

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS  
VACIADOS IN SITU, APLICACIÓN MUELLE “EL POSEIDON”  
ASPECTOS GEOTECNICOS**

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

**JAIME CABALLERO SANCHEZ**

LIMA - PERU

2007

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Víctor e Isabel  
por su incondicional apoyo;*

*A mi novia y futura esposa  
Iris por su apoyo incondicional;*

*A mis hermanos Omar y  
Mirena por su apoyo y comprensión  
en este trabajo;*

*Y a todos los que hicieron  
posible esta realidad.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Al Ing. Wilfredo Gutiérrez  
Lázares, por ser un gran Jefe de  
Proyecto, compañero y amigo.*

*A mis compañeros de grupo  
que sin ellos no se hubiera logrado  
el éxito de este proyecto.*

## INDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE CUADROS

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I.	ASPECTOS GENERALES	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.4	Marco Legal	3
1.5	Características Generales del Proyecto	5
1.6	Estudio de Mareas e Influencia de Olas	7
1.7	Ubicación	8
1.8	Límites	10
1.9	Clima	10
1.10	Acceso	11
CAPITULO II.	GEOLOGIA Y SISMICIDAD DE LA ZONA	12
2.1	Geomorfología	12
2.1.1	Características Morfológicas	12
2.1.2	Unidades Geomorfológicas	12
2.2	Estratigrafía	13
2.2.1	Formación Pucusana	14
2.2.2	Formación Pamplona	15
2.2.3	Depósitos Cuaternarios	15
2.2	Sismicidad	16
2.2.1	Tectónica	17
2.2.2	Zonificación	17
2.2.3	Microzonificación Sísmica y Estudio de Sitio	18
CAPITULO III.	INVESTIGACION GEOTECNICA	20
3.1	Utilidad y Propósitos de la Investigación del Subsuelo	20
3.2	Métodos de Investigación del Subsuelo	20

3.2.1 Perforación y Toma de Muestras	21
3.2.2 Sondeos de Subsuelo	21
3.2.3 Métodos Geofísicos	22
3.3 Investigación de Campo	24
3.4 Ensayos de Laboratorio	25
<b>CAPITULO IV. DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO</b>	<b>27</b>
4.1 Perfil Estratigráfico	27
<b>CAPITULO V. ANALISIS DE LA CIMENTACION</b>	<b>30</b>
5.1 Tipo y Profundidad del pilote	30
5.2 Cálculo de la Capacidad Portante	31
5.2.1 Análisis Estático	31
5.2.2 Análisis Dinámico	38
5.3 Cálculo del Asentamiento	39
5.4 Condiciones Sismorresistentes	39
<b>CAPITULO VI. VERIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE – PRUEBA DE CARGA</b>	<b>40</b>
6.1 La Prueba de Carga	40
6.1.1 Formas y Tipos de Aplicación de la Carga	40
6.1.2 Procedimiento de Carga	42
6.1.3 Plan de Trabajo	43
6.1.4 Implementos de la Prueba a de Carga	43
6.1.5 Procedimiento de la Prueba de Carga	43
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>48</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIG. N° 01:	Características del Proyecto	6
FIG. N° 02	Estado actual del muelle "El Poseidón"	8
FIG. N° 03	Vista Satelital del Muelle "El Poseidón"	9
FIG. N° 04:	Cuadrángulo de Lurin, mostrando la estratigrafía del distrito de Pucusana.	13
FIG. N° 05:	Territorio Nacional indicando las 3 zonas de zonificación	17
FIG. N° 06	Perfil longitudinal del fondo marino en el muelle "El Poseidón"	30
FIG. N° 07	Desarrollo general de la capacidad del pilote en una masa de Suelo simple o estratificado.	33

## LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 01:	Resultados del ensayo SPT	23
CUADRO N° 02	Resultados del ensayo SPT (según lia-Whitman)	24
CUADRO N° 03	Resultados de los ensayos de laboratorio	26
CUADRO N° 04	Valores de N corregido, N promedios y Angulo de Fricción	29
CUADRO N° 05	Profundidades del fondo marino en el muelle "El Poseidón"	31
CUADRO N° 06	Valores representativos del ángulo de fricción interna	32
CUADRO N° 07	Factores de Capacidad Portante para condiciones Generales de corte.	34
CUADRO N° 08	Valores de $N_q$ en función de $\emptyset$ para pilotes hincados y Excavados	35
CUADRO N° 09	Valores de $K_s$ y $\delta$ para pilotes hincados	36

## RESUMEN

El Presente Informe de Suficiencia corresponde a los Aspecto Geotécnicos en el Proceso Constructivo de Muelles con pilotes enfundados vaciados in situ – Aplicación Muelle Poseidón, ubicado en la caleta Lobo Varado en el distrito de Pucusana, departamento de Lima.

Debido a la necesidad de diseñar el proyecto del muelle Poseidón, se hace uso de la información que se puede obtener de los estudios de prospección geotécnica, alcance del informe y análisis de los resultados.

Para esto se hará un estudio a la Geología y Sismicidad de la zona, principalmente para saber que tipo de rocas predominan y en que zona de sismicidad nos encontramos; luego procederemos a la Investigación Geotécnica, para conocer los diferentes métodos de exploración del subsuelo, luego extraer muestras para realizar ensayos de laboratorio y clasificar los suelos.

Procederemos a la descripción del perfil estratigráfico del terreno, luego el análisis de la cimentación que nos servirá para calcular el tipo y profundidad de cimentación, obtendremos los parámetros de diseño para calcular la capacidad portante del suelo y el cálculo del asentamiento.

Finalmente se realizará la verificación de la Capacidad Portante mediante la Prueba de Carga. Para terminar con unas conclusiones y recomendaciones del tipo de cimentación a realizar.



## **INTRODUCCION**

En periodos sucesivos hasta nuestros días, la actividad portuaria del Perú ha evolucionado tanto en infraestructura como en organización, volumen de carga y otros factores; reflejo característico del desarrollo del proceso socioeconómico del Perú, motivo por el cual es de vital importancia tratar sistemas de construcción alternativos para muelles.

El uso de pilotes es una de las técnicas más antiguas del hombre para superar las dificultades de la cimentación de estructuras en suelos blandos.

Para tener una cabal comprensión del comportamiento de pilotes, se debe conocer todos los tipos de pilotes y los métodos de instalación existentes. El diseño y la construcción de cimentaciones piloteadas es un campo de la mecánica de suelos en la que se requiere el criterio de un ingeniero que no se confié en el discutible valor de una fórmula y que sepa hacer uso de su experiencia, sentido común e intuición del comportamiento de los materiales.

Debido a la necesidad de diseñar el proyecto del muelle Poseidón, se hace uso de la información que se puede obtener de los estudios de prospección geotécnica, alcance del informe y análisis de los resultados.

## CAPITULO I:

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 ANTECEDENTES:

La actividad portuaria del Perú ha evolucionado tanto en infraestructura como en organización, en ese camino se buscan sistemas alternativos de construcción para muelles.

En la actualidad los métodos de construcción en muelles existentes no aseguran que las obras construidas tengan, la durabilidad para las que fueron diseñadas, ni un mantenimiento adecuado, especialmente las obras ejecutadas por el gobierno central. Las obras ejecutadas por el sector privado se encuentran en mejor estado debido al buen mantenimiento que le dan a sus obras ya que su actividad comercial depende de estas. La construcción de muelles en el medio marino o en las cercanías, provoca el hecho de deteriorarse prematuramente a causa de la corrosión que afecta a la mayoría de los muelles por el alto costo de construcción y mantenimiento que constituye un grave problema en el Perú.

Desde hace años se ha utilizado el método de Corriente Inducida que mediante una batería emite corriente a las estructuras metálicas.

Normalmente se ha venido usando la Protección Catódica en base a los ánodos de sacrificio que consiste en proteger al pilote con un metal conectado eléctricamente. Como ánodo de sacrificio se usa normalmente el zinc, este se desgastaba rápidamente por lo que tenían que cambiarse aproximadamente de tres a cinco años lo cual encarecía el costo de mantenimiento.

Hace 15 años en Japón se viene usando el revestimiento de polietileno para los pilotes tubulares de acero, este método ha dado excelentes resultados ya que elimina los problemas de corrosión en particular en las zonas de marea y salpicadura que son las mas vulnerables y difíciles de proteger y mantener, este revestimiento elimina la necesidad de protección catódica en las zonas sumergidas, pero su problema es el alto costo.

## 1.2 JUSTIFICACION:

La mayoría de los muelles del Perú sufren dos problemas: la corrosión a la que están expuestas en el lugar donde se ubican; y el otro problema es el elevado costo de construcción y mantenimiento. Conociendo la problemática, debemos buscar, que diseñar muelles de bajo costo constructivo, diseñando exactamente para nuestra realidad y teniendo en cuenta la ingeniería al servicio de la sociedad.

Presentamos el tema construcción de un muelle con pilotes enfundados en PVC vaciados in-situ, colocados como funda de protección contra la corrosión; habiéndose obtenido excelentes resultados en las siguientes obras:

- 1.-Muelle Casino Náutico de Ancon.
- 2.-Muelle de servicios y TRAVEL - LIFT del Yatch Club de Ancon.
- 3.-Muelle recreacional "INDEPENDENCIA".
- 4.-Muelle de servicios y SINCROLITF en Santa María del Mar.
- 5.-Muelle embarcadero para patrulleras DICAPI Marina de Guerra del Perú.
- 6.-Muelle embarcadero para yates Naplo - Pucusana.

En la actualidad es sabido que la gran mayoría de muelles son prefabricados y luego sus elementos son montados utilizando maquinarias pesadas que encarecen el costo de estos, además la energía de hincado que produce el martillo al momento de la hinca pueden pandear el pilote, originando micro grietas que permitirán la penetración del agua de mar creando la condición propicia para la corrosión, que es uno de los problemas principales que sufre el pilote prefabricado de concreto en muelles.

Para nuestro caso estamos teniendo en cuenta que el pilote es un tubo de acero de poco peso y que se puede hincar con equipo liviano y de costo muy bajo a comparación con el montaje de elementos prefabricados, se cumple con las normas y el reglamento nacional de construcción, según con los cálculos efectuados por el especialista.

Debido a la necesidad de diseñar el proyecto del muelle Poseidón, se hace uso de la información que se puede obtener de los estudios de prospección geotécnica, alcance del informe y análisis de los resultados.

### **1.3 OBJETIVOS:**

Objetivo Principal:

El objetivo general es el estudio de la Mecánica de suelos con fines de cimentación considerando pilotes de acero enfundados en PVC y vaciados in-situ.

Objetivos Específicos:

Conocer los diferentes métodos de exploración del subsuelo y saber seleccionar el más adecuado para el proyecto muelle el Poseidón

Determinar la factibilidad del proyecto a través del estudio geotécnico.

### **1.4 MARCO LEGAL**

Para la Obtención de la Resolución Suprema de Concesión en uso de Área Acuática para la construcción y operación de Instalaciones fijas diversas como: muelles, embarcaderos, atracaderos, espigones, rompeolas, terraplenes, ganar terrenos al mar, ríos, lagos navegables y otras instalaciones similares son requisitos:

1.- Solicitud dirigida al Director del Medio Ambiente que contenga: número y fecha de la Resolución Directoral de la Autorización para solicitar obtención de concesión en uso de área acuática (según procedimiento H-01)

2.- Adjuntar dos expedientes (original y copia) de lo siguiente:

a) Copia de la Escritura Pública de constitución de la empresa (si es persona jurídica) copia del Documento de Identidad (si es persona natural).

b) Memoria descriptiva de la obra, firmada por un ingeniero colegiado que incluya:

- (1) Medios y equipos de seguridad de la instalación (contra incendio y salvamento).
- (2) Facilidades consideradas para recepción de residuos oleosos, lastre sucio, aguas sucias y basura procedente de naves.
- (3) Tipo y características de las naves que utilizarán el área requerida.
- (4) Descripción del sistema y equipos de señalización Náutica.
- (5) Características técnicas de las boyas (muertos, cadenas, sistemas de anclaje).

c) Estudio de Impacto Ambiental de acuerdo a lineamientos establecidos por DICAPI de acuerdo al tipo de obra que se proyecta ejecutar.

d) Descripción de las maniobras de las naves y evaluación de riesgos (cuando corresponda); adjuntar cartas necesarias.

e) Planos generales de la obra firmados por un ingeniero colegiado de la especialidad.

f) Documento de Aprobación del estudio Hidro-Oceanográfico emitido por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, de acuerdo al procedimiento 006 de la parte "B" del TUPAM 15001, incluyendo una copia del estudio.

g) Resolución Directoral de aprobación del Proyecto de construcción del muelle otorgado por la Dirección General de Transporte Acuático (para muelles de transporte acuático comercial).

h) Recibo de pago por trámite administrativo (excepto para el caso en que la concesión sea requerida por personas artesanales o comunidades nativas, debidamente reconocidas como tales, las que no estarán afectas a este pago).

**Nota:**

- (1) Una vez emitida la Resolución Suprema, la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, autorizará mediante resolución directoral, la construcción e instalación de la construcción acuática.
- (2) A la aprobación de la concesión acuática, el interesado deberá efectuar los pagos indicados según la tabla de Tarifas de Capitanías vigente.
- (3) Al término de la obra, el Capitán de Puerto de la jurisdicción, efectuará una inspección ocular con personal de DICAPI y DIHIDRONAV, para verificar que la obra se ajuste al proyecto autorizado; los costos de la misma serán asumidos por el interesado, de acuerdo a lo establecido por la Autoridad Marítima.

### **1.5 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO:**

El muelle "El Poseidón", es una obra portuaria destinada para uso recreacional. Es un muelle de tipo espigón, esta dividido principalmente por 3 partes como se puede apreciar en la figura N° 01 y estas son:

Un puente que consta de dos tramos, el primer tramo es de 29.00m y el segundo tramo es de 33.00m ambos con un ancho uniforme de 6.00m.

El cabezo, cuyas dimensiones son: 23.00m de largo, 8.50m de ancho.

El embarcadero del lado derecho con dimensiones de 18.00m de largo por 4.50m de ancho y el embarcadero del lado izquierdo cuya plataforma es el lado social de dimensiones 20.00m de largo y 13.00m de ancho.

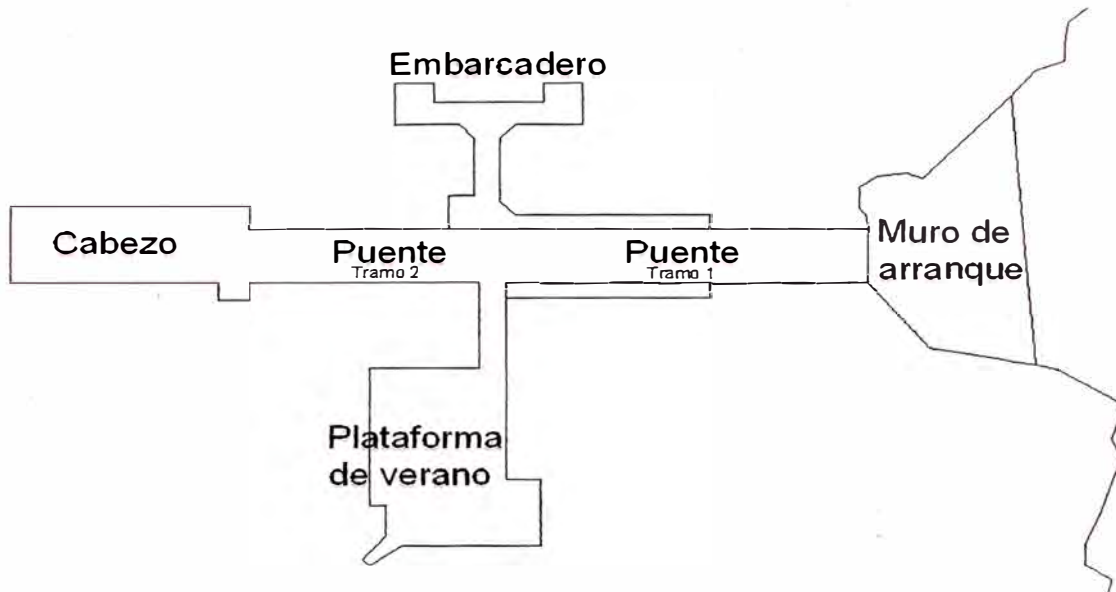


FIG. N° 01: Características del Proyecto

Las cargas a las que esta sometido el muelle son:

Cargas actuantes sobre el puente (Tramo 1):

Carga Viva:	33.5 tn
Cargas Muertas:	197.27 tn

En el tramo 1 existen 18 pilotes, entonces  $(33.5+197.27)/18=12.82$  tn/pilote

Cargas actuantes sobre el puente (Tramo 2):

Carga Viva:	33.5 tn
Cargas Muertas:	234.36 tn

En el tramo 1 existen 24 pilotes, entonces  $(33.5+234.36)/24=11.16$  tn/pilote

Cargas actuantes sobre el cabezo:

Carga Viva:	33.5 tn
Cargas Muertas:	324.67 tn

En el cabezo existen 24 pilotes, entonces  $(33.5+324.67)/24=14.92$  tn/pilote

Es una obra que se desarrolló con un método de construcción nuevo como es el de pilotes enfundados vaciados in-situ, el tablero y las vigas son igualmente vaciados in-situ.

