \pi}{T}$

d= profundidad de la rompiente

L= longitud de la ola

T= periodo de la ola

Estudio de Erosión

El modelo propuesto para el estudio erosivo ha sido aplicando las ecuaciones dadas en [8] y se puede esquematizar como:

En hidráulica sabemos que por la condición de continuidad en una zona transversal de la playa, asumiendo como línea recta la costa según las imágenes satelitales se tiene:

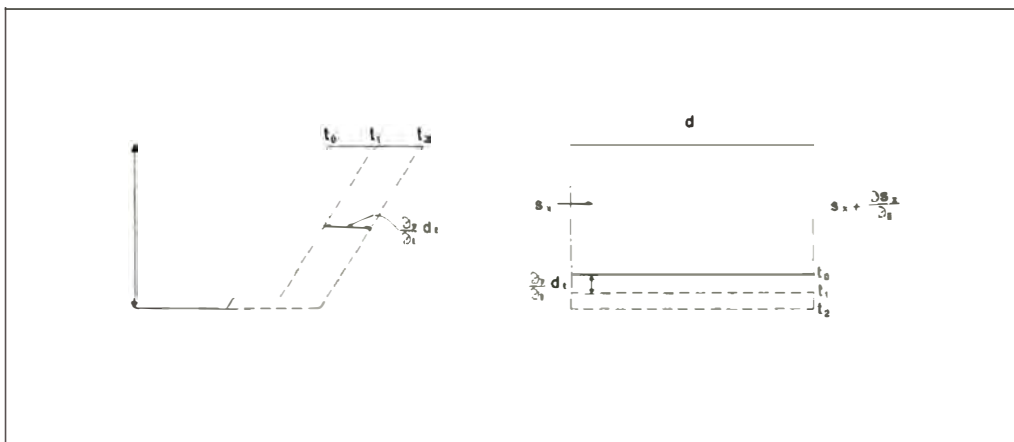


Figura 2.14 Perfil costero en proceso de erosión

Asumimos que la línea retrocede por el proceso de erosión paralelamente así misma.

La condición de continuidad:
$$\frac{\partial S_x}{\partial x} = -h \frac{\partial y}{\partial t}$$

Si consideramos que la línea de playa no es recta.

CONDICION DINAMICA

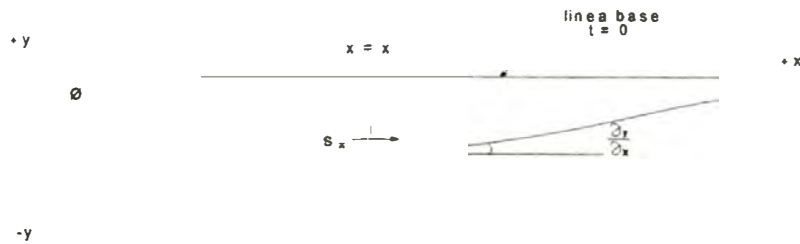


Figura 2.15 Variación de la playa debido a la erosión

Si ϕ es el ángulo de incidencia de las olas en la línea de rompiente y la variación de la línea de costa dy/dx es mínima

Para un punto "x" a lo largo de la playa, el transporte de sedimentos está dado por:

$$S_x = S_\infty \left(1 - \frac{dy}{dx} \frac{1}{\operatorname{tg} \phi} \right)$$

S_∞ = transporte total de sedimento a lo largo de la costa de la línea de playa paralela al eje x

ϕ = ángulo de incidencia de la cresta de la ola en la línea de rompiente referida al eje de las abscisas

$\frac{dy}{dx}$ = variación de la línea de playa para un punto referida al eje "x"

Diferenciando la fórmula anterior, con respecto a "x" y sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene la ecuación:

$$\frac{dy}{dt} = a \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{Donde} \quad a = \frac{S_\infty}{d \operatorname{tg} \phi}$$

Si se tiene como condición de borde el espigón del puerto de Salaverry (espigón recto, impermeable y perpendicular a la playa) obtenemos:

$$y = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\sqrt{\pi}} \left[\sqrt{4 a t} e^{-u^2} - x \sqrt{\pi} D(u) \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

Con:

$$u = \frac{x}{\sqrt{4 a t}} \quad ; \quad D(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_u^\infty e^{-u^2} d_u$$

- t tiempo
- x distancia en el eje x
- a constante de costa

- d profundidad
- $D_{(u)}$ función error de la variable u
- ϕ ángulo de incidencia de la ola respecto a la costa
- y distancia en el eje y
- S_{∞} transporte litoral anual

CAPITULO III

OBJETIVO

Objetivo general

El presente trabajo de investigación determinará la zona costera afectada por los efectos de erosión causados por la construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena en etapas de construcción y sus diversas etapas de ampliación, además desarrollar una solución para el mitigar la erosión costera.

Objetivos específicos

Para poder diseñar un sistema de protección para la playa de Buenos Aires en la ciudad de Trujillo, se debe contar con las informaciones de campo, que permitan evaluar el cambio del perfil costero (erosión) a través del tiempo y son:

- Análisis de Imágenes satelitales.
- Batimetría actual de la zona afectada de Buenos Aires
- Estudio de refracción del oleaje
- Delimitación del impacto erosivo en el litoral
- Implementar un sistema de estructuras de protección costera

CAPITULO IV

MATERIALES Y METODO

MATERIALES

Los trabajos de campo fueron realizados por el siguiente personal:

Profesional:

– Ing^o Hugo Rodolfo Maldonado Contreras

(3) Topógrafos Hidrógrafos y Personal Auxiliar contratado en la zona.

El equipo usado en los trabajos de campo fue el que se detalla a continuación.

De Topografía y Batimetría:

(1) Estación Total GEODIMETER, Modelo GDM-510N, con tres baterías portátiles y una batería grande; con 3 prismas con sus bastones y centros, serie 51103448

(1) Ecosonda Electrónica de 90 Khz.

(1) Teodolito Autoreductor marca WILD -T1A, serie 173492

(1) Nivel de Ingeniero marca WILD- NAK1, serie 355635

Miras de 4 metros, 2 unidades

Jalones, 4 unidades

Wincha de 30 metros

Wincha de 50 metros; entre otros.

De Comunicaciones:

04 Radios Walkie Talkie, para las comunicaciones entre los frentes de trabajo

Una cámara fotográfica marca Yashica J2

Las características principales de la Estación Total Geodimeter, empleada en el levantamiento topográfico son : Medición de ángulos al segundo, medición de distancias hasta 2000 m con un sólo prisma, con una precisión de $\pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$; Sistema de replanteo, Memoria de Almacenamiento de hasta 5000 puntos; Cable para conectar el Instrumento con la batería externa y la computadora y Protocolo de bajada de datos a la computadora, que permite imprimir el listado de los puntos medidos; entre otras características.

Imágenes Satelitales

Recopilación de imágenes satelitales: imágenes Landsat, Plano P02 y imágenes de alta resolución espacial, planos P01 y P03. En la Tabla 4.1 se muestran las imágenes recopiladas y sus características

Sensor	Resolución m	Bandas	Fecha
Landsat MSS	80	653	15/11/1976
Landsat MSS	80	653	01/06/1977
Landsat MSS (*)	80	653	27/02/1978
Landsat MSS	80	653	09/06/1979
Landsat MSS	80	653	07/11/1981
Landsat TM (*)	30	321	13/12/1981
Landsat TM	30	321	08/05/1988
Landsat TM (*)	30	321	03/05/1992
Landsat TM	30	321	06/05/1993
Landsat TM	30	321	10/06/1994
Landsat TM	30	321	26/04/1995
Landsat TM	30	321	21/04/1999
Landsat TM (*)	14.25	321	07/06/2000
Landsat TM	30	321	13/05/2007
Landsat TM	30	321	13/04/2008
IKONOS (*)	1	321	15/03/2003
Quickbird (MMS) (*)	2.1	321	26/09/2006
PROBA CHRIS HRC(*)	5.26	321	16/08/2008

Tabla 4.1.-Imágenes recopiladas y sus características.

(*) Imágenes dibujadas en el plano P01

Refracción de las olas

Para desarrollar el diagrama de Refracción de Olas Aguas Profundas y Poco Profundas se tuvo como base la siguiente información:

Portulano a la escala 1:100, 000

Portulano a la escala 1:50,000

Plano batimétrico a la escala 1:5,000

Levantamiento Topográfico Batimétrico a la escala 1:5,000 plano B-1

Tabla de Mareas

Información del Sailing Directions

Información granulométrica del fondo marino.

MÉTODO

El procesamiento de la información requiere de:

Uso de software especializado para procesamiento de la información batimétrica.

Cálculo de H (altura del oleaje) en los emplazamientos requeridos

Cálculo de refracción (K_r), efecto de bajos (K_S)

Cálculo de V (velocidad inducida del oleaje)

Cálculo de S_b (transporte de sedimentos de fondo), S_s (Transporte de sedimentos en suspensión) y S_{total} (transporte de sedimentos total).

Levantamiento Batimétrico-Topográfico

El levantamiento de la batimetría actual de la zona afectada de Buenos Aires, fue realizado con la Ecosonda Electrónica, mediante líneas de sondaje de registro continuo.

El levantamiento batimétrico fue realizado por secciones, desde la desembocadura del río Moche hasta 5 Km. hacia el norte.

Se llevó a cabo el posicionamiento de los Puntos de Sondaje y la ubicación de los puntos de sondaje se efectuó mediante el GPS.

Se coordinó por intermedio de las radios "walkie talkie" la lectura de los ángulos y el registro de profundidades con la ecosonda.

Sondajes

Al inicio y al final de cada jornada de sondeo se calibró la ecosonda con un escandallo graduado.

Los registros de profundidades con la ecosonda fueron debidamente coordinados con las lecturas de ángulos azimutales vía radios "walkie talkie", de modo que las mediciones fueron simultáneas.

En las Fotografías 13 al 25 del Anexo A1, se muestran los diferentes trabajos de campo del Levantamiento Topográfico Batimétrico.

Estudio de refracción del oleaje

En los planos R-1, R-2 y R-3 que muestran las batimétricas en Aguas Profundas, intermedias y poco profundas, determinamos los respectivos coeficientes de refracción.

Con la información de la tabla de mareas se dibujan las respectivas mareas para los días en que se realizó los levantamientos batimétricos. Son mostrados en el Anexo A2. De este modo todos los registros de sondajes están referidos al plano del nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (MLWS).

En la zona de rompientes, en donde la embarcación no pudo ingresar, las líneas batimétricas fueron obtenidas por interpolación de los puntos medidos desde el mar y desde tierra.

Con la finalidad de dibujar el plano del Levantamiento Topográfico Batimétrico en AUTOCAD LAND versión 2004, se calculó las coordenadas de todos los puntos sondeados.

El Levantamiento Topográfico se apoya en una Poligonal: como se muestra en el P1, con los vértices que son mostrados en la Tabla 4.2, estos puntos son los presentados como puntos de control en la imagen satelital.

VERTICE	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	NORTE	ESTE	LATITUD (N)	LONGITUD(W)
P-6	9,099,144.870	714,159.739	08° 08' 42.405"	79° 03' 22.605"
P-8	9,099,591.250	713,662.999	08° 08' 27.955"	79° 03' 38.899"
P-9	9,100,294.880	712,922.376	08° 08' 05.171"	79° 04' 03.198"
P-10	9,100,369.500	713,314.475	08° 08' 02.681"	79° 03' 50.423"
P-12	9,100,090.510	713,532.128	08° 08' 11.727"	79° 03' 43.251"
P-13	9,099,658.920	714,326.506	08° 08' 25.649"	79° 03' 17.239"
P-14	9,099,436.000	714,421.803	08° 08' 32.889"	79° 03' 14.091"
P-15	9,098,719.150	714,689.202	08° 08' 56.177"	79° 03' 5.245"
P-16	9,098,031.190	715,540.302	08° 08' 18.432"	79° 02' 37.338"

Tabla 4.2.- Coordenadas de la Poligonal de apoyo, UTM 17S; Datum WGS 84

Para ubicar los vértices de la Poligonal se realizó previamente un reconocimiento del terreno, ver fotos 15 y 16 del Anexo I. Se estableció una poligonal cerrada considerando los vértices P-6, P-8, P-9, P-10, P-12, P-13, P-14 mientras que los vértices P-15 y P-16 conforman una poligonal abierta, lo cual permitió el cálculo de las coordenadas UTM de sus vértices.

Se procedió al levantamiento taquimétrico mediante secciones cada 100 m, con el empleo de la Estación Total Geodimeter, teodolito y el nivel; las fotografías del 19 al 24 del Anexo I muestran el levantamiento topográfico.

Medición de Lados

La medición de lados de las poligonales y del estacado de las secciones transversales, se realizó con la Estación Total.

El módulo de medición de distancia del Geodimeter opera dentro del área de infrarroja del espectro electromagnético. Transmite un rayo de luz infrarroja. El rayo de luz reflejado es recibido por el instrumento y con ayuda de un comparador, se puede medir el desfase entre la señal transmitida y la recibida. Gracias a un microprocesador incorporado, la medida de tiempo del desfase se

convierte en medida de distancia y se muestra en la pantalla del instrumento como tal, con precisión de mm, en la pantalla de cristal líquido de 4 líneas.

La precisión de la medida de distancia del Geodimeter es de $\pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$. El factor ppm puede ser asumido en términos de milímetros por un kilómetro; 3 ppm significa 3 mm/Km. ó 0.3 mm/100 m.

Medición de Ángulos

Los ángulos medidos en los vértices de las poligonales fueron realizados mediante la Estación Total Geodimeter. La medición de ángulos es electrónica. El principio de medida está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical y la obtención de un valor angular medio, la precisión de las mediciones es al segundo.

Nivelación de Vértices

La nivelación de los vértices de las poligonales se realizó con un nivel WILD-NAK-1 y mira de 4 m de longitud. La nivelación se ejecutó en circuitos cerrados, aplicándose el error de cierre máximo tolerable de $E = 0.02 (k)^{1/2}$; donde k está en kilómetros y E está en metros.

Taquimetría

La taquimetría efectuada en las poligonales fue realizada con la Estación Total Geodimeter y con el teodolito autoreductor marca Kern (K1-RA).

Mediante el levantamiento taquimétrico se procedió a seccionar los perfiles establecidos en períodos de mareas bajas, con la finalidad de tener mayor acceso al mar y conseguir cotas negativas, y se estableció la línea cero.

Curvas de Nivel; se ploteó los puntos de las poligonales y del relleno topográfico, procediéndose a interpolar las cotas entre éstos, en la forma convencional

En el plano P1 del Anexo A-5, se muestra la Poligonal, a la escala 1:5000.

CALCULOS

Cálculo de la altura y profundidad en la rompiente

Se dispone de la siguiente información

$$T = 14 \text{ s}$$

$$L_0 = 1.56 T^2$$

$$L_0 = 305.76 \text{ m}$$

$$d_0 = 152.88 \text{ m}$$

La Tabla 4.2.1 proporciona la altura de olas significantes en aguas profundas en Salaverry, con esta información calculamos la altura y profundidad de la ola rompiente.

Los resultados son mostrados en la Tabla 4.2.2.

Ocurrencia (%)	H_0 (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

Tabla 4.2.1 Altura de olas significantes en aguas profundas en Salaverry

La longitud de la ola L es calculado con la fórmula 2.6

Ocurrencia (%)	H_0 (m)	H_b (m)	d_b (m)	L (m)
1.60	0.75	1.22	1.54	54.129
18.40	1.05	1.60	2.01	61.739
47.00	1.40	2.00	2.53	69.143
28.00	1.91	2.58	3.25	78.170
4.40	2.55	3.25	4.10	87.541
0.54	3.20	3.89	4.92	95.624
0.06	3.75	4.42	5.59	106.937

Tabla 4.2.2 Altura (H_b) y profundidad (d_b) de olas en la zona de rompiente

Cálculo del Coeficiente de refracción (K_r) y efecto de bajos (K_s)

De los planos R1, R2 y R3 obtenemos los respectivos valores de coeficientes de refracción para el oleaje en dirección sur y sur-oeste, los valores son:

Dirección Sur

$$K_{R1} = 0.9367$$

$$K_{R2} = 0.9048$$

$$K_{R3} = 0.9974$$

Dirección Sur-Oeste

$$K_{R1} = 0.9581$$

$$K_{R2} = 1.0423$$

$$K_{R3} = 0.9897$$

El coeficiente K_{shoaling} se calculó aplicando la Fórmula 2.5, con los datos de la profundidad de rompiente mostrado en la tabla 4.2.2 los resultados se muestran en la Tabla 4.2.3.

d_b (m)	K_{shoaling}
1.54	1.6901977
2.01	1.5851446
2.53	1.5005676
3.25	1.4147428
4.10	1.3407969
4.92	1.2865191
5.59	1.2777161

Tabla 4.2.3 Valores del coeficiente de fondo

Cálculo de V (velocidad inducida del oleaje)

Con la información de la Tabla 4.2.2 se calculó la velocidad inducida (fórmula 2.2) por el oleaje con la información de la ola rompiente y profundidad en la rompiente, los valores son mostrados en la Tabla 4.2.4.

H_b (m)	d_b (m)	V (m/s)
0.75	1.54	0.342
1.05	2.01	0.528
1.40	2.53	0.762
1.91	3.25	1.131
2.55	4.10	1.629
3.20	4.92	2.167
3.75	5.59	2.667

Tabla 4.2.4 Velocidad inducida por el oleaje

La variación de la velocidad con la altura de rompiente H_b se presenta en la Figura 4.1, el máximo valor del transporte de sedimentos ocurre con un valor de H_b igual a 1.91 m.

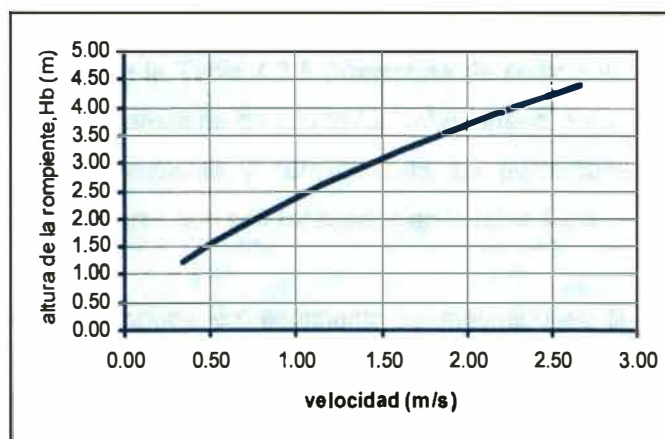


Figura 4.1 Variación de la velocidad vs. altura de rompiente

Cálculo del transporte de sedimentos: S_b (transporte de sedimentos de fondo), S_s (Transporte de sedimentos en suspensión) y S_{total} (transporte de sedimentos total).

La Tabla 4.2.5 muestra la capacidad de transporte para cada profundidad de rompiente en metros cúbicos por segundo.

Ola Rompiente, H_b	Profundidad Rompiente, d_b	S_{total} m^3/s	S_{total} $m^3/año$
0.75	1.54	5.44909E-05	1,898.27
1.05	2.01	0.000184858	31,738.95
1.40	2.53	0.000561753	205,305.01
1.91	3.25	0.001021631	400,387.86
2.55	4.10	0.002828135	154,820.73
3.20	4.92	0.004089411	29,191.72
3.75	5.59	0.00531672	3,224.74

Tabla 4.2.5 Transporte de sedimentos

S_b = Transporte de fondo en $m^3/s/m$

S_s = Transporte en suspensión $m^3/s/m$

$S_s = 1.83 \cdot Q \cdot S_b$

$S_{total} = S_b(1+1.83Q) \dots\dots\dots(2.7)$

Con la información de la Tabla 4.2.5 (transporte de sedimento) se calculó una capacidad anual de transporte de 826,567.27 m^3 de arena. Para cada valor de la profundidad en la rompiente y considerando los porcentajes de ocurrencia determinamos los valores que son mostrados en la tabla 4.2.6.

La variación del transporte del sedimento es mostrado en la Figura 4.2, el máximo transporte ocurre cuando a la profundidad d_b de 3.25 m.