## 1.6 ESTUDIO DE MAREAS E INFLUENCIA DE OLAS

Las mareas son movimientos de ascenso y descenso periódico del nivel de aguas oceánicas producidas por las atracciones gravitatorias que ejercen los astros, principalmente el Sol y la Luna.

La importancia de este fenómeno es enorme para las obras portuarias; es indispensable conocerlo minuciosamente para proyectar las obras y prever las profundidades necesarias para evitar la varadera de buques. Se ha observado desde tiempos muy antiguos que las mareas coinciden con los movimientos de la luna.

Las olas son ondas oscilatorias que se trasladan en la superficie marina empujadas por el viento. Las moléculas de agua no se trasportan con estas ondas, sino son animadas de movimiento orbitatorios alrededor de una posición de reposo.

Aunque las olas se forman por una violenta tempestad de vientos, pueden propagarse bastante lejos, de la zona ciclónica. Es así como en las costas del Perú arriban olas u ondas de "mas de fondo" causadas por tempestades del Océano Pacífico a miles de kilómetros de distancia, lo que no basta para que tengan un enorme poder destructivo.

Para conocer el oleaje dentro de la bahía. Se preparan diagramas de refracción partiendo de aguas profundas con las direcciones del oleaje, Suroeste predominante, y luego se combinan los coeficientes de refracción obtenidos de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia.

Con los coeficientes de variación de altura de oleaje en la zona de interés dentro de la bahía y utilizando la macro distribución de alturas de olas determinada en el análisis básico en Ventanilla-Callao.

El oleaje que predomina en esta parte de litoral proviene principalmente del sur y sur-oeste y se aproxima a la zona de estudio desde la dirección sur-oeste



modificado por un proceso de refracción y difracción producido por la topografía del fondo marino.

### 1.7 UBICACIÓN:

El muelle Poseidón se encuentra en la denominada playa Lobo Varado y esta ubicada en el litoral sur a la altura del kilómetro 57 de la carretera panamericana sur aproximadamente a 1km al norte del balneario de Naplo, pertenece al distrito de Pucusana, Provincia de Lima, Departamento de Lima, tal como se puede apreciar en el Plano U-01 que se encuentra en los anexos, además se puede apreciar una foto en estado actual y una foto satelital del muelle “El Poseidón” en la Figura N° 02 y 03.

Geográficamente está ubicado:

Latitud Sur	12° 28' 13" y
Longitud Oeste	76° 47' 23"



FIG. N° 02: Estado actual del muelle “El Poseidón”



FIG. N° 03: Vista Satelital del Muelle "El Poseidón"

### 1.8 LIMITES:

La playa Lobo Varado limita con lo siguiente:

LIMITE	PLAYA LOBO VARADO
NORTE	ISLA GALLINAZO
SUR	LA BOCA DEL DIABLO
ESTE	CERRO QUIPA
OESTE	OCEANO PACIFICO

### 1.9 CLIMA:

En toda la zona denominada Costa o Chala que comprende desde el litoral hasta altitudes de 500 metros sobre el nivel de mar, el clima es templado y húmedo, con cierta nubosidad en invierno llegando a una temperatura media de 13°C, lo que provoca precipitaciones escasas denominadas "garúas" o "lloviznas". Sólo en años excepcionales se dan casos de lluvias más intensas que a pesar de ello, son de corta duración.

En los meses de verano, a similitud de lo que ocurre en toda la Costa Peruana la temperatura sube ostensiblemente oscilando entre los 26° a 30°.

REGION:	Costa o Chala	TEMPERATURA	26°C a 30°C
CLIMA	Templado y Húmedo	PRECIPITACION	Garúas o lloviznas

### **1.10 ACCESO:**

El acceso se realiza por el siguiente Itinerario:

Se realiza por la Panamericana Sur que es una carretera asfaltada pasando Lurin, la Chira, Punta Negra, San Bartolo, existe una desviación para la derecha donde llega al distrito de Pucusana, como se puede apreciar en el plano U-01.

## CAPITULO II:

### GEOLOGIA Y SISMICIDAD DE LA ZONA

#### 2.1 GEOMORFOLOGIA

##### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El relieve del área de estudio en general ha sido modelado principalmente por dos procesos geológicos, primero por la tectónica andina que ha generado un levantamiento plio-plestocénico de la costa y segundo por los procesos de erosión subsiguientes, tanto por la erosión marina en el modelado del litoral formando llanuras, playas y pequeñas colinas cubiertas de arena por la actividad eólica.

En ciertos lugares, especialmente en la cadena de cerros del frente costero entre la cota 200 a 300 msnm las lloviznas sustentan una vegetación temporal de pastos, hierbas y arbustos localmente conocida como "lomas" como las "Lomas de Lapa Lapa", las cuales se utiliza temporalmente como terrenos de pastoreo, especialmente el ganado caprino.

La faja costera en general es desértica ya que predominan áreas donde no llueve en ninguna época del año, especialmente en las estribaciones andinas costeras, que tienen una altitud de 200 a 500 msnm.

##### 2.1.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La zona de Pucusana se desarrolla a manera de una estrecha faja longitudinal paralela a la cadena andina con una anchura variable entre 4 y 7 Km. Comprendido entre el litoral pacífico y las estribaciones bajas del frente andino cuyas cotas llegan a los 200 msnm. Presentan un territorio de relieve moderado en el cual destacan las siguientes unidades morfológicas:

### *Playas y Acantilados*

Esta unidad corresponde a la línea de la costa orientada en sentido NO-SE, comprende esencialmente de playas semirrectas y acantilado salientes de contornos irregulares.

Los acantilados comprenden la zona litoral formados por los contrafuertes rocosos de pendientes escarpadas de 70° de pendiente. Muestran un perfil irregular con acantilados de 20 a 60 m. de altura, caracterizados por presentar playas cortas de naturaleza gravosa, pequeñas ensenadas, puntas rocosas, cavernas y túneles naturales. La abrasión es el principal agente modelador que ha actuado sobre las rocas que constituyen los acantilados, se observa que la línea actual de las olas rompen en la base del acantilado rocoso.

### *Llanuras Eólicas*

En las pampas y en las laderas de los cerros bajos de los contrafuertes andinos al Este de Pucusana, se forman depósitos eólicos distribuidos localmente en mantos y dunas.

### *Colinas y Cerros Costeros*

Esta unidad corresponde a los cerros que afloran cerca al litoral y se encuentran al borde de la playa.

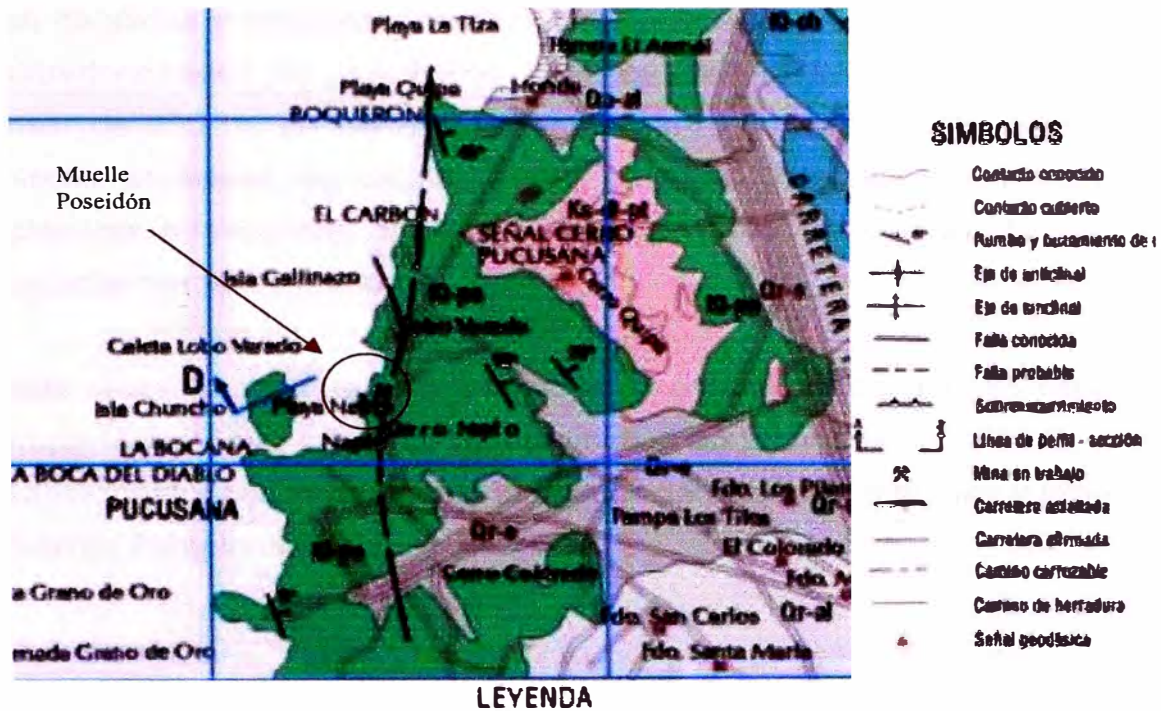
### *Lomas y Laderas eólicas*

Está ubicado en la parte baja de las estribaciones del Frente Andino esta unidad se emplaza al Este de Pucusana y se caracteriza por un relieve ondulado suave cubierta por una capa de depósitos.

Los depósitos eólicos también cubren bastas áreas al Norte de Pucusana sobre la planicie y depresiones a lo largo de la carretera Panamericana Sur.

## **2.2 ESTRATIGRAFIA**

El área de influencia del proyecto está formada por una secuencia de rocas sedimentarias e ígneas del cretáceo (Ver Fig. N° 03).



**LEYENDA**

CRONOESTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA	
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
MESOZOICO	CRETACEO		Gpo. Ceana Fm. Chilca Fm. Alamos Fm. Pamplena Grupo Miraflores Grupo Puente Piedra	Juncos Tomilla Granodiorita Diorita Putaj Diorita Sarcófaga Diorita Metadiorita Andesita
			Fm. Dulzetrán Fm. Chilca Fm. Alamos Fm. Pamplena Fm. Marconia Fm. Herradura Fm. Puente Inga	Kms-g Ks-ch Ks-al Ks-ml Ks-ls Ks-pl

FUENTE: Cuadrángulo de Lurin - INGEMMET

FIG. N° 04: Cuadrángulo de Lurin, mostrando el distrito de Pucusana.

### 2.2.1 FORMACIÓN PUCUSANA

Litológicamente la Formación Pucusana, está constituida por una secuencia sedimentaria-volcánica de edad cretáceo inferior de más o menos 300 m de grosor que afloran en el cerro Pejesapo al NW de Chilca cerca de la playa Ñave. En sus acantilados se observa en la parte superior diques y sills de diabasa y andesita.

La Formación Pucusana está formada en la base por areniscas en capas delgadas intercaladas con areniscas tobáceas y conglomerados con un espesor de 55m. La parte media está constituida de tobas brechoides estratificadas en

capas delgadas y medianas, brechas piroclásticas con elementos subangulosos y subredondeados de volcánicos y capas delgadas de piroclastos con un espesor de 250 m. La parte superior de esta Formación está constituida por areniscas arcósicas en capas de 80 cm. Con intercalaciones de brechas piroclásticas atravesadas por sills y cuerpos intrusivos de diabasa y andesita disturbadas por fallas menores.

En este sector la base de esta formación no está expuesta pero se deduce que el Grupo Morro Solar infrayace a esta unidad; en tanto que su contacto superior es transicional y concordante con la secuencia calcárea, margosa y lutitas de la Formación Pamplona.

### 2.2.2 FORMACIÓN PAMPLONA

Son rocas sedimentarias del cretáceo inferior se caracteriza por el predominio de lutitas en la base y calizas en la parte superior; esta Formación aflora en el Cerro Ya Ya cerca de la localidad de Salinas.

Esta formación tiene aproximadamente 400 m. de espesor, en el cerro Ya Ya, cerca de la zona del proyecto consiste de calizas finas en capas delgadas con intercalaciones de calizas arcillosas, margas grises, marrones y abigarradas en estratos delgados y ocasionalmente capas delgadas de arenisca pardo marrón.

La parte media que aflora en el cerro La Bruja se caracteriza por presentar margas, calizas arcillosas negruscas, marrones y abigarradas en capas delgadas ocasionalmente con lentes de yeso. En la parte superior predominan areniscas gris verdosas de grano medio, en capas delgadas a medianas ocasionalmente se intercalan calizas gris marrones en capas delgadas.

### 2.2.3 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

En el cuadrángulo de Lurín, según IMGEMMET 1972, regionalmente se identifica la concurrencia de diversas unidades estratigráficas que van desde el Mesozoico hasta el Cuaternario recientes. Localmente se identifican depósitos cuaternarios aluviales, marinos y eólicos.

### *Depósitos Aluviales*

Los depósitos aluviales se distribuyen ampliamente en la pampa costera al este de Pucusana y está formado por gravas finas a medianas con matriz areno limosa y lentes arcillosos. Las gravas y cantos tienen formas subredondeadas a redondeadas y composición variada. Los depósitos aluviales están representados por los conos de deyección del río Chilca y depósitos aluviales de las quebradas adyacentes que desembocan en las pampas costaneras. El grosor de los depósitos aluviales varía de unos pocos metros en las playas de inundación de los ríos hasta unos 60 a 100 m al este de Pucusana.

### *Depósitos Marinos*

Depósitos litorales a lo largo de la línea costera, caracterizada por materiales clásticos arrastrados por los ríos, así como por la acción abrasiva de las olas y distribuidos por las corrientes marinas. Constituido principalmente por arenas de grado medio a fino, gris amarillento, conteniendo cuarzo, micas, ferro magnesianos y en menor proporción limos no consolidados conteniendo restos de conchas.

### *Depósitos Eólicos*

Los depósitos eólicos ingresan tierra adentro siguiendo la topografía local y la dirección predominante de los vientos. Estos depósitos se presentan en las pampas costaneras y ladera de los cerros situados en la parte baja del frente occidental andino. En las pampas y cerros bajos próximos a la costa forman un manto de arenas y pequeñas dunas de grosor variable.

## **2.3 SISMICIDAD**

La zona de Lima (y toda la costa del Perú) está expuesta a eventos tectónicos por movimiento de subducción de la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, estos sismos pueden generar maremotos, Con posibles intensidades VIII en la escala de Mercalli Modificada.



### 2.2.1 TECTÓNICA:

El área que comprende el cuadrángulo de Lurin se enmarca dentro del cuadro morfotectónico de la costa y el borde occidental andino; habiendo sido afectado por una tectónica polifásica desarrollada durante la orogénesis andina, la misma que da lugar a una deformación con plegamientos acompañado de ruptura. Esta tectónica se dio en fases sucesivas que deviene desde el cretáceo y que se continúan en el terciario inferior y superior, y hasta probablemente en el cuaternario.

El estudio geológico-tectónico del área de Lima realizado en 1984 ha permitido con la ayuda en estaciones micro tectónicas, interpretar para el sector oeste de este cuadrángulo (faja costanera) hasta 3 fases tectónicas y probablemente movimientos verticales.

#### *Fallamientos:*

En el sector occidental de estos cuadrángulos es evidente un sistema de fallas longitudinales vinculadas a una fase de compresión intracretácea; así como en sistema de fracturas y fallas transversales que obedecen a procesos tectónicos de compresión post-batolito; es decir del terciario inferior y superior.

Falla José Gálvez: Se le infiere como falla inversa por la posición estratigráfica anómala que se observa en la Formación Atocongo con respecto a las Formación Pamplona, entre cerro Conchitas y el AA.HH. José Gálvez.

Las calizas de la formación Atocongo que se aflora en cerro Conchitas se pierden aparentemente debajo de las margas y calizas de la Formación Pamplona, las mismas que se forman el flanco oriental sinclinal de Pachacamac, teniendo una cobertura eólica que impide observar detalles de este accidente.

### 2.2.2 ZONIFICACIÓN:

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas como se puede observar en la figura N° 04. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los

movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica



FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones 2006 – Norma E 0.30

FIG. N° 05: Territorio Nacional indicando las 3 zonas de zonificación

### 2.2.3 MICRO ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y ESTUDIO DE SITIO:

#### *Micro zonificación Sísmica:*

Son estudios multidisciplinarios, que investigan los efectos de sismo y fenómenos asociados como licuefacción de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Estos estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

La norma E.030 señala que será necesaria la realización de los estudios de Microzonificación en los casos:

Áreas de expansión de ciudades.

Complejos industriales o similares

Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismo y fenómenos asociados.

Para el presente estudio no se considera el estudio de Microzonificación sísmica debido a que no contempla en ninguno de los casos arriba mencionados.