$S \cdot 10^3$ ($m^3/año$)	d_b (m)
1.898	1.54
31.739	2.01
205.305	2.53
400.307	3.25
154.82	4.10
29.191	4.92
3.224	5.59

Tabla 4.2.6 Transporte de sedimentos en la zona de rompiente

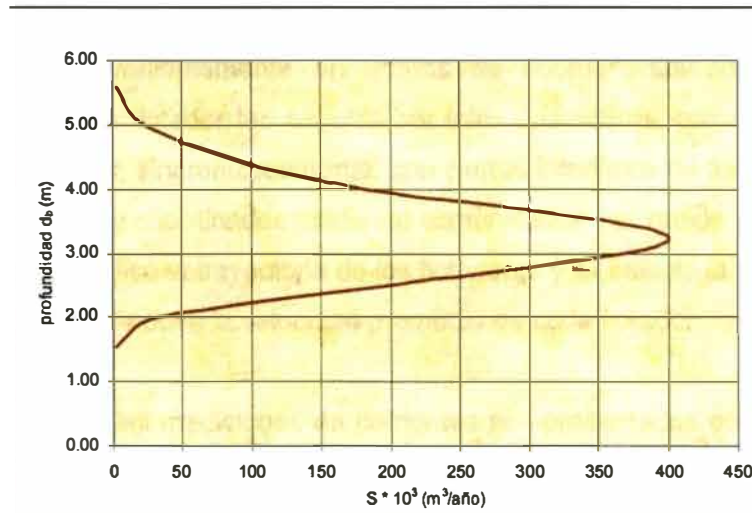


Figura 4.2 Transporte del sedimento en la rompiente

La información del transporte de sedimentos por profundidades nos permite definir el límite de la profundidad a la que puede emplazarse un diseño de protección sin interrumpir el transporte. En el diseño de un espigón se propone llegar a una profundidad máxima de 2.5 m y permitir que el transporte de sedimento resultante fluya hacia el norte.

Según información proporcionada por ENAPU, el total de material dragado entre Agosto de 1970 y Agosto de 1974 fue de 3'150,000 m^3 , con un promedio anual de aproximadamente 787,500 m^3 .

Estudio de Corrientes de Marea

El estudio de corrientes marea fue realizado mediante el empleo de flotadores (método de Lagrange) en situación de vaciante y llenante de mareas.

Las mediciones de corrientes fueron realizadas haciendo uso de una embarcación motorizada, dos tipos de flotadores cuyas resistencias en cruz estuvieron ubicadas a 2 m de la superficie de agua (boya roja) y seis metros de la misma referencia (boya amarilla).

En tierra se dispuso de una Estación Total y un Teodolito, con sus operadores estacionados convenientemente en puntos de coordenadas conocidas. La trayectoria de cada flotador fue seguida por tales operadores, quienes midieron ángulos azimutales, sincronizadamente, con ciertos intervalos de tiempo los que fueron registrados y coordinados mediante comunicación por radios.

En gabinete se graficó la trayectoria de los flotadores y se calculó la velocidad en cada tramo, obteniéndose la velocidad promedio de cada flotador.

Los resultados de las mediciones de corrientes son presentados en el Plano de Corrientes Anexo A4 (plano C-1), Marea Llenante y Vaciente a escala 1:5,000 en el que se ha mostrado la gráfica de mareas, indicando las horas de medición. La velocidad máxima medida es de 0.236 m/s en marea llenante y la mínima velocidad es 0.074 m/s en marea vaciante, La dirección en ambos casos es de sur a norte.

Muestras del Fondo Marino

La extracción de las muestras de sedimento de fondo marino se realizó durante la realización de la medición de corrientes.

Las muestras de fondo fueron obtenidas haciendo uso de un muestreador de fondo Van Veen. Posteriormente estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos GEO-SERV S.A.C., para determinar la granulometría y características de las muestras de fondo. Los resultados del Laboratorio están mostrados en el Anexo A-2.

El 100% de las muestras M1, M2, M3, M4 y M7 extraídas del fondo, pasan la malla # 16 (1.190 mm), por lo tanto los sedimentos tienen diámetros menores a 1.190 mm, según la clasificación ASTM D-1422, la muestra M1, M2, M3 y M4 corresponden a CL y la muestra M7 es SP.

El 100% de las muestras M5 y M6 extraídas del fondo, pasan la malla # 8 (2.300 mm), por lo tanto los sedimentos tienen diámetros menores a 2.300 mm, según la clasificación ASTM D-1422, la muestra M5 y M6 corresponden a SP..

El 100% de las muestras M8 y M9 extraídas del fondo, pasan la malla de tamiz de 1" (25.4 mm), por lo tanto los sedimentos tienen diámetros menores a 25.4 mm, según la clasificación ASTM D-1422, la muestra M5 corresponden a SC-SM y la muestra M6 corresponden a CL.

En el Anexo V y en el plano C-1 Plano de Corrientes, Marea Llenante y Vaciente a escala 1:5,000, se ha mostrado el emplazamiento de cada una de las nueve muestras extraídas del fondo marino.

Análisis de Imágenes satelitales

Análisis de imágenes satelitales en la zona delimitada por el río Moche y 5 Km. hacia el norte: fueron elaborados por G-MATIC SAC quienes realizaron los perfiles costeros con la información de imágenes de satélite adquiridas.

Para poder realizar los análisis se eligió dos grupos de imágenes mostrados en el Anexo A-6, para dar mayor precisión a los resultados.

El primero corresponde a la base histórica (Plano P02). Para ello se optó por imágenes Landsat, ya que éstas (que es de resolución espacial media) dispone del mayor archivo histórico de imágenes y permiten tener una visión más clara de los cambios ocurridos.

El segundo corresponde a la información espacial de la información (Planos P01 y P03). Estas se realizaron para elevar la resolución de las imágenes históricas, dentro de lo posible, al combinarlas utilizando el algoritmo HSV en el proceso denominado "IMAGE PANSHARPENING". También se utilizaron como base para elaborar la cartografía y la rectificación de las imágenes de menos resolución, utilizado el método denominado "IMAGE TO IMAGE", para ello se identificaron un mínimo de 20 puntos de control (CP) y un máximo de 50.

Pre Procesamiento de imágenes

Se establece el área de interés (AOI), sobre la que se aplicará todas las operaciones a realizar sobre las imágenes y se verifica el nivel de claridad del AOI.

En los casos de que las imágenes presentan nubosidad dentro del área de interés se reemplaza ésta zona combinándola con otras siguiendo la metodología de análisis de imágenes multi temporales, teniendo como meta reducir al máximo la nubosidad y las sombras.

Una vez que se tiene el área limpia de las imágenes, se procede a rectificarlas, para ello se debe identificar y ubicar por lo menos 3 puntos de control (CP). En el presente estudio se ha utilizado un mínimo de 20, para dar mayor precisión a los resultados. Estos puntos deben ser ubicados en la imagen base, plano P01, imagen IKONOS de 1m, del 15/03/2003 y en la imagen destino (la que se desea rectificar, que son las de menor resolución espacial).

Cuando las imágenes ya se encuentran rectificadas, se elige la combinación de bandas a utilizar. En el presente estudio se optó por una imagen de luz visible por lo que se eligieron, las bandas comprendidas dentro del espectro (R=.63, G=.52-.60, B= .45-.52 micrones), en los casos en los que no fue posible esta elección se utilizó el infrarrojo cercano y medio, para reemplazarlos.

La erosión que ha originado la construcción de Terminal Portuario de Salaverry y el molo retenedor de arena se muestran en las Figuras 4.3 y 4.4. (Ver planos P01 y B2).

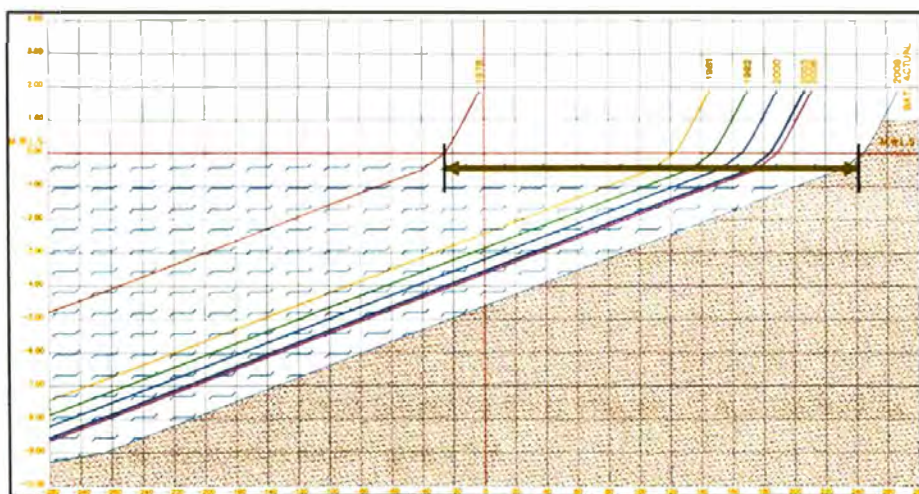


Figura 4.3 Erosión costera de la playa Buenos Aires, Trujillo.

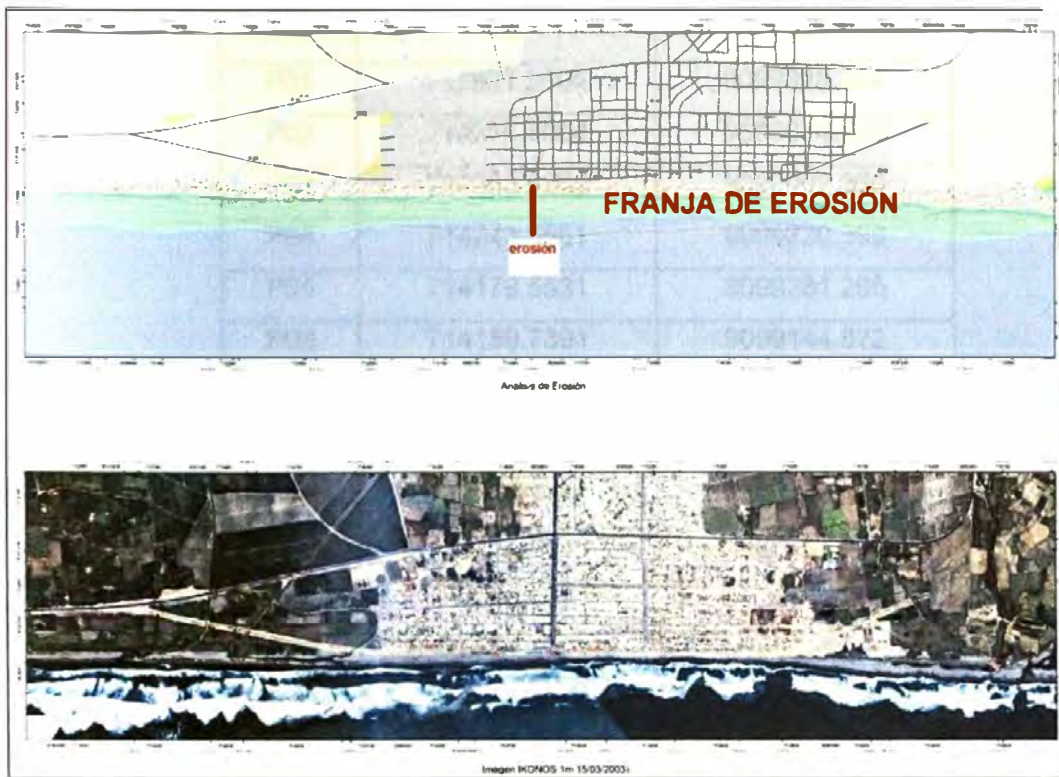


Figura 4.4 Erosión en la zona costera de Buenos Aires- Trujillo

Interpretación de las Imágenes

El método de interpretación de imágenes es la visual. Para hacerlo, las imágenes resultantes, son importadas en el sistema GIS usando el software ARC GIS versión 9.2, en el cual se crean las capas temáticas en las cuales se registran la información resultante y se inicia el proceso de identificación de las características contenidas en la imagen. Para ello se utiliza primero la imagen ICONOS, que tiene la mayor resolución, dentro de las adquiridas para este análisis.

Cuando se ha terminado de registrar las diferentes temáticas, se procede a trazar la línea de playa de las demás imágenes.

Los Puntos de control (PC) como referencia de la imagen y sus respectivas coordenadas son mostrados en la Tabla 4.2.7.

CP	W	N
P01	713921.2305	9099328.354
P02	714269.2004	9099074.299
P03	714363.5860	9099002.360
P04	714243.5551	9099230.399
P05	714179.5531	9099281.295
P06	714159.7391	9099144.872
P07	713881.1487	9099402.510
P08	713662.9988	9099591.252
P09	712922.3762	9100294.883
P10	713314.4746	9100369.499
P11	713348.4381	9100364.062
P12	713532.1278	9100090.508
P13	714326.5063	9099658.921
P14	714421.8034	9099435.997
P15	714689.2016	9098719.152
P16	715540.3022	9098031.193

Tabla 4.2.7.- Puntos de control considerados en la zona

Las unidades son expresadas en metros

Sistema de coordenadas: Zona UTM 17 S

DATUM: WGS-84

Mediante la aplicación de la ecuación 2.7 ,con la información de la capacidad anual de transporte de $826,567.27 \text{ m}^3$ para una profundidad de 3.5 m, con la ubicación en la sección 1-1 (plano B-2) distante 12,000 m del TP Salaverry para un periodo de tiempo de 30 años (1978 al 2008) obtenemos una constante de costa $a = 2897582$ con el correspondiente valor de $y = 227.64 \text{ m}$ que representa la erosión en la sección 1-1.

Diseño de un sistema de protección costera para mitigar el proceso erosivo

Los espigones se construyen con roca de manera que interrumpa el transporte de sedimentos para conformar el sistema de protección.

La cantidad del transporte de sedimentos que es obstruida depende de la longitud de los espigones.

El plano R3 muestran la refracción del oleaje con un período de 14", en las cercanías del área de interés, para las direcciones S y SO (en aguas profundas) respectivamente y se realizaron sobre el levantamiento topográfico-batimétrico actual, Plano R3.

En los estudios de refracción se ha llevado las ortogonales del oleaje hasta la batimétrica -2.5 m, que es donde estará construido el cabezo del espigón, habiéndose obtenido los coeficientes de refracción $K_r = 0.9974$ y 0.9950 para las direcciones S y SO respectivamente.

Se ha hecho intervenir la influencia del oleaje que se aproxima al emplazamiento de la estructura a proyectar. La mayor ocurrencia de olas son las de tipo "swell", provenientes de las direcciones S y SO.

Tomando la información de la Tabla 2.4 (Distribución de Frecuencias Acumuladas - Sailing Directions), se ha ponderado la influencia del oleaje según cada dirección obteniéndose la Tabla 4.2.8:

Dirección	Frecuencia Acumulada	K_r
Sur	93.30	0.9974
Sur Oeste	23.70	0.9950
	Coeficiente ponderado	0.9969

Tabla 4.2.8.- Coeficiente de refracción acumulada

El coeficiente de refracción ponderado resultante es $K_r = 0.9969$, para el emplazamiento del cabezo del espigón.

Para calcular el coeficiente de bajos (K_s) se ha calculado previamente la longitud de la ola en la batimétrica - 2.5 m, haciendo uso de las fórmulas:

$$L = \frac{g T^2}{2 \pi} \tanh \left(\frac{2 \pi d}{L} \right)$$

Teniendo en consideración la condición de profundidad poco profunda. De este modo se ha calculado:

$$L_{-2.5} = 125 \text{ m y } K_s = 1.50$$

La transformación del oleaje de aguas profundas a la profundidad de -2.5 m, frente al cabezo del espigón es:

$$H_{-2.5 \text{ m}} = H_o * K_r * K_s = H_o * 0.9969 * 1.50 = H_o * 1.4954$$

Siendo: $H_{-2.5 \text{ m}}$ = altura de la ola en la profundidad -2.5 m.

H_o = altura de la ola en aguas profundas.

Establecimiento de la Ola de Diseño

La ola de diseño para aguas profundas ha sido tomada de la macro distribución (H_s) mostrada en la Figura 2.8.

En consideración a lo anteriormente detallado, se ha considerado para el cabezo del espigón la probabilidad de que en un período de vida útil de 10 años, se producirá una ola que será excedida sólo un día; y para el cuerpo del espigón la probabilidad de un período de vida útil de 5 años, se producirá una ola que será excedida sólo un día.

Se tiene:

$$P_{(\text{cabezo})} = 100 / (1.5 * 360) = 18.51 \% \approx 19 \%$$

$$P_{(\text{cuerpo})} = 100 / (1 * 360) = 27.77 \% \approx 28 \%$$

De acuerdo a la Figura 2.8, estos porcentajes corresponden a las alturas de ola significativa en aguas profundas, de 1.40 m para el cabezo y de 1.30 m para el cuerpo de la estructura.

$$H_{o(\text{cabezo})} = 1.70 \text{ m}$$

$$H_{o(\text{cuerpo})} = 1.30 \text{ m}$$

Considerando los efectos de refracción y de bajos, estas olas a la profundidad de -2.5 m será

$$H_{-2.5 \text{ cabeza}} = 1.90 * 1.4954 = 2.841 \text{ m}$$

$$H_{-2.5 \text{ cuerpo}} = 1.70 * 1.4954 = 2.542 \text{ m}$$

Por lo tanto, la ola de diseño frente al cabezo de batimétrica -2.5 m, es de 2.542m para el diseño del cabezo y 1.944m para el diseño del cuerpo de la estructura.

La profundidad de la ola rompiente es mostrada en la Tabla 4.2.9.

H_b (m)	d_b (m)
3.811	4.242
4.165	4.649

Tabla 4.2.9 Altura de ola rompiente y profundidad de rompiente

Esto quiere decir que según los cálculos, la ola de diseño romperá a la profundidad de 4.242 m y la altura de la ola al romper será de 3.811 m, por lo tanto la ola de diseño no romperá sobre el talud del cabezo del espigón.

Diseño del espigón

Peso de los Elementos de Coraza, las Figuras 4.5 y 4.6 muestran la variación del peso de elemento de coraza (W) y del cuerpo con el coeficiente de daño (K_d) y la altura de ola (H) de acuerdo a la fórmula de Hudson.

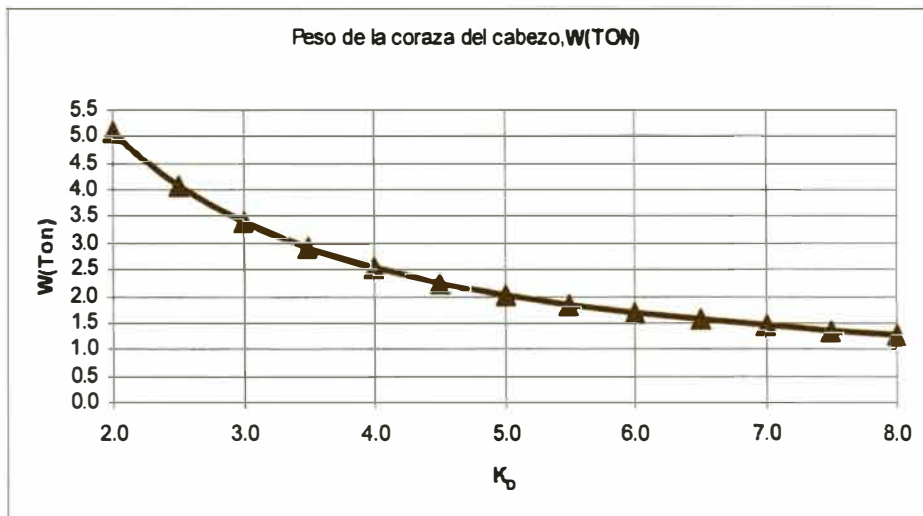


Figura 4.5.-Gráfico para determinar el peso de roca en la coraza cabezo

Se ha asumido para el cabezo un coeficiente de daño $K_d = 3.5$ y para el cuerpo del espigón se consideró un coeficiente de daño $K_d = 3.5$.

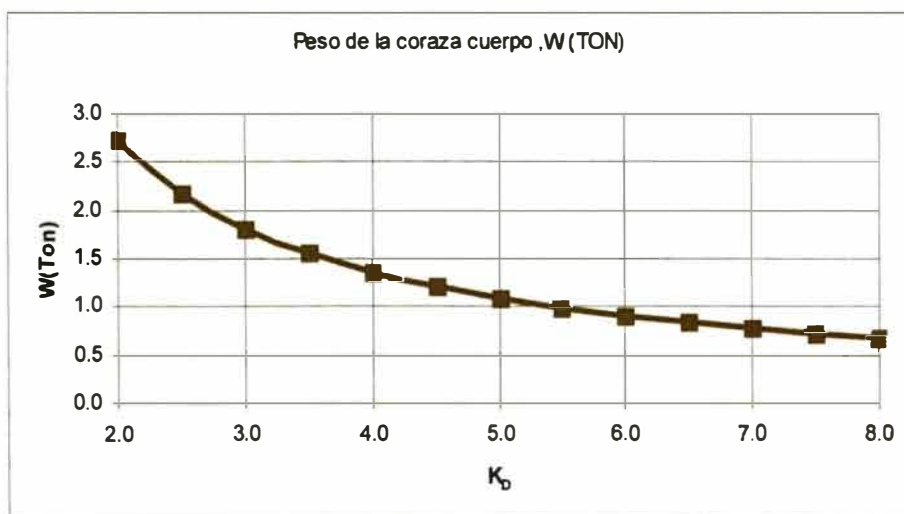


Figura 4.6.-Gráfico para determinar el peso roca en la coraza del cuerpo

Se ha obtenido los resultados mostrados en la Tabla 4.3:

Elemento	Ola de Diseño (m)	Coficiente de Daño K_D	W (t)
Cabezo	2.841	3.5	2.90
Cuerpo	2.542	3.5	1.56

Tabla 4.3 Peso de las rocas del cabezo y cuerpo

El peso de la roca es calculado por la fórmula de Hudson:

$$W = \frac{\gamma_s * H^3}{K_D (S_s - 1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots(4.1)$$

Donde:

W = Peso de un elemento en la coraza, en kgf

γ_s = Peso específico del elemento de coraza, en kgf/m³ = 2,650

H = Altura de la ola de diseño , en m.

K_D = Coeficiente de estabilidad, adimensional

S_s = Densidad relativa, adimensional = 2.585

θ = Angulo del talud de la estructura (con la horizontal), en grados

$\cot \theta = 1.5$

$\gamma_{\text{agua mar}} = 1025 \text{ Kg./m}^3$

W representa el peso promedio por unidad de elemento de coraza.

Se recomienda la siguiente variación en los elementos de la coraza o capa primaria:

Cabezo (3 capas) : 2.18 t < W < 3.63 t

Cuerpo (2 capas) : 1.17 t < W < 1.95 t

En la capa secundaria:

Capa Secundaria con un peso entre 218 kg < W < 360 kg

El uso de filtro no se consideró, porque la energía del oleaje al llegar al emplazamiento del espigón se ha disipado en el cabezo que considera 3 capas de roca de $D_{50} = 2.90 \text{ t}$. Además hay que considerar que existe transporte de sedimentos de Sur a Norte de la costa.

Nivel de Trabajo y Taludes

En Salaverry el rango de mareas es del orden de 1.20 m, tomando los niveles de -1.10MLWS (valor mínimo) y +1.10m MLWS (valor máximo). La cota de inicio en el tramo horizontal debe corresponder al nivel de pleamar máxima es decir a la cota del nivel de la línea de alta marea (LAM) que tiene un valor de 1.88 m, esta cota está sobre el nivel medio de bajamares de sicigia ordinaria, este tramo

es horizontal en la costa (berma), hasta donde se requiera anclar el espigón para evitar que la acción del mar lo separe de la costa [6].

El tramo intermedio del espigón debe ser aproximadamente paralelo a la pendiente de la playa y llegar a la elevación de -2.5m.

Los taludes recomendados son:

- 1:1.5 para el cuerpo del espigón
- 1:2.0 para el cabezo

Ambos taludes están en concordancia con el talud del ángulo de reposo del material de enrocado, que se considera igual a 40° . En el caso del espigón los ángulos varían entre 27° a 33° , que es menor al ángulo de fricción interna de $40-45^\circ$.

Sección Típica de espigón

La Figura 4.7 muestra la sección longitudinal típica del espigón y la Figura 4.8 muestra la sección transversal.

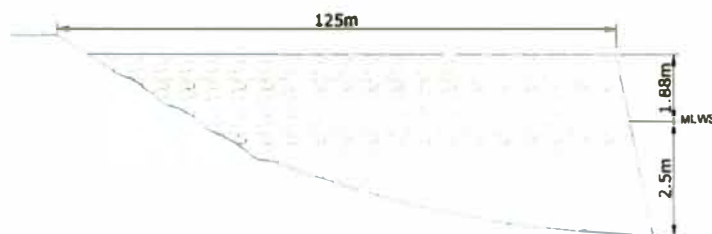


Figura 4.7.-Sección longitudinal del espigón

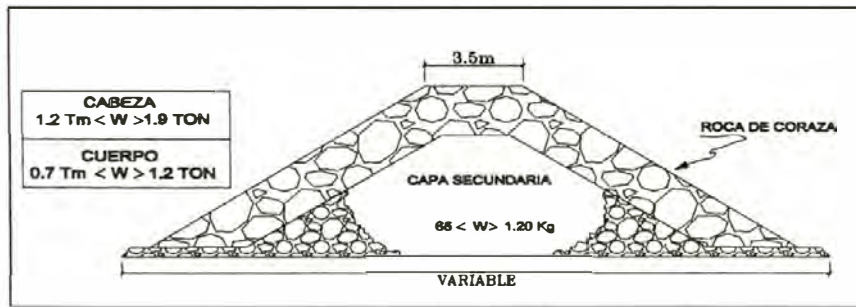


Figura 4.8.- Sección transversal del espigón

Los volúmenes de roca empleado en la construcción del espigón son mostrados en la Tabla 4.3, teniendo un total de 7,663 m³ de roca.

Peso de roca	Volumen , m ³
218 kg a 360 kg	4,900
1.17 t a 1.95 t	2,200
2.18 t a 3.63 t	563

Tabla 4.3.- Peso y volumen de roca a ser empleado en la construcción del espigón

El costo total incluyendo los impuestos de ley asciende a 1'227,203.40 nuevos soles a Noviembre del 2009, con un tiempo de ejecución de 70 días calendarios y considerando que la cantera rocosa ubicado a 25 km del emplazamiento del espigón.

En el Anexo A4, se presentan los análisis de precios unitario, análisis de gastos generales, presupuesto base, fórmula polinómica, conformación de la fórmula polinómica, relación de equipo mínimo y cronograma de ejecución.

Es posible que al norte del espigón la erosión puede continuar, por lo tanto deben evitarse las construcciones cercanas a la playa y además que la construcción del espigón debe estar al norte de la playa de Buenos Aires. La ubicación del emplazamiento es mostrado en la Figura 4.9, con coordenadas N 712,860, W 9'100,240.

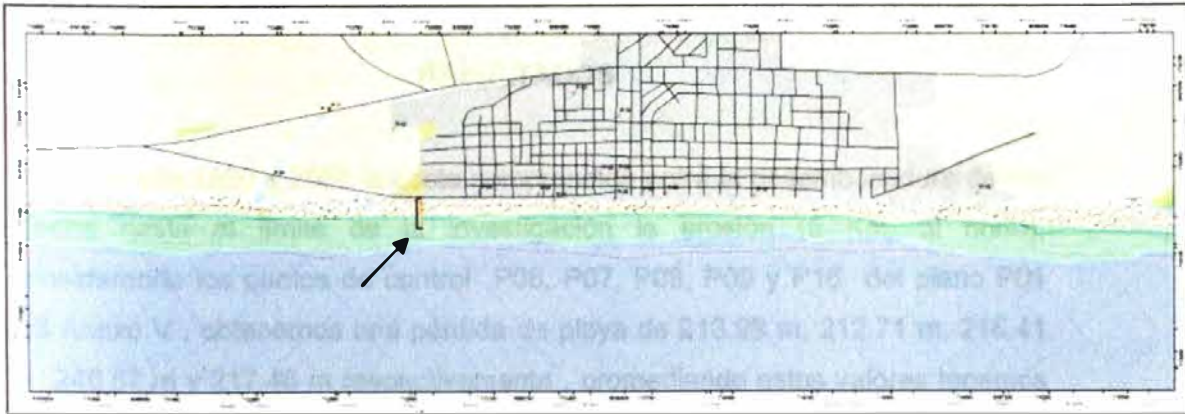


Figura 4.9.- Ubicación del espigón en la playa Buenos Aires-Trujillo

CAPITULO V

RESULTADOS

Desde el año 1980 a 2008 la costa comprendida entre la desembocadura del río Moche hasta el límite de la investigación la erosión (5 Km. al norte), considerando los puntos de control P06, P07, P08, P09 y P16 del plano P01 del Anexo V, obtenemos una pérdida de playa de 213.99 m, 212.71 m, 216.41 m, 246.57 m y 217.46 m respectivamente, promediando estos valores tenemos una erosión de 221.43 m. La sección 1-1 del plano B-2 se puede ver la magnitud del daño originado al perfil costero desde 1978 al 2009.

La erosión calculada en la sección 1-1 (ver plano B-2) que se ha producido entre los años 1978 - 2009 (221.43 m) y usando la ecuación 2.7 que es de 227.64 m magnitudes idénticas al mostrado en el plano P01 de imagen satelital.

Con la batimetría actual podemos ver en el plano B-1 que el perfil costero del año 2008 y 2009 tienen muy poca variación. Esto se debe a que la información satelital del año 2008 es del mes de Agosto mientras que la batimetría realizada es del mes de Marzo.

El coeficiente de refracción total en la dirección Sur Oeste es de 0.9883 mientras que en la dirección Sur es de 0.8445.

Para el diseño del emplazamiento del cabezo del espigón tenemos un K_r en la dirección Sur de 0.9974 y para la dirección Sur Oeste de 0.9950, resultando un coeficiente de refracción ponderado de $K_r = 0.9969$.

Se ha establecido que el periodo de la ola predominante para el Perú es de 14 segundos, sobre todo para la zona central y norte, para el Swell, que son olas de mar adentro, originadas por sistemas meteorológicos distantes.

Del análisis granulométrico se determinó el valor del D_{90} igual a 0.34 mm, usado en cálculo del factor de rizos, en el cálculo del transporte de sedimentos.

El volumen anual del transporte de sedimentos es $827,567.27\text{m}^3$.

Para solucionar la erosión que ha originado el Puerto de Salaverry al norte, existen tres soluciones: Defensa marginal, defensas perpendiculares y bypass. Habiéndose escogido la solución de tipo espigón, que corresponde a defensas perpendiculares

La profundidad a la que debe llegar el espigón es - 2.5m, la sección transversal es trapezoidal con los elementos de coraza y capa primaria de rocas cuyo peso deben de estar entre los rangos de 2.18 a 3.63 Toneladas para el cabezo colocados en tres capas, mientras que para el cuerpo entre 1.17 a 1.95 Toneladas colocadas en dos capas. Los taludes están en la relación 1:2 en el cabezo y 1:1.5 en el cuerpo del espigón.

El volumen de roca a ser empleado en la construcción es de $7,665\text{ m}^3$ con un costo de 1, 227,203.40 nuevos soles valorizado a Noviembre del 2009 y con 70 días calendarios para su ejecución.

DISCUSION

Del análisis de la imagen satelital, la sección próxima al punto de control P6 es el que ha sufrido la mayor erosión con 246.57 m de pérdida costera. Del cálculo matemático cuando $t=31$ años, $y_{(t)} = 237.77$ m. esta erosión es comparable con la erosión del balneario Parque Mar chiquita en la ciudad de Buenos Aires, Argentina que desde 1947 al 2007 ha experimentado un retroceso promedio de 299.01m, y la solución para mitigar la erosión era la construcción de cinco rompeolas en T.

En su reporte anual de ENAPU SA en relación al dragado del puerto de Salaverry informa de un volumen de $300,000 \text{ m}^3/\text{año}$, que representa el 36% del transporte total.

En la desembocadura del río Nerang, en Queensland (Australia) el transporte neto de sedimentos es $500,000 \text{ m}^3/\text{año}$ que representa el volumen sedimentado, se resolvió mediante un sistema de transvase de arena (bypass). La alternativa del presente estudio es la construcción de un espigón.

El transporte de sedimentos en la costa de Pacasmayo, tiene un rango de $500,000$ a $600,000 \text{ m}^3/\text{año}$ evaluado por el modelo matemático UNIBEST de Delft Hydraulics, y con dirección hacia el norte, este valor es comparable al calculado en Salaverry.

El oleaje del sur es el que causa el transporte de sedimentos predominante, este oleaje se presenta durante un 63%.

En base a cálculos teóricos se obtienen los siguientes resultados para el transporte de sedimentos: CERC $1.17 * 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$; Galvin $1.09 * 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$; Svasek-Byker $0.83 * 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$. Por lo tanto las informaciones indican que el transporte de sedimentos debe ser del orden de magnitud de $1 * 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Sería necesaria la aplicación al caso Salaverry de nuevos modelos matemáticos como MOHID que es un sistema de modelación de aguas tridimensionales para

simulaciones hidrodinámicas como el transporte de sedimentos, actualmente usado en la ampliación de la boca de entrada en el TP Callao.

Actualmente los estudios hidrodinámicos son realizados mediante el AST (análisis de las series temporales) que consta de una sonda Doppler la cual mide tres variables diferentes relacionadas con el oleaje: la presión, velocidades orbitales forzadas por el oleaje y sobreelevación.

La Comunidad Europea cuyo proyecto EUROSION propone al problema de la erosión costera un Plan de Gestión del Sedimento Costero bajo los principios de: responsabilidad, de optimización de los costos de inversión frente a los valores en riesgo, el incremento del aumento de la aceptación social y mantener la posibilidad de otras opciones para el futuro.

CONCLUSIONES

El frente marítimo presenta características de inestabilidad marina, en la zona comprendida entre Salaverry y Buenos Aires. Este impacto se debió a la instalación del Terminal Marítimo de Salaverry que, a partir de 1956, inició la construcción de una serie espigones y rompeolas con el propósito de facilitar las operaciones portuarias. Estas estructuras bloquearon los sedimentos que alimentaban las playas hacia el norte y, sin estos aportes la playa tiene un retroceso costero promedio de aproximadamente 224 m, en una extensión de 18 Km en los últimos 30 años.

La capacidad de transporte de sedimento en la sección 1-1 ubicada a 12,000 m del TP Salaverry es de $826,567.27\text{m}^3/\text{año}$. El volumen dragado en el TP Salaverry entre 1970 y 1974 ha sido de $3'150,000\text{ m}^3$, con un promedio anual de $787,500\text{ m}^3$.

La construcción del espigón con el cabezo en la batimétrica 2.5 m evitará que la erosión continúe, en el futuro debe seguir construyéndose más espigones de manera de recuperar la playa, es posible que se requiera colocar arena de préstamo.

Según la profundidad del emplazamiento del espigón, el porcentaje de arena que pasa tiene una variación directa, para la presente investigación este porcentaje es alrededor del 22%.

El arranque del emplazamiento del espigón será en la línea de alta marea (1.88m sobre el MLWS) ubicado en: N 712,860, W 9'100,240.

La acumulación de sedimentos ocurrirá al lado sur de la estructura dado que el transporte es de sur a norte.

La velocidad de corrientes de mareas tanto en marea vaciante y llenante tienen dirección del sur al norte con un valor promedio de 0.12m/s.

La pendiente de la playa de Buenos Aires del Distrito Larco Herrera en Trujillo es de 0.0193 y el sedimento costero tiene D_{90} de 0.339 mm.

Entre la batimétrica -2.53m y -4.10m se origina el 91% del transporte de sedimentos.

Para una futura construcción del espigón que estará ubicado al sur del espigón propuesto en el presente estudio se debe realizar un monitoreo del comportamiento del perfil costero, a fin de establecer exactamente su ubicación.

El volumen de roca a ser empleado en la construcción del espigón es de 7,663 m^3 con un tiempo de ejecución de 70 días calendarios y un presupuesto de 1'227,203.40 nuevos soles.

RECOMENDACIONES

Se deben crear "líneas de preservación" que comienzan en el mar y se desarrollan aproximadamente en forma paralela a la línea de costa. En ciertas áreas se debe prohibir todo tipo de construcción, mientras que en otras deberá permitirse pequeñas construcciones que no produzcan daños en el perfil costero.

Existe una escasez de temporal de registro de oleaje en nuestras costas, para un estudio de la hidrodinámica costera se requiere como mínimo contar con una serie temporal de 20 años, para la toma de datos hidrodinámicos debemos contar con una sonda Doppler.

Cualquier estructura costera que se extienda dentro del mar se verá afectada por el proceso litoral; por eso es importante que el ingeniero destine un tiempo a establecer cuales han sido los cambios históricos de la playa y sus causas.

Un estudio al Norte de la playa de Buenos Aires en la ciudad de Trujillo, debería de continuarse para dar una solución total al problema erosivo y su influencia directa sobre el aeropuerto de la Ciudad.

Se recomienda desarrollar un estudio de solución con el sistema bypass, en el Puerto de Salaverry. Se solucionaría la sedimentación y erosión.

Se debe desarrollar un proyecto de "Desarrollo de un Modelo de Ayuda a la Gestión del Litoral". Para la morfodinámica costera se debe contar con un sistema de modelado Costero.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Coastal Engineering, Vol. II, Harbor and Beach Problems, edited by W.W. Massie, P.E., Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 1978.

- (2) 2007 DHI Software. MIKE 21 2D Modelling of Coastal Waters and Seas. Módulos ST (Sand Transport), Coastal Morphology y SW (Spectral Waves)

- (3) Estudio en Modelo Hidráulico del arenamiento del puerto de Salaverry, Laboratorio nacional de hidráulica ,Informe técnico No. 3-040, Junio 1981

- (4) EVALUATION OF SEDIMENT TRANSPORT FORMULAE IN COASTAL ENGINEERING PRACTICE, J. van de Graaff/ J. van Overeem. Delft Hydraulics Laboratory, Delft Netherland, 1979

- (5) Estudios Hidráulicos para Puerto Pacasmayo, J. van Overeem Delft hydraulics, Diciembre 1995

- (6) MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, A.2.13. HIDRAULICA MARITIMA Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas. México, 1983.

- (7) Rodriguez A. Sanchez A. Santos J:C: Delta '96 Surf-zone and nearshore measurements at the Ebro Delta. A: Fluxes Across Narrow Shelves. The Ebro delta case. Plenary Workshop. Universitat Politècnica de Catalunya, 1997

- (8) SEMINARIO DE INGENIERIA DE COSTAS Y PUERTOS, Laboratorio Nacional de Hidráulica, 31 de Octubre - 11 de Noviembre. Lima, 1977

- (9) Shore Protection Manual, Vol I, Vol II. U.S. Army, Coastal Engineering Research Center, 1975.