*Estudio de Sitio:*

Son estudios similares a los de Microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas de los suelos, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

### 3.2.1 PERFORACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

El método más comúnmente utilizado para investigar las características del subsuelo consiste en perforar una cavidad en el terreno, de cuyo fondo se extraen muestras para examen visual y para efectuar ensayos de laboratorio.

La perforación se puede realizar con barrenas, el método del lavado, por percusión y por rotación. Las muestras representativas son aquellas que contienen todos los materiales constituyentes en sus proporciones naturales y son necesarias para la apropiada identificación y clasificación de un suelo o una roca. Estas muestras son adecuadas para la identificación visual y la ejecución de análisis de granulometría, peso específico de los sólidos, contenido de humedad, límites de Atterberg y cantidad de materia orgánica.

Algunos tipos de muestras y tomamuestras más frecuentemente utilizados son:

- Muestra de tomamuestras partido
- Muestras inalteradas

### 3.2.2 SONDEOS DE SUBSUELO

En estos métodos se utilizan la magnitud y la variación de la resistencia al avance vertical dentro del terreno, de dispositivos conocidos como *penetrómetros*, para explorar la disposición y las características físicas de los estratos del subsuelo. Las variaciones en la resistencia indican cambios en los estratos; y los valores numéricos de la magnitud de dicha resistencia permiten estimar algunas de las propiedades físicas de las capas del suelo.

Uno de los principales propósitos de estos métodos es el de complementar la información obtenida con la perforación y el muestreo en casos en que el subsuelo presenta estructura errática. También permiten identificar la presencia de puntos apreciablemente blandos del subsuelo, ubicados entre perforaciones previas, y para obtener la densidad relativa de suelos con escasa o ninguna cohesión.

Para obtener la máxima ventaja de los métodos de sondeo debe adaptarse la técnica a las condiciones del subsuelo, razón por la cual se han desarrollado gran variedad de procedimientos diferentes que pueden dividirse en dos grandes grupos: *estáticos* y *dinámicos*. En los métodos estáticos el instrumento de sondeo se avanza dentro del terreno aplicando presión estática, es decir, ejerciendo una fuerza continua y a baja tasa de avance. En los métodos dinámicos se hincan las barras y puntas de sondeo por medio del impacto de un martillo de caída libre.

#### *Métodos estáticos de sondeo*

Pueden determinarse con mayor precisión las variaciones en la resistencia a la penetración de un penetrómetro que se avanza por presión estática, que las variaciones en la resistencia dinámica. Además, la expresión cuantitativa de la resistencia estática puede correlacionarse más fácilmente con la resistencia al corte, la compresibilidad y la capacidad portante del suelo. *El cono holandés* es el de uso mas generalizado.

#### *Métodos dinámicos de sondeo*

Se explora el terreno mediante la penetración, por el impacto de un martillo al caer, de un sarta extensible de barras de perforación conectada a un punta de hinca; y el registro del número de golpes necesario para una longitud prevista de avance. El más generalizado de estos métodos es el *Ensayo normal de penetración (SPT)*, en el cual la punta es un tomamuestras partido normal.

### 3.2.3 MÉTODOS GEOFÍSICOS

Usados originalmente para la exploración geológica y de minas, han sido adaptados para los propósitos de la ingeniería civil. Los más utilizados son los sísmicos y los eléctricos, gracias al tamaño compacto, a menores dificultades de mantenimiento y al precio relativamente económico de los equipos actualmente disponibles, en comparación con los antiguos.

#### *Método sísmico*

Se basa en una característica física en virtud de la cual la velocidad de propagación de las ondas elásticas es una función de las propiedades elásticas

del medio a través del cual viajan. Si una onda llega al límite de separación entre dos medios con propiedades elásticas diferentes, parte de ella es reflejada y parte refractada. Para localizar la superficie de separación entre capas del subsuelo, por ejemplo, entre roca blanda y roca dura o entre suelo y roca, se produce una perturbación de choque en la superficie, por medio del impacto con un peso o la detonación de una carga explosiva en una perforación superficial, y se mide el tiempo de viaje de las ondas reflejadas o refractadas desde su origen hasta diferentes detectores colocados en la superficie del terreno.

Los resultados de las observaciones permiten calcular las profundidades del límite entre las capas en diferentes sitios, con tal que esté bien definido y no se presente muy irregular. Este método es utilizable para establecer el perfil de roca subyacente o para localizar estratos densos situados por debajo de materiales más blandos o sueltos. En el caso de estratos sueltos o blandos situados debajo de estratos densos, el método conduce a resultados erróneos.

#### *Método eléctrico*

Utiliza un concepto físico de acuerdo con el cual la distorsión inducida en un campo eléctrico, originada en las diferentes conductividades de las capas del subsuelo, se puede comparar con la disposición ideal, determinable teóricamente, de un campo de fuerza en un medio perfectamente homogéneo, cuya geometría es independiente de las propiedades físicas del medio. Para precisar las profundidades de las superficies de separación de las capas, se determina la disposición del campo real de fuerzas por medio de medidas de intensidad de corriente y caída de potencial efectuadas en la superficie del terreno, y se compara con la determinada por cálculo, bajo la suposición de que el campo se encuentra en un medio perfectamente homogéneo. Este método es aplicable en la definición del límite entre suelos de baja resistividad, tales como arcillas blandas y depósitos orgánicos blandos, y materiales de resistividades más altas, tales como arenas, gravas o roca. Por otro lado, no es posible detectar los límites entre un suelo orgánico y arcilla blanda, entre arcilla firme y lutita blanda, o entre arena suelta y arenisca de grano grueso.

Bajo determinadas condiciones, el uso combinado de estos métodos ayuda a la interpretación y a establecer conclusiones con base en la convergencia de evidencias. Sin embargo, es siempre aconsejable comprobar los resultados de

levantamientos geofísicos por medio de algunas perforaciones y muestreos.

En la investigación del subsuelo para fines de diseño de fundaciones, es de limitada utilidad el empleo de estos métodos, pues no suministra la información detallada y directa necesaria, obtenible con el método de perforación y muestreo. Sin embargo, son de gran ayuda para programar y complementar otros métodos de investigación.

### 3.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Las investigaciones de campo se llevaron a cabo mediante la realización de ensayos de penetración dinámica tipo SPT, se realizaron en total 03 sondeos cuyos protocolos se muestran en los anexos, un resumen de resultados del ensayo SPT se pueden apreciar en el cuadro N° 01.

Los valores de N obtenidos del ensayo de campo, fueron corregidos por estar completamente saturadas y para valores menores a 15, según las siguientes formulas:

Terzaghi y Peck para  $N > 15$   $N_c = 15 + 0.5 (N - 15)$   
Bazaraa para  $N < 15$   $N_c = 0.6N$

CUADRO N° 01

RESULTADOS DEL ENSAYO SPT			
Sondajes	Profundidad	Valor N / ensayo	Nc=Ncorregido
S-01	1.00 - 1.45	9	5
	2.00 - 2.45	15	9
	3.00 - 3.45	40	24
	4.00 - 4.45	65	39
	5.00 - 5.45	> 50	50
S-02	1.00 - 1.45	9	5
	2.00 - 2.45	15	9
	3.00 - 3.45	43	25
	4.00 - 4.45	> 50	> 50
S-03	1.00 - 1.45	10	6
	2.00 - 2.45	25	15
	3.20 - 3.65	44	26
	4.00 - 4.45	60	36
	4.85 - 5.30	72	43
	6.00 - 6.45	> 50	> 50
	7.00 - 7.45	> 50	> 50

Otra forma de corrección del número de golpes del SPT es considerando la presión de sobrecarga geostática efectiva por medio de la relación propuesta por Lia-Whitman:

$$N_{\text{corregido}} = N \times C_N$$

Donde:

$$C_N = (1 / \sigma'_v)^{1/2}$$

$\sigma'_v$ : Presión Geostática efectiva a la profundidad de la prueba en Kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados se presentan en el cuadro N° 02

**CUADRO N° 02**  
**RESULTADOS DEL ENSAYO SPT (Según Lia-Whitman)**

Sondajes	peso específico	H (cm)	$\sigma'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$C_n=(1/\sigma')^{1/2}$	Valor N (ensayo)	Ncorregido
S-01	1.68	145	0.099	2.50	9	23
	1.68	245	0.167	2.45	15	37
	1.76	345	0.262	1.95	40	78
	1.76	445	0.338	1.72	65	112
	1.76	545	0.414	1.55	> 50	> 50
S-02	1.68	145	0.099	2.50	9	23
	1.68	245	0.167	2.45	15	37
	1.76	345	0.262	1.95	43	84
	1.76	445	0.338	1.72	> 50	> 50
S-03	1.68	145	0.099	2.50	10	25
	1.68	245	0.167	2.45	25	61
	1.76	345	0.262	1.95	44	86
	1.76	445	0.338	1.72	60	103
	1.76	545	0.414	1.55	72	112
	1.76	546	0.415	1.55	> 50	> 50
	1.76	547	0.416	1.55	> 50	> 50

Como se puede apreciar, los valores de Ncorregido obtenidos en el cuadro N° 01 son menores respecto al cuadro N° 02, por lo que tomaremos los resultados del cuadro N° 01 por ser valores muy conservadores.

### 3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:


Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	ASTM D-1586
Ensayo de Granulometría	ASTM D-042
Ensayo de Límites Líquido (LL)	ASTM D-423
Ensayo de Límites Plástico (LP)	ASTM D-424



Clasificación SUCS

ASTM D-2435

Las muestras tomadas fueron trasladadas al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyos certificados se adjuntan en los Anexos al presente documento y a continuación en el cuadro N° 03 se sumarian los resultados obtenidos:

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS
---	--

<b>PROYECTO:</b>	PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"
<b>CLIENTE:</b>	EMPRESA POSEIDON S.A.
<b>UBICACIÓN:</b>	CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA

**CUADRO N° 03**  
**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO EN SONDAJES**

Excavación N°	Muestra N°	Profundidad De A		GRANULOMETRIA							INDICES DE CONSISTENCIA			CLASIFI. DE SUELOS SUCS	
				GRAVA			ARENA				FINOS % Total < N°200	Limite Líquido LL (%)	Limite Plástico LP (%)		Indice Líquido IP (%)
				Gruesa 3" - 3/4"	Fina 3/4" - N° 4	% Total Grava	Gruesa N°4 - N°10	Media N°10 - N°40	Fina N°40 - N°200	% Total Arena					
S - 01	M - 01	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.16	90.16	9.84	NP	NP	NP	Mat. Suelto
	M - 02	0.50	1.50	0.00	0.00	0.00	2.18	60.93	32.62	95.73	4.27	NP	NP	NP	SP
	M - 03	1.50	4.50	0.00	0.00	0.00	1.33	47.53	41.29	90.15	9.85	38.26%	22.75%	15.51%	SW - SM
S - 02	M - 01	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.96	84.96	15.04	NP	NP	NP	Mat. Suelto
	M - 02	0.40	1.85	0.00	0.00	0.00	2.06	58.47	36.43	96.96	3.04	NP	NP	NP	SP
	M - 03	1.85	4.30	0.00	0.00	0.00	0.60	46.86	42.63	90.09	9.91	36.70%	21.92%	14.78%	SW - SM
S - 03	M - 01	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.96	84.96	15.04	NP	NP	NP	Mat. Suelto
	M - 02	0.35	2.20	0.00	0.00	0.00	2.03	57.92	37.85	97.80	2.20	NP	NP	NP	SP
	M - 03	2.20	6.20	0.00	0.00	0.00	0.56	51.47	35.86	87.89	12.11	32.22%	15.81%	16.41%	SW - SM

## CAPITULO IV

### DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

#### 4.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El perfil estratigráfico de la zona que domina el distrito de Pucusana, esta constituido por: conglomerados, areniscas volcánicas, grawacas, derrames piroclásticos y en menor proporción las calizas.

Mediante las investigaciones de campo practicadas en el presente estudio, como es el ensayo de penetración dinámica SPT, se ha podido comprobar la columna estratigráfica que se presenta en los anexos. Se realizaron 03 sondajes, las cuales describiremos a continuación:

Sondaje: S-01, la profundidad del fondo marino es de -5.00m respecto al nivel medio del mar según el plano batimétrico. La profundidad de perforación fue de -5.50m que hacen un total de -10.50m, de las cuales de -5.00 a -5.50m se encontró un material conformado por arena fina con restos de conchuelas, de -5.50 a -6.50m se encontró una arena mal gradada, saturada con presencia de gravas finas esporádicas de forma angulosa de color marrón cuya clasificación SUCS corresponde a un SP con valores de  $N_t=9$  y  $N_c=5$  del ensayo de SPT, de -6.50 a -9.50m se encontró una arena media bien gradada con presencia de limo, saturada de color marrón oscuro cuya clasificación SUCS corresponde a una SW-SM con un valor de  $N_t=65$  y  $N_c=39$  del ensayo de SPT, de -9.50m en adelante el material es rocoso optimo para la cimentación del pilote cuyos N son mayores a 50 golpes.

Sondaje: S-02, la profundidad del fondo marino es de -4.00m respecto al nivel medio del mar, según el plano batimétrico. La profundidad de perforación fue de -4.90m que hacen un total de -8.90m, de las cuales de -4.00 a -4.40m se encontró un material conformado por arena fina con restos de conchuelas, de -4.40 a -5.85m se encontró una arena mal gradada, saturada con presencia de gravas finas esporádicas de forma angulosa de color marrón cuya clasificación SUCS corresponde a un SP con valores de  $N_t=9$  y  $N_c=5$  del ensayo de SPT, de

-5.85 a -8.30m, se encontró una arena bien gradada con presencia de limo, saturada de color marrón oscuro cuya clasificación SUCS corresponde a una SW-SM con un valor de  $N_t=43$  y  $N_c=25$  del ensayo de SPT, de -10.55m en adelante el material es rocoso optimo para la cimentación del pilote.

Sondaje: S-03, la profundidad del fondo marino es de -7.00m respecto al nivel medio del mar, según el plano batimétrico. La profundidad de perforación fue de -6.75m que hacen un total de -13.75m, de las cuales de -7.00 a -7.35m se encontró un material conformado por arena fina con restos de conchuelas, de -7.35 a -9.20m se encontró una arena mal gradada, saturada con presencia de gravas finas esporádicas de forma angulosa de color marrón cuya clasificación SUCS corresponde a un SP con valores de  $N_t=25$  y  $N_c=15$  del ensayo de SPT, de -9.20 a -13.20m, se encontró una arena bien gradada con presencia de limo, saturada de color marrón oscuro cuya clasificación SUCS corresponde a una SW-SM con un valor de  $N_t=72$  y  $N_c=43$  del ensayo de SPT, de -13.20m en adelante el material es rocoso optimo para la cimentación del pilote. El perfil estratigráfico se puede mostrar en los anexos al final de este informe.

Tomlinson (1981) señala que los valores de  $\phi$  se pueden deducir de correlaciones con los resultados de ensayos de penetración in situ, SPT o CPT, sin corregir por presión se sobrecarga.

Para el SPT es utilizable la relación entre  $\phi$  y N de Peck, Hanson y Thorburn (1974) cuya curva generada equivale aproximadamente a las siguientes ecuaciones de regresión determinadas por el autor de la referencia (Delgado Vargas Manuel, "Ingeniería de Fundaciones" – Bogotá 2005, Pág.443)

$$\begin{aligned}\phi &= 26.81 + 0.3005 N & 5 \leq N \leq 40 \\ \phi &= 16.3 N^{0.235} & 40 < N \leq 50\end{aligned}$$

El cuadro N° 04 se presentan los valores de N corregidos y promediados, con los cuales se calcula en forma indirecta el ángulo de fricción de las arenas.

**CUADRO N° 04**  
**VALORES DE N CORREGIDOS, N PROMEDIOS y ANGULO DE FRICCION**

Profundidad m.	SONDAJES			N prom	Ø
	S-01	S-02	S-03		
0.00					
1.00	5	5	6	5	28
2.00	9	9	15	11	30
3.00	24	25	26	25	34
4.00	39	> 50	36	38	38
5.00	50	> 50	43	47	
6.00	> 50	> 50	50	> 50	
7.00	> 50	> 50	> 50	> 50	
8.00	> 50	> 50	> 50	> 50	

## CAPITULO V

### ANALISIS DE LA CIMENTACION

#### 5.1 TIPO Y PROFUNDIDAD DEL PILOTE

Según el plano batimétrico obtenido gracias a los estudios hidroceanograficos se puede conocer la profundidad del fondo marino. La figura N° 06 muestra el perfil longitudinal del fondo marino del muelle “El Poseidón”, el tramo 1 corresponde al primer tramo del puente, el tramo 2 corresponde al segundo tramo del puente y el tramo 3 muestra el cabezo del muelle.