- (10) Waterloopkundig Laboratorium, Nerang River Entrance stabilization ,Delft Hydraulics Laboratory, Delft Netherlands , September 1976

ANEXO I

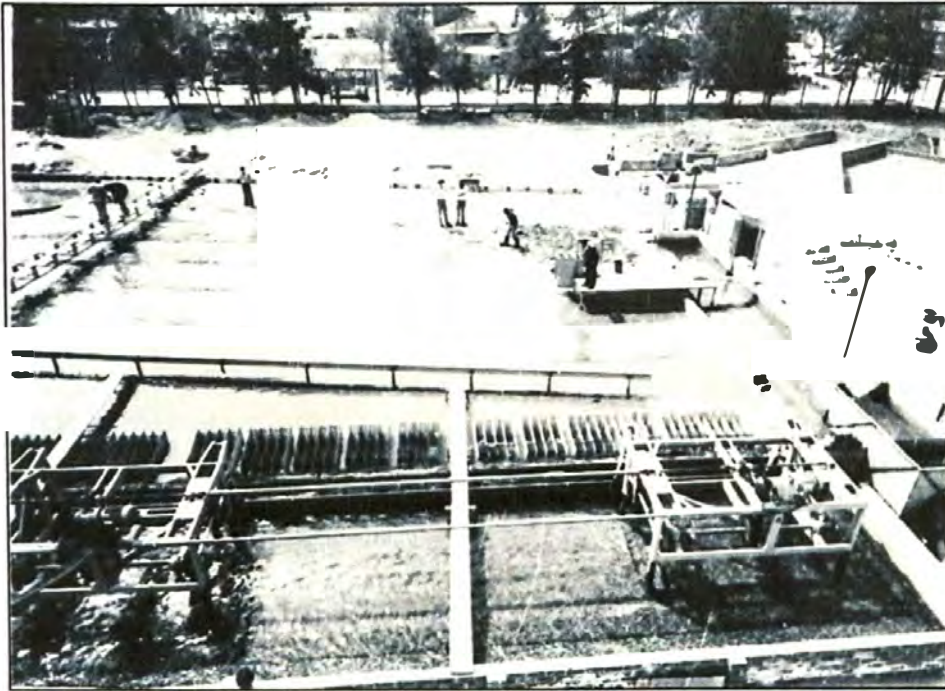
FOTOGRAFIAS



Fotografía 1.- Sedimentación al Sur del Molo Retenedor de arena



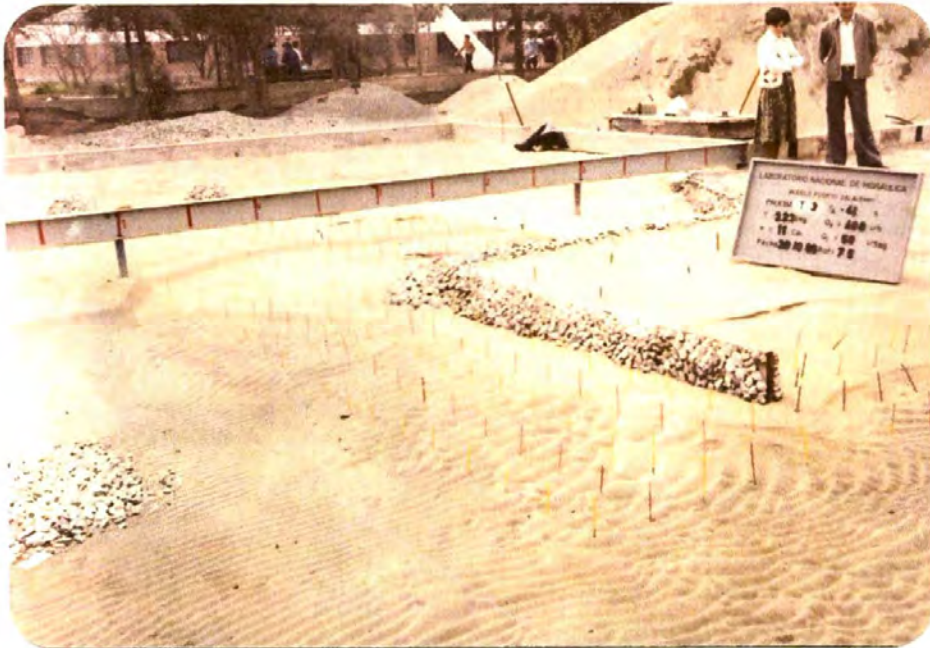
Fotografía 2.- Erosión al Norte del Molo Retenedor de arena



Fotografía 3.- Disposición en planta del modelo



Fotografía 4.-Equipo generador de oleaje



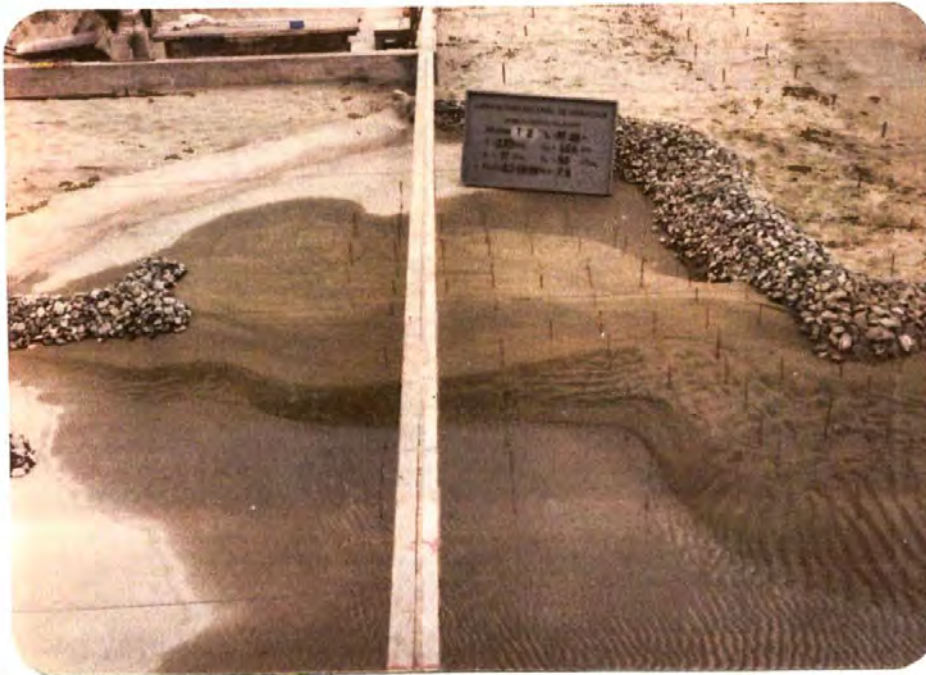
Fotografía 5.-Prueba T-3, formación del banco, t=41 horas



Fotografía 6.- Prueba T-3, vista general de la situación final, t=41 horas



Fotografía 7.-Prueba T-2, vista general de la situación inicial, $t_{ac}=0$ horas



Fotografía 8.- Prueba T-2, formación del banco, $t=31.5$ horas



Fotografía 9.-Prueba T-5, formación del banco, $t=32$ horas



Fotografía 10.-Prueba T-5, formación del banco, $t=43$ horas



Fotografía 11.- Reconocimiento de campo de la playa, observando el oleaje



Fotografía 12.- Observando la altura de la ola en la zona de rompiente



Fotografía 13.-Preparación del lastre de la boya para la medición de corriente



Fotografía 14.-Boya Amarilla, medición de corriente de marea



Fotografía 15-Boya Roja, medición de corrientes de marea



Fotografía 16-.Levantamiento batimétrico con ecosonda



Fotografía 17-Levantamiento topográfico, ubicación del CP



Fotografía 18-Levantamiento topográfico en la playa de Buenos Aires



Fotografía 19-Ecosonda electrónica de registro continuo



Fotografía 20-Levantamiento topográfico de la playa



Fotografía 21.-Levantamiento topográfico determinación de la LAM



Fotografía 22.-Taquimetría de la playa, usando el Nivel



Fotografía 23-Ubicación de vértices de la Poligonal con la Estación Total



Fotografía 24-Taquimetría de la playa, usando el nivel



Fotografía 25-Taquimetría y Nivelación

ANEXO II

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

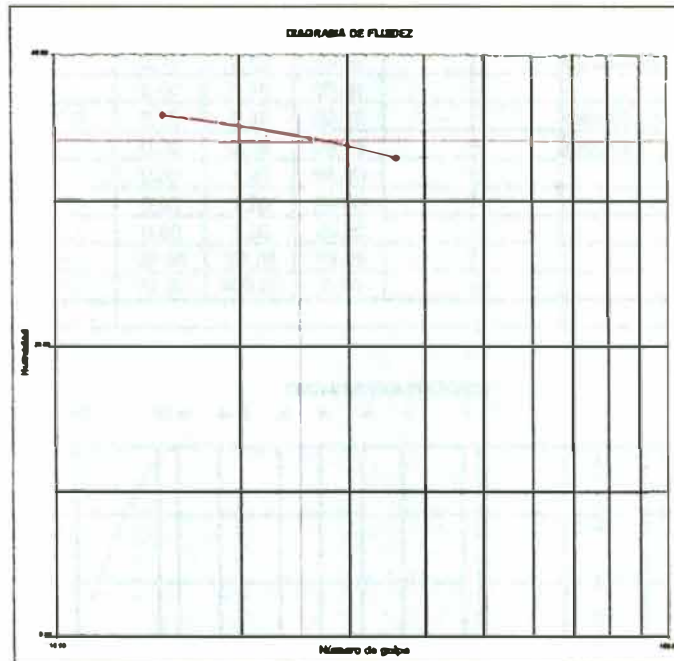
Telefax.: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
PROYECTO :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CAUCATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLOMAR SGI S.R.L.	PROF. :	
		MUESTRA :	M - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	15	36	-	-
N° de golpes				
Peso tara	(g) 21.34	21.14	28.34	20.15
Peso tara + suelo húmedo	(g) 35.73	34.49	35.04	25.10
Peso tara + suelo seco	(g) 31.93	31.18	24.16	24.15
Humedad %	35.88	32.97	23.84	23.75
Límites	34.18		23.39	



Soledad Barzola
 SOLEDAD AURELIA BARZOLA SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 67699



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

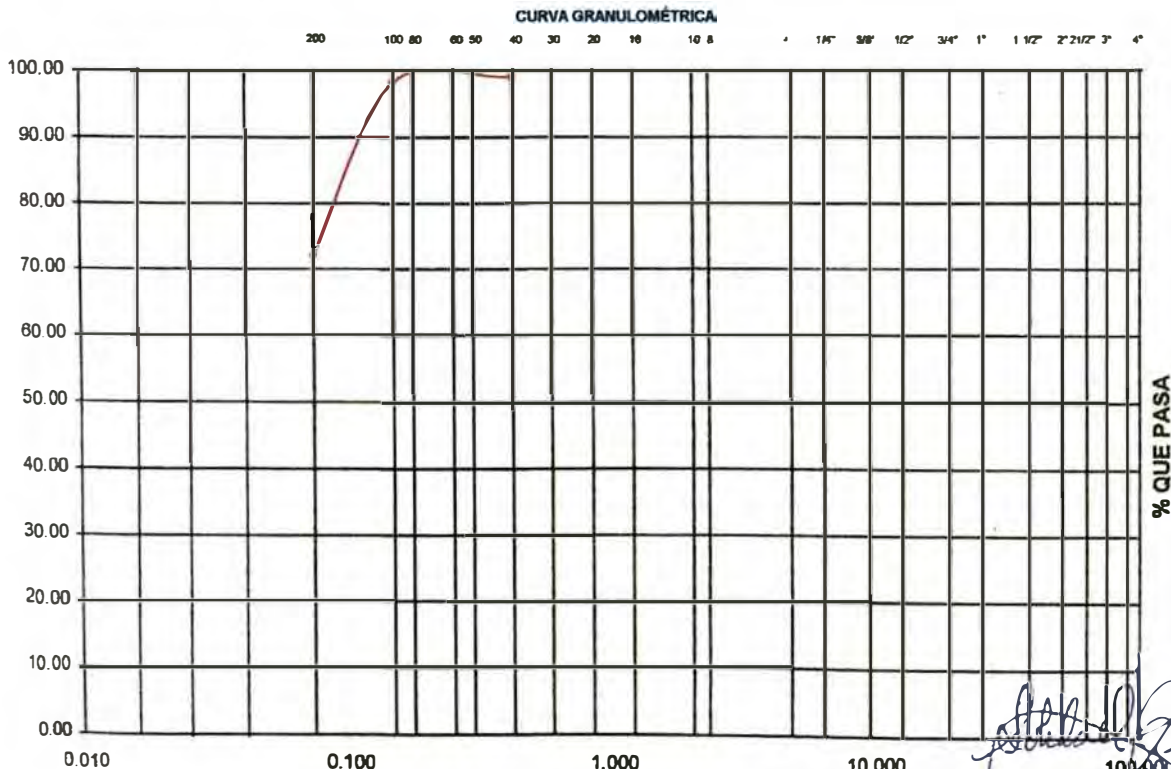
ALT. CDRA. 10 AV LA MARINA

Telefax:: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES		FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO		CALICATA :	
			PROF. :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.		MUESTRA :	M - 1

METODO AASHTO T-69 Y ASTM D-1422										
TAMIZ ASTM	ABERT. MM	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
						MINIMO	MAXIMO			
								Tamaño Máximo.	16	Ptg.
4"	100.000									
3 1/2"	90.000									
3"	75.000									
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	34.18	%
2"	50.800							Límite Plástico.	23.39	%
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	10.79	%
1"	25.400							Clasificación.	A-6	CL
3/4"	19.050							Índice de Grupo	(8)	
1/2"	12.700							Humedad Natural		
3/8"	9.525									
1/4"	6.350							Densidad Máxima.		
# 4	4.760							Humedad Óptima.		
# 8	2.300							Partículas Chatas y		
# 10	2.000							Alargadas.		
# 16	1.190				100.00			Caras Fracturadas.		
# 20	0.840	0.2	0.10	0.10	99.90			Equivalente de Arena		
# 30	0.590		0.00	0.10	99.90					
# 40	0.420	1.5	0.75	0.85	99.15			CBR A 0.1" - AL 95 %		
# 50	0.297		0.00	0.85	99.15			CBR A 0.2" - AL 95 %		
# 60	0.250	0.7	0.35	1.20	98.80					
# 80	0.177		0.00	1.20	98.80					
# 100	0.149	1.2	0.60	1.80	98.20					
# 200	0.074	51.9	25.95	27.75	72.25					
< # 200		144.5	72.25	100.00	0.00					
PESO INICIAL		200.0								




100.00.....
BOLETA ALFONSO BARRAL BEJARO
 Ingeniero Civil
 REG. CIP. 6749



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

Telefax:: 461-6342 / 460-4790

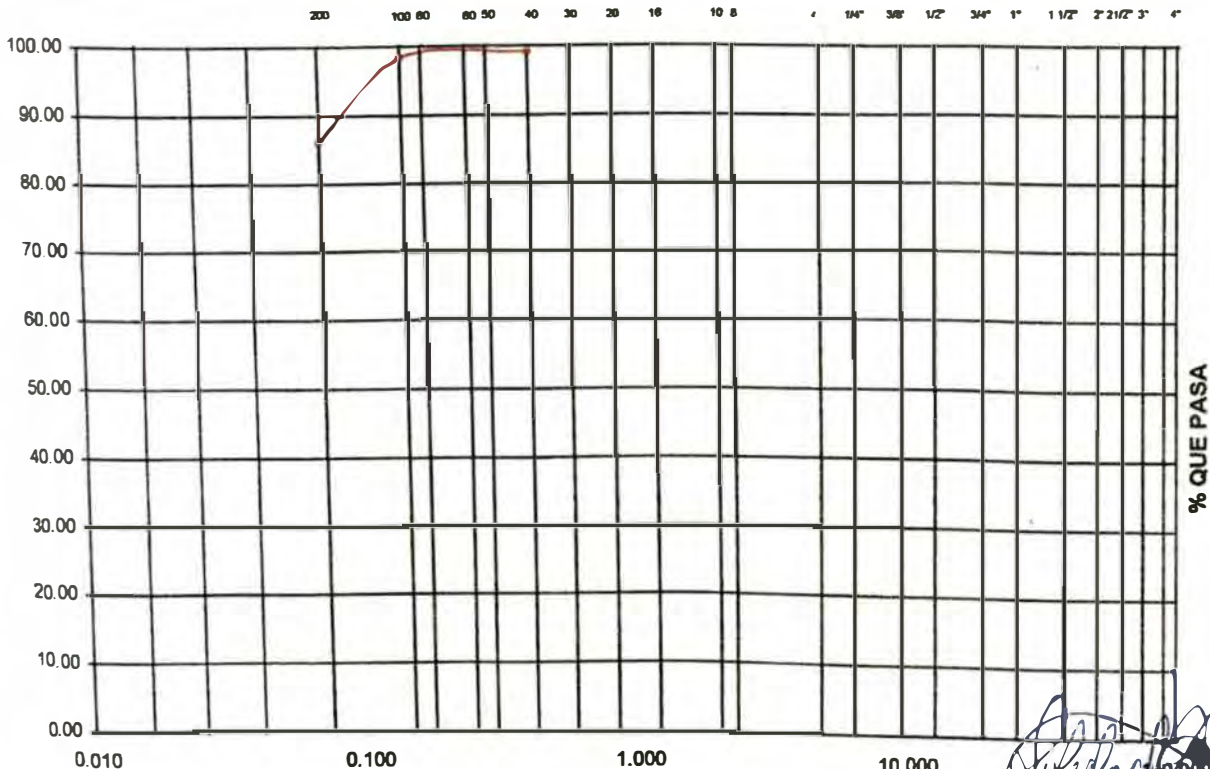
geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES		FECHA :	Marzo 2009	
UBICACIÓN :	TRUJILLO		CALICATA :		
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.		PROF. :		
			MUESTRA :	M - 2	

METODO AASHTO T-88 Y ASTM D-1422

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
						MINIMO	MAXIMO				
								Tamaño Máximo.	30	Pig.	
4"	100.000										
3 1/2"	90.000										
3"	75.000										
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	34.01	%	
2"	50.800							Límite Plástico.	22.61	%	
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	11.40	%	
1"	25.400							Clasificación.	A-6	CL	
3/4"	19.050							Índice de Grupo	(16)		
1/2"	12.700							Humedad Natural			
3/8"	9.525										
1/4"	6.350							Densidad Máxima.			
# 4	4.760							Humedad Óptima.			
# 8	2.300							Partículas Chatas y			
# 10	2.000							Alargadas.			
# 16	1.190							Caras Fracturadas.			
# 20	0.840							Equivalente de Arena			
# 30	0.590				100.00						
# 40	0.420	1.8	0.72	0.72	99.28			CBR A 0.1" - AL 95 %			
# 50	0.297		0.00	0.72	99.28			CBR A 0.2" - AL 95 %			
# 60	0.250	0.8	0.32	1.04	98.96						
# 80	0.177		0.00	1.04	98.96						
# 100	0.149	1.1	0.44	1.48	98.52						
# 200	0.074	30.8	12.32	13.80	86.20						
< # 200		215.5	86.20	100.00	0.00						
PESO INICIAL		250.0									

CURVA GRANULOMÉTRICA



Aurora Susano
 SUSANO
 INGENIERO CIVIL



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

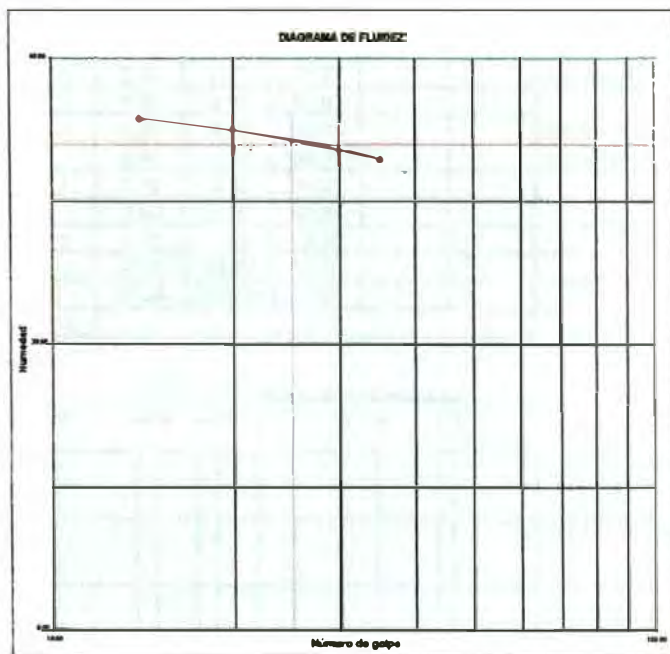
Telefax:: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
PROYECTO :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CALCATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLMAR SGI S.R.L.	PROF. :	
		MUESTRA :	M - 2

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	14	35	-	-
Nº de golpes				
Peso tara	(g) 21.55	18.24	22.00	23.73
Peso tara + suelo húmedo	(g) 36.71	31.03	27.41	28.79
Peso tara + suelo seco	(g) 32.71	27.06	26.42	27.85
Humedad %	35.84	32.95	22.40	22.82
Límites	34.01		22.61	



Soledad Barzola
SOLEDAD AURELIA BARZOLA SUSANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 67659

GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

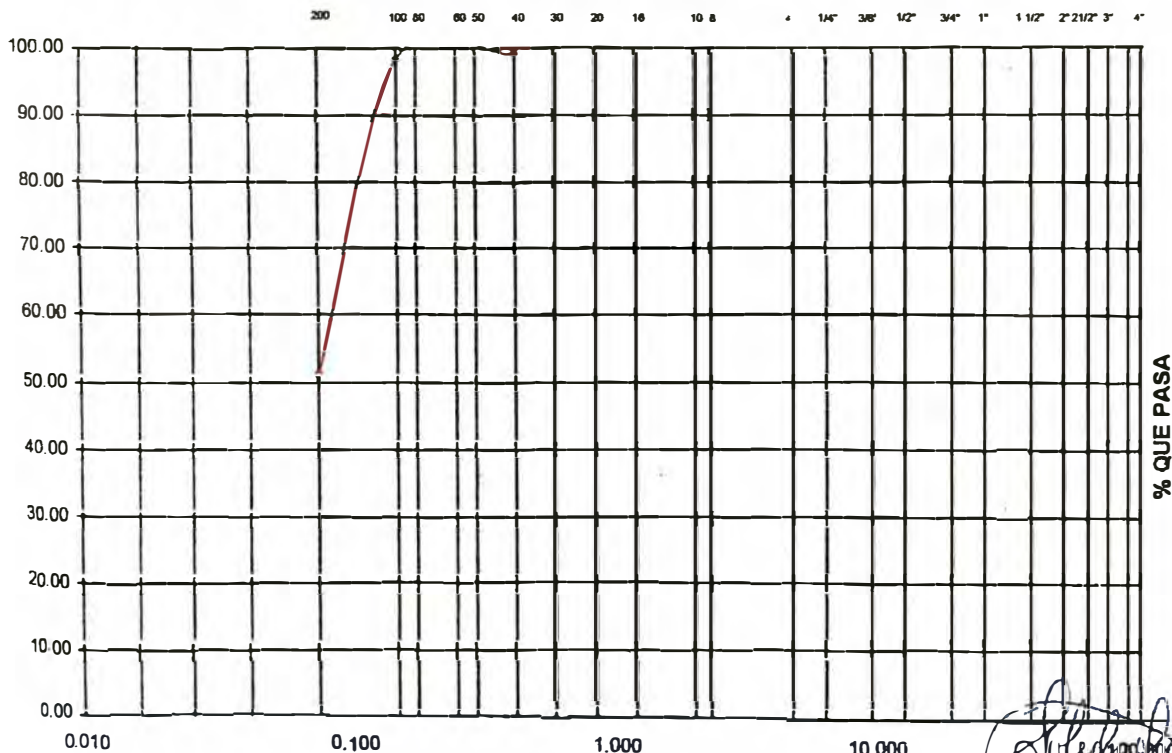
Telefax.: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I S.R.L.	PROF. :	
		MUESTRA :	M - 3

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422										
TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
						MÍNIMO	MÁXIMO			
								Tamaño Máximo.	16	Pq.
4"	100.000									
3 1/2"	90.000									
3"	75.000									
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	24.93	%
2"	50.800							Límite Plástico.	15.69	%
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	9.24	%
1"	25.400							Clasificación.	A-4	CL
3/4"	19.050							Índice de Grupo	(3)	
1/2"	12.700							Humedad Natural		
3/8"	9.525									
1/4"	6.350							Densidad Máxima.		
# 4	4.760							Humedad Óptima.		
# 8	2.300							Partículas Chatas y		
# 10	2.000							Ateridas.		
# 16	1.190				100.00			Caras Fracturadas.		
# 20	0.840	0.3	0.12	0.12	99.88			Equivalente de Arena		
# 30	0.590		0.00	0.12	99.88					
# 40	0.420	1.3	0.52	0.64	99.36			CBR A 0.1" - AL 95 %		
# 50	0.297		0.00	0.64	99.36			CBR A 0.2" - AL 95 %		
# 60	0.250	0.3	0.12	0.76	99.24					
# 80	0.177		0.00	0.76	99.24					
# 100	0.149	1.8	0.72	1.48	98.52					
# 200	0.074	118.3	47.32	48.80	51.20					
< # 200		128.0	51.20	100.00	0.00					
PESO INICIAL		250.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Handwritten Signature]
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS AGRICOLAS DEL PERU
 ASESORADO POR SUSANO
 REG. Nº 10000



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

Telefax:: 461-6342 / 460-4790

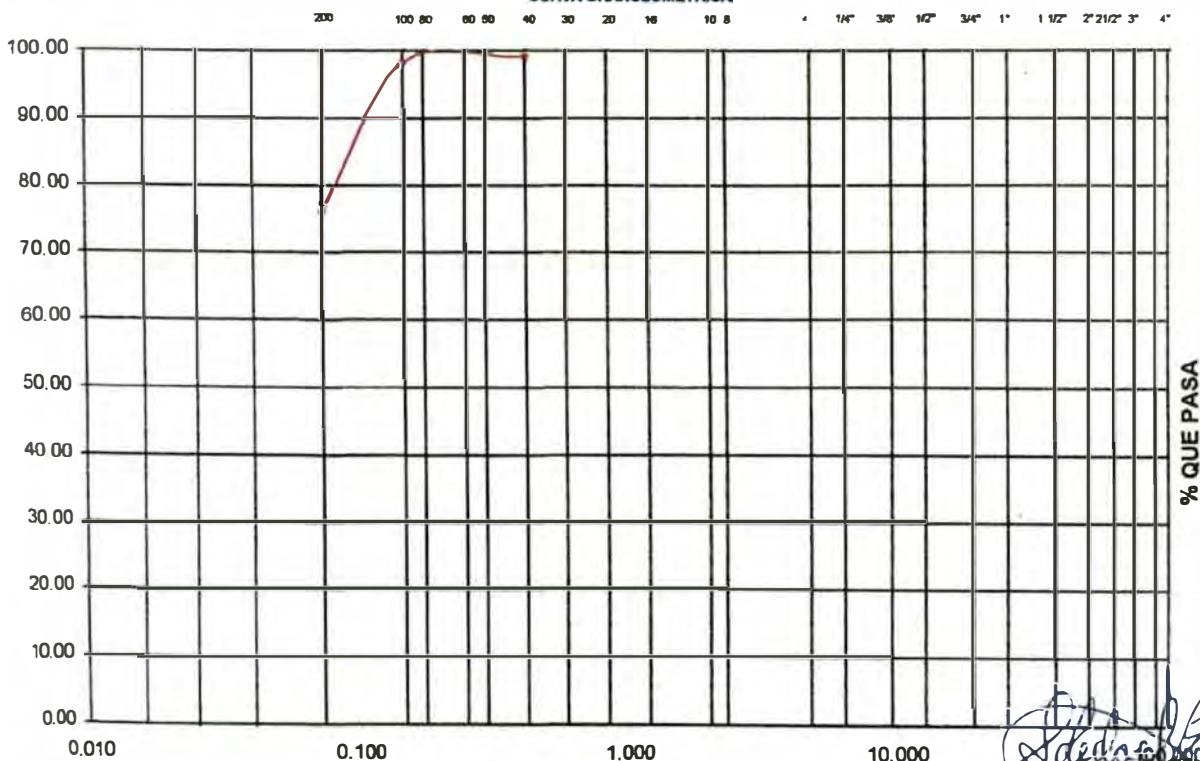
geoserv sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.L. S.R.L.	PROF. :	
		MUESTRA :	M - 4

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-142

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
						MINIMO	MAXIMO			
								Tamaño Máximo.	16	Plg.
4"	100.000									
3 1/2"	90.000									
3"	75.000									
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	37.61	%
2"	50.800							Límite Plástico.	24.35	%
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	13.26	%
1"	25.400							Clasificación.	A-6	CL
3/4"	19.050							Índice de Grupo	(17)	
1/2"	12.700							Humedad Natural		
3/8"	9.525							Densidad Máxima.		
1/4"	6.350							Humedad Óptima.		
# 4	4.760							Partículas Chatas y		
# 8	2.300							Alargadas.		
# 10	2.000							Caras Fracturadas.		
# 16	1.190				100.00			Equivalente de Arena		
# 20	0.840	0.2	0.08	0.08	99.92					
# 30	0.590		0.00	0.08	99.92					
# 40	0.420	1.8	0.72	0.80	99.20			CBR A 0.1" - AL 95 %		
# 50	0.297		0.00	0.80	99.20			CBR A 0.2" - AL 95 %		
# 60	0.250	1.0	0.40	1.20	98.80					
# 80	0.177		0.00	1.20	98.80					
# 100	0.149	1.3	0.52	1.72	98.28					
# 200	0.074	55.6	22.24	23.96	76.04					
< # 200		190.1	76.04	100.00	0.00					
PESO INICIAL		250.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Handwritten Signature]
 SOLICITADO POR: CONTROLAMAR S.G.L. S.R.L.
 REG. CP. 87689



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

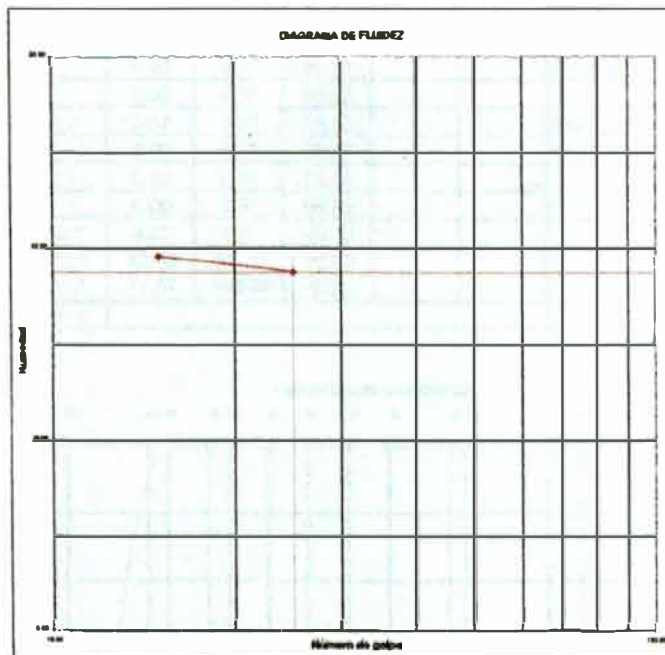
Telefax:: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO: PLAYA BUENOS AIRES	FECHA: Marzo 2009
UBICACIÓN: TRUJILLO	CALICATA:
SOLICITADO POR: CONTROLBAR SGI S.R.L.	PROF.:
	MUESTRA: M-4

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	15	25	-	-
Nº de golpes	15	25	-	-
Peso tara	(g) 23.73	21.00	22.00	21.34
Peso tara + suelo húmedo	(g) 39.79	32.05	26.58	25.90
Peso tara + suelo seco	(g) 35.27	29.03	25.68	25.01
Humedad %	39.17	37.61	24.46	24.25
Límites	37.61		24.35	




 SOLEDAD AURELIA BARZOLA SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67689



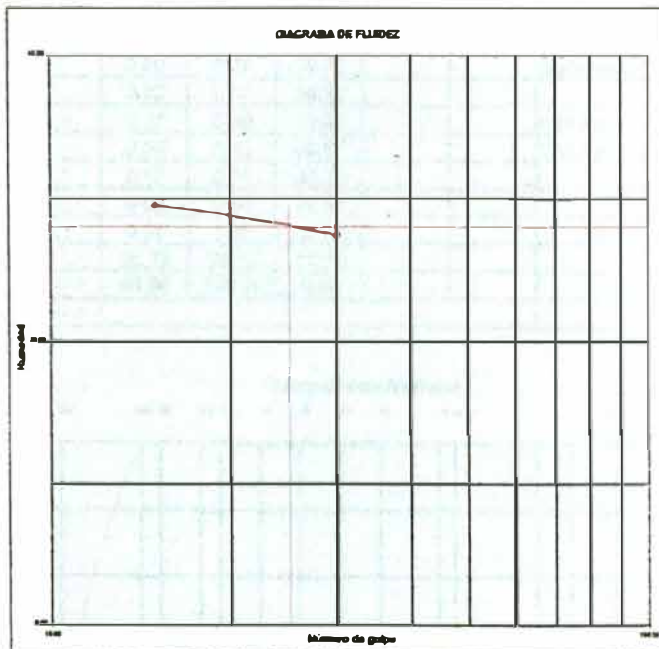
GEO - SERV S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL
ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA
Telefax:: 461-6342 / 460-4790
geoserv sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO : PLAYA BUENOS AIRES	FECHA : Marzo 2009
UBICACIÓN : TRUJILLO	CALICATA :
SOLICITADO POR : CONTROLOMAR SGI S.R.L	PROF. :
	MUESTRA : M - 5

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	(g)	(g)	(g)	(g)
Nº de golpes	15	30	-	-
Peso tara	(g) 17.94	19.55	19.55	17.94
Peso tara + suelo húmedo	(g) 33.46	31.27	24.12	22.55
Peso tara + suelo seco	(g) 29.92	28.74	23.32	21.74
Humedad %	29.55	27.53	21.22	21.32
Límites	28.06		21.27	



Aurelia Barzola
SOLIEDAD AURELIA BARZOLA SUSANG
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 67689



GEO - SERV S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

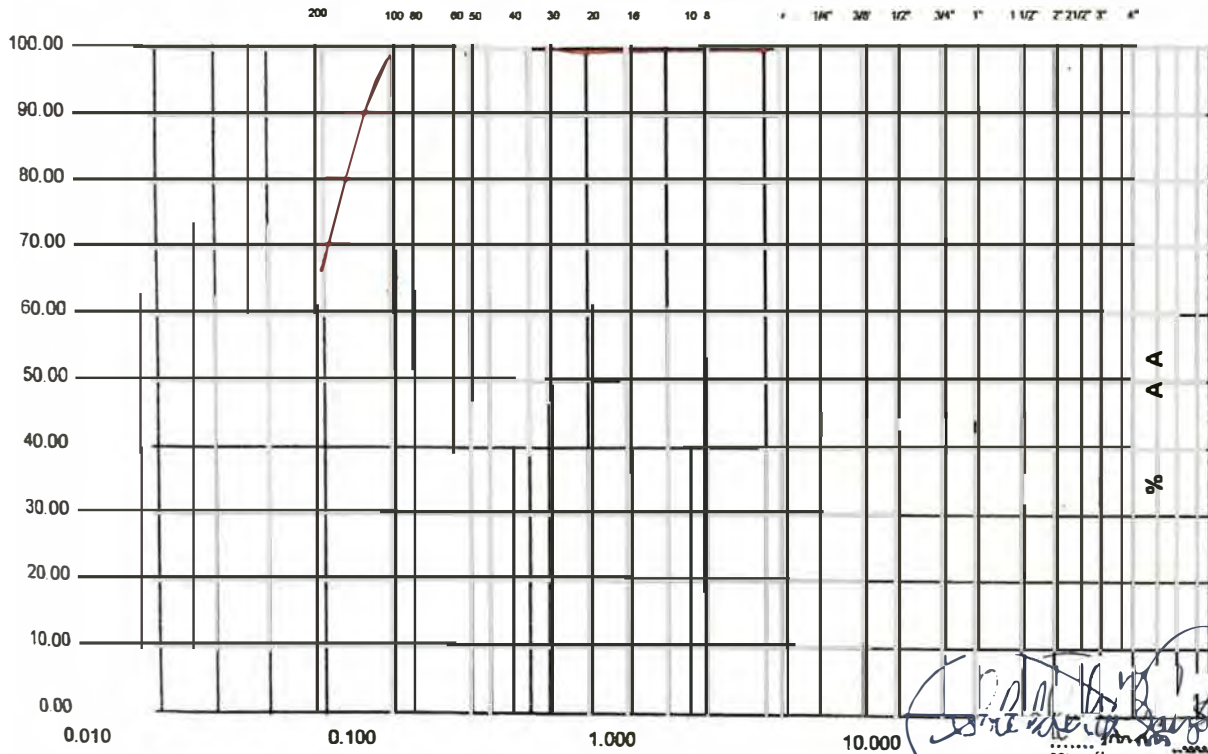
PROL AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL
 ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA
 Telefax:: 461-6342 / 460-4790
 geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES		FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO		CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.		PROF. :	
			MUESTRA :	M - 6

METODO AASHTO T-99 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT.	PESO	RETENIDO	RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
	ASTM	RETENIDO	%	ACUMUL	PASA	MÍNIMO	MÁXIMO	Tamaño	Máximo.	8	Plg.
4"	100.000										
3 1/2"	90.000										
3"	75.000										
2 1/2"	63.000							Limite Líquido.	25.10	%	
2"	50.800							Limite Plástico.	15.66	%	
1 1/2"	38.100							Indice Plástico.	9.44	%	
1"	25.400							Clasificación.	A-4	CL	
3/4"	19.050							Indice de Grupo	(6)		
1/2"	12.700							Humedad Natural			
3/8"	9.525										
1/4"	6.350							Densidad Máxima.			
#4	4.760							Humedad Optima.			
#8	2.300				100.00			Partículas Chatas y			
#10	2.000	0.2	0.07	0.07	99.93			Alargadas.			
#15	1.190		0.00	0.07	99.93			Caras Fracturadas.			
#20	0.840		0.00	0.07	99.93			Equivalente de Arena			
#30	0.590		0.00	0.07	99.93						
#40	0.420	1.1	0.37	0.43	99.57			CBR A 0.1" - AL 95 %			
#50	0.297		0.00	0.43	99.57			CBR A 0.2" - AL 95 %			
#60	0.250	0.5	0.17	0.60	99.40						
#80	0.177		0.00	0.60	99.40						
#100	0.149	1.1	0.37	0.97	99.03						
#200	0.075	107.2	35.73	36.70	63.30						
< #200		189.9	63.30	100.00	0.00						
PESO INICIAL		300.0									

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Handwritten signature]
 BOLIVIA
 INGENIERO
 REG. CIP. 67681
 SUBANQUELA
 CIVIL



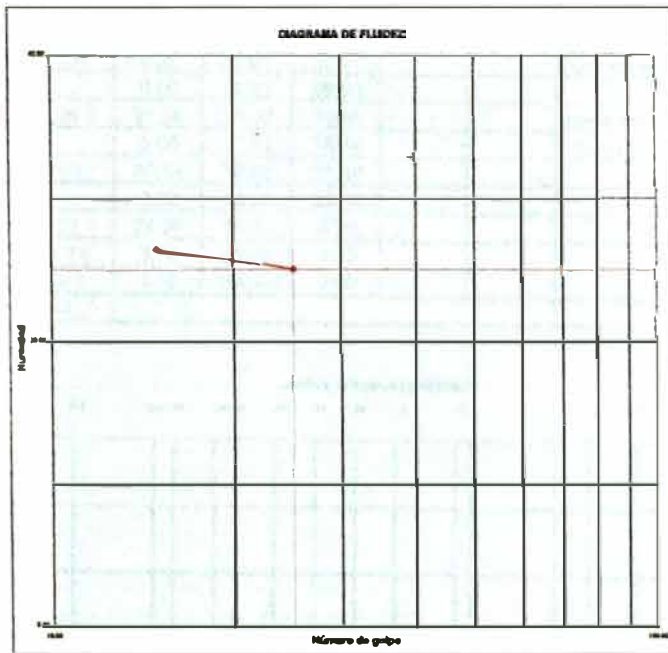
GEO - SERV S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 · SAN MIGUEL
 ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA
 Telefax:: 461-6342 / 460-4790
 geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
PROYECTO :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLOMAR SGI S.R.L	PROF. :	
		MUESTRA :	M - 6

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	(g)	(g)	(g)	(g)
Nº de golpes	15	25	-	-
Peso tara	(g) 18.24	19.06	19.55	19.22
Peso tara + suelo húmedo	(g) 40.69	36.51	25.86	25.10
Peso tara + suelo seco	(g) 35.99	33.01	25.01	24.30
Humedad %	26.40	25.10	15.57	15.75
Límites	25.10		15.66	



Soledad Arellano
 SOLEDAD AURELIANA ARELLANO SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67683



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

Telefax:: 461-6342 / 460-4790

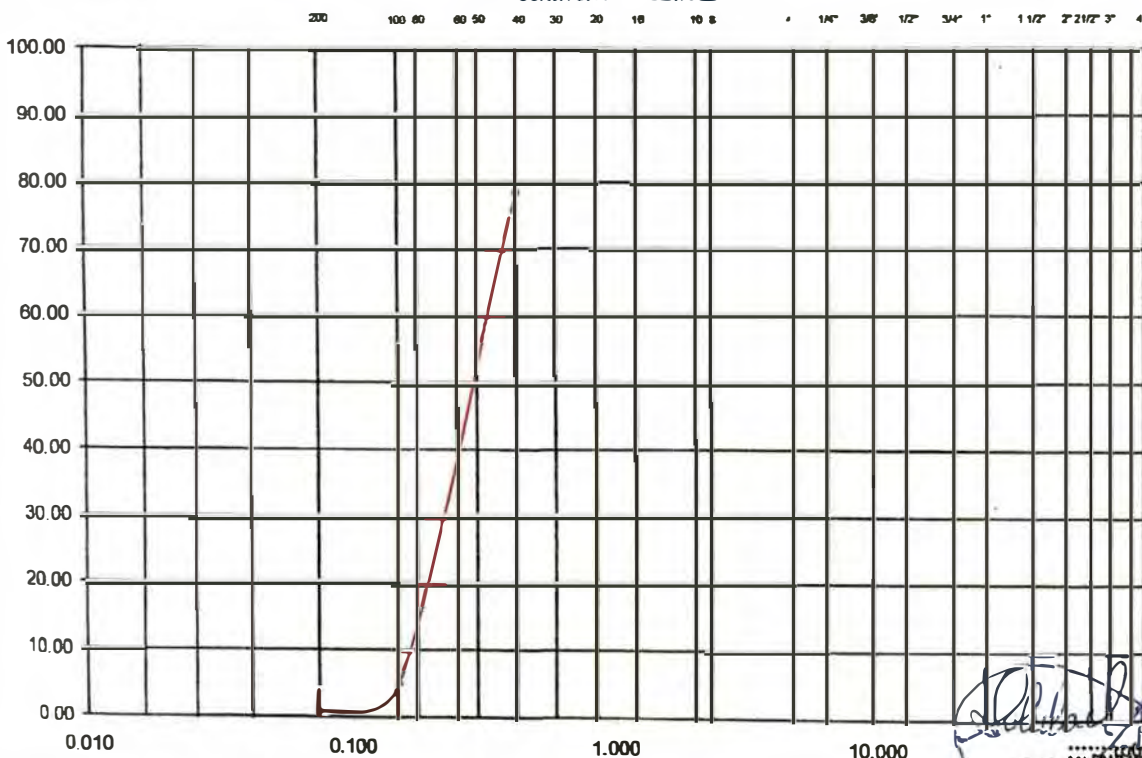
geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES	FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO	CALICATA :	
		PROF. :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.	MUESTRA :	M - 7

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						MÍNIMO	MÁXIMO	
								Tamaño Máximo. 16 Plg.
4"	100.000							
3 1/2"	90.000							
3"	75.000							
2 1/2"	63.000							Límite Líquido. 23.02 %
2"	50.800							Límite Plástico. N.P %
1 1/2"	38.100							Índice Plástico. N.P %
1"	25.400							Clasificación. A-3 SP
3/4"	19.050							Índice de Grupo (o)
1/2"	12.700							Humedad Natural
3/8"	9.525							
1/4"	6.350							Densidad Máxima.
# 4	4.760							Humedad Óptima.
# 8	2.300							Partículas Chatas y
# 10	2.000							Alargadas.
# 16	1.190				100.00			Ceras Fracturadas.
# 20	0.840	1.6	0.32	0.32	99.68			Equivalente de Arena
# 30	0.590		0.00	0.32	99.68			
# 40	0.420	106.0	21.20	21.52	78.48			CBR A 0.1" - AL 95 %
# 50	0.297		0.00	21.52	78.48			CBR A 0.2" - AL 95 %
# 60	0.250	245.7	49.14	70.66	29.34			
# 80	0.177		0.00	70.66	29.34			
# 100	0.149	121.8	24.36	95.02	4.98			
# 200	0.074	19.4	3.88	98.90	1.10			
< # 200		5.5	1.10	100.00	0.00			
PESO INICIAL		500.0						

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Handwritten Signature]
 COLEGIO AMELIA BARCELONA SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67693



GEO - SERV S.A.2.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

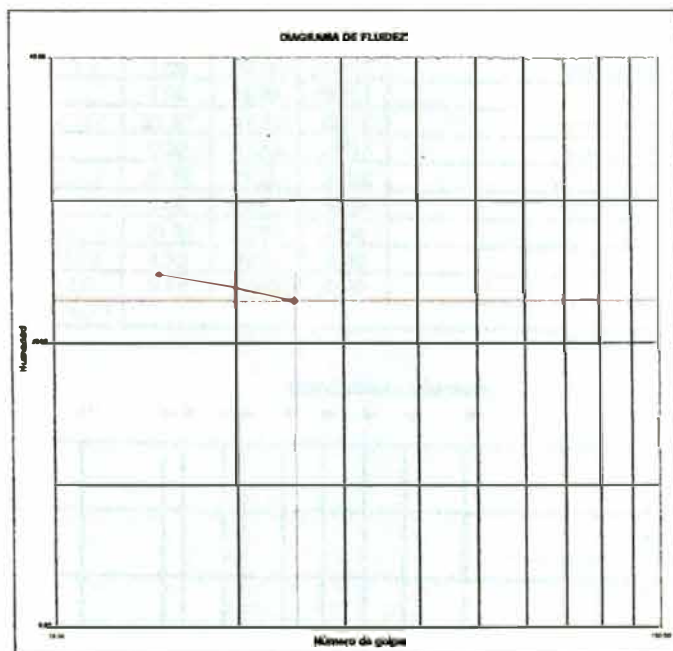
Telefax.: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO : PLAYA BUENOS AIRES	FECHA : Marzo 2008
UBICACIÓN : TRUJILLO	CALICATA :
SOLICITADO POR : CONTROLOMAR SGI S.R.L.	PROF. :
	MUESTRA : M - 7

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico			
	15	25				
N° de golpes						
Peso tara	(g) 21.55	19.59				
Peso tara + suelo húmedo	(g) 39.79	35.09				
Peso tara + suelo seco	(g) 36.16	32.19				
Humedad %	24.85	23.02				
Límites			23.02			




 SOLEDAD ARELLANO BARZOLA SUSANGI
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67689



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA

Telefax:: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES		FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO		CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.		PROF. :	
			MUESTRA :	M - 8

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422										
TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
						MÍNIMO	MÁXIMO			
								Tamaño Máximo.	1"	Plg.
4"	100.000									
3 1/2"	90.000									
3"	75.000									
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	22.34	%
2"	50.800							Límite Plástico.	N.P	%
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	N.P	%
1"	25.400				100.00			Clasificación.	A-3	SP
3/4"	19.050	53.0	5.30	5.30	94.70			Índice de Grupo	(0)	
1/2"	12.700	69.2	6.92	12.22	87.78			Humedad Natural		
3/8"	9.525	31.4	3.14	15.36	84.64					
1/4"	6.350		0.00	15.36	84.64			Densidad Máxima.		
# 4	4.760	17.0	1.70	17.06	82.94			Humedad Óptima.		
# 8	2.300		0.00	17.06	82.94			Partículas Chatas y		
# 10	2.000	12.1	1.21	18.27	81.73			Alargadas.		
# 16	1.190		0.00	18.27	81.73			Caras Fracturadas.		
# 20	0.840	15.9	1.59	19.86	80.14			Equivalente de Arena		
# 30	0.590		0.00	19.86	80.14					
# 40	0.420	219.7	21.97	41.83	58.17			CBR A 0.1" - AL 95 %		
# 50	0.297		0.00	41.83	58.17			CBR A 0.2" - AL 95 %		
# 60	0.250	297.8	29.78	71.61	28.39					
# 80	0.177		0.00	71.61	28.39					
# 100	0.149	193.1	19.31	90.92	9.08					
# 200	0.074	82.2	8.22	99.14	0.86					
< # 200		8.6	0.86	100.00	0.00					
PESO INICIAL		1000.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



Soledad Aurelia Barzola Sugand
 SOLEDAD AURELIA BARZOLA SUGAND
 INGENIERO CIVIL
 REG. Nº 10000



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA 10 AV. LA MARINA

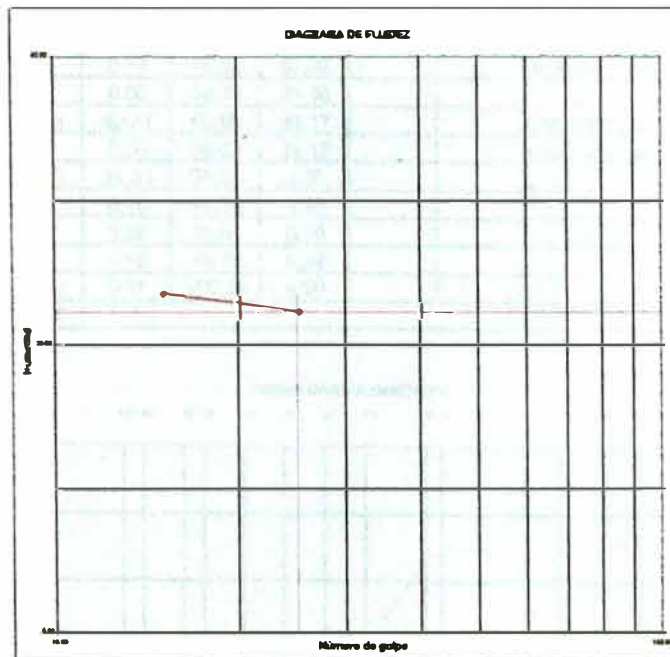
Telefax:: 461-6342 / 460-4790

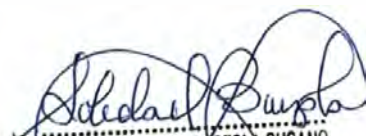
geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO: PLAYA BUENOS AIRES	FECHA : Marzo 2009
UBICACIÓN: TRUJILLO	CALICATA :
SOLICITADO POR: CONTROLOMAR SGI S.R.L.	PROF. :
	MUESTRA : M - 8

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
	15	25		
N° de golpes			-	-
Peso tara	(g) 19.87	19.89		
Peso tara + suelo húmedo	(g) 38.75	36.02		
Peso tara + suelo seco	(g) 35.15	33.02		
Humedad %	23.56	22.34		
Límites			22.34	




SOLEDAD AURELIA BARZOLA SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 87689



GEO - SERV S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL

ALT. CDRA 10 AV. LA MARINA

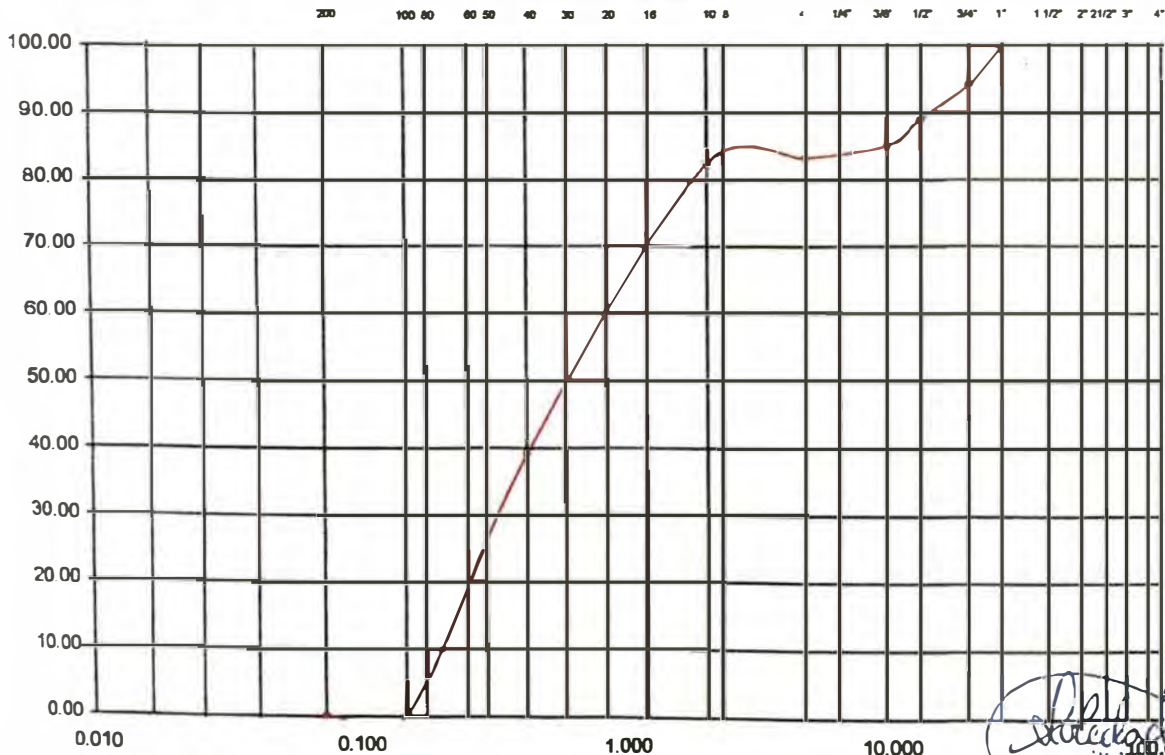
Telefax: 461-6342 / 460-4790

geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
OBRA :	PLAYA BUENOS AIRES		FECHA :	Marzo 2009
UBICACIÓN :	TRUJILLO		CALICATA :	
SOLICITADO POR :	CONTROLAMAR S.G.I. S.R.L.		PROF. :	
			MUESTRA :	M - 9

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422										
TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
						MÍNIMO	MÁXIMO			
								Tamaño Máximo.	1"	Ptg.
4"	100.000									
3 1/2"	90.000									
3"	75.000									
2 1/2"	63.000							Límite Líquido.	22.18	%
2"	50.800							Límite Plástico.	N.P	%
1 1/2"	38.100							Índice Plástico.	N.P	%
1"	25.400				100.00			Clasificación.	A-1-b	SP
3/4"	19.050	42.7	5.69	5.69	94.31			Índice de Grupo	(0)	
1/2"	12.700	38.4	5.12	10.81	89.19			Humedad Natural		
3/8"	9.525	29.8	3.97	14.79	85.21					
1/4"	6.350		0.00	14.79	85.21			Densidad Máxima.		
# 4	4.760	13.4	1.79	16.57	83.43			Humedad Óptima.		
# 8	2.300		0.00	16.57	83.43			Partículas Chatas y		
# 10	2.000	6.1	0.81	17.39	82.61			Alargadas.		
# 16	1.190		0.00	17.39	82.61			Caras Fracturadas.		
# 20	0.840	5.5	0.73	18.12	81.88			Equivalente de Arena		
# 30	0.590		0.00	18.12	81.88					
# 40	0.420	320.3	42.71	60.83	39.17			CBR A 0.1" - AL 95 %		
# 50	0.297		0.00	60.83	39.17			CBR A 0.2" - AL 95 %		
# 60	0.250	261.2	34.83	95.65	4.35					
# 80	0.177		0.00	95.65	4.35					
# 100	0.149	29.7	3.96	99.61	0.39					
# 200	0.074	1.1	0.15	99.76	0.24					
< # 200		1.8	0.24	100.00	0.00					
PESO INICIAL		750.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



% QUE PASA

[Handwritten Signature]
 100.00 TU
 SOLEDAD ALFARO LA BARCELONA SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67988



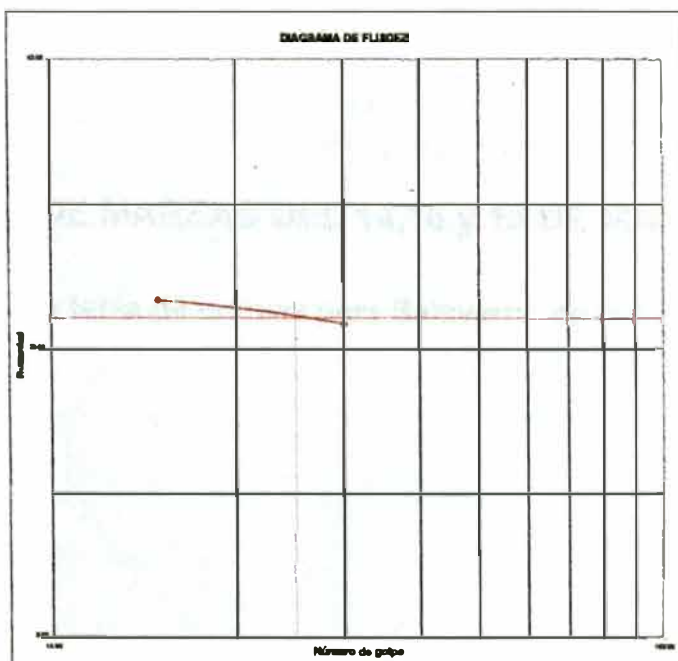
GEO - SERV S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO
 CONCRETO Y ASFALTO - PAVIMENTOS
 ALQUILER DE EQUIPOS Y VENTA DE INSUMOS

PROL. AYACUCHO 199 - SAN MIGUEL
 ALT. CDRA. 10 AV. LA MARINA
 Telefax:: 461-6342 / 460-4790
 geoserv_sac@yahoo.es

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO : <u>PLAYA BUENOS AIRES</u>	FECHA : <u>Marzo 2008</u>
UBICACIÓN : <u>TRUJILLO</u>	CALCATA :
SOLICITADO POR : <u>CONTROLMAR SGI S.R.L</u>	PROF. :
	MUESTRA : <u>M - 9</u>

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico	
N° de golpes	15	30	-	-
Peso tara	(g) 18.24	19.22		
Peso tara + suelo húmedo	(g) 48.98	34.98		
Peso tara + suelo seco	(g) 36.68	32.18		
Humedad %	23.42	21.74		
Límites			22.18	



Soledad A. Barón
 SOLEDAD AURELIA BARÓN SUSANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 67889