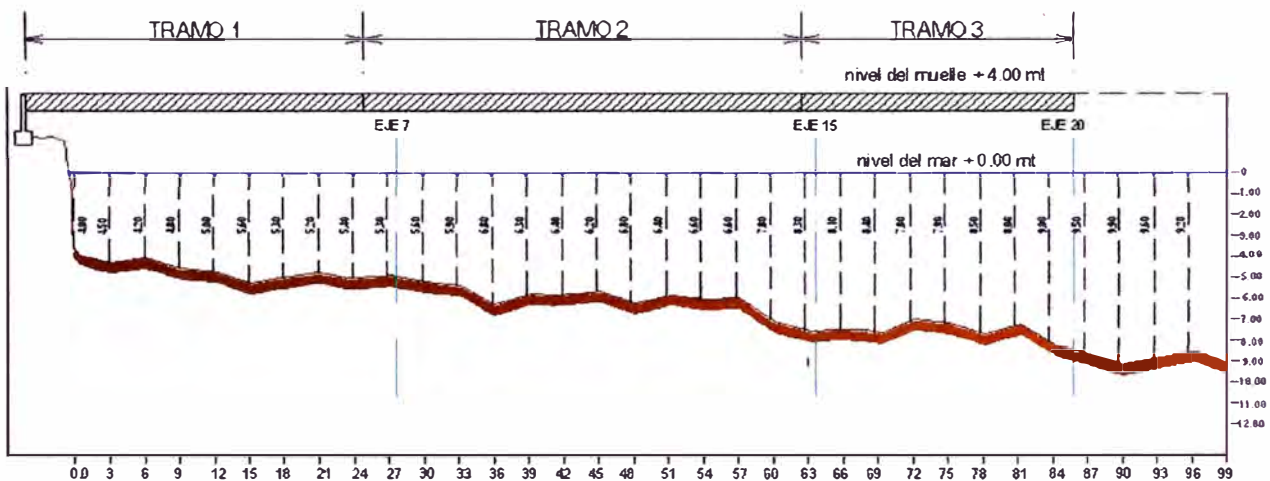


FIG. N° 06: Perfil longitudinal del fondo marino en el muelle “El Poseidón”

La profundidad del fondo marino que se obtuvo fue cada 3 metros de distancia, se procedió a calcular la altura promedio para realizar el cálculo de la capacidad portante del pilote, estos resultados se muestran a continuación:

La altura del nivel del mar al muelle es aproximadamente de 4.0m como muestra la figura N° 06 y la altura promedio del fondo marino es de 7.0 m. Las alturas del fondo marino se pueden apreciar en el cuadro N° 05.

CUADRO N° 05

PROFUNDIDADES DEL FONDO MARINO EN EL MUELLE "EL POSEIDON"											
Distancia (m)	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
Profundidad (m)	4.00 m	4.50 m	4.20 m	4.80 m	5.00 m	5.60 m	5.30 m	5.20 m	5.40 m	5.30 m	5.60 m
Distancia (m)	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	48.0	51.0	54.0	57.0	60.0	63.0
Profundidad (m)	5.90 m	6.80 m	6.30 m	6.40 m	6.20 m	6.80 m	6.40 m	6.60 m	6.60 m	7.80 m	8.30 m
Distancia (m)	66.0	69.0	72.0	75.0	78.0	81.0	84.0	87.0	90.0	93.0	96.0
Profundidad (m)	8.10 m	8.40 m	7.80 m	7.90 m	8.50 m	8.00 m	9.00 m	9.50 m	9.90 m	9.60 m	9.20 m

H promedio = 7.00 m

## 5.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

La determinación de la capacidad de carga de un pilote es uno de los puntos de la actual mecánica de suelos con más incertidumbre, dada la inexactitud de las teorías disponibles. Sin embargo, los ingenieros proyectistas y constructores de cimentaciones piloteadas consideran dos tipos de análisis: análisis estáticos, el cual usa los métodos normales de la mecánica de suelos, y análisis dinámico, el cual estima la capacidad de carga en base al análisis de datos del hincado. Estos tipos de análisis han dado resultados aceptables, dependiendo del criterio, experiencia y sentido común para aplicarlos.

Generalmente, el mejor método para estimar la capacidad de carga de un pilote individual en un determinado lugar, es el realizar una prueba de carga de un pilote individual a escala natural en el mismo lugar. El principal inconveniente de estas pruebas estriba en el costo y el tiempo requerido para realizarlas; pero resultan necesarias en obras de gran importancia.

### 5.2.1 ANÁLISIS ESTÁTICO

Los parámetros de suelo necesarios para determinar la capacidad estática de un pilote son el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y la cohesión (c). Estos parámetros pueden ser obtenidos de ensayos triaxiales en muestras inalteradas; sin embargo los parámetros resultantes no son muy buenos para pilotes hincados, ya que el suelo en la vecindad del pilote sufre un remoldeo, cambiando su contenido de humedad e incrementando su densidad.

En el cuadro N° 06 se muestran los valores representativos de  $\phi$  y c para distintos tipos de suelo.

Existe un lapso antes de que las cargas de diseño sean aplicadas; en este intervalo los parámetros del suelo describen un mejor comportamiento y el exceso de la presión de poros se disipa y drena. En consecuencia, la capacidad del pilote se incrementa con el tiempo.

**CUADRO N° 06**

<b>VALORES REPRESENTATIVOS DEL ANGULO DE FRICCIÓN</b>		
<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Consistencia</b>	<b><math>\phi</math></b>
Arena gruesa o arena con grava	Compacto	40°
	Suelto	35°
Arena media	Compacto	40°
Arena limosa fina o limo arenoso	Suelto	30°
	Compacto	25°
Limo uniforme	Suelto	30°
	Compacto	25°
Arcilla - Limo	Suave a mediano	20°
Arcilla limosa	Suave a mediano	15°
Arcilla	Suave a mediano	0° - 10°

REF: Cesar Fuentes Ortiz "Ingeniería Portuaria", Lima 2001, Pág. 234

En arcillas plásticas, la mayor capacidad ocurrirá de 1 a 3 meses debido a la alta presión de poros y el volumen desplazado, produciendo un rápido drenaje y consolidación del suelo cercano al pilote. Esto ocurrirá en arcillas muy duras y/o sobreconsolidadas.

En arenas, la mayor capacidad ocurrirá en casi un mes debido a la disipación de la presión de poros o a factores locales, causando la adhesión de granos al pilote y la disipación del esfuerzo residual de hincado.

El modelo del análisis estático, se muestra en la figura N° 07, en la cual se observa las interacciones determinadas por las propiedades del suelo la longitud del pilote embebida en él.

Como el diámetro de un pilote de cimentación es pequeño comparado con su longitud, por lo menos una pequeña parte de la carga es resistida por fricción y



adherencia entre la superficie exterior del pilote y el suelo circundante. En consecuencia, la capacidad de carga última ( $Q_u$ ) de un pilote sometido a una carga estática esta dada por:

$$Q_u = Q_p + \sum Q_f$$

Donde:

$Q_p$ : Capacidad de carga por punta

$Q_f$ : Capacidad de carga por fricción lateral (o fricción del fuste) de los estratos penetrados por el pilote

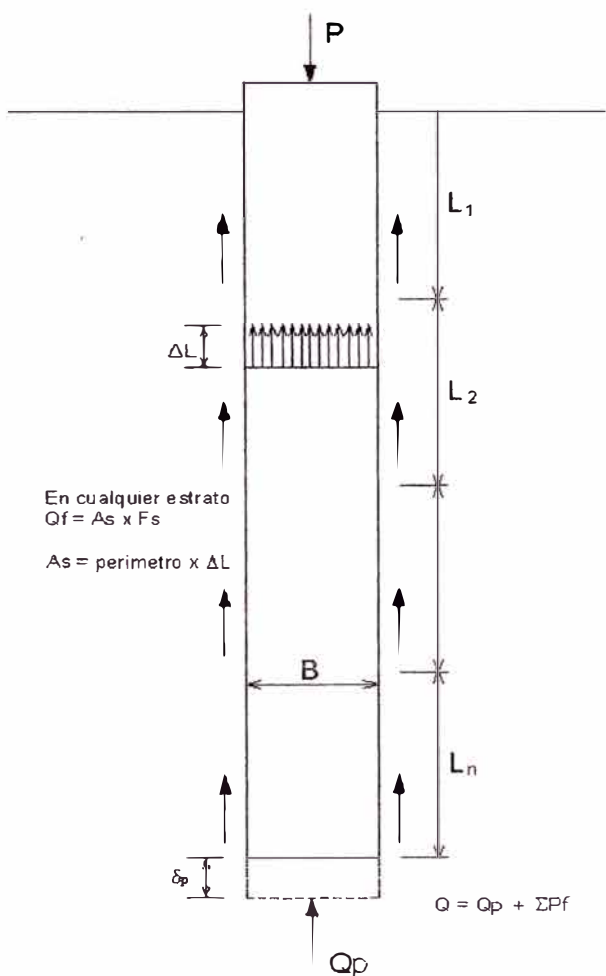


FIG. N° 07: Desarrollo general de la capacidad del pilote en una masa de suelo simple o estratificado

La capacidad admisible ( $Q_{adm}$ ) del pilote es obtenida aplicando un adecuado factor de seguridad (FS). Los factores de seguridad se pueden aplicar a la capacidad de carga última o a las capacidades de carga por fricción y por punta separadamente.

La capacidad de carga admisible se toma como la menor de:

$$Q_{adm} = \frac{Q_u}{FS} \quad \text{o} \quad Q_{adm} = \frac{Q_p}{FS_p} + \frac{Q_f}{FS_f}$$

### Capacidad de Carga por Punta ( $Q_p$ )

Por medio experimental, Terzaghi dedujo la siguiente ecuación semiempírica que proporciona la capacidad de carga por punta de un pilote de sección circular de radio "r" (que es nuestro caso) que descansa sobre un suelo denso o resistente:

$$Q_p = \pi \cdot r^2 (1.3 c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.6 \cdot \gamma \cdot r \cdot N_\gamma)$$

Donde:

c: Cohesión (el término  $1.3 c \cdot N_c$  se emplea únicamente en suelos cohesivos) que para nuestro caso es despreciable por encontrarnos en suelo granular.

$\gamma$ : peso específico del suelo.

$D_f$ : profundidad de la cimentación

Los valores de  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  se les denominan coeficientes de capacidad de carga, siendo números adimensionales que dependen del ángulo de fricción interna. Los valores aproximados de estos parámetros pueden obtenerse del cuadro N° 07.

**CUADRO N° 07**

<b>FACTORES DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CONDICIONES GENERALES DE CORTE</b>			
$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0°	5.7	1.0	0.0
5°	7.3	1.6	0.5
10°	9.6	2.7	1.2
15°	12.9	4.4	2.5
20°	17.7	7.4	5.0
25°	25.1	12.7	9.7
30°	37.2	25.2	19.7
34°	52.6	36.5	35.0
35°	57.8	41.4	42.4
40°	95.7	81.3	100.4
45°	172.3	173.3	297.4
48°	258.3	287.9	780.1
50°	347.5	415.1	1153.2

REF: Cesar Fuentes Ortiz "Ingeniería Portuaria", Lima 2001, Pág. 238

Si el suelo que soporta el pilote es suelto o blando, los valores de  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  deben ser reemplazados por los de  $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$  y el valor de  $c$  reemplazando por el de  $c'=2/3c$ , que no es nuestro caso.

Otra forma del cálculo de la Capacidad de Carga por Punta en un suelo granular es utilizando la relación propuesta por el Dr. Jorge Alva Hurtado según su curso "Cimentaciones Profundas", que es una simplificación a la ecuación semiempírica propuesta por Terzaghi, la cual se muestra:

$$Q_p = \sigma_t \cdot N_q \cdot A_p$$

Donde:

$\sigma_t$ : Esfuerzo vertical total

$A_p$ : Área en la punta del pilote

$N_q$ : Factor de capacidad portante, cuyos valores aproximados de este parámetro puede obtenerse del cuadro N° 08.

CUADRO N° 08

VALORES DE $N_q$ EN FUNCION DE $\phi$ PARA PILOTES HINCADOS Y EXCAVADOS											
$\phi$	20	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
$N_q$ hincado	8	12	20	25	35	45	60	80	120	160	230
$N_q$ excavado	4	5	8	12	17	22	30	40	60	80	115

REF: Tomados de los gráficos de Meyerhof (1976)

### Capacidad de Carga por Fricción Lateral ( $Q_f$ )

La capacidad de carga de los pilotes resistentes por fricción depende de la fricción entre el pilote y suelo, cuya determinación mediante ensayos de laboratorio es imprecisa, ya que el cálculo de las tensiones producidas por el desplazamiento parcial o total del suelo durante la hincada del pilote se halla fuera de las posibilidades del análisis matemático.

Existen tres procedimientos para calcular la resistencia friccional de pilotes en suelos cohesivos; estos son llamados métodos  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$ . Para pilotes en suelos no cohesivos como es nuestro caso, es usado el método  $\beta$ .

En todos los casos la capacidad de carga por fricción es:

$$Q_f = \sum A_s \cdot f_s$$

Donde:

$A_s$ : Área efectiva de la superficie lateral del pilote. ( $A_s = \text{perímetro} \times \Delta L$ .)

$\Delta L$ : incremento de la longitud del pilote en cada estrato de suelo.

$f_s$ : Resistencia friccional en las caras laterales del pilote.

$\Sigma$ : Suma de las contribuciones de cada estrato de suelo.

Los pilote "H" son un casi especial, donde la resistencia al cortante se desarrolla a lo largo del plano formado al unir las puntas de los bordes; es decir, el suelo dentro de los límites exteriores del pilote pasa a formar parte del fuste.

**Método  $\beta$ :**

Este método fue sugerido en 1973 por Burland, y es aplicable a los suelos normalmente consolidados.

Utilizando parámetros de esfuerzo efectivo se plantea la ecuación:

$$f_s = K_s \cdot \sigma' \cdot \text{Tg}\delta = \beta \cdot \sigma'$$

Donde:

$\beta$ :  $K_s \cdot \text{Tg}\delta$

$\sigma'$ : Esfuerzo efectivo de sobrecarga en  $\Delta L$

$\text{Tg}\delta$ : Coeficiente de fricción efectiva entre el suelo y pilote

$K_s$ : Coeficiente lateral de tierra, la relación de la presión lateral a vertical en los lados del pilote, cuyos valores aproximados se puede obtenerse del cuadro N° 09.

**CUADRO N° 09  
VALORES DE  $K_s$  y  $\delta$  PARA PILOTES HINCADOS**

Material de Pilote	$\delta$	$K_s$	
		Densidad Relativa	Densidad Relativa
		Baja ( $\phi \leq 35^\circ$ )	alta ( $\phi > 35^\circ$ )
Acero	20°	0.5	1.0
concreto	3/4 $\phi$	1.0	2.0
Madera	2/3 $\phi$	1.5	4.5

REF: Tomados de apuntes del Dr. Jorge Alva Hurtado, "Cimentaciones Profundas" (2002)

Como el pilote esta apoyado en la roca, la Capacidad de Carga por Fricción Lateral será mínimo, en este caso el pilote trabaja por punta.

Cálculo de la Capacidad Última del Pilote en suelo granular:

$$Q_u = Q_p + Q_f$$

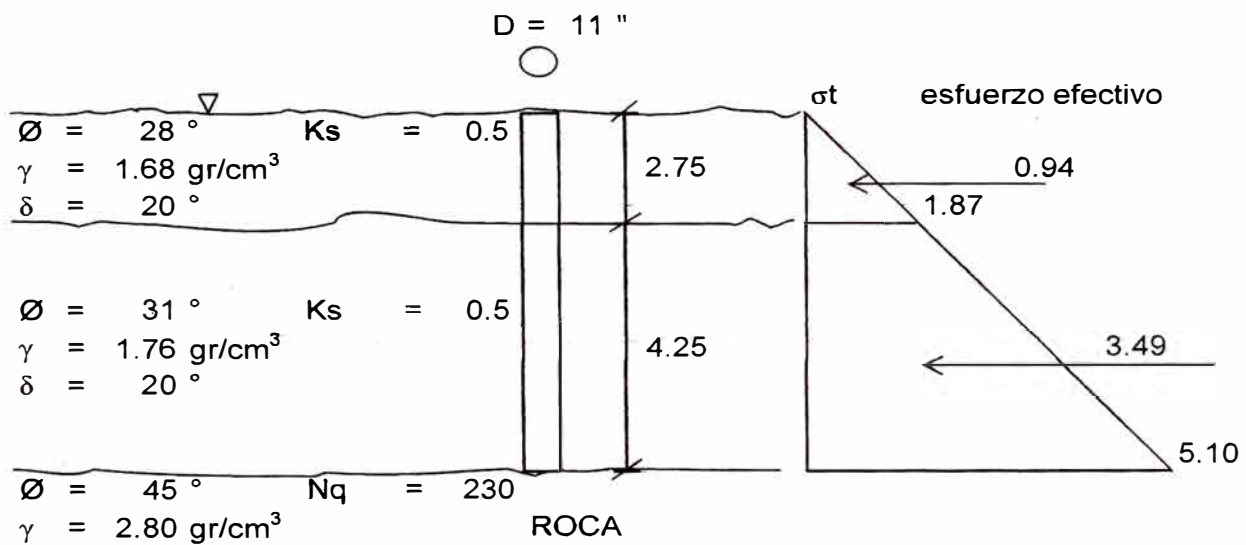
Donde:

$$Q_f = K_s \cdot \sigma' \cdot \text{Tg} \delta \cdot A_f$$

$$Q_p = \sigma_t \cdot N_q \cdot A_p$$

Los parámetros de  $N_q$  se calculan con el cuadro N° 08.

Los parámetros de  $K_s$  y  $\delta$  se calculan según el cuadro N° 09



Calculando las áreas laterales y área de base del pilote:

$$A_{f1} = 2.414 \text{ m}^2$$

$$A_{f2} = 3.730 \text{ m}^2$$

$$A_b = 0.061 \text{ m}^2$$

Cálculo de la capacidad última tomada por la fricción lateral del pilote:

$$Q_f = [K_s \cdot \sigma' \cdot \text{tan} \delta \cdot A_{f1}] + [K_s \cdot \sigma' \cdot \text{tan} \delta \cdot A_{f2}]$$

$$Q_f = [0.5 \cdot 0.94 \cdot \text{tan}(20^\circ) \cdot 2.414] + [1.0 \cdot 3.49 \cdot \text{tan}(20^\circ) \cdot 3.730]$$

$$Q_f = 2.78 \text{ tn}$$

Cálculo de la capacidad última tomada por la punta del pilote:

$$Q_p = \sigma_t' \cdot N_q \cdot A_b$$

$$Q_p = 13.50 \cdot 230 \cdot 0.061$$

$$Q_p = 190.37 \text{ tn}$$

Cálculo de la Capacidad Admisible del Pilote:

$$Q_{adm} = \frac{Q_f + Q_p}{2.5}$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_f}{1.5} + \frac{Q_p}{3}$$

Reemplazando los datos tenemos:

$$Q_{adm} = 77.26 \text{ tn}$$

$$Q_{adm} = 65.31 \text{ tn}$$

Escogemos el menor valor.  **$Q_{adm} = 65.31 \text{ tn/pilote}$**

### 5.2.2 ANALISIS DINAMICO

Se han propuesto y utilizado un gran número de fórmulas dinámicas para el hincado. Estas se apoyan en la hipótesis de que la capacidad máxima de carga es equivalente a la fuerza dinámica de hincado.

Tomando como punto de partida este aparente axioma, muchos ingenieros han llegado a la conclusión de que sería posible calcular la capacidad de un pilote, conociendo la energía aplicada por el martillo y la penetración del pilote con cada golpe del martinete. Las expresiones resultantes para calcular la capacidad de carga se conocen como fórmulas dinámicas.

La mayor parte de los defectos de las fórmulas dinámicas pueden eliminarse por medio de un análisis más realista de la dinámica del hincado, en el que se considera que el pilote es un abarra elástica larga sujeta a ondas transitorias de esfuerzos originadas por el compacto del martillo.

La validez de cualquier análisis dinámico depende en parte de la suposición de que la resistencia dinámica a la penetración es igual, o cuando menos está relacionada, a la capacidad estática del pilote después del hincado.

### 5.3 CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO

El asentamiento de un pilote individual en arena o grava, el único método confiable es ejecutar el ensayo de carga, la cual se muestra en el capítulo siguiente.

### 5.4 CONDICIONES SISMORRESISTENTES

Las vibraciones producidas por un sismo se transmiten a partir de su origen a través de las rocas de la corteza terrestre. En un lugar específico, las vibraciones que llegan al basamento rocoso son a su vez transmitidas hacia la superficie a través de los suelos existentes en el lugar.

Las vibraciones sufren variaciones al ser transmitidas a lo largo de las trayectorias recorridas, llegando a la superficie con características que dependen no solo de las que tenían en su origen, sino también de la trayectoria seguida a lo largo de la corteza terrestre y de las propiedades de los suelos que existan en el lugar.

En el presente caso y de acuerdo al reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismorresistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	Periodo Predominante (Tp)	Amplificación Sísmica (S)
S <sub>1</sub>	Roca o suelos muy rígidos	0.4	1.0

## CAPITULO VI

### VERIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE – PRUEBA DE CARGA

#### 6.1 LA PRUEBA DE CARGA

La única manera segura de saber si un pilote es capaz de soportar la carga requerida, es ejecutando el ensayo de carga.

Este ensayo también puede utilizarse para medir las características de carga-deformación del pilote.

En un trabajo de pilotaje, uno o mas pilotes que se están instalando o pilotes especiales pueden hincarse con antelación para verificar el diseño.

La prueba de carga se realiza generalmente por las siguientes razones:

- 1.- Verificar experimentalmente que la actual respuesta del pilote a la carga (reflejada en la relación carga - asentamiento) corresponde a la respuesta asumida por el diseñador.
- 2.- Que la carga ultima actual del pilote no es menor que la carga ultima calculada y que fue usada como base en el diseño de la cimentación.
- 3.- Obtener datos del suelo deformado y facilitar el diseño de otro pilote.
- 4.- Determinar el comportamiento carga-asentamiento de un pilote, especialmente en la región de carga de trabajo.
- 5.- Para indicar la dureza estructural del pilote.

#### 6.1.1 FORMAS Y TIPOS DE APLICACIÓN DE LA CARGA

Los equipos para aplicar la carga a compresión pueden ser los de la norma ASTM-D-1143-57T "Pilotes bajo Carga Axial Estática de Compresión" u otros,



construidos de tal forma que la carga sea aplicada al eje central y longitudinal del pilote; el equipo del sistema de carga incluye una gata hidráulica, una bomba hidráulica y manómetros. La norma ASTM-D-1143-57T menciona los siguientes arreglos o dispositivos para aplicar la carga al pilote:

Carga aplicada al pilote o grupo de pilotes por gata hidráulica actuando frente a un marco de reacción anclado. Puede realizarse de dos formas, con pilotes de anclaje o con anclaje enterrado.

#### *Pilotes de Anclaje:*

Se instala un número suficiente de pilotes de anclaje a cada lado del pilote de prueba de tal forma que proporcione adecuada capacidad de reacción. Dichos pilotes estarán ubicados a una distancia libre del pilote de prueba de al menos 5 veces el mayor diámetro del pilote de prueba pero no menor que 2 mts. Sobre los pilotes de anclaje va una viga de medida y resistencia suficiente para impedir una deflexión excesiva, esta viga esta sujeta por conexiones diseñadas para transferir la carga a los pilotes. Entre el fondo de la viga y la cabeza del pilote de prueba existe una luz suficiente para colocar la gata hidráulica y dos planchas de acero de espesor mínimo de 2"; el sistema trabaja al reaccionar la gata hidráulica al cargar el pilote, transmitiendo esta carga (mediante la viga de reacción) a un par de pilotes de anclaje.

#### *Anclaje Enterrado*

Usualmente transfieren la reacción a estratos mas duros debajo del nivel de la punta del pilote, pudiendo ser puestos más cercanamente al pilote de prueba.

Carga aplicada al pilote o grupo de pilotes por gata hidráulica actuando frente a caja o plataforma cargada. La norma ASTM-D-1143-57T especifica que se debe centrar sobre el pilote o grupo de pilotes una viga de prueba de medidas y resistencia suficiente para impedir una deflexión excesiva bajo carga, permitiendo espacio suficiente entre el cabezal del pilote y el fondo de la viga para poder ubicarlas planchas y la gata; los extremos de la viga se deben soportar sobre cajones temporales. Se centra una caja o plataforma sobre la viga de prueba, la cual estará soportada por durmientes ubicadas tan lejos como sea posible del pilote de prueba, pero en ningún caso la distancia será menor que

1.5 mts de luz entre caras. La carga de la caja o plataforma será de material apropiado tal como suelo, roca, concreto o acero. Con este dispositivo de carga, la gata hidráulica reacciona frente a esta carga. Carga aplicada directamente a un pilote o grupo de pilotes.

La norma ASTM-D-1143-57T especifica que se debe centrar sobre la plancha de acero una viga de prueba de peso conocido y suficiente medida y resistencia, con los extremos soportados sobre durmientes temporales, centrar una plataforma de peso conocido sobre la viga, esta plataforma es soportada por durmientes ubicados a una distancia libre no menor de 1.5 mts la carga de la plataforma puede ser con acero, concreto u otro material.

### 6.1.2 PROCEDIMIENTO DE CARGA

Existen diversos tipos de procedimientos de carga, la norma ASTM-D-1143-57T resume la mayoría de estos, pero en este caso se presentaran los más comunes:

#### *Prueba de carga mantenida.*

Llamada también ML y es el denominado por el ASTM-D-1143-57T como el procedimiento estándar de carga; el procedimiento a seguir es el siguiente: siempre y cuando no ocurra la falla primero, cargar el pilote hasta 200% de su carga de diseño, aplicando la carga en incrementos del 25% de la carga de diseño del pilote. Mantener cada incremento de carga hasta que la razón de asentamiento no sea mas grande que 0.01 pulgadas (0.25mm/hr), pero no mayor que 2 horas. Si el pilote de prueba no ha fallado, remover la carga de prueba total en cualquier momento después de 12 horas si el asentamiento del tope sobre un periodo de 1 hora no es mas grande que 0.01 pulgadas (0.25mm); si ocurre lo contrario, permita que la carga total permanezca sobre el pilote por 24 horas después del tiempo requerido de espera, remover la carga de prueba en decrementos de 25% de la carga total con la gata al pilote hasta que el asentamiento sea igual al 15% del diámetro del pilote.

### *Razón de penetración constante.*

Usado para ensayos de pilotes de tamaño natural, este método es también llamado CRP y tiene la ventaja de ser rápido en su ejecución, no dando tiempo a la consolidación del terreno. El método consiste en hacer penetrar el pilote a una velocidad constante y medir constantemente la fuerza aplicada en la cabeza del pilote para mantener la razón de aplicación. La norma ASTM-D-1143-57T especifica que la razón de penetración del pilote debe ser de 0.01 a 0.05 pulgadas (0.25 a 1.25 mm)/min en el suelo cohesivo.

### 6.1.3 PLAN DE TRABAJO

Se ha realizado la prueba de carga a un pilote individual conforme lo indica la norma ASTM-D-1143-57T. El pilote ha sido sometido al 200% de su carga de diseño (65.31tn). Ósea 130.62tn teniendo un asentamiento final de 3.455mm.

### 6.1.4 IMPLEMENTOS DE LA PRUEBA DE CARGA.

#### *Carga de Reacción*

Se ha utilizado para la prueba 4 pilotes espaciados a más o menos 3 veces el diámetro de distancia entre pilotes con respecto al pilote de prueba, estos servirán como pilotes en tracción porque sobre ellos se cargaran cuatro vigas metálicas en ejes perpendiculares

#### *Gata hidráulica*

La gata utilizada es de una capacidad de 200tn. Con manómetro incorporado y bomba hidráulica.

#### *Extensómetro*

Para leer las deformaciones se ha utilizado 2 extensómetros, con precisión de 0.01mm.

### 6.1.5 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE CARGA.

Las cargas se realizaron en incrementos del 25% de la carga de diseño de acuerdo a la norma, presentada de la siguiente manera:

Carga de Diseño: 65.31tn.

25%	16.33	tn.
50%	32.66	tn.
75%	48.98	tn.
100%	65.31	tn.
125%	81.64	tn.
150%	97.97	tn.
175%	114.29	tn.
200%	130.62	tn.

Se incremento hasta el 200% de la carga de diseño no presentado falla alguna, luego se procedió a calcular el asentamiento total por la relación (0.25mmxhora). Finalmente se procedió a realizar la descarga después de 12 horas en decrementos del 25% de la carga total, (130.62 tn) de la siguiente manera:

	130.62	tn.
25%	97.97	tn.
50%	65.31	tn.
75%	32.66	tn.
100%	0.00	tn.

Después de 22 horas de prueba de carga se ha alcanzado 3.455mm, de deformación total. De acuerdo a las normas la deformación debe ser menor o igual a 0.25 mm/hora es decir  $0.25 \times 22 = 5.5$  mm, habiendo logrado una deformación menor concluimos que la Prueba de Carga resulto satisfactoria.

El record de hincado del pilote de prueba se muestra en los anexos, así como la prueba de carga del pilote de prueba.

## CONCLUSIONES

- El proyecto se encuentra ubicado en la zona 3 cuyo factor de zona Z corresponde un valor de 0.4.
- Las investigaciones de campo se llevaron a cabo mediante la realización de ensayos de penetración dinámica tipo SPT.
- La estratigrafía del suelo se encuentra de la siguiente manera:  
Esta conformada por una capa de material de arena fina con restos de conchuelas la cual varía de 0.30 a 0.50m, a mayor profundidad se observó un estrato de arena que varía de mal gradada hasta una arena compacta bien gradada con presencia de limos, con un espesor que varía de 4.0 a 7.0m, para posteriormente llegar a la roca donde se cimentará el pilote.
- La profundidad de cimentación es 7.0m dentro del suelo más 7.0m de nivel de agua mas 4.0m desde el nivel del mar hasta el muelle que hacen un total de 18.0m.
- Se calculó la capacidad portante de un pilote de acero de  $\varnothing=11"$  en suelo granular arrojando un valor de  $Q_{adm} = 65.31$  tn, cuyo valor soporta todas las cargas actuantes del muelle.
- De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E-0.30 Diseño Sismorresistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	Periodo Predominante (Tp)	Amplificación Sísmica (S)
S <sub>1</sub>	Roca o suelos muy rígidos	0.4	1.0

- El asentamiento final producido por la realización de la prueba de carga fue de 3.455mm, que es inferior al calculado por la norma cuyo valor fue de 5.5mm, lo que se concluye que la prueba de carga resulto satisfactoria.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear una cimentación profunda, a base de pilotes, cuya longitud deberá ser como mínimo de 18.0m con variaciones de  $\pm 0.50\text{m}$  desde el muro de arranque hasta el cabezo.

Se deberá empotrar a partir de los 7.0 metros de profundidad contados desde el fondo marino, lo que hace indispensable el pleno conocimiento de las condiciones del subsuelo.

Para la elaboración de mezclas de concreto en las estructuras vigas, losas y demás estructuras en general se recomienda el uso de cemento Pórtland tipo V, debido a que es una obra en contacto directo con el mar.

La prueba de carga es la única manera de verificar si el pilote soportará las cargas para las que han sido diseñadas por el calculista, por tanto se recomienda la realización de esta prueba para todo tipo de cimentación profunda.

## BIBLIOGRAFIA

ALVA HURTADO, JORGE E. "CIMENTACIONES PROFUNDAS", CISMID FIC-UNI, Lima 1993

CHAPARRO MENDEZ, JOSE ALEX. "CIMENTACION DE UN MUELLE EN FONDO ROCOSO", Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Lima, 1989

DELGADO VARGAS, MANUEL. "INGENIERIA DE FUNDACIONES-Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá 2005

FUENTES ORTIZ, CESAR. "INGENIERIA PORTUARIA", Editorial Coper, Lima, 2001

GARCIA VALCARCEL, JOSE. "MANUAL DE EDIFICACION-Mecánica de los terrenos y cimientos", Editorial CIE Inversiones Editoriales Dossat, Madrid 2000-2003


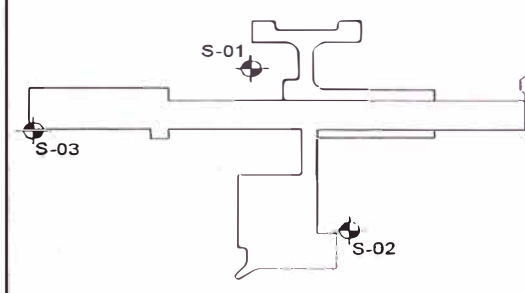
GUILLEN, N. "CAPACIDAD ÚLTIMA DE CARGA DE PILOTES EN CARGA AXIAL", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1994

ZEEVAERT LEONARDO, "INTERACCION SUELO ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN", Editorial Limusa, México 1980.


## ANEXOS

Ensayo de Penetración Estándar SPT – Sondaje S-01  
Ensayo de Penetración Estándar SPT – Sondaje S-02  
Ensayo de Penetración Estándar SPT – Sondaje S-03  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-01, Muestra M-01  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-01, Muestra M-02  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-01, Muestra M-03  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-02, Muestra M-01  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-02, Muestra M-02  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-02, Muestra M-03  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-03, Muestra M-01  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-03, Muestra M-02  
Análisis Granulométrico por Tamizado – Sondaje S-03, Muestra M-03  
Límites de Consistencia – sondaje S-01, Muestra M-03  
Límites de Consistencia – sondaje S-02, Muestra M-03  
Límites de Consistencia – sondaje S-03, Muestra M-03  
Record de Hincado del Pilote de Prueba  
Prueba de Carga del Pilote de Prueba  
Plano U-01: Ubicación del Muelle “El Poseidón”  
Plano P-01: Perfil Estratigráfico.