ANEXO III

GRÁFICO DE MAREAS DEL 14,16 y 18 DE MARZO 2009

De la tabla de mareas para Salaverry de la DHN

Gráfico de la tabla de mareas del 11 de Marzo de 2009, para Salaverry

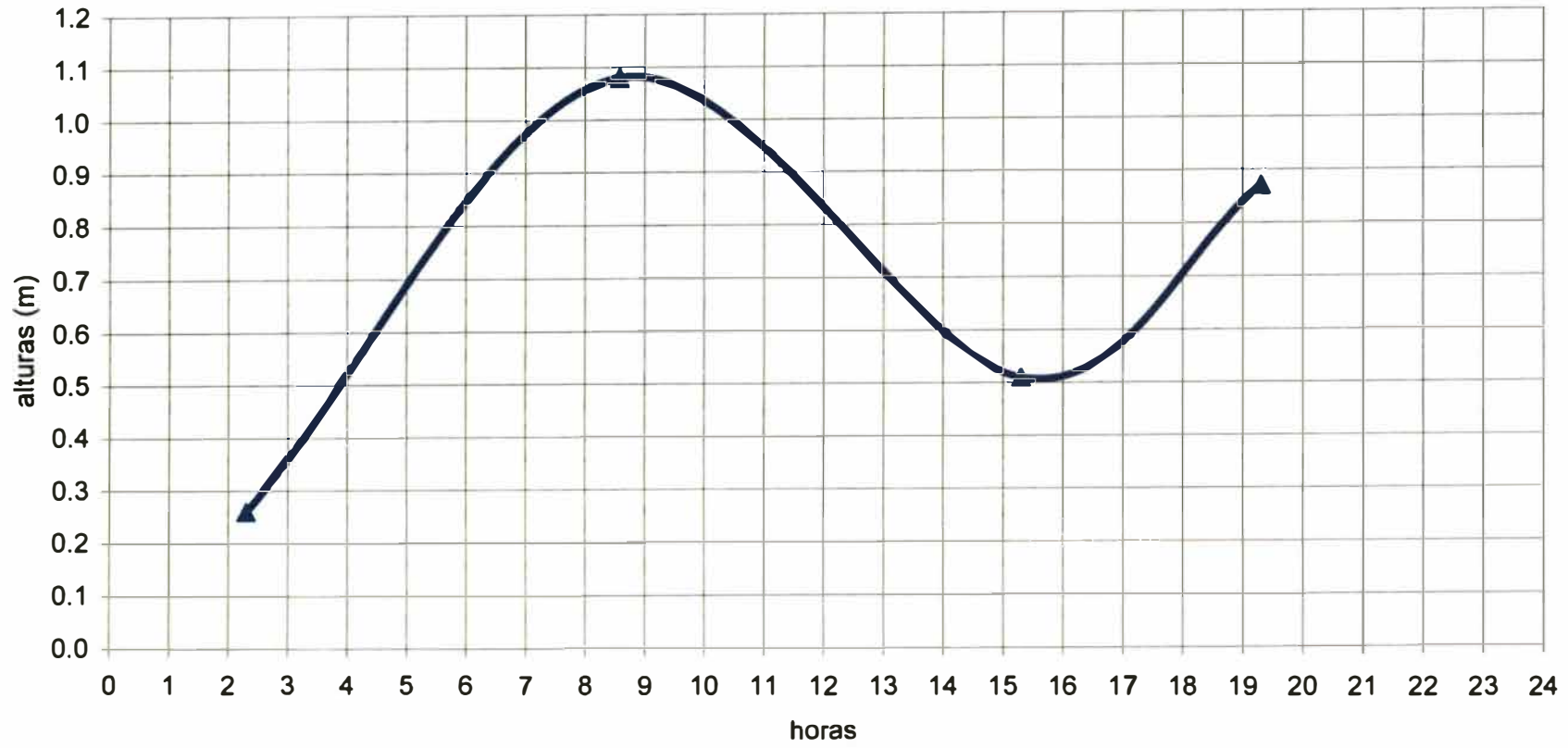


Gráfico de la tabla de mareas del 14 de Marzo de 2009, para Salaverry

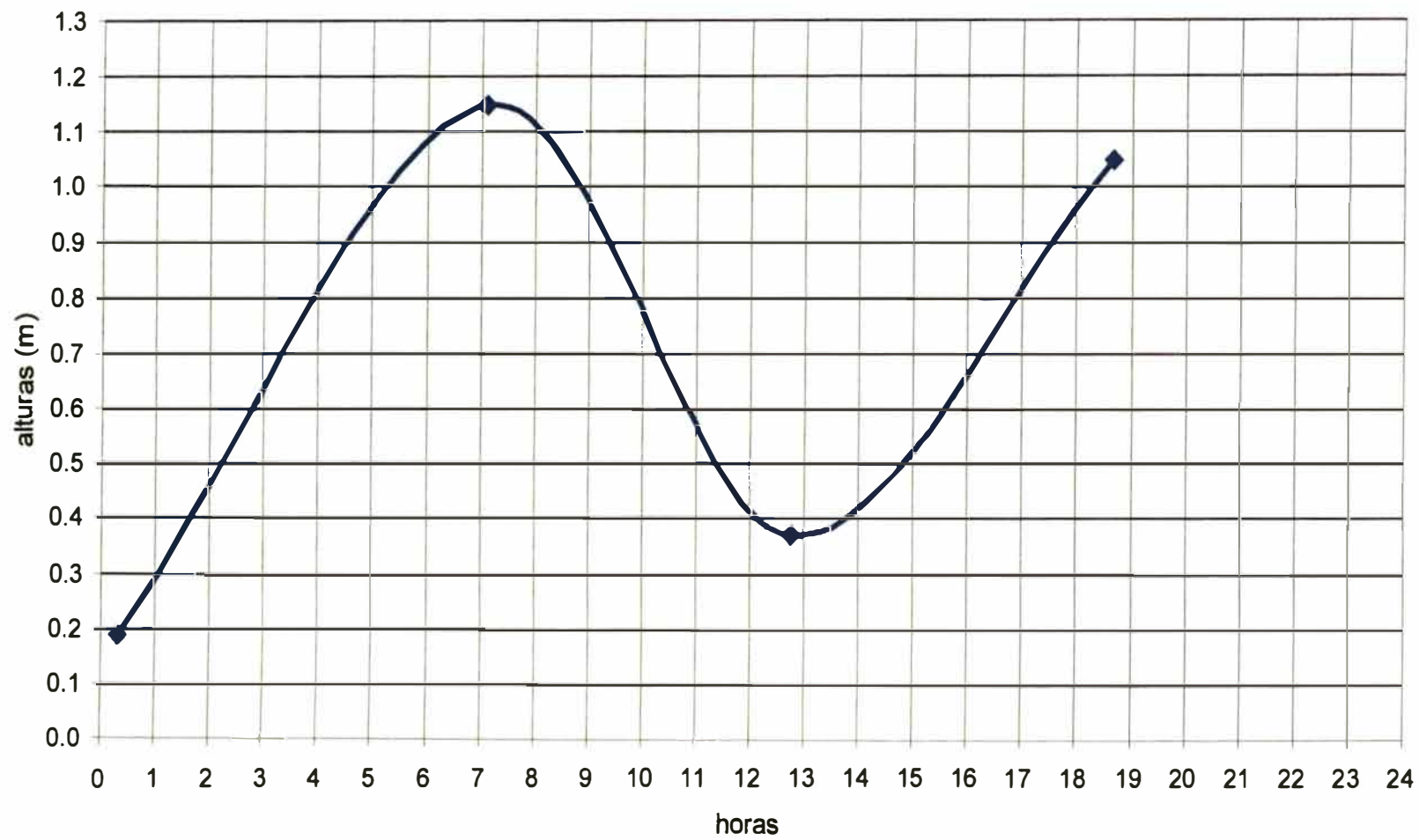
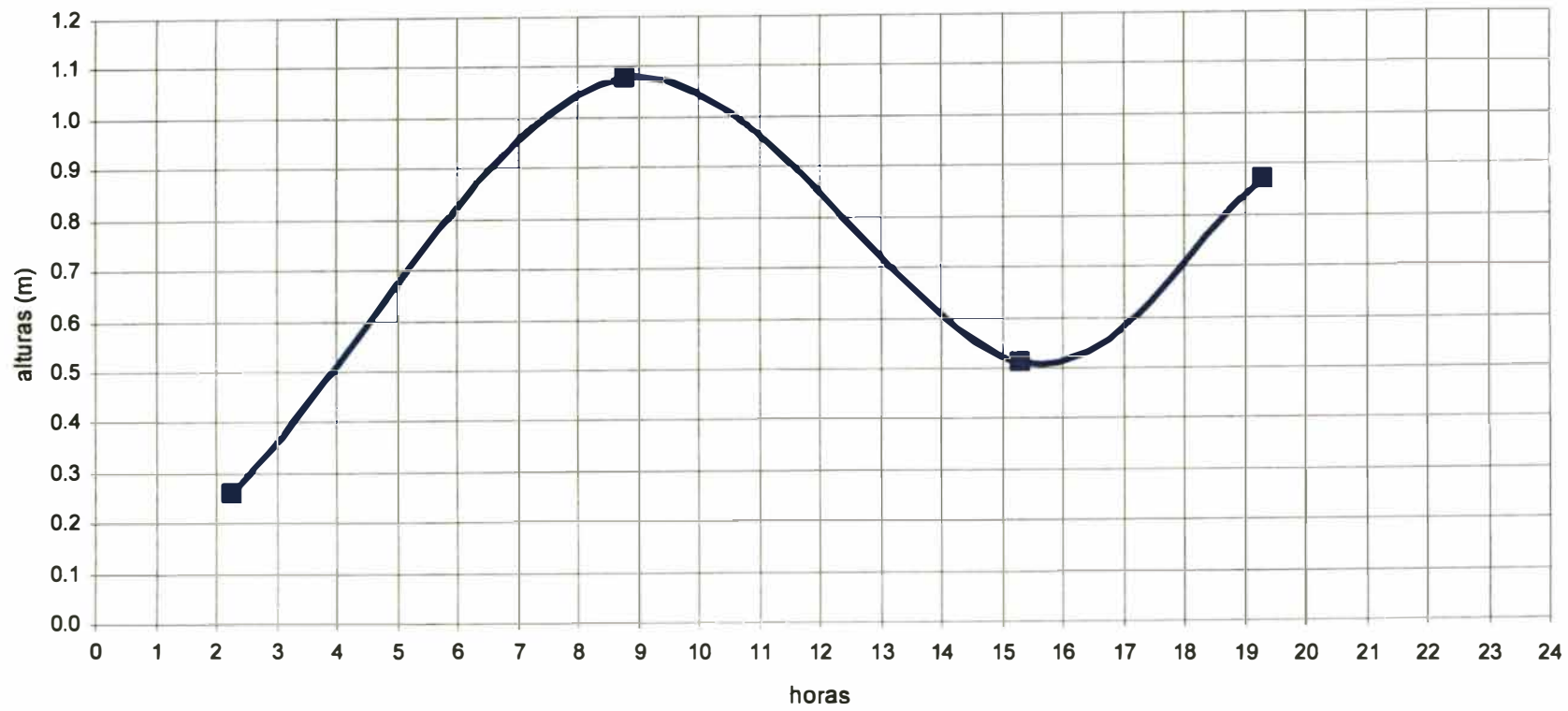


Gráfico de la tabla de mareas del 16 de marzo de 2009, para Salaverry



ANEXO IV

- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**
- ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES**
- PRESUPUESTO BASE**
- FÓRMULA POLINÓMICA**
- CONFORMACIÓN DE LA FÓRMULA POLINÓMICA**
- RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO**
- CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 1.1 Movilización y Desmovilización Equipos para la Obra

Fecha Noviembre 2009

						Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	Capataz	H.H	0.1	24.00	17.00	40.80	
	Operario	H.H	1	24.00	13.62	326.88	
	Oficial	H.H	1	24.00	12.06	289.44	
	Ayudante	H.H	4	24.00	10.76	1,032.96	
							1,690.08
2.0	Materiales						
3.0	Equipo						
	Camión con Trayler 40TM	H.M.	3	30.00	117.25	10,552.14	
	Camión Volquete 10m3	H.M.	3	15.00	128.12	5,765.36	
	Camión Cisterna 250 H.P.	H.M.	1	15.00	74.75	1,121.22	
	Herramientas	%		5.00	M.O	84.50	
							17,523.22
	Costo Unitario Directo						19,213.30

Partida 1.2 Preparación del Terreno para Campamento

						Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	Capataz	H.H	0.1	10.00	17.00	17.00	
	Operario	H.H	1	16.00	13.62	217.92	
	Oficial	H.H	1	32.00	12.06	385.92	
	Ayudante	H.H	1	32.00	10.76	344.32	
							965.16
2.0	Materiales						
	Desinfectantes	l	8		28.00	224.00	
	Utiles de limpieza	Unid	6		15.00	90.00	
	Varios	Unid	6		12.00	72.00	
							386.00
3.0	Equipo						
	Tractor D7	H.M.	1	4.00	137.00	548.00	
	Herramientas	%		5.00	M.O	48.26	
							596.26
	Costo Unitario Directo						1,947.42

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 1.3 Trazado, Estacado, Control Topográfico y Batimétrico durante Ejecución de la Obra

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Capataz	H.H	0.1	12.00	17.00	20.40		
	Operario	H.H	2	12.00	13.62	326.88		
	Oficial	H.H	2	12.00	12.06	289.44		
	Ayudante	H.H	1	24.00	10.76	258.24		
	Topógrafo	H.H	1	24.00	17.00	408.00		
	Dibujante	H.H	1	4.00	13.62	54.48		
							1,357.44	
2.0	Materiales							
	Cemento	bolsas		8.00	16.13	129.04		
	Hormigón	m ³		4.00	18.00	72.00		
	Yeso	bolsas		10.00	1.93	19.30		
							220.34	
3.0	Equipo							
	Ecosonda	H.M.	1	24.00	60.00	1,440.00		
	Lancha a motor	H.M.	1	24.00	55.00	1,320.00		
	Teodolitos	H.M.	2	24.00	8.70	417.60		
	Nivel	H.M.	1	24.00	7.20	172.80		
	Jalones y Miras	H.M.	1	24.00	0.70	16.80		
	Herramientas	%		5.00	M.O	67.87		
							3,435.07	
	Costo Unitario Directo						5,012.85	

Partida 1.4 Desmantelamiento de Campamento

							Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Capataz	H.H	1	12.00	17.00	204.00		
	Operario	H.H	1	12.00	13.62	163.44		
	Oficial	H.H	1	12.00	12.06	144.72		
	Ayudante	H.H	3	12.00	10.76	387.36		
							899.52	
2.0	Materiales							
3.0	Equipo							
	Tractor D7	H.M.	1	4.00	157.55	630.20		
	Camión Volquete 10m ³	H.M.	1	4.00	128.12	512.48		
	Herramientas	%		5.00	M.O	44.98		
							1,187.66	
	Costo Unitario Directo						2,087.18	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 1.5 Guardianía para la Obra

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Oficial	H.H	2	840.00	12.06	20,260.80		
							20,260.80	
2.0	Materiales							
3.0	Equipo							
	Costo Unitario Directo						20,260.80	

Partida 1.6 Letrero para la Obra

							Unidad:	Global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Operario	H.H	1	24.00	13.62	326.88		
	Oficial	H.H	1	24.00	12.06	289.44		
							616.32	
2.0	Materiales							
	Triplay 4' x 8' x 6 mm	plancha		6.00	24.00	144.00		
	Madera Tomillo	p ²		60.00	2.90	174.00		
	Pintura Esmalte	gl		1.50	60.00	90.00		
	Herramientas	%		5.00	M.O	30.82		
							438.82	
3.0	Equipo							
	Soplete para Aplicación Pintura	global		1.00	98.15	98.15		
							98.15	
	Costo Unitario Directo						1,153.29	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 2.1 Oficinas del Contratista y Supervisión
2.2 Depósito Techado para Almacén
2.4 Comedor - Vestidor para Obreros y Otros

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ²
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Capataz	H.H	0.1	0.40	17.00	0.68		
	Operario	H.H	1	0.40	13.62	5.45		
	Oficial	H.H	1	0.40	12.06	4.82		
	Ayudante	H.H	3	0.40	10.76	12.91		
							23.86	
2.0	Materiales							
	Triplay 4' x 8' x 6 mm	plancha		0.17	24.00	4.08		
	Planchas Etemit	plancha		0.15	36.00	5.40		
	Madera Tornillo	p ²		0.91	2.90	2.64		
	Cemento + Hormigón	m ³		0.07	248.66	17.41		
							29.53	
3.0	Equipo							
	Herramientas	%		5.00	M.O	1.19		
							1.19	
	Costo Unitario Directo						54.58	

Partida 2.3.- Servicios Higiénicos para Oficinas y Obreros

							Unidad:	m ²
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Capataz	H.H	0.1	0.53	17.00	0.90		
	Operario	H.H	1	0.53	13.62	7.22		
	Oficial	H.H	1	0.53	12.06	6.39		
	Ayudante	H.H	3	0.53	10.76	17.11		
							31.62	
2.0	Materiales							
	Triplay 4' x 8' x 6 mm	plancha		0.17	24.00	4.08		
	Planchas Etemit	plancha		0.15	36.00	5.40		
	Madera Tornillo	p ²		0.91	2.90	2.64		
	Cemento + Hormigón	m ³		0.07	248.66	17.41		
	Redes Sanitarias	global		0.19	45.00	8.55		
							38.08	
3.0	Equipo							
	Herramientas	%		5.00	M.O	1.58		
							1.58	
	Costo Unitario Directo						71.28	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 2.5 Polvorines para Explosivos y Fulminantes

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	global
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	Capataz	H.H	0.1	8.00	17.00	13.60		
	Operario	H.H	1	24.00	13.62	326.88		
	Oficial	H.H	1	24.00	12.06	289.44		
	Peón	H.H	2	36.00	10.76	774.72		
							1,404.64	
2.0	Materiales							
	Polvorín	m ²		25.00	288.65	7,216.25		
	Herramientas	%		5	M.O	70.23		
							7,286.48	
	Costo Unitario Directo						8,691.12	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.1 Capa Intermedia en Seco en Cuerpo del espigón

Fecha Noviembre 2009

						Unidad: m ³	
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	a).- Explotación y Clasificación						
	Capataz	H.H	1	0.050	17.00	0.85	
	Operario	H.H	2	0.050	13.62	1.36	
	Oficial	H.H	2	0.050	12.06	1.21	
	Peón	H.H	2	0.050	10.76	1.08	
							4.49
	b).- Transporte						
	Capataz	H.H	0.1	0.035	17.00	0.06	
	Operario	H.H	1	0.035	13.62	0.48	
	Oficial	H.H	1	0.035	12.06	0.42	
	Peón	H.H	3	0.035	10.76	1.13	
							2.09
	c).- Colocación						
	Capataz	H.H	1	0.10	17.00	1.70	
	Operario	H.H	1	0.10	13.62	1.36	
	Oficial	H.H	1	0.10	12.06	1.21	
	Peón	H.H	1	0.10	10.76	1.08	
							5.34
2.0	Materiales						
	Explotación y Clasificación						
	Mecha de Seguridad	m.l.		1.00	0.70	0.70	
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75	
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55	
	Cordón detonante	m.l.		1.00	0.75	0.75	
							4.75
3.0	Equipos						
	a).- Explotación y Clasificación						
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.05	85.00	4.25	
	Perforadora Jack Hammer	H.M	2	0.05	25.00	2.50	
	Tractor D8	H.M	1	0.05	228.34	11.42	
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.22	
							18.39
	b).- Transporte						
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.05	105.39	5.27	
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.05	128.12	32.03	
	Herramientas	%		5	M.O	0.10	
							37.40
	c).- Colocación						
	Tractor D7	H.M	1	0.07	157.55	11.03	
	Estrobos	m.l.	1	0.07	50.00	3.50	
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.27	
							14.80
	Costo Unitario Directo						87.27

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.2 Coraza en Seco en Cuerpo del espigón

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ³
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	a).- Explotación y Clasificación							
	Capataz	H.H	1	0.062	17.00	1.05		
	Operario	H.H	2	0.062	13.62	1.69		
	Oficial	H.H	2	0.062	12.06	1.50		
	Peón	H.H	2	0.062	10.76	1.33		
							5.57	
	b).- Transporte							
	Capataz	H.H	0.1	0.06	17.00	0.10		
	Operario	H.H	1	0.06	13.62	0.82		
	Oficial	H.H	1	0.06	12.06	0.72		
	Peón	H.H	2	0.06	10.76	1.29		
							2.93	
	c).- Colocación							
	Capataz	H.H	1	0.10	17.00	1.70		
	Operario	H.H	1	0.10	13.62	1.36		
	Oficial	H.H	1	0.10	12.06	1.21		
	Peón	H.H	1	0.10	10.76	1.08		
							5.34	
2.0	Materiales							
	Explotación y Clasificación							
	Mecha de Seguridad	m.l.		2.00	0.70	1.40		
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75		
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55		
	Cordón Detonante	m.l.		2.00	0.75	1.50		
							6.20	
3.0	Equipos							
	a).- Explotación y Clasificación							
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.05	85.00	4.25		
	Perforadora Jack Hammer	H.M	2	0.05	25.00	2.50		
	Tractor D8	H.M	1	0.05	228.34	11.42		
							18.17	
	b).- Transporte							
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.06	105.39	6.32		
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.06	128.12	38.44		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.15		
							44.91	
	c).- Colocación							
	Tractor D7	H.M	1	0.06	157.55	9.45		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.27		
							9.72	
	Costo Unitario Directo						92.84	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.3 Coraza en Seco en Cabezo del espigón

Fecha Noviembre 2009

Unidad: m³

1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	a).- Explotación y Clasificación						
	Capataz	H.H	1	0.07	17.00	1.19	
	Operario	H.H	2	0.07	13.62	1.91	
	Oficial	H.H	2	0.07	12.06	1.69	
	Peón	H.H	4	0.07	10.76	3.01	
							7.80
	b).- Transporte						
	Capataz	H.H	0.1	0.04	17.00	0.07	
	Operario	H.H	1	0.04	13.62	0.54	
	Oficial	H.H	1	0.04	12.06	0.48	
	Peón	H.H	4	0.04	10.76	1.72	
							2.82
	c).- Colocación						
	Capataz	H.H	1	0.16	17.00	2.72	
	Operario	H.H	1	0.16	13.62	2.18	
	Oficial	H.H	1	0.16	12.06	1.93	
	Peón	H.H	1	0.16	10.76	1.72	
							8.55
2.0	Materiales						
	Explotación y Clasificación						
	Mecha de Seguridad	m.l.		2.00	0.70	1.40	
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75	
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55	
	Cordón Detonante	m.l.		2.00	0.75	1.50	
							6.20
3.0	Equipos						
	a).- Explotación y Clasificación						
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.06	100.00	6.00	
	Perforadora Jack Hammer	H.M	2	0.06	25.00	3.00	
	Tractor D8	H.M	1	0.06	250.00	15.00	
							24.00
	b).- Transporte						
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.07	105.39	7.38	
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.07	128.12	44.84	
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.14	
							52.36
	c).- Colocación						
	Tractor D7	H.M	1	0.0200	157.55	3.15	
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.43	
							3.58
	Costo Unitario Directo						105.30

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.4 Capa Intermedia Bajo Agua en Cuerpo del espigón