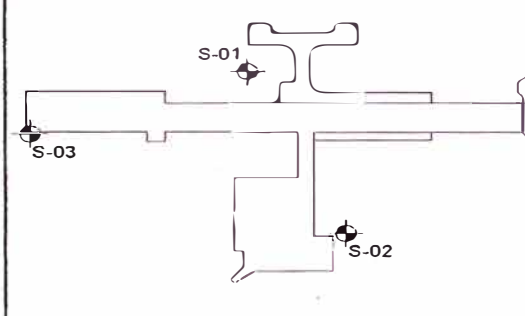
	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS</b></p>	<p><b>SONDAJE: S-01</b></p>
<p><b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"</p>		
<p><b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.</p>		
<p><b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA - DPTO LIMA</p>		
<p><b>PROFUNDIDAD DEL FONDO MARINO:</b> 5.00 m</p>	<p><b>HECHO POR:</b> M.C.S I.M.R</p>	
<p><b>PROFUNDIDAD DE PERFORACION:</b> 5.50 m</p>		
<p><b>OBSERVACIONES:</b></p>		

PROF. (m)	NUMERO DE GOLPES SPT (N)		GRAFICO DE GOLPES					SIMBOLO	DESCRIPCION				
	0' - 6'	6' - 12'	12' - 18'	Nº	Nº	10	20				30	40	60
0.0												0.00 - 0.50 m <b>MATERIAL SUELTO</b> Material con arena fina restos de conchuelas.	0.0
0.5												0.50 - 1.50 m <b>ARENA (SP)</b> Arena mal graduada, saturada con presencia de gravas finas esporadicas de forma angulosa y color marron	0.5
1.0	--	--		9	5								1.0
1.5	--	--											1.5
2.0	--	--		15	9								2.0
2.5	--	--											2.5
3.0	--	--		40	24								3.0
3.5	--	--											3.5
4.0	--	--		65	39								4.0
4.5	--	--											4.5
5.0	--	--		N>50	N>50							4.50 m - en adelante <b>ROCA</b>	5.0
5.5												FIN DEL ENSAYO	5.5
6.0													6.0
6.5													6.5
7.0													7.0

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS</b>	<b>SONDAJE:</b> <b>S-02</b>
<b>ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR SPT (ASTM D 1586)</b>		
<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"		<b>DETALLE:</b> 
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.		
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA - DPTO LIMA		
<b>PROFUNDIDAD DEL FONDO MARINO:</b> 4.00 m	<b>HECHO POR:</b> M.C.S I.M.R	
<b>PROFUNDIDAD DE PERFORACION:</b> 4.90 m		
<b>OBSERVACIONES:</b>		

PROF. (m)	NUMERO DE GOLPES SPT (N)		GRAFICO DE GOLPES					SIMBOLO	DESCRIPCION											
	5'	6'	10'	12'	15'	Nf	Nc				10	20	30	40	50					
0.0																			0.00 - 0.40 m	0.0
0.5																			MATERIAL SUELTO	0.5
1.0						9	5												ARENA (SP)	1.0
1.5																			Arena mal graduada, saturada con presencia de gravas finas esporadicas de forma angulosa de color marron	1.5
2.0						15	9													2.0
2.5																				2.5
3.0																			1.85 m - 4.30 m	3.0
3.5						43	25												ARENA (SW-SM)	3.5
4.0																			Arena bien gradada con limo, saturada de color marron oscuro	4.0
4.5						N>50	N>50												4.30 m - en adelante	4.5
5.0																			ROCA	5.0
5.5																			FIN DEL ENSAYO	5.5
6.0																				6.0
6.5																				6.5
7.0																				7.0

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS</b>	SONDAJE: <b>S-03</b>
<b>ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR SPT (ASTM D 1586)</b>		

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>DETALLE:</b> 
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA - DPTO LIMA	
<b>PROFUNDIDAD DEL FONDO MARINO:</b> 7.00 m	<b>HECHO POR:</b> M.C.S I.M.R
<b>PROFUNDIDAD DE PERFORACION:</b> 6.75 m	
<b>OBSERVACIONES:</b>	

PROF. (m)	NUMERO DE GOLPES SPT (N)					GRAFICO DE GOLPES					SIMBOLO	DESCRIPCION	
	0' - 6"	6' - 12"	12' - 18"	Nt	Nc	10	20	30	40	50			
0.0											[Cross-hatch symbol]	0.00 - 0.35 m MATERIAL SUELTO	0.0
0.5											[Dotted symbol]	Material con arena fina restos de conchuelas típico del fondo marino.	0.5
1.0				10	6						[Dotted symbol]	0.35 - 2.20 m ARENA (SP)	1.0
1.5											[Dotted symbol]	Arena mal graduada, saturada con presencia de gravas finas esporadicas de forma angulosa de color marron	1.5
2.0				25	15						[Dotted symbol]		2.0
2.5											[Dotted symbol]		2.5
3.0											[Dotted symbol]		3.0
3.5				44	26						[Dotted symbol]		3.5
4.0											[Dotted symbol]	2.20 m - 6.20 m ARENA (SW-SM)	4.0
4.5				60	38						[Dotted symbol]	Arena bien gradada con limo, saturada de color marron oscuro	4.5
5.0				72	43						[Dotted symbol]		5.0
5.5											[Dotted symbol]		5.5
6.0				N>50	N>50						[Dotted symbol]		6.0
6.5											[Circular pattern symbol]	6.20 m - en adelante ROCA	6.5
7.0												FIN DEL ENSAYO	7.0



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

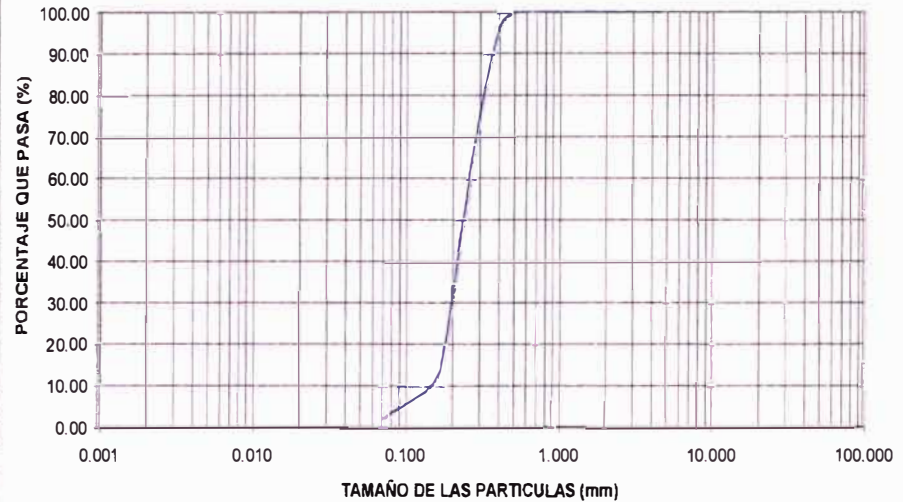
<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 01
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 01
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.00 - 0.50 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	1.190	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 40	0.590	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.426	38.40	2.56	2.56	97.44
Nº 80	0.297	384.00	25.60	28.16	71.84
Nº 100	0.177	846.00	56.40	84.56	15.44
Nº 200	0.149	84.00	5.60	90.16	9.84
Menos Nº 200	0.074	112.50	7.50	97.66	2.34
TOTAL	-	1.500.00			

<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	0.00 - 0.50 m
Material con arena fina con restos de conchuelas típico del fondo marino	
Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	-
Índice Plástico (IP)	NP

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



**OBSERVACIONES:**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

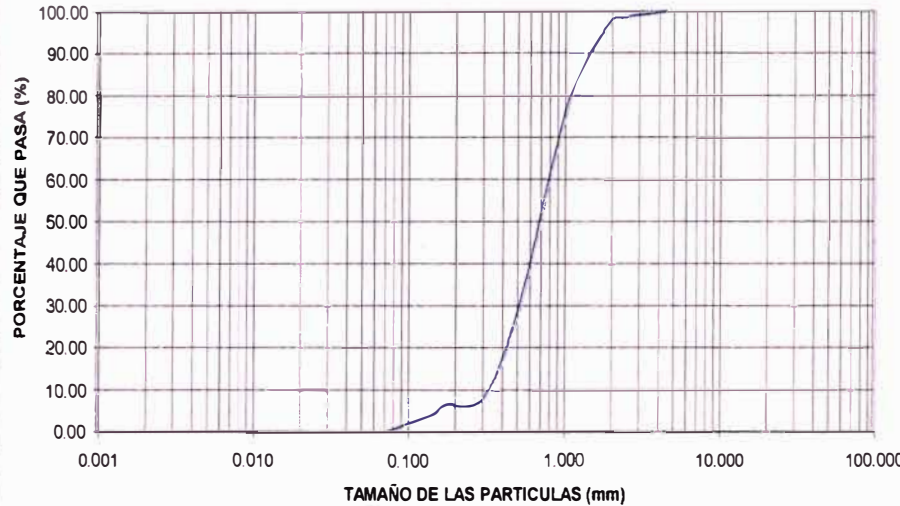
<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 01
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 02
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 - 1.50 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°4	4.760				100.00
N° 6	3.360	11.40	0.76	0.76	99.24
N° 8	2.380	10.50	0.70	1.46	98.54
N° 10	2.000	10.80	0.72	2.18	97.82
N° 20	1.190	225.90	15.06	17.24	82.76
N° 30	0.840	304.65	20.31	37.55	62.45
N° 40	0.590	383.40	25.56	63.11	36.89
N° 50	0.426	270.45	18.03	81.14	18.86
N° 80	0.297	170.40	11.36	92.50	7.50
N° 100	0.177	16.35	1.09	93.59	6.41
N° 200	0.149	32.55	2.17	95.76	4.24
Menos N° 200	0.074	63.60	4.24	100.00	0.00
TOTAL	-	1,500.00			

<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	0.50 - 1.50 m
Arena mal graduada con limo, saturada con presencia de gravas finas esporadicas de forma angulosa de color marron	
Límite Líquido (LL)	--
Límite Plástico (LP)	--
Índice Plástico (IP)	NP
Clasific. SUCS	SP

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



**OBSERVACIONES:**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

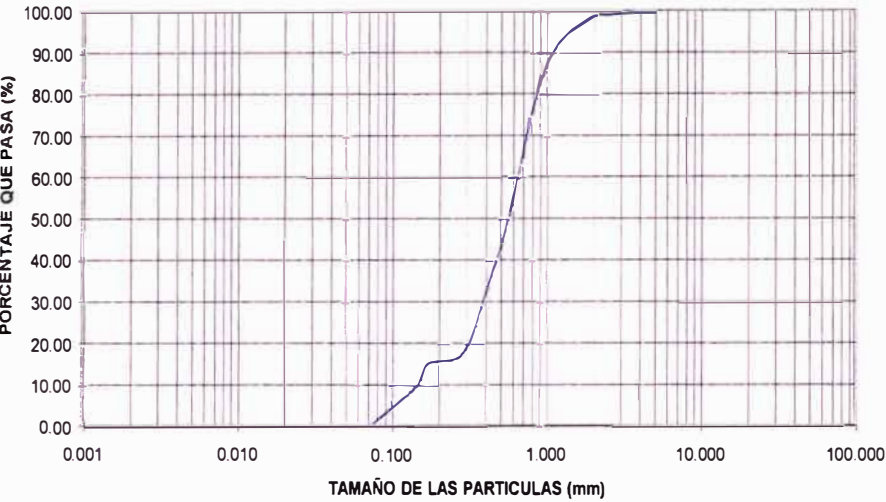
<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 01
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 03
<b>UBICACIÓN:</b> GALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50 - 4.50 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	10.65	0.71	0.71	99.29
Nº 8	2.380	5.70	0.38	1.09	98.91
Nº 10	2.000	3.60	0.24	1.33	98.67
Nº 20	1.190	103.80	6.92	8.25	91.75
Nº 30	0.840	217.20	14.48	22.73	77.27
Nº 40	0.590	391.95	26.13	48.86	51.14
Nº 50	0.426	264.60	17.64	66.50	33.50
Nº 80	0.297	234.15	15.61	82.11	17.89
Nº 100	0.177	38.25	2.55	84.66	15.34
Nº 200	0.149	82.35	5.49	90.15	9.85
Menos Nº 200	0.074	147.75	9.85	100.00	0.00
TOTAL	-	1,500.00			

<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	1.50 - 4.50 m
Arena media bien gradada con limo, saturada de color marrón oscuro	
Límite Líquido (LL)	38.26%
Límite Plástico (LP)	22.75%
Índice Plástico (IP)	15.51%
Clasific. SUCS	SW - SM

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARELLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



**OBSERVACIONES:**



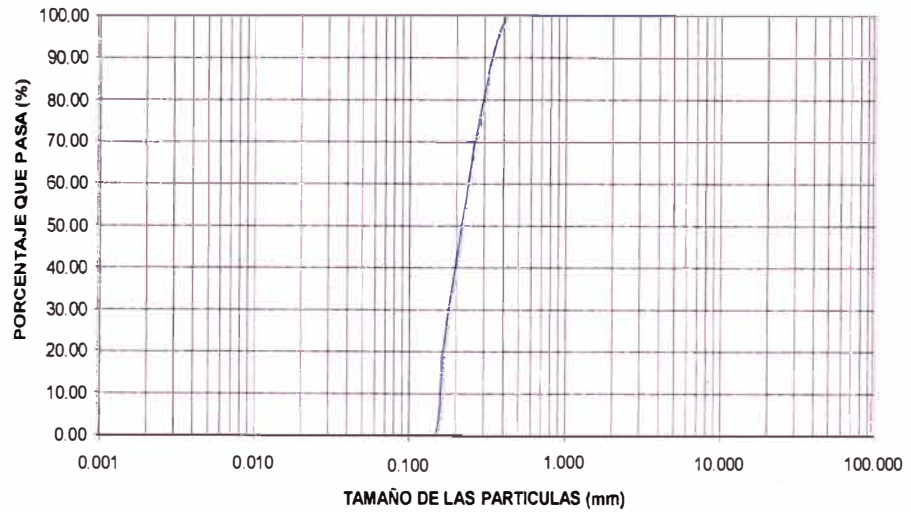
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 02
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 01
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.00 - 0.40 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	1.190	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 40	0.590	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.426	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 80	0.297	339.75	22.65	22.65	77.35
Nº 100	0.177	789.75	52.65	75.30	24.70
Nº 200	0.149	398.85	26.59	101.89	-1.89
Menos Nº 200	0.074	252.00	16.80	118.69	-18.69
<b>TOTAL</b>	-	<b>1,500.00</b>			

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	0.00 - 0.40 m
Material con arena fina con restos de conchuelas típico del fondo marino	
Limite Líquido (LL)	--
Limite Plástico (LP)	--
Indice Plástico (IP)	NP

**OBSERVACIONES:**



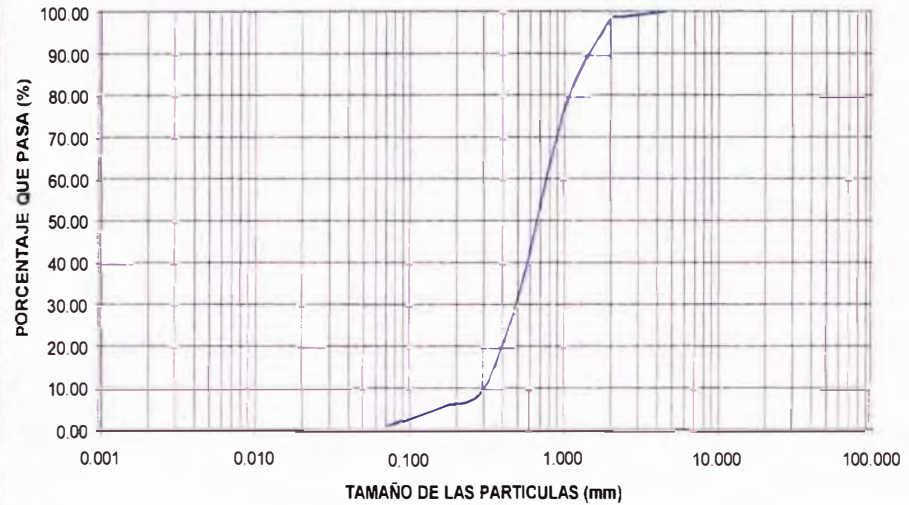
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 02
<b>CUENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 02
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.40 - 1.85 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	9.80	0.70	0.70	99.30
Nº 8	2.380	9.10	0.65	1.35	98.65
Nº 10	2.000	9.94	0.71	2.06	97.94
Nº 20	1.190	209.72	14.98	17.04	82.96
Nº 30	0.840	260.40	18.60	35.64	64.36
Nº 40	0.590	348.46	24.89	60.53	39.47
Nº 50	0.426	246.12	17.58	78.11	21.89
Nº 80	0.297	178.92	12.78	90.89	9.11
Nº 100	0.177	40.18	2.87	93.76	6.24
Nº 200	0.149	15.96	1.14	94.90	5.10
Menos Nº 200	0.074	58.80	4.20	99.10	0.90
TOTAL	-	1.400.00			

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARELLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	0.40 - 1.85 m
Arena mal graduada con limo, saturada con presencia de gravas finas esporádicas de forma angulosa de color marrón	
Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	-
Índice Plástico (IP)	NP
Clasific: SUCS	SP

**OBSERVACIONES:**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

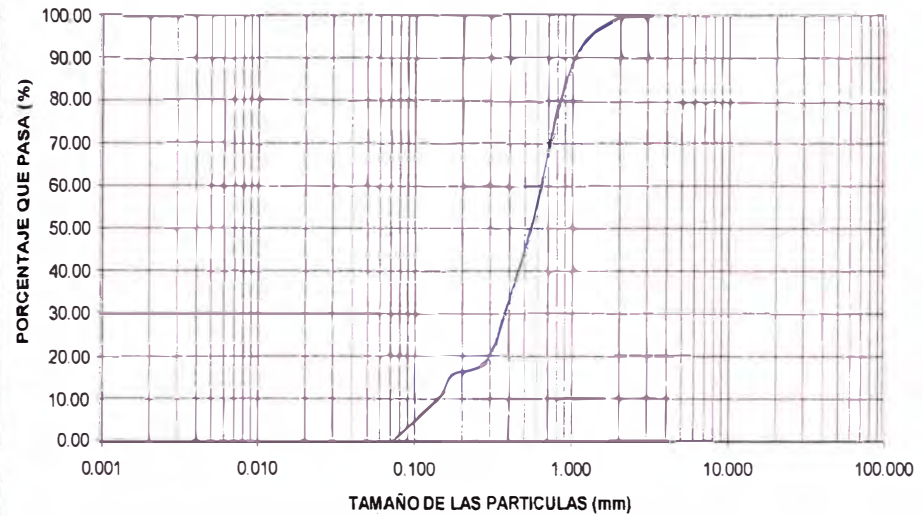
<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 02
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 03
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.85 - 4.30 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°4	4.760				
N° 6	3.360				100.00
N° 8	2.380	2.76	0.23	0.23	99.77
N° 10	2.000	4.44	0.37	0.60	99.40
N° 20	1.190	76.08	6.34	6.94	93.08
N° 30	0.840	175.80	14.65	21.59	78.41
N° 40	0.590	310.44	25.87	47.46	52.54
N° 50	0.426	211.20	17.60	65.06	34.94
N° 80	0.297	190.80	15.90	80.96	19.04
N° 100	0.177	40.68	3.39	84.35	15.65
N° 200	0.149	61.68	5.14	89.49	10.51
Menos N° 200	0.074	126.00	10.50	99.99	0.01
TOTAL	-	1,200.00			

<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	1.85 - 4.30 m
Arena media bien gradada con limo, saturada de color marron oscuro	
Límite Líquido (LL)	36.70%
Límite Plástico (LP)	21.92%
Índice Plástico (IP)	14.78%
Clasific. SUCS	SW - SM

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



**OBSERVACIONES:**

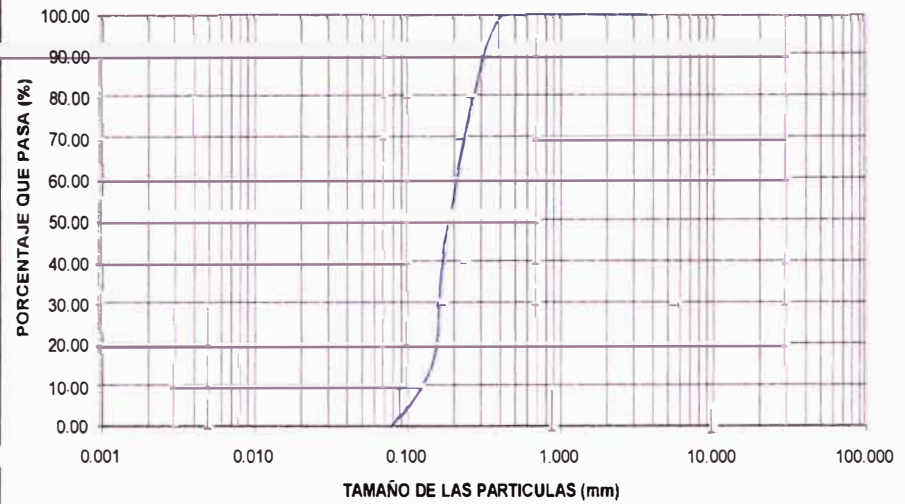


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 03
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 01
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.00 - 0.35 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	1.190	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 40	0.590	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.426	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 80	0.297	235.20	15.68	15.68	84.32
Nº 100	0.177	640.35	42.69	58.37	41.63
Nº 200	0.149	398.85	26.59	84.96	15.04
Menos Nº 200	0.074	252.00	16.80	101.76	-1.76
TOTAL	-	1,500.00			

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS								
AREJILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	0.00 - 0.35 m
Material con arena fina con restos de conchuelas típico del fondo marino	
Limite Líquido (LL)	-
Limite Plástico (LP)	-
Indice Plástico (IP)	NP

**OBSERVACIONES:**



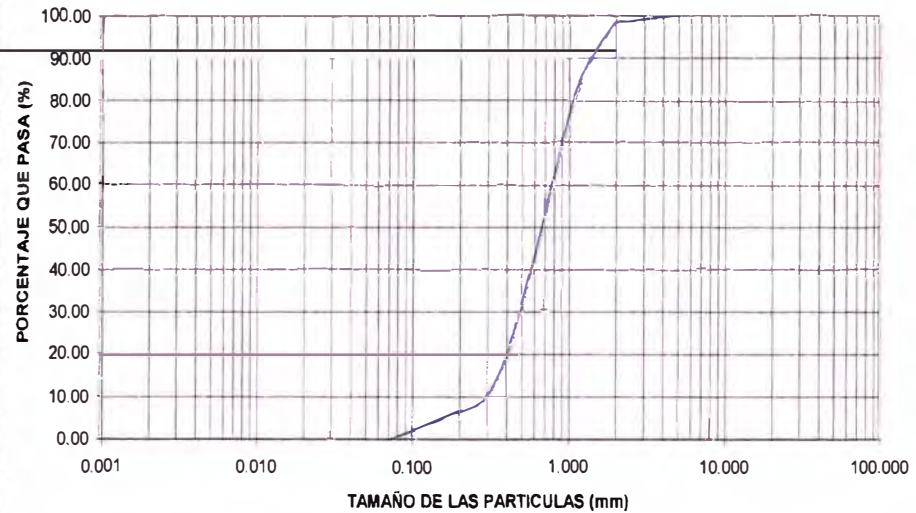
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
 TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 03
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 02
<b>UBICACIÓN:</b> GALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.35 - 2.20 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº4	4.760				100.00
Nº 6	3.360	8.45	0.65	0.65	99.35
Nº 8	2.380	9.10	0.70	1.35	98.65
Nº 10	2.000	8.84	0.68	2.03	97.97
Nº 20	1.190	179.92	13.84	15.87	84.13
Nº 30	0.840	268.84	20.68	36.55	63.45
Nº 40	0.590	304.20	23.40	59.95	40.05
Nº 50	0.426	246.35	18.95	78.90	21.10
Nº 80	0.297	153.14	11.78	90.88	9.32
Nº 100	0.177	49.92	3.84	94.52	5.48
Nº 200	0.149	16.25	1.25	95.77	4.23
Menos Nº 200	0.074	54.99	4.23	100.00	0.00
TOTAL	-	1.300.00			

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	LIMO			ARENAS			GRAVAS	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



**Descripción Muestras:**  
 Prof: 0.35 - 2.20 m  
 Arena mal graduada con limo, saturada con presencia de gravas finas esporádicas de forma angulosa de color marrón

Límite Líquido (LL)	--
Límite Plástico (LP)	--
Índice Plástico (IP)	NP
Clasific. SUCS	SP

**OBSERVACIONES:**

PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS INSITU, APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON" - ASPECTOS GEOTECNICOS  
 CABALLERO SANCHEZ JAIME



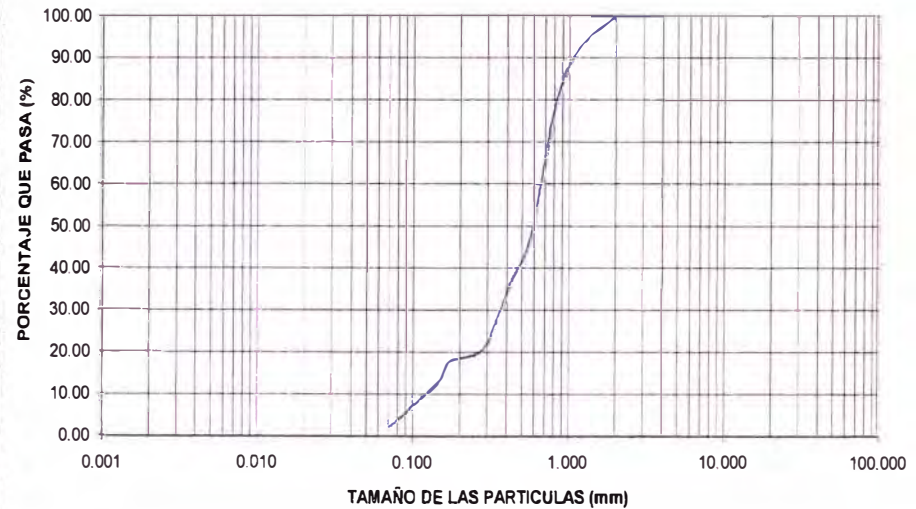
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	<b>SONDAJE:</b> S - 03
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>MUESTRA:</b> M - 03
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>PROFUNDIDAD:</b> 2.20 - 6.20 m

TAMICES	Tamiz (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMUL.	ACUMUL. PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°4	4.760				
N° 6	3.360				100.00
N° 8	2.380	3.08	0.22	0.22	99.78
N° 10	2.000	4.76	0.34	0.56	99.44
N° 20	1.190	102.90	7.35	7.91	92.09
N° 30	0.840	189.84	13.56	21.47	78.53
N° 40	0.590	427.84	30.56	52.03	47.97
N° 50	0.426	175.84	12.56	64.59	35.41
N° 80	0.297	200.90	14.35	78.94	21.08
N° 100	0.177	45.50	3.25	82.19	17.81
N° 200	0.149	71.96	5.14	87.33	12.67
Menos N° 200	0.074	147.00	10.50	97.83	2.17
TOTAL	-	1,400.00			

**DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS PARTICULAS**

ARCILLA	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
	LIMO			ARENAS			GRAVAS	



<b>Descripción Muestras:</b>	
Prof:	2.20 - 6.20 m
Arena media bien gradada con limo, saturada de color marron oscuro	
Límite Líquido (LL)	33.22%
Límite Plástico (LP)	15.81%
Índice Plástico (IP)	17.41%
Clasific. SUCS	SW - SM

**OBSERVACIONES:**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>                  TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b></p>
---	--

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>SONDAJE:</b> S - 01
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>MUESTRA:</b> M - 03

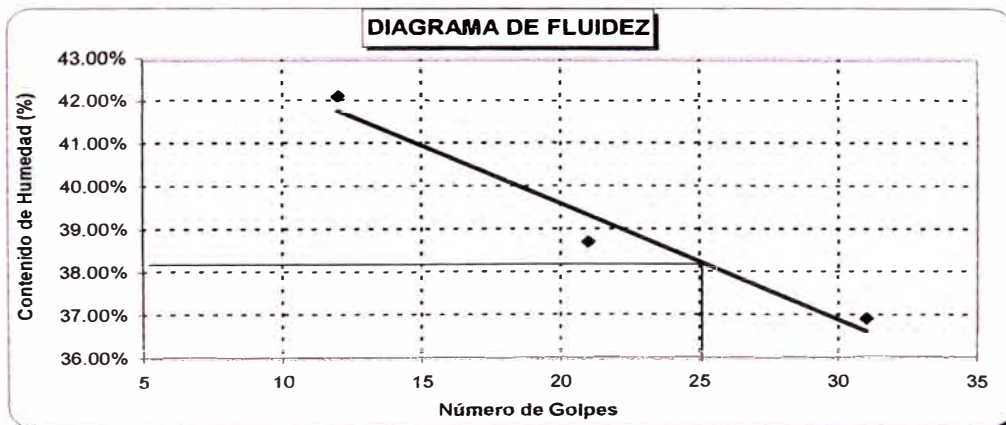
**LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318)**

ENSAYO	1	2	3	4
Nº DE GOLPES	12	21	31	
Suelo húmedo + tarro	37.68	37.39	36.56	
Suelo seco + tarro	28.85	29.79	29.68	
Peso de agua	8.83	7.60	8.88	
Peso del tarro	7.87	10.15	11.04	
Peso del suelo seco	20.98	19.64	18.64	
Humedad %	42.09%	38.70%	36.91%	

<b>LL</b>	38.26%
<b>LP</b>	22.75%
<b>IP</b>	15.51%

**LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318)**

ENSAYO	1	2	3	4
Suelo húmedo + tarro	18.84			
Suelo seco + tarro	17.30			
Peso del agua	1.54			
Peso del tarro	10.53			
Peso suelo seco	6.77			
Humedad %	22.75%			



**OBSERVACIONES:**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b></p>
---	--

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>SONDAJE:</b> S - 02
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>MUESTRA:</b> M - 03

**LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318)**

ENSAYO	1	2	3	4
Nº DE GOLPES	13	18	32	
Suelo húmedo + tarro	38.79	38.43	37.56	
Suelo seco + tarro	27.56	29.78	31.89	
Peso de agua	11.23	8.85	5.67	
Peso del tarro	8.89	11.46	8.75	
Peso del suelo seco	18.67	18.32	23.14	
Humedad %	60.15%	47.22%	24.50%	

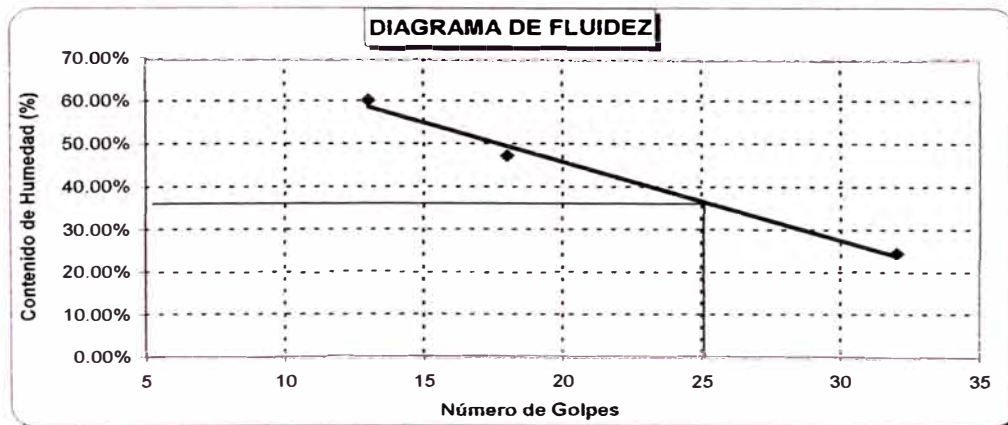
<b>LL</b>	36.70%
-----------	--------

<b>LP</b>	21.92%
-----------	--------

<b>IP</b>	14.78%
-----------	--------

**LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318)**

ENSAYO	1	2	3	4
Suelo húmedo + tarro	20.58			
Suelo seco + tarro	18.43			
Peso del agua	2.15			
Peso del tarro	8.62			
Peso suelo seco	9.81			
Humedad %	21.92%			



**OBSERVACIONES:**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"	
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>SONDAJE:</b> S - 03
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>MUESTRA:</b> M - 03

**LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318)**

ENSAYO	1	2	3	4
Nº DE GOLPES	10	19	28	
Suelo húmedo + tarro	37.62	40.56	28.46	
Suelo seco + tarro	27.46	31.48	24.58	
Peso de agua	10.16	9.08	3.88	
Peso del tarro	10.86	12.56	9.46	
Peso del suelo seco	16.60	18.92	15.12	
Humedad %	61.20%	47.99%	25.66%	

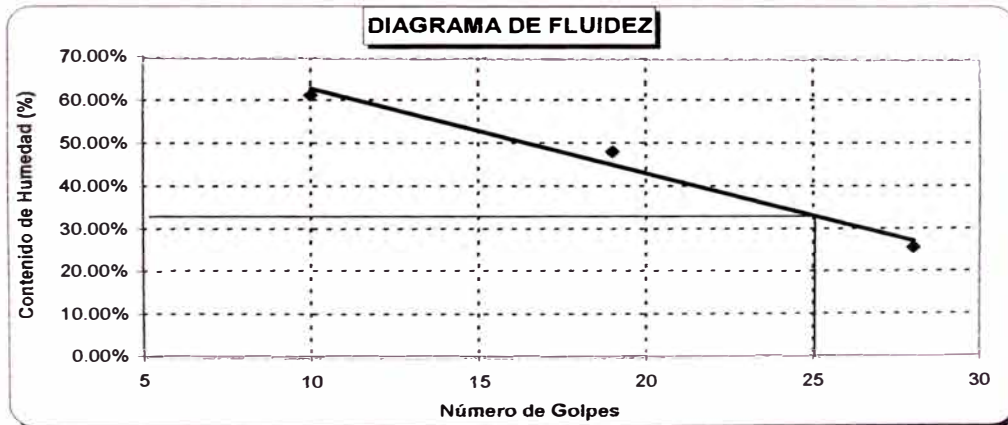
LL 33.22%

LP 15.81%

IP 17.41%

**LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318)**

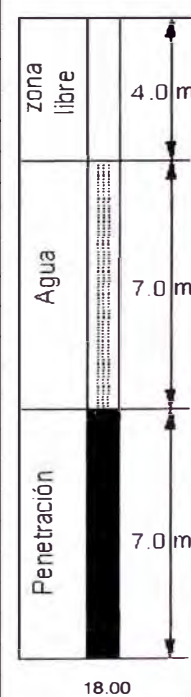
ENSAYO	1	2	3	4
Suelo húmedo + tarro	30.16			
Suelo seco + tarro	27.48			
Peso del agua	2.68			
Peso del tarro	10.53			
Peso suelo seco	16.95			
Humedad %	15.81%			