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ³
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	a).- Explotación y Clasificación							
	Capataz	H.H	1	0.04	17.00	0.68		
	Operario	H.H	2	0.04	13.62	1.09		
	Oficial	H.H	2	0.04	12.06	0.96		
	Peón	H.H	2	0.04	10.76	0.86		
							3.60	
	b).- Transporte							
	Capataz	H.H	0.1	0.03	17.00	0.05		
	Operario	H.H	1	0.03	13.62	0.41		
	Oficial	H.H	1	0.03	12.06	0.36		
	Peón	H.H	2	0.03	10.76	0.65		
							1.47	
	c).- Colocación							
	Capataz	H.H	1	0.05	17.00	0.85		
	Operario	H.H	1	0.05	13.62	0.68		
	Oficial	H.H	1	0.05	12.06	0.60		
	Peón	H.H	2	0.05	10.76	1.08		
							3.21	
2.0	Materiales							
	Explotación y Clasificación							
	Mecha de Seguridad	m.l.		1.00	0.70	0.70		
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75		
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55		
	Cordón Detonante	m.l.		1.00	0.75	0.75		
							4.75	
3.0	Equipos							
	a).- Explotación y Clasificación							
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.06	85.00	5.10		
	Perforadora Jack Hammer	H.M	3	0.06	25.00	4.50		
	Tractor D8	H.M	1	0.06	228.34	13.70		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.18		
							23.48	
	b).- Transporte							
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.070	105.39	7.38		
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.070	111.41	38.99		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.07		
							46.44	
	c).- Colocación							
	Grúa 25 TM	H.M	1	0.08	184.00	14.72		
	Tractor D7	H.M	1	0.08	157.55	12.60		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.16		
							12.76	
	Costo Unitario Directo						95.71	

tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Artículo 3.5 Coraza Bajo Agua en Cuerpo del espigón

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ³
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	a).- Explotación y Clasificación							
	Capataz	H.H	1	0.072	17.00	1.22		
	Operario	H.H	2	0.072	13.62	1.96		
	Oficial	H.H	2	0.072	12.06	1.74		
	Peón	H.H	2	0.072	10.76	1.55		
							6.47	
	b).- Transporte							
	Capataz	H.H	0.1	0.045	17.00	0.08		
	Operario	H.H	1	0.045	13.62	0.61		
	Oficial	H.H	1	0.045	12.06	0.54		
	Peón	H.H	4	0.045	10.76	1.94		
							3.17	
	c).- Colocación							
	Capataz	H.H	1	0.12	17.00	2.04		
	Operario	H.H	1	0.12	13.62	1.63		
	Oficial	H.H	2	0.12	12.06	2.89		
	Peón	H.H	2	0.12	10.76	2.58		
							9.15	
2.0	Materiales							
	Explotación y Clasificación							
	Mecha de Seguridad	m.l.		2.00	0.70	1.40		
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75		
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55		
	Cordón detonante	m.l.		2.00	0.75	1.50		
							6.20	
3.0	Equipos							
	a).- Explotación y Clasificación							
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.05	85.00	4.25		
	Perforadora Jack Hammer	H.M	3	0.05	25.00	3.75		
	Tractor D8	H.M	1	0.05	185.75	9.29		
							17.29	
	b).- Transporte							
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.07	105.39	7.38		
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.07	128.12	44.84		
	Herramientas	%		5	M.O	0.16		
							52.38	
	c).- Colocación							
	Grúa 25 TM	H.M	1	0.08	184.00	14.72		
	Tractor D7	H.M	1	0.08	157.55	12.60		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.46		
							27.78	
	Costo Unitario Directo						122.44	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.6 Coraza Bajo Agua en Cabezo del espigón

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ³
1 0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	a).- Explotación y Clasificación							
	Capataz	H.H	1	0.090	17.00	1.53		
	Operario	H.H	2	0.090	13.62	2.45		
	Oficial	H.H	2	0.090	12.06	2.17		
	Peón	H.H	3	0.090	10.76	2.91		
							9.06	
	b).- Transporte							
	Capataz	H.H	0.1	0.050	17.00	0.09		
	Operario	H.H	1	0.050	13.62	0.68		
	Oficial	H.H	1	0.050	12.06	0.60		
	Peón	H.H	4	0.050	10.76	2.15		
							3.52	
	c).- Colocación							
	Capataz	H.H	1	0.160	17.00	2.72		
	Operario	H.H	1	0.160	13.62	2.18		
	Oficial	H.H	1	0.160	12.06	1.93		
	Peón	H.H	2	0.160	10.76	3.44		
							10.27	
2.0	Materiales							
	Explotación y Clasificación							
	Mecha de Seguridad	m.l.		2.00	0.70	1.40		
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75		
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55		
	Cordón Detonante	m.l.		2.00	0.75	1.50		
							6.20	
3.0	Equipos							
	a).- Explotación y Clasificación							
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.05	85.00	4.25		
	Perforadora Jack Hammer	H.M	3	0.05	25.00	3.75		
	Tractor D8	H.M	1	0.05	228.34	11.42		
	Grúa 25 TM	H.M.	1	0.05	184.00	9.20		
							28.62	
	b).- Transporte							
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.028	105.39	2.95		
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.028	128.12	17.94		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.18		
							21.06	
	c).- Colocación							
	Grúa 25 TM	H.M	1	0.08	184.00	29.44		
	Tractor D7	H.M	1	0.08	157.55	12.60		
	Estrobos	m.l		0.20	10.00	2.00		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.51		
							44.56	
	Costo Unitario Directo						123.29	

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 3.6 Coraza Bajo Agua en Cabezo del espigón

Fecha Noviembre 2009

							Unidad:	m ³
1.0	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)	
	a).- Explotación y Clasificación							
	Capataz	H.H	1	0.090	17.00	1.53		
	Operario	H.H	2	0.090	13.62	2.45		
	Oficial	H.H	2	0.090	12.06	2.17		
	Peón	H.H	3	0.090	10.76	2.91		
							9.06	
	b).- Transporte							
	Capataz	H.H	0.1	0.050	17.00	0.09		
	Operario	H.H	1	0.050	13.62	0.68		
	Oficial	H.H	1	0.050	12.06	0.60		
	Peón	H.H	4	0.050	10.76	2.15		
							3.52	
	c).- Colocación							
	Capataz	H.H	1	0.160	17.00	2.72		
	Operario	H.H	1	0.160	13.62	2.18		
	Oficial	H.H	1	0.160	12.06	1.93		
	Peón	H.H	2	0.160	10.76	3.44		
							10.27	
2.0	Materiales							
	Explotación y Clasificación							
	Mecha de Seguridad	m.l.		2.00	0.70	1.40		
	Fulminante	unidad		1.00	0.75	0.75		
	Dinamita	kg		0.30	8.50	2.55		
	Cordón Detonante	m.l.		2.00	0.75	1.50		
							6.20	
3.0	Equipos							
	a).- Explotación y Clasificación							
	Compresora 1000 pcm	H.M	1	0.05	85.00	4.25		
	Perforadora Jack Hammer	H.M	3	0.05	25.00	3.75		
	Tractor D8	H.M	1	0.05	228.34	11.42		
	Grúa 25 TM	H.M.	1	0.05	184.00	9.20		
							28.62	
	b).- Transporte							
	Cargador Frontal 3YD3	H.M	1	0.028	105.39	2.95		
	Volquete 10 m ³	H.M	5	0.028	128.12	17.94		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.18		
							21.06	
	c).- Colocación							
	Grúa 25 TM	H.M	1	0.08	184.00	29.44		
	Tractor D7	H.M	1	0.08	157.55	12.60		
	Estrobos	m.l		0.20	10.00	2.00		
	Herramientas	%		5.00	M.O	0.51		
							44.56	
	Costo Unitario Directo						123.29	

estis 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: Construcción del Espigón propuesto

Partida 4.1 Trazado de la Cantera

Fecha Noviembre 2009

		Unidad: global					
		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
1.0	Mano de obra						
	Capataz	H.H	0.1	48.00	17.00	81.60	
	Operario	H.H	1	48.00	13.62	653.76	
	Ayudante	H.H	2	48.00	12.06	1,157.76	
	Topógrafo	H.H	1	80.00	13.62	1,089.60	
							2,982.72
2.0	Equipo						
	Teodolito	H.M	1	48.00	7.70	369.60	
	Nivel	H.M	1	48.00	6.20	297.60	
	Jalones y mira	H.M	4	48.00	0.70	134.40	
	Herramientas	%		5.00	M.O	149.14	
							950.74
	Costo Unitario Directo						3,933.46

Partida 4.2 Cubicación de la Cantera

Unidad: global

		Unidad: global					
		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
1.0	Mano de obra						
	Topógrafo	H.H	1	24.00	13.62	326.88	
	Oficial	H.H	1	24.00	12.06	289.44	
	Dibujante	H.H	1	24.00	12.06	289.44	
							326.88
2.0	Materiales						
3.0	Equipo						
	Teodolito	H.M.	1	36.00	7.70	277.20	
	Nivel	H.M.	1	36.00	6.20	223.20	
	Jalones y Miras	H.M.	1	36.00	0.70	25.20	
	Materiales de Dibujo	global	1		100.00	100.00	
							625.60
	Costo Unitario Directo						952.48

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto

Fecha Noviembre 2009

Partida 4.3 Sistema de Voladura

Unidad: global

1.0	Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	Estudio y Ensayos de Sistemas de						
	Voladura	global		1.00		9,500.00	
	Costo Unitario Directo						9,500.00

Partida 4.4 Ensayos de Laboratorio

Unidad: global

1.0	Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	Extracción de Muestras	global				7,500.00	
	Determinación de Densidad	unidad		10.00	50.42	504.20	
	Resistencia al Desgaste	unidad		10.00	84.03	840.30	
	Prueba de Inalterabilidad	unidad		10.00	126.05	1,260.50	
	Costo Unitario Directo						10,105.00

ANALISIS DE GASTOS GENERALES

	Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial	Total
1.0	Gastos Generales Fijos					
	Adquisición Bases de Licitación	Estimado		100.00	100.00	
	Costos Notariales de Licitación	Estimado		150.00	150.00	
	Garantía Seriedad de la Propuesta	Estimado		500.00	500.00	
	Garantía Cumplimiento del Contrato	Estimado		6,000.00	6,000.00	
	Garantía Adelanto en Efectivo	Estimado		7,000.00	7,000.00	
	Costo de Elaboración de la Propuesta	Estimado		700.00	700.00	
	Seguros de Obra y Equipos	Estimado		10,000.00	10,000.00	
				Sub-Total Gastos Generales Fijos		24,450.00
2.0	Gastos Generales Variables					
	Gastos de Administración en Obra					
	Ingeniero Residente	Meses	2.0	8,000.00	16,000.00	
	Ingeniero Asistente	Meses	1.0	5,000.00	5,000.00	
	Asistente Técnico	Meses	1.0	3,000.00	3,000.00	
	Administrador	Meses	0.5	3,000.00	1,500.00	
	Secretaria	Meses	0.5	1,500.00	750.00	
	Conserie	Meses	0.5	1,200.00	600.00	26,850.00
	Leyes Sociales 50%					13,425.00
	Seguro de Accidentes	Estimado		4,500.00	4,500.00	
	Utiles de Escritorio	Estimado		400.00	400.00	
	Copias de Planos y Documentos	Estimado		300.00	300.00	
	Viáticos y Transporte	Estimado		3,500.00	3,500.00	
	Consultoría	Estimado		3,000.00	3,000.00	
	Agua, Electricidad y Teléfono en Obra	Estimado		500.00	500.00	
	Botiquín Primeros Auxilios	Estimado		480.00	480.00	
	Equipos de Seguridad y Protección	Estimado		800.00	800.00	
						13,480.00
	Gastos de Administración en Oficina					
	Gerente	Meses	0.40	20,000.00	8,000.00	
	Contador	Meses	0.20	7,500.00	1,500.00	
	Secretaria	Meses	0.25	2,000.00	500.00	
	Conserie	Meses	0.25	1,200.00	300.00	10,300.00
	Leyes Sociales 50%					5,150.00
	Agua, Electricidad y Teléfono	Estimado		250.00	250.00	250.00
				Sub-Total Gastos Generales Variables		69,455.00
	TOTAL COSTO DE GASTOS GENERALES					93,905.00

Tesis 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

CONSTRUCCIÓN DEL ESPIGÓN EN LA PLAYA DE BUENOS AIRES-TRUJILLO

Fecha Noviembre del 2009

PARTIDA	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Unitario	PARCIAL	TOTAL
1.0	OBRAS PRELIMINARES (*)			(S/.)	(S/.)	(S/.)
1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	global	1.00		19,213.30	
1.2	Preparación del Terreno para Campamento	global	1.00		1,947.42	
1.3	Trazado, Estacado, Control Topográfico y Batimétrico durante Ejecución de la Obra	global	1.00		5,012.85	
1.4	Desmantelamiento de Campamento	global	1.00		2,087.18	
1.5	Guardianla para la Obra	global	1.00		20,260.80	
1.6	Letrero para la Obra	global	1.00		1,153.29	
						49,674.84
2.0	OBRAS PROVISIONALES (*)					
2.1	Oficinas Contratista y Supervisión	m ²	30.00	54.58	1,637.47	
2.2	Depósito Techado para Almacén	m ²	20.00	54.58	1,091.65	
2.3	SS. HH. para Oficinas y Obreros	m ²	20.00	71.28	1,425.52	
2.4	Comedor - Vestidor para Obreros y Otros	m ²	30.00	54.58	1,637.47	
2.5	Polvorines para Explosivos y Fulminantes	global	1.00		8,691.12	
						14,483.23
3.0	CONSTRUCCIÓN DEL ESPIGÓN					
3.1	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas intermedias (o secundarias) con rocas de 218 Kgs. a 360 Kgs, en seco.	m ³	2,205.00	87.27	192,430.35	
3.2	Explotación, clasificación, transporte y colocación de la coraza del cuerpo con rocas de 1.17 t a 1.95 t en seco.	m ³	750.00	92.84	69,630.00	
3.3	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas de la coraza del cabezo con rocas 2.18 t a 3.63 t en seco.	m ³	192.00	105.30	20,217.60	
3.4	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas intermedias (o secundarias) con rocas de 218 Kgs. a 360 Kgs, bajo agua	m ³	2,695.00	95.71	257,938.45	
3.5	Explotación, clasificación, transporte y colocación de la coraza del cuerpo con rocas de 1.17 t a 1.95 t, bajo agua.	m ³	1,450.00	122.44	177,538.00	
3.6	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas de la coraza del cabezo con rocas 2.18 t a 3.63 t, bajo agua.	m ³	371.00	123.29	45,740.59	
						763,494.99
4.0	ESTUDIOS PREVIOS A LA EXPLOTACION DE LA CANTERA (*)					
4.1	Trazado de la Cantera	global	1.00		3,933.46	
4.2	Cubicación de la Cantera	global	1.00		952.48	
4.3	Sistemas de Voladura	global	1.00		9,500.00	
4.4	Ensayos de Laboratorio	global	1.00		10,105.00	
						24,490.94
	SUB-TOTAL I					852,144.00
	Gastos Generales.					93,905.00
	Utilidad					85,214.40
	SUB-TOTAL II					1,031,263.40
	I.G.V.					195,940.00
	TOTAL					1,227,203.40

(*)Nota Las partidas consignadas en los ítems 1.0, 2.0 y 4.0 son consideradas bajo el sistema de "Suma Alzada"

La partida correspondiente al ítem 3.0 son consideradas bajo el sistema de "Precios Unitarios"

DEDUCCION FORMULA POLINOMICA

Tesis 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: Construcción del Espigón propuesto
 Fecha Noviembre del 2009

PARTIDA	DESCRIPCION	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
1.0	OBRAS PRELIMINARES (*)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(S/.)
1.1	Movilización y Desmovilización de Equipos	1,690.08		17,523.22	19,213.30
1.2	Preparación del Terreno para Campamento	965.16	386.00	596.26	1,947.42
1.3	Trazado, Estacado, Control Topográfico y Batimétrico durante Ejecución de la Obra	1,357.44	220.34	3,435.07	5,012.85
1.4	Desmantelamiento de Campamento	899.52		1,187.66	2,087.18
1.5	Guardiania para la Obra	20,260.80			20,260.80
1.6	Letrero para la Obra	616.32	438.82	98.15	1,153.29
2.0	OBRAS PROVISIONALES (*)				
2.1	Oficinas Contratista y Supervisión	715.80	885.90	35.70	1,637.40
2.2	Depósito Techado para Almacén	477.20	590.60	23.80	1,091.60
2.3	SS. HH. para Oficinas y Obreros	632.40	761.60	31.60	1,425.52
2.4	Comedor - Vestidor para Obreros y Otros	715.80	885.90	35.70	1,637.40
2.5	Polvorines para Explosivos y Fulminantes	1,404.64	7,286.48		8,691.12
3.0	CONSTRUCCIÓN DEL ESPIGÓN				
3.1	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas intermedias (o secundarias) con rocas de 218 Kgs. a 360 Kgs, en seco.	26,305.65	10,473.75	155,650.95	192,430.35
3.2	Explotación, clasificación, transporte y colocación de la coraza del cuerpo con rocas de 1.17 t a 1.95 t en seco.	10,387.50	4,650.00	54,592.50	69,630.00
3.3	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas de la coraza del cabezo con rocas 2.18 t a 3.63 t en seco.	3,680.64	1,190.40	15,348.48	20,217.60
3.4	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas intermedias (o secundarias) con rocas de 218 Kgs. a 360 Kgs, bajo agua	22,287.65	12,801.25	222,849.55	257,938.45
3.5	Explotación, clasificación, transporte y colocación de la coraza del cuerpo con rocas de 1.17 t a 1.95 t, bajo agua.	27,245.50	8,990.00	141,302.50	177,538.00
3.6	Explotación, clasificación, transporte y colocación de las capas de la coraza del cabezo con rocas 2.18 t a 3.63 t, bajo agua.	8,477.35	2,300.20	34,963.04	45,740.59
4.0	ESTUDIOS PREVIOS A LA EXPLOTACION DE LA CANTERA (*)				
4.1	Trazado de la Cantera	2,982.72		950.74	3,933.46
4.2	Cubicación de la Cantera	326.88		625.60	952.48
4.3	Sistemas de Voladura	9,500.00			9,500.00
4.4	Ensayos de Laboratorio	10,105.00			10,105.00
	SUB-TOTAL I	151,034.05	51,861.24	649,250.52	852,143.81
	Total Costo Directo				852,143.81
	Gastos Generales.				93,905.00
	Utilidad				85,214.40
	TOTAL				1,031,263.21

CONFORMACION DE LA FORMULA POLINOMICA

ESTRUCTURA DE COSTOS FINAL	Monto	Incidencia	Indice Representativo	Indice Unificado
	(S/.)	(%)		
Mano de Obra (J)	151,034.00	15.96%	Mano de Obra	Indice 047
Materiales (M)	51,861.24	5.48%	Dinamita	Indice 028
Equipo (EQ)	649,250.52	68.63%	Maquinaria y Equipo Importado	Indice 049
Gastos Generales y Utilidad (GU)	93,905.00	9.93%	Indice General de Precios	Indice 039
Costo Final sin I.G.V	946,050.76	100.00%		

La Fórmula Polinómica será la siguiente:

$$K = 0.160 Jr/Jo + 0.055 Mr/Mo + 0.686 EQr/EQo + 0.099 GUr/Guo$$

En donde:

- K = Coeficiente de Reajuste de Precios
- J = Indice de Mano de Obra
- M = Indice de Materiales (Dinamita)
- EQ = Indice de Maquinaria y Equipo Importado
- GU = Indice General de Precios al Consumidor
- r = Subíndice correspondiente a la Fecha del Reajuste
- o = Subíndice correspondiente al Mes de Noviembre del 2009

RELACION DE EQUIPO MINIMO PARA LA OBRA

Item	Descripción General del Equipo	Cantidad	Valor de Reposición Unitario en U.S.\$
2.0	Grúa Autopropulsada sobre Orugas 25TM	2	241,200.00
3.0	Tractor sobre Orugas 250 HP	1	201,000.00
4.0	Tractor sobre Orugas 200 HP	1	159,720.00
5.0	Cargador Frontal sobre Neumáticos 170 HP	1	170,960.00
7.0	Camión Volquete con Tolva 10m ³ para Roca 250 HP	5	119,480.00
8.0	Camión Cisterna de 2000 galones 250 HP	1	113,960.00
9.0	Compresora de Aire 1000 pcm	1	92,400.00
10.0	Grupo Electrónico 60 KVA	1	36,120.00
11.0	Perforadora Neumática Jackhammer 35kg	3	4,000.00
12.0	Camioneta Pick Up 1000Kg	1	20,000.00

CRONOGRAMA GENERAL DE EJECUCION

ITEM	DESCRIPCION	DIAS													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.0	Obras Preliminares														
2.0	Obras Provisionales														
3.0	Construcción del Espigón														
4.0	Estudios Explotación Cantera														

ANEXO V

PLANOS