**OBSERVACIONES:**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS <b>RECORD DE HINCADO</b></p>
---	---

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS INSITU - APLICACION MUELLE "EL POSEIDON"			
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.		<b>RECORD DE CLAVADO:</b> PILOTE DE PRUEBA	
<b>UBICACION:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA		<b>POR:</b> J.C.S.	<b>FECHA:</b> 20/09/1994
<b>PAG:</b>			

Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 15 cm	Pilote Nº: PRUEBA
		65	13	80		95		10.00		25		Sección: TUBO 11"
	EXC.	80	14	95		18.10m		25.00		40		Peso: 1100 Kg
	P.P.	95	16	12.10m		25		40.00		55		Tipo de Pilote: Acero
	P+M	6.10m	17	25		40		55.00		70		Hora Iniciado: 10.42 am
00	1	25	19	40		55		70.00		85		Hora terminado: 11.12 am
15	1	40	23	55		70		85.00		30.00m		Martillo: Caída Libre 920Kg
30	1	55	24	70		85		24.00m		15		Energía: 4,600.00
45	1	70	25	85		19.00m		15.00		30		Carga especificada: 143,000lb
60	2	85	25	13.00m		15		30.00		45		Carga de clavado: 143,000lb
75	2	7.00m	25	15		30		45.00		60		
90	2	15		30		45		60.00		75		
1.05m	2	30		45		60		75.00		90		
20	2	45		60		75		90.00		31.05m		
35	2	60		75		90		25.05m		20		
50	3	75		90		20.05m		20.00		35		
65	3	90		14.05m		20		35.00		50		
80	3	8.05m		20		35		50.00		65		
95	2	20		35		50		65.00		80		
2.10m	2	35		50		65		80.00		95		
25	2	50		65		80		95.00		32.10m		
40	2	65		80		95		26.10m		25		
55	2	80		95		21.10m		25.00		40		
70	4	95		15.10m		25		40.00		55		
85	4	9.10m		25		40		55.00		70		
3.00m	4	25		40		55		70.00		85		
15	5	40		55		70		85.00		33.00m		
30	5	55		70		85		27.00m		15		
45	5	70		85		22.00m		15.00		30		
60	5	85		16.00m		15		30.00		45		
75	5	10.00m		15		30		45.00		60		
90	6	15		30		45		60.00		75		
4.05m	7	30		45		60		75.00		90		
20	7	45		60		75		90.00		34.05m		
35	8	60		75		90		28.05m		20		
50	8	75		90		23.05m		20.00		35		
65	9	90		17.05m		20		35.00		50		
80	9	11.05m		20		35		50.00		65		
95	10	20		35		50		65.00		80		
5.10m	10	35		50		65		80.00		95		
25	12	50		65		80		95.00		35.10m		
40	12	65		80		95		29.10m		25		

EXC: Excavación      P.P.: Peso propio pilote      P+M: Pílole + Martillo

OBSERVACIONES:





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**  
**PRUEBA DE CARGA (ASTM D-1143-57T)**

<b>PROYECTO:</b> PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU - APLICACIÓN MUELLE "EL POSEIDON"		
<b>CLIENTE:</b> EMPRESA POSEIDON S.A.	<b>HORA DE INICIO:</b> 9:30 DE LA MAÑANA DEL 21 SEPTIEMBRE DEL 1994	<b>CARGA DE PRUEBA:</b> 130.62 tn
<b>UBICACIÓN:</b> CALETA LOBO VARADO - DISTRITO DE PUCUSANA, DPTO LIMA	<b>HORA DE TERMINO:</b> 7:30 DE LA MAÑANA DEL 22 SEPTIEMBRE DEL 1994	<b>CARGA DE DISEÑO:</b> 65.31 tn

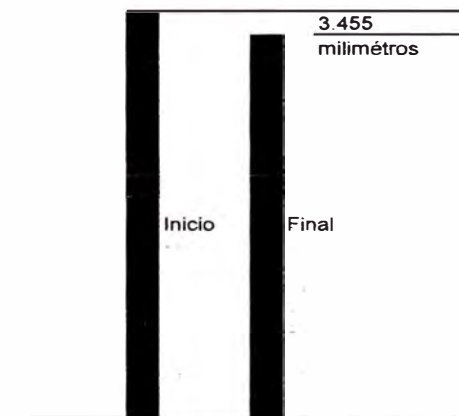
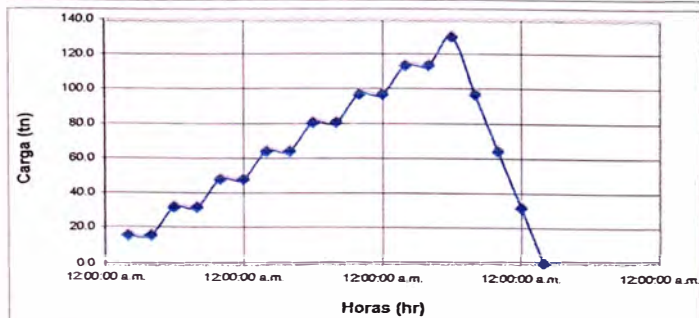
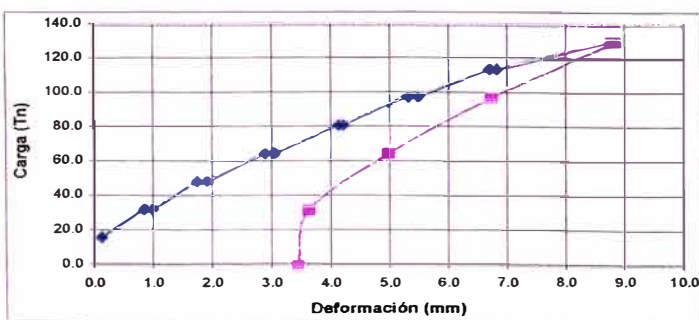
Horas	Carga (Tn)	Calibrador N° 01 (mm)	calibrador N° 02 (mm)	D1	D2	D1+D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)
09:30 a.m.		10.00	25.35				
09:30 a.m.	16.33	9.79	25.29	0.21	0.06	0.27	0.135
10:30 a.m.	16.33	9.79	25.29	0.21	0.06	0.27	0.135
10:30 a.m.	32.66	9.40	24.24	0.60	1.11	1.71	0.855
11:30 a.m.	32.66	9.29	24.08	0.71	1.27	1.98	0.990
11:30 a.m.	48.98	8.51	23.33	1.49	2.02	3.51	1.755
12:30 p.m.	48.98	8.35	23.18	1.65	2.17	3.82	1.910
12:30 p.m.	65.31	7.45	22.10	2.55	3.25	5.80	2.900
01:30 p.m.	65.31	7.29	21.94	2.71	3.41	6.12	3.060
01:30 p.m.	81.64	6.20	20.86	3.80	4.49	8.29	4.145
02:30 p.m.	81.64	6.05	20.86	3.95	4.49	8.44	4.220
02:30 p.m.	97.97	5.12	19.60	4.88	5.75	10.63	5.315
03:30 p.m.	97.97	4.94	19.44	5.06	5.91	10.97	5.485
03:30 p.m.	114.29	3.67	18.25	6.33	7.10	13.43	6.715
04:30 p.m.	114.29	3.48	18.20	6.52	7.15	13.67	6.835
04:30 p.m.	130.62	1.73	16.05	8.27	9.30	17.57	8.785

**LECTURAS DESPUES DE 12 HORAS DE MANTENIDA LA CARGA**

Horas	Carga (Tn)	Calibrador N° 01 (mm)	calibrador N° 02 (mm)	D1	D2	D1+D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)
04:30 a.m.	130.62	1.68	15.98	8.32	9.37	17.69	8.845

**DESCARGA (Lecturas despues de 12 horas de mantenida la carga)**

Horas	Carga (Tn)	Callbrador N° 01 (mm)	calibrador N° 02 (mm)	D1	D2	D1+D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)
04:30 a.m.	97.97	3.68	18.19	6.32	7.16	13.48	6.740
05:30 a.m.	65.31	5.18	20.19	4.82	5.16	9.98	4.990
06:30 a.m.	32.66	6.38	21.69	3.62	3.66	7.28	3.640
07:30 a.m.	0.00	6.30	22.14	3.70	3.21	6.91	3.455

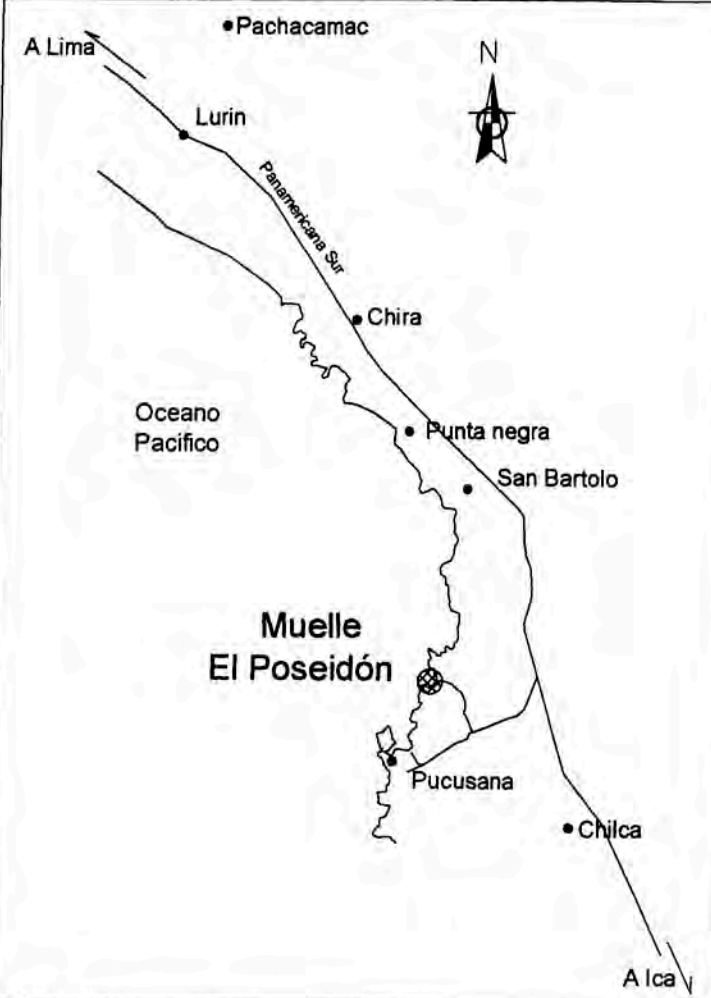
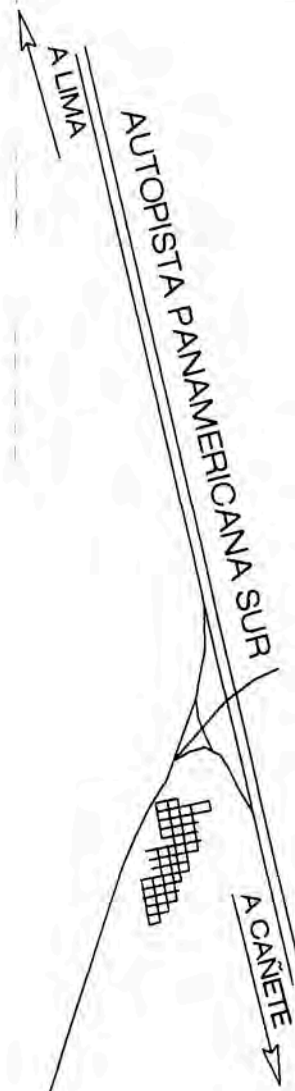




OCEANO PACIFICO



PUCUSANA



PROYECTO:  
PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTOS ENFUNDADOS VACIADOS  
IN SITU, APLICACION MUELLE "EL POSEIDON"

UBICACION: Playa Lobo Varado - Distrito de Pucusana  
Prov. de Lima - Dpto. de Lima

PLANO: UBICACION

PLANO N°  
U-01

REVISADO: DIBUJO: JCS ESCALA: FECHA:

TRAMO 1

TRAMO

TRAMO 3

PUENTE

PUENTE

CABEZO

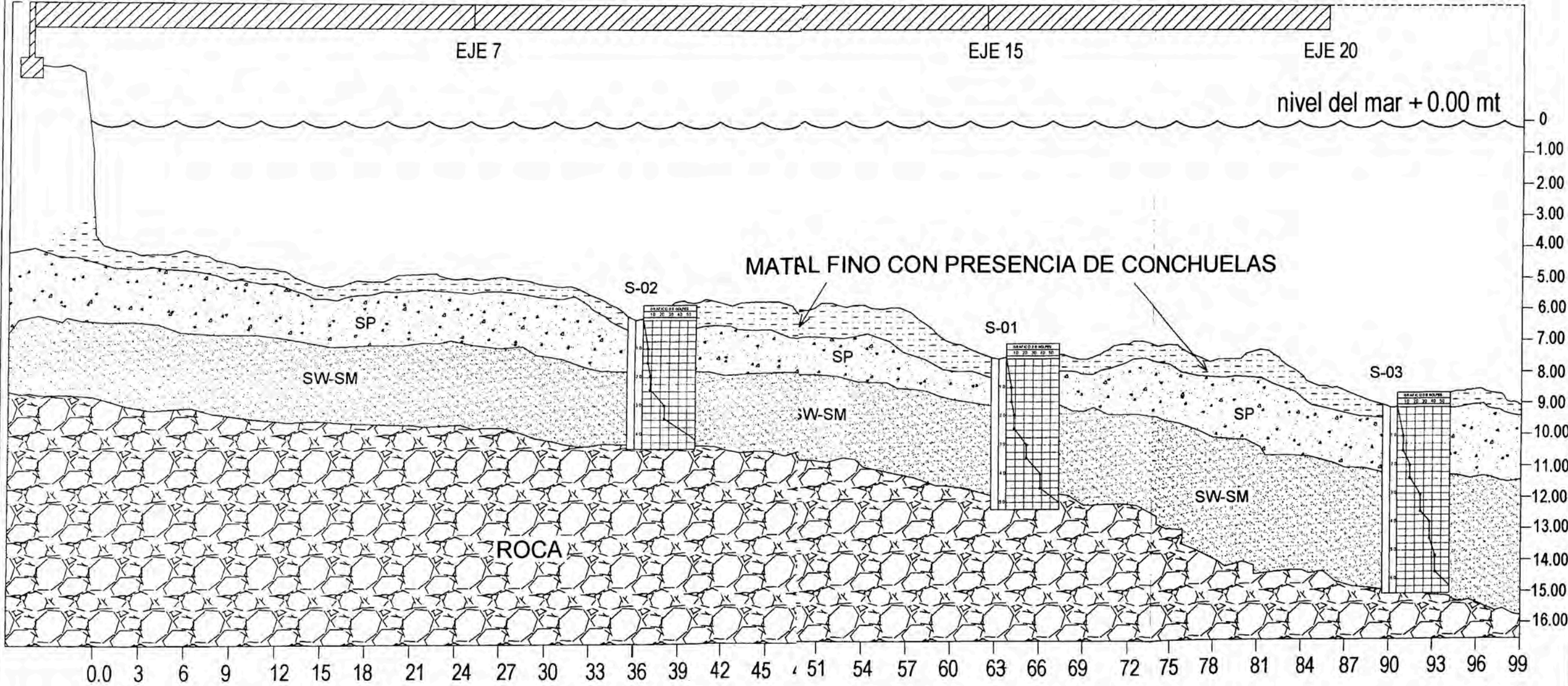
nivel del muelle + 4.00 mt

EJE 7

EJE 15

EJE 20

nivel del mar + 0.00 mt



PROYECTO:

PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUELLES CON PILOTES ENFUNDADOS VACIADOS IN SITU, APLICACION MUELLE "EL POSEIDON"

UBICACION:

Playa Lobo Varado - Distrito de Pucusana  
Prov. de Lima - Dpto. de Lima

PLANO:

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PLANO N°

P-01

REVISADO:

DIBUJO:

Jacs

ESCALA:

FECHA: