

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO RESIDENCIAL ANDALUZ EN EL DISTRITO PUENTE  
PIEDRA**

**ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**YESENIA ROSMERY PITA SARMIENTO**

**Lima- Perú**

**2008**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>ix</b>
<b>CAPITULO I RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>1</b>
1.1. Ubicación	1
1.2. Linderos	2
1.3. Levantamiento Topográfico	2
1.4. Estudio de Suelos	4
1.5. Estudios de la oferta	4
1.6. Arquitectura	6
1.7. Características estructurales	7
1.8. Instalaciones sanitarias	8
1.9. Instalaciones eléctricas	9
1.10. Análisis económico financiero	10
<b>CAPÍTULO II ALCANCES DEL ESTUDIO</b>	<b>12</b>
2.1 Características estructurales del proyecto	12
<b>CAPÍTULO III TRABAJOS EFECTUADOS</b>	<b>14</b>
3.1. Trabajos de campo	14
3.2. Ensayos de laboratorio	14
3.3. Ubicación del Proyecto	15
3.3.1 Ubicación	15
3.3.2 Linderos del terreno	16
3.4 Levantamiento Topográfico	16
3.4.1 Características del terreno	17
3.5 Perfil del suelo	17
3.6 Nivel de la Napa Freática	21
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN</b>	<b>22</b>
4.1. Profundidad de Cimentación	22
4.2. Presión Admisible	22
4.3. Asentamientos	25

4.4.	Expansión	27
4.5.	Colapso	27
4.6.	Sismicidad	29
4.7.	Agresividad del suelo	30
<b>CAPÍTULO V PARÁMETROS PARA DISEÑO DE LAS OBRAS DE SOSTENIMIENTO</b>		<b>31</b>
<b>CAPÍTULO VI DISEÑO DE PAVIMENTO</b>		<b>33</b>
<b>CAPÍTULO VII ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PAVIMENTOS</b>		<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## RESUMEN

El Proyecto Inmobiliario Residencial ANDALUZ se ubica en el fundo Chavarria, en la Av. Puente Piedra Sur N° 443 en el Distrito Puente Piedra, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

El terreno presenta un área total de 20,640.00 m<sup>2</sup> de los cuales utilizaremos para una primera etapa un área de 10,122.96 m<sup>2</sup>

El condominio residencial consta de 8 torres, de 5 pisos cada torre y 4 departamentos por piso, haciendo un total de 160 departamentos. El terreno, según los parámetros urbanísticos está destinado para uso residencial – comercial, dentro de la arquitectura del proyecto estamos considerando una zona para áreas verde y otra zona íntegramente para estacionamientos.

Las edificaciones comprendidas en este estudio están constituidas por estructuras de concreto armado y muros de ductilidad limitada.

La edificación trasmite sus cargas al terreno mediante la cimentación, por lo que debemos tener especial cuidado en la elección del tipo de cimentación teniendo en cuenta la gran densidad de muros presentes en nuestro proyecto.

El Estudio de Suelos tiene como finalidad la obtención de los parámetros con el cual diseñaremos el sistema estructural idóneo para la cimentación de nuestro proyecto, dependiendo del tipo de suelo en el que cimentaremos y los recursos que encontremos insitu, con el cual aseguremos la estabilidad, permanencia y seguridad de la obra.

El perfil del suelo encontrado es heterogéneo y está formado por un depósito fluvial-aluvial de origen cuaternario, compuesto por suelos finos con bolsones de suelos granulares bajo una capa superficial de relleno artificial.

En la superficie se encuentra una capa de relleno artificial compuesto por arcilla gravillada, basura y desmonte de construcción, losas de concreto o material tipo afirmado. Este relleno artificial llega hasta profundidades variables entre 0.20 y

0.50m. Dada la naturaleza de este tipo de material artificial, su profundidad puede variar respecto a la encontrada en las perforaciones.

El suelo natural encontrado está compuesto por arcilla ligeramente arenosa de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro (CL) en algunas zonas se presenta con caliche o fragmentos de caracoles y restos de cerámica antigua. Este estrato de arcilla contiene bolsones erráticos de los siguientes suelos:

- Limo arcillosos de baja plasticidad, compacto, ligeramente húmedo, color marrón amarillento (ML)
- Arena fina limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, color marrón claro (SM)
- Limo arenoso no plástico, ligeramente húmedo, color marrón amarillento (ML)

En la zona comprendida en el estudio no se ha detectado la napa freática dentro de la profundidad investigada (3.00m) en la fecha que se realizó la investigación de campo (Julio del 2008)

Considerando los valores mínimos de los factores de seguridad designados por la NTE E.050 de: 3 para cargas estáticas y 2.5 durante la acción de un sismo. La capacidad de carga total última obtenida para la losa de cimentación es de:

$$q_u = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

La expansión probable de los suelos se puede determinarse evaluando el cambio de potencial de volumen en función del porcentaje de arcilla (% < 2  $\mu$  m) y del índice de plasticidad (IP).

MUESTRA	PROFUNDIDAD	IP	% < 2 $\mu$ m	RESULTADO
C-2	1-40 - 1.60 M	9	19	BAJA

Por tanto, el suelo puede presentar una expansión baja probable, al saturarse, por lo que no se requiere adicionar protección a la cimentación fuera de la usual.

El colapso de los suelos puede determinarse en función de su densidad natural seca ( $\gamma_d$ ) y del Límite Líquido (LL)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	IP	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	RESULTADO
C-2	1-40 - 1.60 M	28	19	NO COLAPSABLE

Por lo tanto, el suelo no presenta las condiciones requeridas para la ocurrencia del colapso.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones, Normas Técnicas de Edificación E.030 – Diseño Sismorresistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

Parámetro	Valor
Tipo de Suelo	S3
Período (Tp)	0.90
Ampliación de la acción sísmica (S)	1.40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1	Datos técnicos de la poligonal topográfica
Tabla 3.2	Perfil del suelo C-1
Tabla 3.3	Análisis granulométrico C-1
Tabla 3.4	Curva granulométrico C-1
Tabla 3.5	Ensayos químicos C-1
Tabla 3.6	Ensayos de clasificación C-2
Tabla 3.7	Ensayos de clasificación C-3
Tabla 3.8	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Características de los especímenes
Tabla 3.9	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen A
Tabla 3.10	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen A
Tabla 3.11	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen B
Tabla 3.12	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen B
Tabla 3.13	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen C
Tabla 3.14	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Espécimen C
Tabla 3.15	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Trayectoria de Tensiones
Tabla 3.16	Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado – Envoltente de Fallas vs. Esfuerzo desviador máximo
Tabla 3.17	Posibilidad de colapso de un suelo
Tabla 3.18	Potencial de expansión de un suelo

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Ubicación y linderos del terreno	14
Figura 3.2	Ubicación de los vértices de la poligonal topográfica	14
Figura 3.3	Planos de ubicación de calicatas	17
Figura 3.4	Calicata C-1	18
Figura 3.5	Calicata C-2	18
Figura 3.6	Calicata C-3	18
Figura 4.1	Ensayo triaxial no consolidado no drenado	26
Figura 4.2	Curva granulométrica, límites de Atterberg y clasificación unificada de suelos	28

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

c	cohesión
$\gamma$	peso específico del suelo
$D_f$	profundidad de la cimentación
B	ancho de la zapata ó longitud más pequeña de la losa
$F_{cs}, F_{qs}, F_{ys}$	factores de forma
$F_{cd}, F_{qd}, F_{yd}$	factores de profundidad
$F_{ci}, F_{qi}, F_{yi}$	factores por inclinación de la carga
$N_c, N_q, N_\gamma$	factores de capacidad de carga
$\emptyset$	ángulo de fricción
$q_u$	presión admisible
$K_{as}$	coeficiente de empuje activo en caso de sismo
$K_a$	coeficiente de empuje activo estático
$k_h$	coeficiente sísmico horizontal
$K_p$	coeficiente pasivo estático
R	factor de reducción del empuje pasivo
$W_{18}$	número de ejes de 18 Kips en el periodo de diseño
$Z_R$	desviación estándar normal
$S_0$	desviación estándar total
$\Delta PSI$	pérdida en el nivel de servicio
$M_R$	módulo de resiliencia de la subrasante
SN	número estructural de diseño
$P_t$	nivel de servicio final
D	espesor del pavimento
$S_c$	módulo de rotura del concreto
$C_d$	Factor de drenaje
K	Módulo de reacción de la subrasante
$E_c$	Módulo de elasticidad del concreto
J	Coeficiente de transferencia de carga

## INTRODUCCIÓN

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier edificación cuya función es transmitir las cargas al terreno que las soporta las acciones procedentes de la estructura. Su diseño dependerá por tanto no solo de las características del edificio sino también de la naturaleza del terreno.

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: pozos, zanjas de cimentación, encofrados, etc.

Una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como los edificios colindantes sufran asentamientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso. El presente informe detalla el desarrollo del diseño de este tipo de estructuras colocado en capítulos para definir una secuencia lógica de definición, análisis y diseño.

El primer capítulo muestra el resumen ejecutivo del proyecto en el cual se desarrolla temas relacionados con la viabilidad económica del proyecto, el estudio de mecánica de suelos, la programación de obra, la elaboración del proyecto, etc.

En el segundo capítulo se define las características estructurales del proyecto

En el tercer capítulo se muestra los trabajos así como los resultados y conclusiones obtenidas en el Estudio de Suelos.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis de la cimentación propiamente dicha definiendo profundidades de la cimentación, cargas admisibles y demás información requerida según Norma Técnica de Edificaciones E-050

En el quinto capítulo se muestra los parámetros para el diseño de las obras de sostenimiento.

En el sexto capítulo se muestra los parámetros para el diseño del pavimento, información que recopilamos durante la ejecución de la obra.

En el séptimo capítulo se describe las especificaciones técnicas que deben cumplir dichos pavimentos.

## CAPITULO I

### RESUMEN EJECUTIVO

En el distrito de Puente Piedra el desarrollo inmobiliario se acentúa sobre los núcleos urbanos mas consolidados como el centro urbano contiguo a los nuevos puentes de la Panamericana Norte, así como sobre éste eje. El mercado inmobiliario se viene instalando en esta urbe con niveles aún muy bajos por la capacidad adquisitiva de la población aspecto que viene cambiando en la última década en los distritos de Comas, Los Olivos y en esa tendencia se viene involucrando el Distrito de Puente Piedra.

Este distrito se encuentra articulado fundamentalmente por la Carretera Panamericana Norte, eje vial de ingreso a la ciudad de Lima desde el Norte del país. El distrito posee áreas consolidadas, no consolidadas, sectores agrícolas, áreas agrícolas en transición a zonas urbanizadas, sectores residenciales e importantes ejes de servicios, usos mixtos y actividades comerciales las cuales principalmente se organizan sobre el eje de la Panamericana Norte.

#### 1.1 Ubicación

El Proyecto Inmobiliario Residencial ANDALUZ se ubica al norte de Lima, en el fundo Chavarria, en la Av. Puente Piedra Sur N° 443 en el Distrito Puente Piedra, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

El terreno presenta un área total de 20,640.00 m<sup>2</sup> de los cuales utilizaremos para una primera etapa un área de 10,122.96 m<sup>2</sup>



Figura 3.1: Ubicación y linderos del terreno.

## 1.2. Linderos

El terreno limita, por el noroeste con la Calle 10 y la Calle Luis Bedoya, por el Suroeste con la Avenida Miguel Grau, por el noreste con la Panamerica Norte, por el sureste con edificaciones colindantes pertenecientes a la Cooperativa de Vivienda Palermo.

## 1.3. Levantamiento Topográfico

El terreno presenta una pendiente baja, inferior al 5%, es casi plano, la pendiente no es pronunciada, ni tiene una pendiente variable, lo cual es una ventaja ya que no se manejarán grandes volúmenes en movimiento de tierras. La diferencia de cotas está entre 94.86 y 96.73 m.s.n.m. A simple vista se puede observar un suelo del tipo arcilloso.

El terreno se encuentra situado entre las coordenadas UTM, por el:

Este: 8687621.798

Norte: 274428.030

A continuación el esquema muestra la ubicación de los vértices de la poligonal topográfica y el cuadro con los datos técnicos:

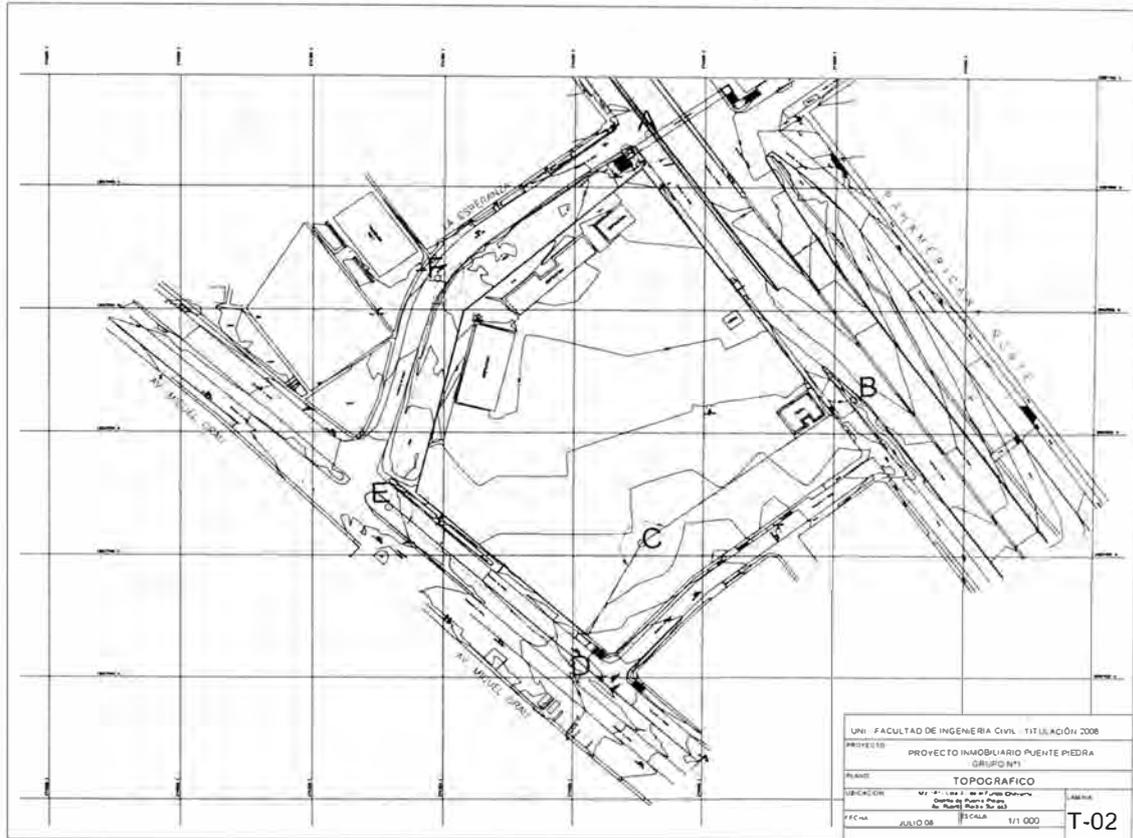


Figura 3.2: Ubicación de los vértices de la poligonal topográfica.

CUADROS DE DATOS TÉCNICOS					
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA (m)	ANGULO INTERNO	COORDENADAS	
				NORTE	ESTE
A	-----	-----		8,687,621.798	274,428.030
B	A-B	134.00	90° 01' 33"	8,687,513.802	274,507.537
C	B-C	100.00	89° 42' 48"	8,687,455.006	274,426.467
D	C-D	56.00	76° 40' 00"	8,687,405.870	274,399.605
E	D-E	95.00	120° 49' 38"	8,687,469.435	274,329.004
F	E-F	95.00	137° 26' 37"	8,687,562.635	274,347.409
A	F-A	100.00	90° 01' 33"	8,687,621.798	274,428.030
<b>TOTAL =</b>		<b>580.00</b>	<b>720°00' 00"</b>		

Tabla 3.1: Datos técnicos de la poligonal topográfica

## 1.4. Estudio de Suelos

Es de mucha importancia la identificación del suelo donde se va a cimentar.

El Estudio de Suelos tiene como finalidad la obtención de los parámetros con el cual diseñaremos el sistema estructural de la cimentación, dependiendo del tipo de suelo en el que cimentaremos y los recursos que encontremos insitu, con el cual aseguremos la estabilidad, permanencia y seguridad de la obra y sus habitantes.

De las muestras extraídas, a simple vista pudimos observar que se trata un suelo compuesto de arcilla gravillada, basura y desmonte de construcción. Los resultados del estudio de suelos nos indican que el suelo natural encontrado está compuesto por arcilla ligeramente arenosa de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro (CL).

La edificación trasmite sus cargas al terreno mediante la cimentación, por lo que debemos tener especial cuidado en la elección del tipo de cimentación teniendo en cuenta la gran densidad de muros presentes en nuestro proyecto.

Con los parámetros obtenidos de los estudios de suelos, observamos que la capacidad de carga total última para la losa de cimentación es de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual nos indica que el suelo es de baja capacidad portante.

## 1.5. Estudio de la Oferta

Para el estudio de la oferta consideramos 04 Proyectos Inmobiliarios en distintos distritos de características arquitectónicas, estructurales o socio-económicas similares a las de nuestro proyecto:

### I. Condominio Alameda Colonial

Acceso fácil por las avenidas Faucett, Universitaria, Argentina y Colonial.

Cerca de las principales universidades.

Edificios de 5 y 8 pisos.

Cómodos departamentos desde  $65 \text{ m}^2$  hasta  $84 \text{ m}^2$  aprox. Duplex desde  $131 \text{ m}^2$  aprox.

3 dormitorios, 2 baños completos.

Estacionamientos al aire libre y sótanos.

Más de 17,000 m<sup>2</sup> de áreas verdes.

Gas natural.

Costo promedio por departamento de \$31,000 dólares americanos

## **II. Condominio Fortaleza de Campoy**

Se encuentra ubicado pocas cuadras de la Av. Gran Chimú y se accede por dos ejes principales, de Oeste-Este, partiendo del centro de Lima, por la Av. Malecón Checa y por la autopista Ramiro Prialé con conexión a la altura del Km 2 con la Av. Principal (antes Av. A) y se entra a la altura del paradero Panorama, que es el último paradero de la línea 48.

El proyecto integral consta de 21,054.22m<sup>2</sup>, y se viene construyendo sobre un terreno de 20,404.50m<sup>2</sup>, consta de 51 lotes con módulos de vivienda básicos y 12 edificios multifamiliares con 240 departamentos en total.

## **III. Condominio Paseo Prado**

Se ubica en el Sub Lote 2 del Lote 1 de la Manzana A de la Urbanización las Palmas de Surco, con frente principal al Jr. Camilo N. Carrillo del distrito de Santiago de Surco.

Se compone de blocks típicos de de 5 pisos, de 4 departamentos por piso.

Cuenta con un total de 220 departamentos.

Consta de 143 estacionamientos, 95 interiores y 48 exteriores.

Los departamentos tienen un área aproximada de 74.00 m<sup>2</sup>.

Los departamentos tienen un valor promedio de \$ 28,000.00

## **IV. Residencial Las Torres de Los Olivos**

Se ubica en Av. Alfredo Mendiola cdra. 68, en el distrito de Los Olivos.

Se compone de 29 edificios multifamiliares de 9 pisos.

Cuenta con un total de 1008 departamentos.

Consta de 336 estacionamientos.

Los departamentos tienen un área aproximada de 74.00 m<sup>2</sup>.

Los departamentos tienen un valor promedio de \$ 25,000.00

El proyecto residencial Andaluz tiene los departamentos de 98.7m<sup>2</sup>, más amplios que la mayoría de los proyectos, esto se debe a que notamos que en las zonas aledañas la gente tiene por costumbre residir en casas amplias.

Cada departamento contará con tres dormitorios y uno de servicio. Con la presencia de áreas de recreación.

El proyecto tiene una buena ubicación y con gran proyección, por el fácil acceso a la vía de transporte, áreas verdes, cercanía de centros educativos y próximos centros comerciales.

Es por estas razones que optamos por un precio de venta de \$32,000.00 dólares americanos.

## 1.6. Arquitectura

En el siguiente cuadro se muestra los parámetros para esa zona que requiere la municipalidad y de las características de nuestro proyecto.

CUADRO NORMATIVO			
PARÁMETROS	MUNICIPALIDAD DE PUENTE PIEDRA	PROYECTO	STATUS
ÁREA TERRITORIAL	Distrito de Puente Piedra	Distrito de Puente Piedra	
ZONIFICACIÓN	CZ Comercial Zonal	CZ Comercial Zonal	
USOS PERMITIDOS	Comercial, Residencial de Densidad Media, Residencial de Densidad Alta y los señalados en el Índice de Usos para la Ubicación de Actividades Urbanas	Residencial de Densidad Media	CUMPLE
TIPO DE DENSIDAD	Densidad Media	Densidad Media	CUMPLE
DENSIDAD NETA	810 Hab/Ha	800 Hab/Ha	CUMPLE
ÁREA LIBRE	No exigible	64%	CUMPLE
ALTURA DE EDIFICACIÓN	5 Pisos. 7 Pisos (Se permitirán 7 en lotes ubicados frente a Parques y Avenidas con anchos mayores a 20m)	5 Pisos	CUMPLE
ESTACIONAMIENTOS	01 estacionamiento por cada 02 departamentos	106 Estacionamientos	CUMPLE
RETIROS	Frontal en Vía Expresa Panamericana Norte 5.00m	Frontal en Vía Expresa Panamericana Norte 5.00m	CUMPLE
	Frontal en Av. Miguel Grau 3.00m	-	CUMPLE
	Frontal en Calle 10 1.50m	Frontal en Calle 10 5.00m	CUMPLE

El proyecto está compuesto de 08 bloques de vivienda típicos, conteniendo 20 departamentos de vivienda cada bloque, lo que hace un total de 160 departamentos.

Los departamentos proyectados contarán con 3 dormitorios, 1 cuarto de servicio, una sala comedor, un baño principal, un baño de visitas y una lavandería que hacen un área total por departamento de 98.70m<sup>2</sup>

El proyecto contará con amplias áreas verdes, una zona de estacionamientos y un local de usos múltiples.

### **1.7. Características Estructurales**

El proyecto se ha considerado el diseño de una estructura con muros de ductilidad limitada haciendo uso de las adiciones hechas a la normativa peruana, específicamente la norma E060 "Concreto Armado". En dicha normativa se definen procedimientos para el diseño eficiente de este tipo de estructuras:

Dentro de las características de la estructura motivo de este informe encontramos que los muros que son de 10 cm. de espesor y que cuentan con una sola capa de acero en el centro del muro, dicho acero será el que comúnmente se utiliza en el Perú, es decir, acero dúctil grado 60.

Para el diseño de elementos de concreto armado se define el uso de concreto de resistencia a la compresión cilíndrica de  $175\text{kg/cm}^2$ . El concreto será de 8 a 10 pulgadas de asentamiento o Slump.

En el caso de las losas de entrepiso se consideran losas macizas armadas en dos sentidos con un peralte de 15 cm, con lo que estamos seguros no necesitar verificación de desplazamientos verticales.

La platea de cimentación considera un peralte de 22.5cm, el cual fue recomendado por el especialista de suelos y adicionalmente se consideraron vigas de cimentación para "anclar" la estructura al suelo de fundación.

Para el análisis de la estructura se considera los dos tipos de análisis estándar que son el análisis dinámico modal espectral y el estático de fuerzas equivalentes.

El diseño del acero para las secciones se realizó en gran parte por cuantías mínimas debido a que las fuerzas actuantes en la estructura son relativamente bajas, esto es posible a la baja relación de aspecto de la estructura y la densidad de muros.

Finalmente, en los planos se presenta la información completa del proyecto en donde se pueden ver los detalles de empalmes, dobleces y diámetros de acero.

## 1.8. Instalaciones Sanitarias

En el presente proyecto Residencial Andaluz se ha desarrollado las instalaciones sanitarias para cada edificio con un medidor por cada uno de los mismos.

La instalación de cada edificio comprende, una cisterna, un tanque elevado y salidas independientes hacia cada departamento, asimismo se contempla las instalaciones sanitarias de cada departamento, las cuales son típicas.

En lo que respecta a servicios generales se deberá desarrollar las dimensiones, ubicación y especificaciones de la cisterna y tanque elevado, ubicación de medidores, así como definir los diámetros de la tubería de succión e impulsión, la cual será típica para cada edificio.

El proyecto se ha desarrollado en base a los Planos de Arquitectura respectivos.

Para el diseño de instalaciones sanitarias se debe considerar lo siguiente:

- Los aparatos sanitarios deben abastecerse con suficiente agua y presión adecuada para que funcione satisfactoriamente en condiciones normales de uso.
- Se debe reducir los posibles puntos de contaminación del sistema de agua potable.
- Se diseñará y ajustará la instalación sanitaria para usar el mínimo de agua.
- Los equipos para calentar y almacenar agua se diseñarán, construirán e instalarán evitando los peligros de explosión por sobrecalentamiento.

Para el Residencial "Andaluz" consideramos un sistema combinado con una cisterna y tanque elevado por cada edificio, este sistema tiene las siguientes características:

- Se asegura la dotación requerida para cada edificio, pues tenemos puntos de almacenamiento en la cisterna y en el tanque elevado
- Se considera un medidor independiente por cada edificio, de tal manera que la facturación se divida entre los departamentos de un solo edificio y

- se eviten problemas por pagos de otros vecinos
- Se puede iniciar el funcionamiento de cada edificio en forma independiente, no es necesario que se culmine todo el proyecto para que los departamentos sean habitables
  - La desventaja del sistema usado para este proyecto es que tiene dos puntos de contaminación, en la cisterna y en el tanque elevado, a diferencia del sistema directo que no tiene puntos de contaminación y del sistema con cisterna y bombas hidroneumáticas que tiene sólo un punto de contaminación

### **1.9. Instalaciones Eléctricas**

El proyecto comprende el diseño de las instalaciones eléctricas de interiores para el Condominio Residencial Andaluz, compuesto por 08 bloques de vivienda típicos, conteniendo 20 Departamentos de vivienda cada bloque, haciendo un total de 160 Departamentos. Se han desarrollado las instalaciones eléctricas para cada edificio, con un banco de medidores de 21 unidades. La instalación de cada edificio comprende, redes de alimentación a los Tableros de Distribución de cada departamento y la de Servicios Generales (TD-SG), asimismo se contempla las instalaciones de los circuitos de iluminación y tomacorrientes, circuitos alimentadores del calentador eléctrico, cocina y lavadora.

Se ha desarrollado una planta general, con la ubicación de los 8 bancos de medidores para cada edificio y 01 tablero de servicios generales, para las salas de servicios múltiples y las luminarias del parque y de la zona de estacionamientos.

En lo que respecta a servicios generales se deberá desarrollar los circuitos de alumbrado, tomacorriente y alimentación a las electrobombas y el ascensor.

Asimismo se ha considerado todas las instalaciones de comunicaciones, tales como teléfono, intercomunicadores y TV- cable. (Ductos y cajas).

El proyecto se ha desarrollado en base a los Planos de Arquitectura respectivos.

## 1.10. Análisis económico financiero

En el proyecto residencial Andaluz en el distrito de Puente Piedra se realizó un estudio de mercado. El cual arroja que los departamentos de la Residencial Andaluz se pueden vender en un precio de \$32,000.00 Dólares americanos, sin contar con los estacionamientos.

### RESUMEN DE VENTAS

	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Venta</b>	<b>IGV US\$</b>	<b>Precio US\$</b>
Departamentos	160.00	4,675,799.09	444200.9136	5,120,000.00
Estacionamientos	101.00	379,057.98	36010.5081	415,068.49
<b>Total US\$</b>	<b>261.00</b>	<b>5,054,857.07</b>	<b>480,211.42</b>	<b>5,535,068.49</b>

Con lo cual tenemos el total de ventas de \$5,535,068.49 dólares americanos.

Para la determinación de gastos lo dividimos en:

- Terreno
- Proyecto
- Permisos y aspectos legales
- Construcción
- Servicios Públicos
- Supervisión y acondicionamiento
- Gasto de Gestión
- Gastos de Publicidad y ventas
- Gastos Bancarios
- Impuestos – Servicios Municipales
- Impuestos

<b>Conjunto Residencial ANDALUZ</b>				
<b>ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS</b>				
<b>EGRESOS</b>	<b>Sin IGV</b>	<b>IGV</b>	<b>TOTAL</b>	<b>% Incid.</b>
Terreno y Alcabala	521,541	-	521,541	9.42%
Proyectos - Construcción	137,873	26,196	164,069	2.96%
Permisos y Aspectos Legales	23,891	-	23,891	0.43%
Demolición	6,723	1,277	8,000	0.14%
Costo Directo Construcción	3,197,652	607,554	3,805,206	68.75%
Gastos Generales Construcción	255,812	-	255,812	4.62%
Utilidad Construcción	-	-	-	0.00%
Conexiones Domiciliares	2,367	450	2,817	0.05%
Supervisión y Acondicionamiento	5,400	1,026	6,426	0.12%
Titulación	-	-	-	0.00%
Gastos Gestión (inc. Gtos. Administrativos)	25,780	770	26,550	0.48%
Gestión Utilidad	-	-	-	0.00%
Publicidad y Comisiones de Venta	36,529	1,682	38,212	0.69%
Impuestos Municipales	11,150	-	11,150	0.20%
Gastos Bancarios	42,178	-	42,178	0.76%
Otros Egresos - Imprevistos	159,883	30,378	190,260	3.44%
Pago diferencial del IGV	-	(172,068)	(172,068)	-3.11%
<b>TOTAL EGRESOS US\$</b>	<b>4,426,780</b>	<b>497,265</b>	<b>4,924,045.03</b>	<b>88.96%</b>
Crédito de IGV		652,279		
<b>INGRESOS</b>	<b>Sin IGV</b>	<b>IGV</b>	<b>TOTAL</b>	
Venta Departamentos	160	4,675,799	444,201	5,120,000
Venta Estacionamientos	101	379,058	36,011	415,068
<b>TOTAL INGRESOS US\$</b>	<b>261</b>	<b>5,054,857</b>	<b>480,211</b>	<b>5,535,068</b>
				\$ 2,582 /m <sup>2</sup>
				\$ 2,792 /m <sup>2</sup>
				34,594
<b>ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS</b>				
TOTAL INGRESOS US\$		5,535,068		
TOTAL EGRESOS US\$		(4,924,045)		
Utilidad antes de Impuestos US\$		611,023		
<b>MARGEN</b>		<b>11.04%</b>		

Analizamos todos los ingresos y egresos del proyecto, la utilidad del proyecto es de 11.04%, lo cual representa una cantidad de US\$ 611,023.00 (dólares americanos), lo que no es una rentabilidad muy grande pero es manejable, y que nos da una idea de la factibilidad del proyecto.

## CAPITULO II ALCANCES DEL ESTUDIO

El objeto del presente informe es mostrar los trabajos realizados, así como los resultados y conclusiones obtenidas en el Estudio de Suelos, a fin de determinar la información requerida para el diseño de las estructuras de cimentación del Proyecto Inmobiliario "Condominio Residencial Andaluz". Este estudio ha sido ejecutado de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E-050, Suelos y Cimentaciones, algunas consideraciones tomadas según la norma con condiciones de frontera, conceptos y teoría extraídos de los libros en consulta y apuntes de clase.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO

El condominio residencial consta de 8 torres, de 5 pisos cada torre y 4 departamentos por piso, haciendo un total de 160 departamentos. El terreno, según los parámetros urbanísticos está destinado para uso residencial – comercial, dentro de la arquitectura del proyecto estamos considerando una zona para áreas verde y otra zona íntegramente para estacionamientos, en un menor porcentaje tenemos estacionamientos ubicados al frente de las torres de los edificios.

Las edificaciones comprendidas en este estudio están constituidas por estructuras de concreto armado y muros de ductilidad limitada.

Este sistema de muros de ductilidad limitada se caracteriza por su alta densidad de muros de concreto armado en ambas direcciones que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes, según el Reglamento Nacional de Edificaciones no se debe confinar los bordes con estribos a corto espaciamiento y se usará una sola malla de refuerzo.

El espesor de los muros considerados es de 10 cm para toda la estructura incluida la caja de los ascensores.

La edificación transmite sus cargas al terreno mediante la platea de cimentación. Este tipo de cimentación se prefiere a veces para suelos de baja capacidad de carga pero que tienen que soportar grandes cargas de columnas y/o muros.

Bajo ciertas condiciones, la losa de cimentación tiene que cubrir más de la mitad de la superficie bajo un edificio y entonces estas, resultan más económicas. Más adelante analizaremos las dos alternativas para la cimentación y el por qué de la elección de la losa o platea de cimentación.

El área total del terreno es de 10,122.96 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la estructura y el número de pisos según el Reglamento Nacional de Edificaciones, la estructura se clasifica desde el punto de vista de la investigación de suelo como Tipo C.

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se realizará con la finalidad de asegurar la estabilidad, permanencia de la obra y sobre todo por la seguridad de sus habitantes.

## CAPITULO III

### TRABAJOS EFECTUADOS

#### 3.1 TRABAJOS DE CAMPO

De acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones E-050 - Tabla N°1, clasifica la edificación proyectada como tipo C, la Tabla N°6 nos indica que se requiere 1 sondaje cada 800m<sup>2</sup> por área en planta de la edificación y mínimo 3 sondajes, para nuestro proyecto el número de sondajes requerido es de 12. Pero por fines de estudio solo hemos considerado tres calicatas excavadas con herramientas manuales, hasta la profundidad máxima de 3.00m con respecto al nivel actual del terreno. Las calicatas se nombraron como C-1, C-2 y C-3. La ubicación de las perforaciones se muestra en la Figura 3.3.

En las perforaciones se registró el perfil del suelo y se clasificaron visualmente los estratos de acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones E-050 y las Normas NTP 339.162 (ASTM D-420), NTP 339.134 (D-2487) y NTP 339.150 (ASTM D-2488), extrayéndose muestras representativas en los suelos, las que debidamente protegidas fueron remitidas al laboratorio para su análisis.

#### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar con ellas los ensayos respectivos según las normas indicadas:

Análisis Granulométrico	NPT 339.128 (ASTM D-422)
Límites de Atterberg	NPT 339.129 (ASTM D-4318)
Humedad	NPT 339.127 (ASTM D-2216)
Clasificación unificada de suelos (SUCS)	NPT 339.134 (ASTM D-2487)
Contenido de Sales, Sulfatos y Cloruros	NPT 339.177 (ASTM T-291)
Triaxial No Consolidado No Drenado	NTP 339.164 (ASTM T-2850)
Compactación Proctor	NTP 339.141 (ASTM T-1556)
C.B.R.	NTP 339.145 (ASTM T-1883)

En los anexos se encuentran los estudios de suelos correspondientes a las perforaciones.

### 3.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO

#### 3.3.1 UBICACIÓN

El Proyecto Inmobiliario Residencial ANDALUZ se ubica en el fundo Chavarria, en la Av. Puente Piedra Sur N° 443 en el Distrito Puente Piedra, Provincia de Lima, Departamento de Lima, entre las coordenadas UTM, por el:

Este: 8687621.798

Norte: 274428.030

El terreno presenta un área total de 20,640.00 m<sup>2</sup> de los cuales utilizaremos para una primera etapa un área de 10,122.96 m<sup>2</sup>



Figura 3.1: Ubicación y linderos del terreno.

### 3.3.2 LINDEROS DEL TERRENO

El terreno limita con avenidas en inclinación:

Por el noroeste con la Calle 10 y la Calle Luis Bedoya.

Por el Suroeste con la Avenida Miguel Grau.

Por el noreste con la Panamericana Norte

Por el sureste con edificaciones colindantes pertenecientes a la Cooperativa de Vivienda Palermo

En los alrededores podemos encontrar un colegio de Primaria y Secundaria, el Hospital de la Solidaridad y áreas de recreación como losas deportivas.

### 3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

A continuación el esquema muestra la ubicación de los vértices de la poligonal topográfica y el cuadro con los datos técnicos:

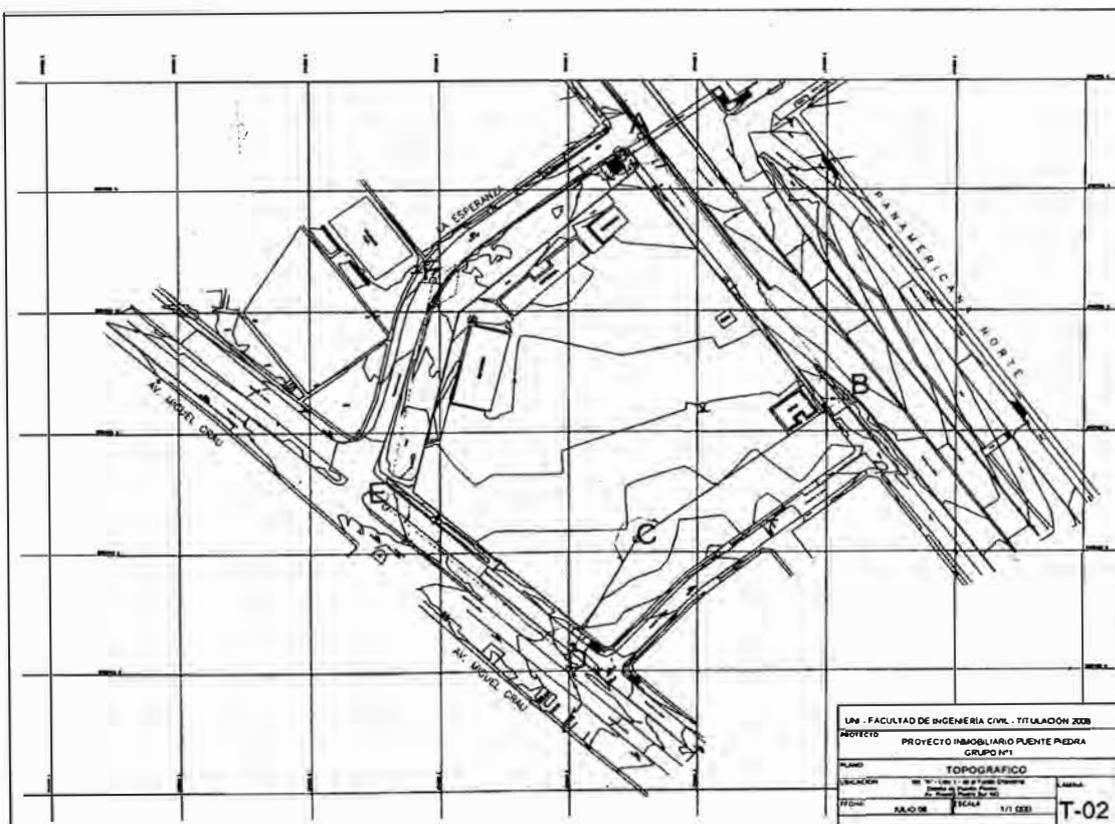


Figura 3.2: Ubicación de los vértices de la poligonal topográfica.

CUADROS DE DATOS TÉCNICOS					
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA (m)	ÁNGULO INTERNO	COORDENADAS	
				NORTE	ESTE
A	-----	-----		8,687,621.798	274,428.030
B	A-B	134.00	90° 01' 33"	8,687,513.802	274,507.537
C	B-C	100.00	89° 42' 48"	8,687,455.006	274,426.467
D	C-D	56.00	76° 40' 00"	8,687,405.870	274,399.605
E	D-E	95.00	120° 49' 38"	8,687,469.435	274,329.004
F	E-F	95.00	137° 26' 37"	8,687,562.635	274,347.409
A	F-A	100.00	90° 01' 33"	8,687,621.798	274,428.030
TOTAL =		580.00	720°00' 00"		

Tabla 3.1: Datos técnicos de la poligonal topográfica

La diferencia de cotas esta entre 94.86 y 96.73 m.s.n.m.

### 3.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El terreno presenta una pendiente baja inferior al 5%, es casi plano, no tiene una pendiente variable, lo cual es una ventaja ya que no se manejarán grandes volúmenes en movimiento de tierras.

A simple vista se puede observar un suelo del tipo arcilloso.

También se pudo apreciar la presencia de otros tipos de materiales como basura y desmonte de construcción, losas de concreto o material tipo afirmado.

Por la zona se cuentan con servicios de agua potable y energía eléctrica.

### 3.5 PERFIL DEL SUELO

El perfil del suelo es heterogéneo y está formado por un depósito fluvial-aluvial de origen cuaternario, compuesto por suelos finos con bolsones de suelos granulares bajo una capa superficial de relleno artificial.

En la superficie se encuentra una capa de relleno artificial compuesto por arcilla gravillada, basura y desmonte de construcción, losas de concreto o material tipo afirmado. Este Relleno Artificial llega hasta profundidades variables entre 0.20 y

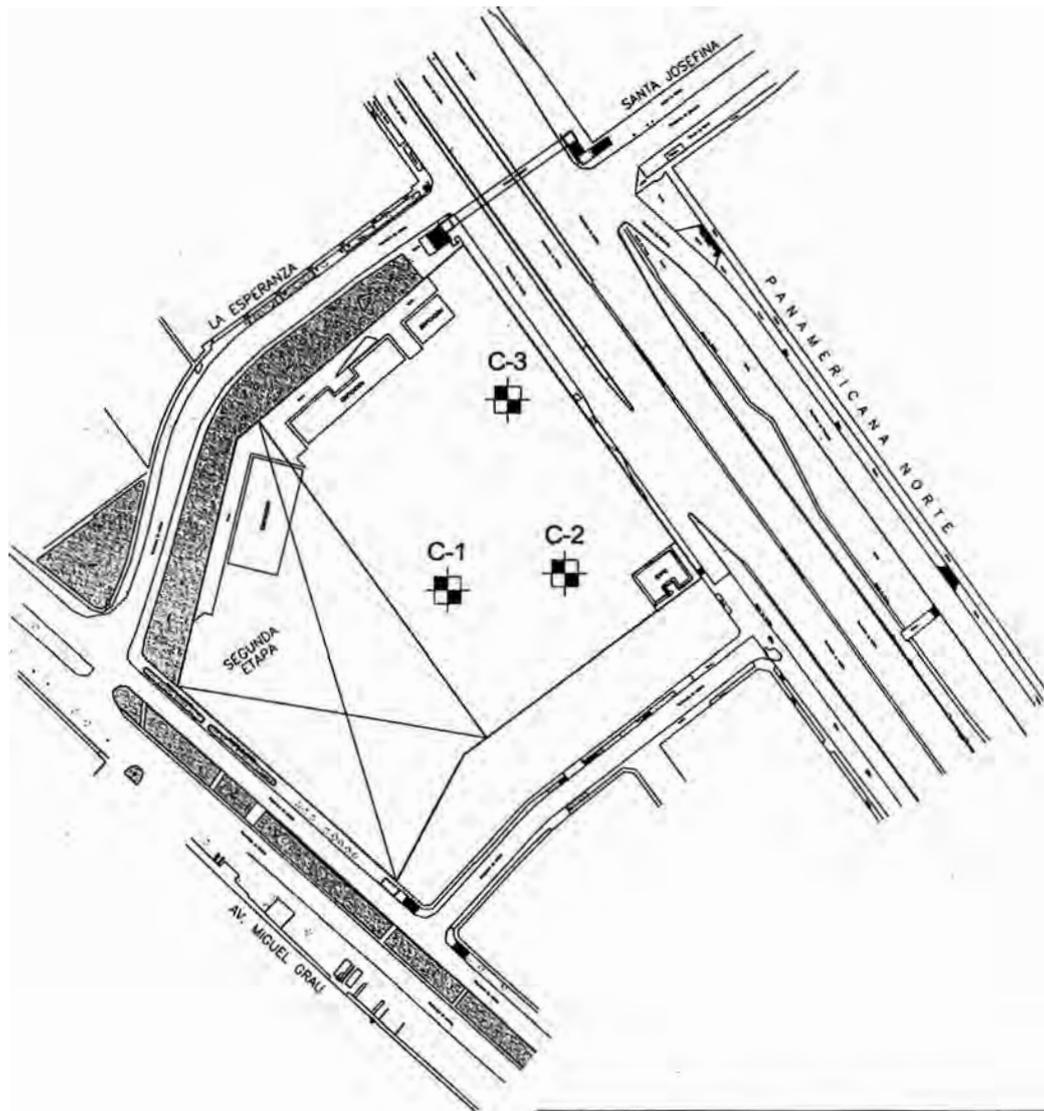
0.50m. Dada la naturaleza de este tipo de material artificial, su profundidad puede variar respecto a la encontrada en las perforaciones.

El suelo natural compuesto por arcilla ligeramente arenosa de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro (CL) en algunas zonas se presenta con caliche o fragmentos de caracoles y restos de cerámica antigua. Este estrato de arcilla contiene bolsones erráticos de los siguientes suelos:

- Limo arcillosos de baja plasticidad, compacto, ligeramente húmedo, color marrón amarillento (ML)
- Arena fina limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, color marrón claro (SM)
- Limo arenoso no plástico, ligeramente húmedo, color marrón amarillento (ML)

Este estrato se encuentra bajo el Relleno Artificial y llega más allá de la máxima profundidad investigada 3.00m

Para el estudio se realizaron 3 calitas en el terreno. A continuación se muestra la ubicación de las calicatas.



UNI - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO:	PROYECTO INMOBILIARIO "RESIDENCIAL ANDALUZ" GRUPO Nº1
PLANO:	UBICACIÓN DE CALICATA
UBICACION:	Mz "A" - Lote 3 - de el Fundo Chavarria Distrito de Puente Piedra Av. Puente Piedra Sur 443
FECHA:	JULIO 08
ESCALA:	S/E
LAMINA:	Nº 1

Figura 3.3: Plano de Ubicación de Calicatas



Figura 3.4: Calicata C-1



Figura 3.5: Calicata C-2

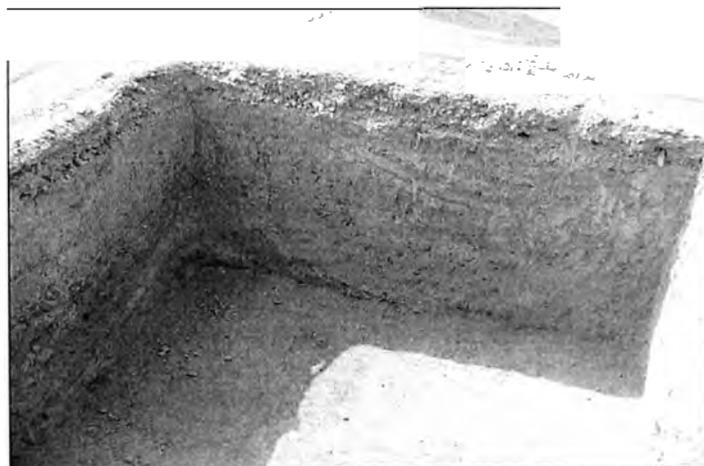


Figura 3.6: Calicata C-3

### 3.6 NIVEL DE NAPA FREÁTICA

La ubicación de la Napa Freática es función de la época del año en la que se realice la investigación de campo, así como de las variaciones naturales de los sistemas de lluvia que abastecen los estratos acuíferos.

En la zona comprendida en el estudio no se ha detectado la Napa Freática dentro de la profundidad investigada (3.00m) en la fecha que se realizó la investigación de campo (05 de Julio del 2008), los trabajos realizados fueron realizados en la época de invierno que correspondería una época alta de presencia de aguas subterráneas.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

#### 4.1 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta las características de las estructuras y el perfil del suelo encontrado, para el caso de las zapata cuadrada y la zapata corrida se recomienda emplear una profundidad de cimentación genérica de 1.40m con respecto a la superficie natural del terreno, para el caso de la losa de cimentación recomendamos 0.225m. Para proporcionar un confinamiento adecuado.

#### 4.2 PRESIÓN ADMISIBLE

Es recomendable cimentar con la presión admisible del estrato más desfavorable dentro de la zona de la cimentación. En el presente caso el estrato menos resistente es la arcilla inorgánica de plasticidad baja (CL).

La capacidad de carga total última de una losa de cimentación se determina con la misma ecuación utilizada para cimentaciones superficiales.

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \dots\dots\dots(1)$$

c : cohesión

$\gamma$  : peso específico del suelo

$D_f$  : profundidad de la cimentación

B : ancho de la zapata ó longitud más pequeña de la losa

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  : factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  : factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  : factores por inclinación de la carga

$N_c, N_q, N_\gamma$  : factores de capacidad de carga

Para condiciones de carga no drenada en suelos arcillosos el  $\phi = 0$ , reemplazando en la ecuación los valores según la tabla de Vesic (1973):

$$\phi = 0$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_q = 1.00$$

$$N_\delta = 0$$

Los factores de forma, profundidad e inclinación recomendados para su uso se pueden hallar de las siguientes ecuaciones, en el caso de losas de cimentación el término B es la dimensión más pequeña de la losa.

Forma:  $F_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c)$   
 $F_{qs} = 1 + (B/L)(1 / \tan \phi)$   
 $F_{qd} = 1 - (B/L)$   
Donde L= longitud de la cimentación (L>B)

Profundidad: Condición (a):  $D_f / B \leq 1$   
 $F_{cd} = 1 + 0.4 (D_f / B)$   
 $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D_f / B)$   
 $F_{yd} = 1$

Condición (b):  $D_f / B > 1$   
 $F_{cd} = 1 + 0.4 \tan^{-1} (D_f / B)$   
 $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f / B)$   
 $F_{yd} = 1$

Inclinación:  $F_{ci} = F_{qi} = (1 + (\beta^\circ / 90^\circ))^2$   
 $F_{qi} = (1 + (\beta^\circ / \phi)^\circ)^2$   
Donde  $\beta$  = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical.

Dependiendo el tipo de estructura a continuación se muestra los valores obtenidos:

### Zapata Corrida:

Reemplazando en la ecuación (1) y demás factores de forma:

$$\emptyset = 0$$

$$c = 0.49 \text{ kg/cm}^2 \text{ (carga de gravedad)}$$

$$0.39 \text{ kg/cm}^2 \text{ (carga dinámica)}$$

$$\gamma = 1.65 \text{ gr/cm}^2$$

$$D_f = 1.40 \text{ m}$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_q = 1.00$$

$$N_\delta = 0$$

Se obtiene:

$$q_u = 2.52 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Cargas de gravedad)}$$

$$q_u = 2.01 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Cargas dinámicas)}$$

Igualmente los valores mínimos de los factores de seguridad designados por la NTE E.050 de: 3 para cargas estáticas y 2.5 durante la acción de un sismo. Por lo tanto, la presión admisible por corte recomendada en el presente caso es de:

$$q_u = 0.80 \text{ kg/cm}^2$$

### Losa de Cimentación:

Reemplazando en la ecuación (1) y demás factores de forma:

$$\emptyset = 0$$

$$c = 0.49 \text{ kg/cm}^2 \text{ (carga de gravedad)}$$

$$0.39 \text{ kg/cm}^2 \text{ (carga dinámica)}$$

$$\gamma = 1.65 \text{ gr/cm}^2$$

$$D_f = 0.225 \text{ m}$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_q = 1.00$$

$$N_\delta = 0$$

Se obtiene:

$$q_u = 3.02 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Cargas de gravedad)}$$

$$q_u = 2.42 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Cargas dinámicas)}$$

Igualmente los valores mínimos de los factores de seguridad designados por la NTE E.050 de: 3 para cargas estáticas y 2.5 durante la acción de un sismo. Por lo tanto, la presión admisible por corte recomendada en el presente caso es de:

$$q_u = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

### 4.3 ASENTAMIENTOS

Los suelos cohesivos encontrados en la zona son preconsolidados. Esto se puede verificar empleando el procedimiento propuesto por Terzaghi, Peck y Mesri (1996), en el que usando la ecuación propuesta por Skempton se puede determinar si una arcilla es normalmente consolidada o es preconsolidada. La ecuación es una función de la presión de tapada ( $\sigma'$ ), la cohesión del suelo (c) y el índice de plasticidad (IP).

Para arcillas normalmente consolidadas debe verificarse la siguiente ecuación:

$$c / \sigma' = 0.11 + 0.0037 \text{ IP}$$

Para arcillas pre-consolidadas debe verificarse la siguiente ecuación:

$$c / \sigma' > 0.11 + 0.0037 \text{ IP}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y que se muestran a continuación, tenemos:

$$c = 0.49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma' = 0.30 \text{ kg/cm}^2 \text{ (a 1.50 m)}$$

$$\text{IP} = 9$$

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$c / \sigma' = 1.61 \quad \wedge \quad 0.11 + 0.0037 \text{ IP} = 0.14$$

Por lo que:

$$c / \sigma' > 0.11 + 0.0037 \text{ IP}$$

De acuerdo a Skempton se trata de un suelo preconsolidado y en consecuencia no prevén asentamientos mayores que los admisibles para el tipo de estructura propuesta.

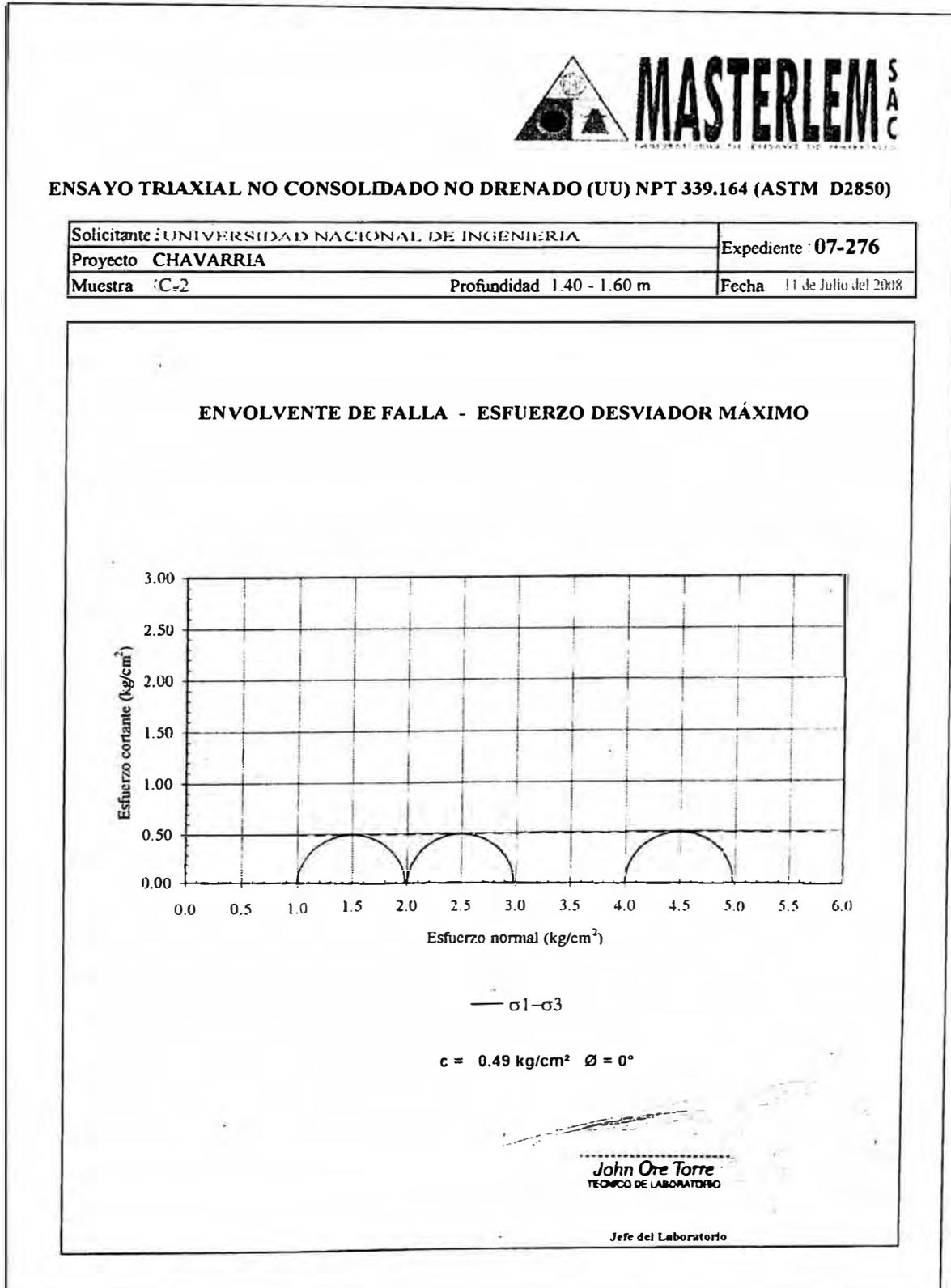


Figura 4.1: Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado

#### 4.4 EXPANSIÓN

Según Abduljawwad y Al-Sulaimani (1993), la expansión probable de los suelos se puede determinar evaluando el cambio de potencial de volumen en función del porcentaje de arcilla ( $\% < 2 \mu m$ ) y del índice de plasticidad (IP).

MUESTRA	PROFUNDIDAD	IP	$\% < 2 \mu m$	RESULTADO
C-2	1-40 - 1.60 M	9	19	BAJA (*)

(\*) Braja M. Das, "Principios de ingeniería de Cimentaciones", 2001, página 747

Por tanto, el suelo puede presentar una expansión baja probable, al saturarse, por lo que no se requiere adicionar protección a la cimentación fuera de la usual.

#### 4.5 COLAPSO

Según Holtz y Hilf (1961), el colapso de los suelos puede determinarse en función de su densidad natural seca ( $\gamma_d$ ) y del Límite Líquido (LL)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	LL	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	RESULTADO
C-2	1-40 - 1.60 M	28	1.53	NO COLAPSABLE (*)

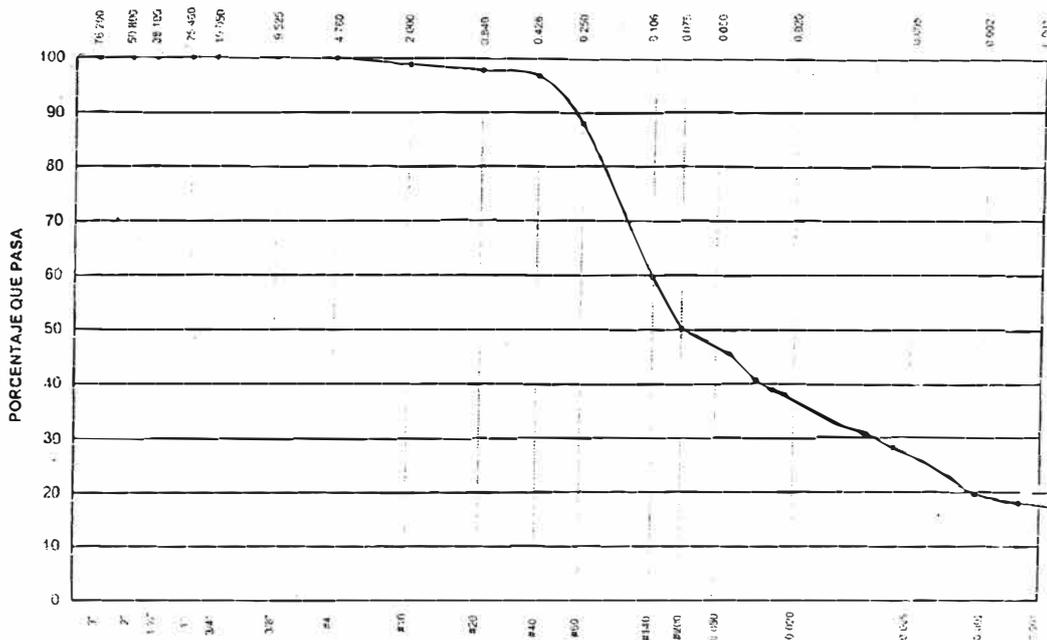
(\*) Braja M. Das, "Principios de ingeniería de Cimentaciones", 2001, página 732

Por lo tanto, el suelo no presenta las condiciones requeridas para la ocurrencia del colapso.



**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**  
NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		Expediente : 07-276
Proyecto : CHAVARRIA		
Muestra C-2	Profundidad: 1.40-1.60 m	Fecha : 11 de Julio del 2008



Tamiz	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 28	LP = 19	IP = 9	CLASIFICACIÓN	
3"	100.0	0.043	45.5	-----	-----	-----	SUCS	CL
2"	100.0	0.031	40.6				AASHTO :	-----
1 1/2"	100.0	0.025	38.9					
1"	100.0	0.022	38.0					
3/4"	100.0	0.016	35.1					
3/8"	100.0	0.012	32.7					
#4	100.0	0.008	30.7					
#10	98.9	0.006	28.0					
#20	97.9	0.004	25.8					
#40	96.7	0.003	23.0					
#60	87.9	0.002	19.6					
#140	59.6	0.001	17.9					
#200	50.2	-----	-----					

*Juan Ore Torre*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 Jefe del Laboratorio

Figura 4.2: Curva granulométrica, límites de Atterberg y clasificación unificada de suelos (SUCS)

## 4.6 SISMICIDAD

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 sólo 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 existen en el lugar.

En el presente caso para determinar la sismicidad del lugar se han analizado las aceleraciones procedentes de los mapas de aceleraciones máximas en la roca para periodos de recurrencia sísmica de 30, 50 y 100 años propuestas por Casaverde y Vargas (1980) los que indican que el terreno estudiado se encuentra en una zona de sismicidad muy alta.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones, Normas Técnica de Edificación E.030 - Diseño sismoresistente, nuestro proyecto se encuentra ubicada en la Zona 3 contando con un factor de zona  $Z = 0.4$ .

El área estudiada tiene las siguientes características: suelo flexible, por lo que sus parámetros sísmicos son los que se muestran a continuación:

PARÁMETRO	VALOR
Tipo de Suelo	S3
Período ( $T_p$ )	0.90
Ampliación de la acción sísmica ( $S$ )	1.40

#### **4.7 AGRESIVIDAD DEL SUELO**

En la zona estudiada no se ha encontrado la Napa Freática dentro de la zona activa de la cimentación ni se ha detectado la presencia de sales agresivas al concreto por lo que de acuerdo a las recomendaciones de American Concrete Institute (ACI 201) no se requiere adicionar protección a la cimentación fuera de la usual.

## CAPITULO V

### PARÁMETROS PARA DISEÑO DE LAS OBRAS DE SOSTENIMIENTO

En el proceso de perforación de las calicatas no se observaron problemas de estabilidad en las paredes por el efecto de arco que se produce en este tipo de excavación y la cohesión de los suelos finos, no se han observado filtraciones o zonas con suelo saturado.

En la obra deberían tomarse las precauciones debidas para proteger las paredes de las excavaciones y cimentaciones en general, mediante entibaciones y/o calzaduras con la finalidad de proteger a los operarios y evitar daños a terceros conforme lo indica la Norma E-050.

A continuación se presentan los parámetros requeridos para el diseño de los muros de contención y los sistemas de protección de las excavaciones.

Se recomienda emplear un valor del ángulo de fricción interna del suelo  $\phi = 25^\circ$  en la zona de excavación.

El método simplificado propuesto por Seed y Whitman (1970) proporciona un valor adecuado que permite tomar en cuenta en el cálculo de los empujes laterales el efecto de los sismos. De acuerdo a su investigación, el valor del coeficiente de empuje activo sísmico  $K_{as}$  puede calcularse como:

$$K_{as} = K_a + 3/4 k_h$$

Donde:

$K_{as}$             coeficiente de empuje activo en caso de sismo,  
 $K_a$              coeficiente de empuje activo estático,  
 $k_h$              coeficiente sísmico horizontal.

El punto de aplicación de la resultante debe modificarse para tomar en cuenta el efecto real del sistema suelo-muro. Prakash y Basavanna (1969) sugieren que el punto de aplicación del incremento de presión activa causada por el sismo se

aplique a una altura igual a 0.6 H, desde la base del muro y la presión estática activa se aplique a 1/3 H como es usual.

Por otro lado el coeficiente de empuje pasivo es menor en el caso sísmico que en el caso estático, Prakash y Basavanna (1969) indican que es 15% menor que el K. Por lo tanto podemos asumir como regla práctica para muros de contención convencionales que:

$$K_{ps} = 0.85 K_p$$

Los valores recomendados para la evaluación de los empujes laterales son los siguientes:

Nombre	Símbolo	Valor
Peso unitario	$\gamma$	1.65 ton/m <sup>3</sup>
Angulo de Fricción	$\emptyset$	25°
Coeficiente Activo Estático	Ka	0.37
Coeficiente en Reposo Estático	Ko	0.58
Coeficiente Pasivo Estático	Kp	4.75
Factor de Reducción del Empuje Pasivo para $\delta / \emptyset = 0$	R	0.57
Coeficiente Activo Dinámico	Kas	0.56
Coeficiente en Reposo Dinámico	Kos	0.77
Coeficiente Pasivo Dinámico	Kps	4.04
Coeficiente de fricción bajo la cimentación	Tan $\delta$	0.35

## CAPITULO VI

### DISEÑO DEL PAVIMENTO

#### 6.1 EVALUACIÓN DE LA SUB-RASANTE

La sub-rasante está constituida por arcilla ligeramente arenosa [CL, A-4-(4)] la que se clasifica desde el punto de vista de pavimentos como regular a mala. Este material deberá ser escarificado hasta una profundidad de 0.30 m por debajo del nivel de la subrasante y compactado hasta lograr el 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. El valor del C.B.R. de la arcilla limosa encontrada es igual a 7, a una densidad equivalente al 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado.

#### 6.2 ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

De acuerdo al tipo de obra las cargas sobre el pavimento corresponden a un tránsito formado fundamentalmente por automóviles o camionetas y a un número pequeño de camiones de transporte tipo C2 cuyas cargas se encuentran indicadas en el Reglamento Nacional de Vehículos (Decreto Supremo N 034-2001-MTC del 25 de julio del 2001) y que transitan a baja velocidad.

El tránsito típico para una playa de estacionamiento de vehículos ligeros puede clasificarse como bajo, con un valor estimado de ESAL (Equivalent single axles load = equivalente de unidades de carga) de 1,260 ejes de 18 Kips por año (HPAI Asphalt Pavement Guide). Considerando un período de diseño de 20 años el ESAL resulta ser de 25,200 ejes de 18 Kips.

#### 6.3 PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO

De acuerdo al procedimiento de diseño propuesto por la AASHTO el espesor de la estructura del pavimento depende entre otros de los siguientes parámetros: el tránsito; el nivel de servicio inicial y final; el valor de soporte de la sub-rasante

(C.B.R.), la calidad de los materiales disponibles, y los procedimientos previstos para la construcción. La ecuación que los relaciona es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \log \left[ \frac{\Delta PSI}{(4.2 - 1.5)} \right] + 2.32 \log M_R - 8.07$$

$$0.4 + 1094 / (SN + 1)^{5.19}$$

Donde:

$W_{18}$  (ESAL) : Número de ejes de 18 Kips en el periodo de diseño.

$R$  : Confiabilidad.

$Z_R$  : Desviación estándar normal.

$S_0$  : Desviación estándar total.

$\Delta PSI$  : Pérdida en el nivel de servicio.

$M_R$  : Módulo de resiliencia de la subrasante.

$SN$  : Número estructural de diseño.

Remplazando:

$W_{18}$ (ESAL)	: 2.52 x 10 <sup>4</sup> ejes de 18 Kips.
$R$	: 80
$Z_R$	: -0841
$S_0$	: 0.49
$\Delta PSI$	: 1.70
$CBR_{(subrasante)}$	: 7
$M_R$	: 15,663 pci
$CBR_{(base)}$	: 80

Se obtiene:

$SN$  : 1.58

En el presente caso la estructura del pavimento asfáltico estará formada por:

	5 cm
	15 cm
	30 cm

**Pavimento de concreto asfáltico en 5 cm caliente**

**Base granular (C.B.R. >80)**

Compactación: 100% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado Método C

**Sub-rasante**

Compactación: 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado

#### 6.4 PAVIMENTO DE CONCRETO CEMENTO PORTLAND

El espesor de las capas de la estructura del pavimento de concreto de cemento Pórtland, se determina de acuerdo al procedimiento de diseño propuesto por la AASHTO, en función del volumen de tránsito a prever; el valor de soporte de la sub-rasante (C.B.R.), la calidad de los materiales disponibles y los procedimientos previstos para la construcción. Si bien el método emplea la resistencia a la flexión a los 90 días, obtenida a partir de especímenes prismáticos, dado que existen relaciones directas entre este parámetro y la resistencia a la compresión simple, el control es más fácil si se emplea este último parámetro  $f_c$ . La ecuación que los relaciona es la siguiente:

$$\text{Log}w_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4.5 - p_1) / (4.5 - 1.5)]}{1 + 1.624 \times 10^7 / (D+1)^{8.46}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 p_1) \log \left\{ \frac{S_c C_D (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J [D^{0.75} - 18.42 / (E_c / K)^{0.25}]} \right\}$$

Donde:

$W_{18}$ (ESAL)	: Número de ejes de 18 Kips en el periodo de diseño
$Z_R$	: Desviación estándar normal.
$S_o$	: Desviación estándar total.
$P_t$	: Nivel de servicio final.
$D$	: Espesor del pavimento.
$\Delta$ PSI	: Pérdida en el nivel de servicio.
$S_c$	: Módulo de rotura del concreto.
$C_d$	: Factor de drenaje.
$K$	: Módulo de reacción de la subrasante.
$E_c$	: Módulo de elasticidad del concreto.
$J$	: Coeficiente de transferencia de carga.

Reemplazando:

$W_{18}$ (ESAL)	: 25,200
$Z_R$	: -1.524
$S_o$	: 0.34
$P_t$	: 2.0
$\Delta$ PSI	: 2.5
$f'_c$	: 280 kg /cm <sup>2</sup>
$S_c$	: 561 psi
$C_d$	: 1.0
$K$	: 243 psi in
$E_c$	: 3.567 10 <sup>6</sup> psi
$j$	: 3.20
CBR <sub>(subrasante)</sub>	: 7
CBR <sub>(base)</sub>	: 80

Por lo tanto el espesor del pavimento de concreto Portland será de 15 cm.

	15 cm
	20 cm
	30 cm

**Pavimento de concreto de cemento Portland**  
**f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>**

**Base granular (C.B.R. > 80)**

Compactación: 100% de la máxima densidad  
seca obtenida mediante el ensayo Proctor  
Modificado Método C

**Sub-rasante suelo natural o relleno  
controlado.**

Compactación: 95% de la máxima densidad  
seca obtenida mediante el ensayo Proctor  
Modificado

## 6.5 JUNTAS

Estas juntas denominadas de contracción, controlan el agrietamiento transversal al disminuir las tensiones de tracción; que se originan cuando la losa se contrae y las tensiones que causa el alabeo producido por diferenciales de temperatura y de contenido de humedad en el espesor de la losa. La separación entre juntas será cualquier dimensión menor de 4.00m. Deberán llevar barras lisas de unión de alto límite de fluencia (4,200 kg/cm<sup>2</sup>) 1  $\phi$  de 3/4" @ 0.30m, para una transferencia adecuada de la carga, la longitud de la barra será 0.36m.

Las juntas deberán ser aserradas con una abertura de 4 a 6mm la profundidad de la ranura debe ser por lo menos igual a 40mm En la junta se colocará un sellador adecuado, recomendamos el sikaflex 15 LM SL por ser juntas menores de 1/2".

No está permitido el vaciado de las losas en forma de damero, el sistema constructivo será un vaciado continuo por franjas.

## CAPITULO VII

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA PAVIMENTOS

#### 7.1 GENERALIDADES

Se describe en forma general la metodología de trabajo de algunas de las partidas en el proceso constructivo de la construcción de los pavimentos de concreto asfáltico. Para todo lo que no se especifica en este pliego se aplicará, de acuerdo con el Ingeniero Supervisor, las pautas y recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 7.2 TRABAJOS PRELIMINARES

##### 7.2.1 REMOCIÓN DE LOS RELLENOS Y PAVIMENTO EXISTENTE

Se eliminarán todos los suelos superficiales con vegetación y raíces hasta llegar al suelo natural limpio.

Para este trabajo se usará según sea el caso herramientas manuales o equipo mecánico que incluirá motoniveladoras, volquetes etc.

El material de la remoción se ubicará fuera de la calzada o franja del área a construir, evitando en lo posible su esparcido y se depositará en los lugares aprobados por el Ingeniero Supervisor. Se deberán tomar las medidas técnicas necesarias para evitar daños y perjuicios a terceras personas, bienes o servicios públicos.

#### 7.3 SUB-RASANTE

##### 7.3.1 Definición

Se denomina sub-rasante al nivel terminado de la estructura del pavimento, ubicado debajo de la capa base o de la capa de sub-base. Este nivel es paralelo

al nivel de la rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante cortes o rellenos.

Asimismo, se denomina capa de sub-rasante a la capa de 30 cm de espesor, debajo del nivel de sub-rasante de suelo proveniente del acabado del movimiento de tierra (cortes y/o rellenos). Tendrá el ancho completo de la vía y estará libre de rafees, hierbas, desmonte o material suelto, sensiblemente de inferior calidad del suelo natural. Esta capa debidamente preparada formará parte de la estructura del pavimento.

### **7.3.2 Materiales**

El material de la sub-rasante estará constituido por el suelo natural resultante del corte o por suelos transportados en el caso de rellenos.

### **7.3.3 Construcción**

Una vez concluidas las obras del movimiento de tierra y comprobada la bondad de las redes y conexiones de energía, agua y desagüe; se procederá a la escarificación mediante motoniveladora (o rastras en zonas de difícil acceso) en una profundidad de 30 cm, procediendo a eliminarse las partículas de tamaño mayor de 7.5 cm.

Luego de la escarificación se procederá al riego y batido en capas de 15 cm de espesor, utilizando repetidamente y en ese orden, camiones cisternas provistos de dispositivos que garanticen un riego uniforme; y motoniveladora; la operación será continua hasta lograr un material homogéneo de humedad uniforme lo más cercana a la humedad óptima definida por el ensayo de compactación PROCTOR MODIFICADO, obtenida para una muestra representativa del suelo de la capa. Para el caso de áreas pequeñas y de difícil acceso, el riego y batido se efectuará fuera del suelo hasta lograr la homogeneidad requerida

Luego se procederá a la explanación de este material homogéneo hasta conformar una superficie que de acuerdo a los perfiles y geometría del proyecto, una vez compactada, alcance el nivel de la sub-rasante. La compactación se

efectuará con rodillos cuyas características de peso y eficiencia sean aprobadas por el Ingeniero Supervisor.

Para suelos granulares no cohesivos se utilizarán rodillos de cilindros lisos y vibratorios.

La compactación se empezará de los bordes hacia el centro y se efectuará hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca del ensayo de compactación tipo Proctor Modificado NTP 339.141 (AASHTO T-180, ASTM D-1557). Para el caso de áreas de difícil acceso o áreas cerradas, se compactará con plancha vibratoria hasta alcanzar los niveles de densificación arriba indicados.

#### **7.3.4 Controles**

Para verificar la calidad del suelo:

- a. Análisis Granulométrico por Tamizado NPT 339.128 (A.S.T.M. D-422).
- b. Límites Líquido y Plástico e Índice de Plasticidad NPT 339.129 (A.S.T.M. D-4318).
- c. Clasificación de Suelos para propósitos de Construcción de Carreteras - Sistema de Clasificación A.A.S.H.T.O. (A.S.T.M. D-3282).
- d. Compactación Tipo Proctor Modificado NTP 339.141 (A.S.T.M. D-1557).

Todos estos ensayos deben realizarse por cada 2000 m<sup>2</sup> de avance, o una vez al día, si el avance es menor.

Adicionalmente, todos estos ensayos deben efectuarse, obligatoriamente cuando se evidencia un cambio en el tipo de suelo de la capa de sub-rasante

Para verificar la compactación:

- a. Densidad de Campo NTP 339.144 (ASTM D-1 556). La frecuencia de este ensayo será cada 250m<sup>2</sup> en puntos dispuestos en tresbolillo y para el caso de áreas pequeñas se efectuará un ensayo para áreas menor o igual a 25 m<sup>2</sup> y dos ensayos para áreas mayores.

## 7.4 BASE Y RELLENO ESTRUCTURAL

### 7.4.1 Definición

Se denomina base a la capa final de la estructura del pavimento que sirve como apoyo a la carpeta de rodadura y está ubicada sobre la sub-base.

Las funciones de esta capa son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodadura;
- Transmitir, adecuadamente distribuidas, estas cargas a las capas inferiores;  
impedir que la humedad proveniente de las capas inferiores, ascienda por capilaridad;  
En caso haya alguna introducción de agua por la parte superior, debe servir de dren para eliminarla.
- Absorber las deformaciones de la sub-rasante, debidas a cambios volumétricos

### 7.4.2 Materiales

Los materiales que se usarán como base serán selectos, de características friccionantes y provistos de suficiente cantidad de vacíos para garantizar su resistencia, estabilidad y capacidad de drenaje.

Serán suelos granulares del tipo A-1a o A-1b del Sistema de Clasificación AASHTO, es decir gravas o gravas arenosas compuestas por partículas duras y durables, y de aristas vivas; pueden provenir de depósitos naturales o del chancado con un tamaño máximo de 3,75 cm (1 ½"). El material estará libre de material vegetal y terrones de suelo fino (arcilla y/o limo). Debe contener cantidad de finos que garanticen una trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación o la capa de rodamiento. El material de base debe cumplir los siguientes requisitos:

- a. Gradación.

El material llenará los requisitos de alguna de las granulometrías dadas en la siguiente tabla:

TAMIZ A.S.T.M.	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	A	B	C	D
2"(50mm)	100	100	-----	-----
1" (25 mm)	-----	75-95	100	100
3/8 (9.5mm)	30-65	40-75	50-85	60-100
#4(4.75mm)	25-55	30-60	35-65	50-85
#10(2.00mm)	15-40	20-45	25-50	40-70
#40(425 $\mu$ m)	8-20	15-30	15-30	25-45
#200(75 $\mu$ m)	2-8	5-15	5-15	8-15

Si se requiere mezclar dos o más materiales para lograr la gradación requerida, deberán especificarse los porcentajes en volumen

La curva granulométrica del material ubicado dentro de estos límites, no debe tener cambios bruscos de curvatura. En el agregado fino, la fracción del material que pasa el tamiz # 200, no excederá las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz # 40, el tamaño máximo será de 3.75 cm (1 1/2").

b. Físicos y Mecánicos.

C.B.R. de la base	80
C.B.R. de la sub-base	50
Limite Liquido	25% máximo
Índice de Plasticidad	NP
Equivalente de Arena	50 mínimo
Desgaste por abrasión	50% máximo

### 7.4.3 Construcción

El material de base será colocado y extendido sobre la sub-rasante aprobada en volumen apropiado para que una vez compactada la capa, alcance el espesor indicado en los planos.

El extendido se efectuará con motoniveladora o a mano en sitios de difícil acceso.

En caso de la mezcla de dos o más materiales se procederá primero a un mezclado seco de los materiales debidamente proporcionados. Una vez que el material ha sido extendido se procederá al riego y batido de todo el material, utilizando repetidamente y en ese orden, camiones cisternas provistos de dispositivos que garanticen un riego uniforme y motoniveladoras.

La operación será continua hasta lograr una mezcla homogénea de humedad uniforme lo más cercana posible a la humedad óptima, definida por el ensayo de compactación tipo Proctor Modificado, obtenido en el Laboratorio en una muestra representativa del material de base. Inmediatamente se procederá al extendido y explanación del material homogéneo, hasta conformar una superficie, que una vez compactada alcance el espesor y geometría de los perfiles del proyecto.

La compactación se efectuará con rodillos cuyas características de peso y eficiencia sean aprobados por el Ingeniero Supervisor hasta alcanzar el 100% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado. De preferencia se usarán rodillos lisos-vibratorios o lisos y se terminará con rodillo neumático de medas oscilantes. La compactación se empezará de los bordes hacia el centro de la vía con pasadas paralelas al eje de la vía en un número suficiente para asegurar la densidad de campo de control.

Para el caso de áreas de difícil acceso al rodillo, o áreas pequeñas, la compactación se efectuará con plancha vibratoria, hasta alcanzar los niveles de densificación requeridos.

#### **7.4.4 Controles**

Para verificar la calidad del material:

- a. Análisis Granulométrico por Tamizado NPT 339.128 (A.S.T.M. D-422).
- b. Límites Líquido y Plástico e Índice de Plasticidad NPT 339.129 (A.S.T.M. D-43 18)

- c. Clasificación de Suelos para propósitos de Construcción de Carreteras - Sistema de Clasificación A.A.S.H.T.O. (A.S.T.M. D-3282).
- d. Compactación Tipo Proctor Modificado NTP 339.141 (A.S.T.M. D- 1557).
- e. Ensayo C.B.R.- Relación Soporte de California NPT 39.145 (A.S.T.M. D-1883).

La frecuencia de estos ensayos, será la siguiente:

Por cada 600 m<sup>3</sup> de material.

- 1 Análisis Granulométrico por Tamizado
- 1 Límites Líquido y Plástico e Índice de Plasticidad
- 1 Compactación Tipo Proctor Modificado

Por cada 3600 m<sup>3</sup> de material, o una vez a la semana, si se emplea menos material:

- 1 C.B.R. - Relación Soporte de California

Adicionalmente, todos estos ensayos son obligatorios, cada vez que se evidencie un cambio en el tipo de suelo del material base o sub-base.

Para verificar la compactación:

- a. Control de Densidad en el Campo NTP 339.144 (ASTM D-2922).- Este ensayo se realizará cada 250m<sup>2</sup> de superficie en puntos dispuestos en tresbolillo. Para el caso de áreas pequeñas, se efectuará un ensayo para un área menor o igual a 25 m<sup>2</sup> y dos ensayos para áreas mayores.

## **7.5 RIEGO DE ADHERENCIA**

### **7.5.1 Definición**

Se denomina riego de adherencia o riego de liga, a la aplicación mediante riego de un asfalto líquido del tipo "cutback sobre la superficie existente, para obtener una apropiada adherencia entre la superficie y la capa de mezcla asfáltica que se va a sobreponer.

### **7.5.2 Materiales**

Los asfaltos líquidos recomendados para el riego de adherencia son los denominados de curado rápido (RC) en los grados 30 ó 70 (Designación AASHTO M-82-75). En nuestro medio el material a utilizarse será el asfalto líquido RC-250 preparado diluido con 15% en peso de gasolina.

### 7.5.3 Construcción

El riego de liga se efectuará con la superficie debidamente preparada, es decir:

- a. La superficie estará libre de suelo o partículas sueltas; para esta limpieza se empleará una barredora y/o soplador según sea necesario. La superficie estará libre de sustancias grasosas y extrañas; para este lavado se usará agua, solventes y si es necesario un quemador de fuego directo.
- b. La superficie antes de aplicación del riego de liga deberá estar seca y tendrá una temperatura a la sombra mayor de 20°C en ascenso. La operación de riego se suspenderá en tiempo brumoso o lluvioso.
- c. La aplicación del riego se hará utilizando un distribuidor autopropulsado que estará equipado con una extensión auxiliar con boquillas esparcidoras y conectadas a la misma presión del sistema del distribuidor.
- d. El riego se efectuará a presión para garantizar un esparcido uniforme y continuo. Las características del distribuidor serán las aprobadas por el Ingeniero Supervisor poniéndose especial cuidado en garantizar un riego ligero (poco asfalto) con una combinación adecuada a la presión de riego, altura de la barra de riego y ángulo de las boquillas para lograr un menor traslape de la capa de riego.
- e. La operación de esparcido se efectuará en forma continua con la pasada del distribuidor en dirección paralela al eje de la vía.

- f. La cantidad de asfalto por unidad de área está comprendida entre 0.2 a 0.6 lt/m<sup>3</sup> de superficie y será decidida por el Ingeniero Supervisor.
- g. La temperatura de riego está comprendida, según el tipo de asfalto, dentro de los siguientes intervalos:

RC-30	15 A 60°C
RC-70	45 A 90°C
(RC-250)+15% de gasolina	43 A 80°C

Toda área situada fuera del canal de riego del distribuidor o en áreas pequeñas de parchado, será cubierta con las mismas características, usando un esparcidor auxiliar. El trabajo debe organizarse de tal manera que no se aplique el riego de adherencia a una superficie mayor que la que va a cubrirse con la capa superior durante el trabajo del día.

Se tomarán las providencias necesarias para impedir que las estructuras, edificaciones o árboles adyacentes al área por regar sean salpicadas por el asfalto a presión.

#### 7.5.4 Controles

Para verificar la calidad del material:

- a. Material bituminoso.- Deberá ser examinado en el Laboratorio, y evaluado teniendo en cuenta las especificaciones recomendadas por el Instituto del Asfalto. En caso que el asfalto líquido preparado fuera provisto por una planta especial, se deberá contar con un certificado de Laboratorio que confirme las características del material.

### 7.6 CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO

#### 7.6.1 Definición

Se denomina carpeta asfáltica a la capa de concreto asfáltico en que termina la estructura del pavimento.

El concreto asfáltico es una mezcla en caliente de un cemento o betún asfáltico, agregados debidamente graduados y relleno mineral, que una vez colocado, compactado y enfriado se constituirá en una capa semirígida capaz de soportar el tráfico.

La dosificación o fórmula de la mezcla de concreto asfáltico así como los regímenes de temperaturas de mezclado y de colocación, serán presentados al Ingeniero Supervisor en cantidades o porcentajes definidos y únicos. Esta fórmula de mezcla podrá ser aceptada por el Ingeniero Supervisor o en su defecto, éste fijará una fórmula de mezcla que, podrá tener coincidencias con la fórmula presentada por el contratista.

### 7.6.2 Materiales

- a. Material bituminoso.- El material bituminoso que se usará en la preparación en planta del concreto asfáltico, será un cemento asfáltico sólido de las siguientes características:

REQUISITO	MÍNIMA	MÁXIMA
Penetración de materiales bituminosos- 25°C, 100g, 5 seg.(A.S.T.M.D-5) en 0.1 mm	60	70
Ductilidad-25°C, 5 cm/min, 5% (A.S.T.M.D-92) en °C	100	-----
Punto de Inflamación Cleveland ( A.S.T.M. D-112) en cm.	232	-----
Viscosidad ( Saybolt-Furol) Purol – 60 ml, 135° C (.S.T.M.E-102) enseg.	100	-----

El cemento asfáltico será uniforme en su naturaleza y no formará espuma al calentarse a 177° C.

- b. Agregado Mineral.- El agregado mineral se usará en la preparación en planta del concreto asfáltico, y estará compuesto por agregados minerales grueso, fino y filler mineral.
- c. Agregado Grueso.- Son los agregados constituidos por piedra y/o grava machacada y eventualmente por materiales naturales que se presentan en estado fracturado o muy anguloso con textura superficial rugosa. El agregado grueso será retenido en el Tamiz # 8 estará limpio, es decir; no estará cubierto de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales. Tampoco contendrá terrones de arcilla u otros agregados de material fino.

El agregado grueso cumplirá con los siguientes requisitos:

Resistencia a la degradación por Abrasión e impacto en la Maquina de los Ángeles ( A.S.T.M. C-88)	<40%
Inalterabilidad en sulfato de sodio durante 5 ciclos. (A.S.T.M. C-88)	<12%

- d. Agregado Fino.- Es el material que pasa el tamiz # 8. Son los agregados obtenidos por el machaqueo de piedras y/o gravas, también pueden ser arenas naturales de granos angulosos.

Este agregado se presentará limpio, es decir; sus partículas no estarán recubiertas de arcilla, limos u otras sustancias perjudiciales. Tampoco contendrán grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino.

El agregado fino cumplirá con el siguiente requisito:

Inalterabilidad en sulfato de sodio durante 5 ciclos, (AS.T.M. C-88) < 12%

- e. Filler Mineral.- Es el material de partículas muy finas de caliza, cal apagada, cemento Portland u otra sustancia mineral no plástica. Se presentará seco y no contendrá grumos. El material cumplirá con los siguientes requerimientos mínimos de granulometría.

TAMIZ A.S.T.M.	% que pasa (en peso)
#30	100
#100	90
#200	65

La fracción de filler mineral que pase el tamiz # 200 se considerará como polvo mineral. Más de la mitad del filler mineral que pasa por vía húmeda a través del tamiz # 200 pasará por dicho tamiz por tamizado en seco.

- f. Polvo Mineral.- Es la parte de los agregados que pasa por el tamiz # 200 pueden Consistir en partículas finas de los agregados fino y grueso y el filler mineral. No contendrá substancias orgánicas ni partículas de arcilla. El polvo mineral resultará no plástico.
- g. Agregado Mineral Combinado.- Es el agregado que resulta de combinar o mezclar los agregados grueso y fino y el filler mineral. La composición granulométrica del agregado combinado debe cumplir con la gradación de las mezclas Tipo III b, IV b 6 V b de las recomendadas por el Instituto del Asfalto. Los requisitos de estas mezclas son:

TAMIZ A.S.T.M.	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO		
	III b	IV b	V b
3/4"	100	100	100
1/2"	75-100	80-100	85-100
3/8"	60-85	70-90	-----
#4	35-55	50-70	65-80
#8	20-35	35-50	50-65
#16	-----	-----	37-52
#30	10-22	18-29	25-40
#50	6-16	13-23	18-30
#100	4-12	8-16	10-20
#200	2-8	4-10	3-10
% Asfalto	3.0 a 6.0	3.5 a 7.0	4.0 a 7.5

El equivalente de arena en el agregado combinado será 45 como mínimo.

- h. Mezcla Asfáltica en Caliente.- El asfalto en la mezcla del concreto asfáltico será determinada utilizando el Método Marshall y debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

REQUISITOS	MÍNIMA	MÁXIMO
Número de golpes de compactación en cada extremo de la probeta	-----	75
Estabilidad (kg)	680	-----
Flujo (mm)	2	4
Vacíos en la mezcla	3%	5%
Viscosidad ( Saybolt-Furol) PuroI – 60 ml, 135° C (.S.T.M.E-102) enseg.	75%	82%

Las tolerancias admitidas en las mezclas son las siguientes:

TAMIZ A.S.T.M.	Variación permisible en % en peso de mezcla total
3/4" y 1/2"	+/- 8.0
3/8" y #4	+/- 7.0
#8 y #16	+/- 6.0
#30 y #50	+/- 5.0
#100 y #200	+/- 4.0
Asfalto	+/- 0.3

### 7.6.3 Construcción

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas continuas o intermitentes, la temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico, que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado también calentado.

La mezcla a la salida de la planta tendrá una temperatura comprendida entre 125° y 165°C. Esta mezcla será transportada a la obra en vehículos adaptados convenientemente para garantizar una homogeneidad (no segregación) de la mezcla y una mínima pérdida de calor hasta el lugar de destino. La temperatura de colocación en la base imprimada será de 120 °C como mínimo.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentadora autopropulsada del tipo aprobada por el Ingeniero Supervisor, de tal manera que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen, espesor de capa y densidad de capa.

El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual cuando se comprueben irregularidades a la salida de la pavimentada.

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después que la mezcla haya sido distribuida uniformemente y durante el primer rodillado se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado. La compactación se realizará utilizando rodillos cilíndricos lisos en tándem y rodillo neumático.

El peso y otras características del equipo de compactación serán aprobados por el Ingeniero Supervisor. El número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% o más de la densidad lograda en el Laboratorio.

Las juntas de construcción serán perpendiculares al eje de la vía y serán de borde vertical, la unión de una capa nueva con una ya compactada se realizará previa impregnación de la junta con asfalto.

#### **7.6.4 Controles**

Para verificar la calidad de los materiales:

a. Del cemento asfáltico:

- Penetración de materiales bituminosos — 25°C, 100 g, 5 seg. (A.S.T.M. D-5)
- Ductilidad — 25°C, 5 cm/mm, 5% (A.S.T.M. D-1 13)
- Punto de Inflamación Cleveland (A.S.T.M. D-92)
- Viscosidad (Saybolt - Furol) Furol - 60 mi, 135°C (A.S.T.M. E-102)

b. De los agregados minerales:

- Análisis Granulométrico por Tamizado
- Resistencia a la Degradación por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles (A.S.T.M. C-131)

- Inalterabilidad en sulfato de sodio durante 5 ciclos (A.S.T.M. C-88)
- Equivalente de arena (A.S.T.M. D-2419)

c. De mezcla en Planta:

- Control de cantidades de los componentes
- Control de temperatura de mezcla
- Control de: estabilidad, flujo, vacíos del ensayo Marshall.
- Control de tiempo de amasado

Todos los ensayo en el cemento asfáltico deben realizarse en cada lote que se emplee.

La frecuencia de ensayos en los agregados será:

- Por cada 100 m<sup>3</sup>; de material, o una vez al día si se emplea menos material:  
1 Análisis Granulométrico por Tamizado.
- Por cada 500 m<sup>3</sup>; de material:  
1 Equivalente de Arena
- Por cada 1000 m<sup>3</sup>; de material:  
1 Inalterabilidad en Sulfato de Sodio
- Por cada 2000 m<sup>3</sup> de material:  
1 Resistencia a la Degradación por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

Respecto a la mezcla en planta, debe realizarse 2 ensayos Marshall cada 1000 Ton de producción, o una vez al día. Los otros controles son continuos durante el proceso de mezclado

Para verificar la calidad de la obra:

- a. Control de temperatura de aplicación.
- b. Control de espesor.
- c. Control de compactación.
- d. Control de acabado y juntas.

El control de compactación se realizará cada 200 Ton de mezcla compactada. Los otros controles quedan a criterio del Ingeniero Supervisor.

## **7.7 LOSA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND**

### **7.7.1 DEFINICIÓN**

Se denomina Losa de Concreto de Cemento Portland a la capa de rodadura en que termina la estructura de un Pavimento.

La dosificación de la mezcla del concreto será presentada al Ingeniero Supervisor para su aprobación, garantizándose una buena compactación, buena trabajabilidad y resistencia a la compresión. Debiéndose tener:  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días o mayor de  $225 \text{ kg/cm}^2$  al inicio de la puesta, en servicio.

### **7.7.2 MATERIALES**

- a. Agregados.- Los agregados estarán constituidos por arenas y gravas naturales y/o manufacturadas con gradaciones que se ajusten a la Norma C-33 del ASTM, debiendo tener el agregado grueso un tamaño máximo de  $1 \frac{1}{2}$ " (4 cm). La relación arena - agregado será la necesaria para producir una mezcla de buena compactación y trabajabilidad. Las propiedades físicas y resistentes se ajustarán asimismo a la Norma C-33 del ASTM y deberán ser verificadas por el Ingeniero Supervisor.
- b. El agua.- Será potable, verificada por el Ingeniero Supervisor y se usará en cantidad suficiente para garantizar una consistencia que proporcione un revenimiento de 4 a 5 cm.
- c. Cemento.- El cemento a usarse será Portland Tipo 1, normal o adicionado de los que se fabrican en la obra. La cantidad de cemento a usar será la necesaria para lograr relaciones agua/cemento que además de garantizar la trabajabilidad adecuada proporcionen las características resistentes mencionadas en 3.3.1.

- d. Aditivos.- Eventualmente y cuando lo autorice, el Ingeniero Supervisor se podrá usar aditivos que garanticen las propiedades de adherencia, trabajabilidad y resistencias requeridas. Este aditivo a usarse será seleccionado considerando los resultados comparativos con los concretos normales realizados en un Laboratorio aprobado por el Ingeniero Supervisor.

### 7.7.3 CONSTRUCCIÓN

Construida y aprobada la base por el Ingeniero Supervisor se vaciará el concreto con las características requeridas. Será compactado con vibrador de aguja o regla vibratoria, y luego acabado con una textura adecuada. El concreto así conformado y consolidado será curado durante siete días o hasta la puesta en servicio, es decir hasta que alcance un  $f'c$  de 225 kg/cm<sup>2</sup>. El curado se efectuará por cualquier método que garantice el crecimiento aparente y sostenido de la resistencia del concreto; no siendo muy conveniente el curado que implique riesgos frecuentes de la losa. El método empleado será aprobado por el Ingeniero Supervisor.

### 7.7.4 CONTROLES

Para verificar la calidad de los materiales:

- a. Granulometría de los agregados.
- b. Características físicas de los agregados.

Estos ensayos se harán previamente a la dosificación presentada para la mezcla, Para verificar la calidad del concreto:

- a. Ensayo del Cono de Abrams. Este ensayo se hará para verificar la consistencia de la dosificación aprobada.
- b. Ensayo de compresión en probetas estándar o ensayos de flexotracción. Este ensayo de 3 especímenes se realizará para cada uno de los tramos vaciados o conjuntos de tramos vaciados en un día.

## CONCLUSIONES

El perfil del suelo encontrado es heterogéneo y está formado por un depósito fluvial-aluvial de origen cuaternario, compuesto por suelos finos con bolsones de suelos granulares bajo una capa superficial de Relleno Artificial.

El suelo natural está compuesto por arcilla ligeramente arenosa de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro (CL) en algunas zonas se presenta con caliche o fragmentos de caracoles y restos de cerámica antigua.

Para condiciones de carga no drenada en suelos arcillosos, se obtuvieron resultados donde se determina que la capacidad portante del suelo es baja.

Para la subrasante este tipo de suelo se clasifica, desde el punto de vista de pavimentos, como regular a mala.

Después de analizar las 2 alternativas de cimentación, optamos por la platea de cimentación. Las losas de cimentación se prefieren para suelos de baja capacidad de carga pero que tiene que soportar grandes cargas de columnas y/o muros, esto se ajusta a nuestro proyecto y al tipo de suelo que tenemos.

Cuando las cargas del edificio son tan pesadas o bien la capacidad de carga admisible en el suelo es tan baja como es el caso de sistemas de muros de ductilidad limitada, bajo ciertas condiciones, al proponer zapatas corridas, las mismas que tienden a cubrir más de la mitad de la superficie bajo un edificio, por la proximidad de las estructuras, los trabajos, equipos adicionales como encofrados y zanjas que se requieren durante su construcción lo hacen técnica y constructivamente inviable en su ejecución, es en este caso que las losas de cimentación resultan más económicas.

Estas losas también se usan para reducir el asentamiento de las estructuras situadas sobre depósitos muy compresibles como las arcillas y donde no hay

una distribución uniforme de las cargas de los muros, por lo que las losas ayudarían para evitar deformaciones diferenciadas.

La subrasante estará constituida por arcilla ligeramente arenosa [ CL, A-4-(4) ] la que se clasifica desde el punto de vista de pavimentos como regular a mala.

## **RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN**

El relleno artificial llega hasta profundidades variables entre 0.20 y 0.50m. Por lo que el relleno artificial encontrado debe ser eliminado antes de iniciar las obras conforme a lo indicado en la Norma Técnica de Edificaciones E.050 en el Artículo 19 "Profundidad de Cimentación", que indica que no debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, relleno de desmonte o rellenos sanitario o industrial, ni rellenos No Controlados.

Se recomienda que los rellenos controlados que se requieran para nivelar el terreno, luego de eliminado el relleno artificial, se construyan con materiales granulares, y se compacten convenientemente a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado Método C con la finalidad de evitar problemas causados por la deformación del relleno ubicado bajo los pisos.

Los rellenos controlados pueden ser realizados antes o después de construidos los sobrecimientos; se deberá recompactar la zona cercana a la cimentación con la finalidad de confinarlos adecuadamente. Para verificar la compactación, se recomienda realizar Controles de Densidad en el Campo (ASTM D-1556).

La subrasante al clasificarse desde el punto de vista de pavimentos como regular a mala. Este material deberá ser escarificado hasta una profundidad de 0.30m por debajo del nivel de la subrasante y compactado hasta lograr el 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. El valor del C.B.R. de la arcilla limosa encontrada es igual a 7, a una densidad equivalente al 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado.

Para la base se usarán suelos granulares del tipo A-1a o A-1b del Sistema de Clasificación AASHTO, es decir gravas o gravas arenosas compuestas por partículas duras y durables. Debe contener cantidad de finos que garanticen una trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación o la capa de rodamiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bowles, J. E., "ANALYTICAL AND COMPUTER METHODS IN FOUNDATION ENGINEERING", 1974, Tokio
- Bowles, J. E., "FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN", 1996, New York.
- Braja M. Das, "PRINCIPIOS DE INGENIERÍA DE CIMENTACIONES", 2001, España.
- CÁPECO, "El mercado de Edificaciones Urbanas", Año 2005
- Casaverde, L. y Vargas, J. "ZONIFICACIÓN SISMICA DEL PERÚ", Pontificia Universidad Católica del Perú, 1980, Lima.
- NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E-020 CARGAS
- NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E-030 DISEÑO SISMORRESISTENTE
- NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E-060 CONCRETO ARMADO
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, "REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES", 2005, Lima.
- Rico, A. y Del Castillo, H. "La ingeniería de los suelos en las vías terrestres", 1977, Mexico.

Página de la municipalidad de Puente Piedra, [www.munipuentepiedra.gob.pe](http://www.munipuentepiedra.gob.pe)

»  
**ANEXOS**



**MASTERLEM** S.A.C.  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Jirón Arequipa N° 3106  
San Martín de Porres - Lima  
Telef. (01) 567-4802 - 9697621

PERFIL DEL SUELO			Perforación C-1			
Proyecto: Residencial Andaluz			Informe 07.276			
Ubicación: Av. Puente Piedra Sur N°443 Puente Piedra - Lima						
Método de excavación : Calicata			Fecha : 05/07/2008			
Cotas: Referencia : Nivel del Terreno			Fondo : 3.00 m			
Superficie : +/- 0.00 m			Nivel : m			
Largo: 1.30m Ancho : 0.70 m			Profundidad : 3.00 m			
Prof. (m)	SUCS	DESCRIPCION	MUESTRA			
			N°	Tipo	Prof. (m)	
0.00	CL	Arcilla ligeramente arenosa, de plasticidad baja, compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro con fragmentos de restos de cerámica antigua.	1	Mab	1.0	
1.00			2	Mib	1.4	2.0
			3	Mab	2.0	2.2
2.00	SP	Arena fina mal graduada, densa, ligeramente húmeda, color marrón claro.				
3.00	SM	Arena fina limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, color marrón claro.	4	Mab	2.8	3.0
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra en Shelby Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural N (STP) = Ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)			Pm = Penetrómetro natural qu = Resistencia a la compresión (Kg/cm2)			



## INFORME N° 0098-2008

**PETICIONARIO** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.  
**ATENCIÓN** : JOSÉ HERRERA MOGOLLON  
**EXPEDIENTE** : 007 - 07 - 2008  
**OBRA** : PROYECTO INMOBILIARIO RESIDENCIAL ANDALUZ  
**LUGAR** : A.v. Puente Piedra Sur 443 - Panamericana Norte Km. 30 - Puente Piedra - Lima  
**MUESTRA** : Calicata N°1 - Profundidad 1.5 m.  
**FECHA DE EMISIÓN** : 11 de Julio del 2008

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa
3"	76,200	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	100,0
3/4"	19,050	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	100,0
3/8"	9,525	0,0	100,0
N° 4	4,750	2,8	97,2
N° 10	2,000	3,3	93,9
N° 20	0,850	2,9	91,1
N° 40	0,425	5,1	86,0
N° 60	0,250	10,5	75,5
N° 140	0,106	19,5	56,0
N° 200	0,075	2,7	53,3
< N° 200	-----	53,3	-----

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

Límite Líquido : 40,6  
Límite Plástico : 15,1  
Índice Plástico : 25,5

Cu : 9,714  
Cc : 0,926

#### CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D2487 CL (arcilla de baja plásticidad)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) ASTM D2216  
8,6

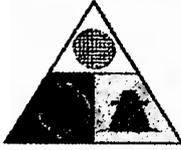
#### OBSERVACIONES:

- \* MUESTREO REALIZADO POR EL PETICIONARIO
- \* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

OPERADOR : J.E.P.  
REVISADO POR : J.O.T.

*John Ore Torre*  
TECNICO DE LABORATORIO

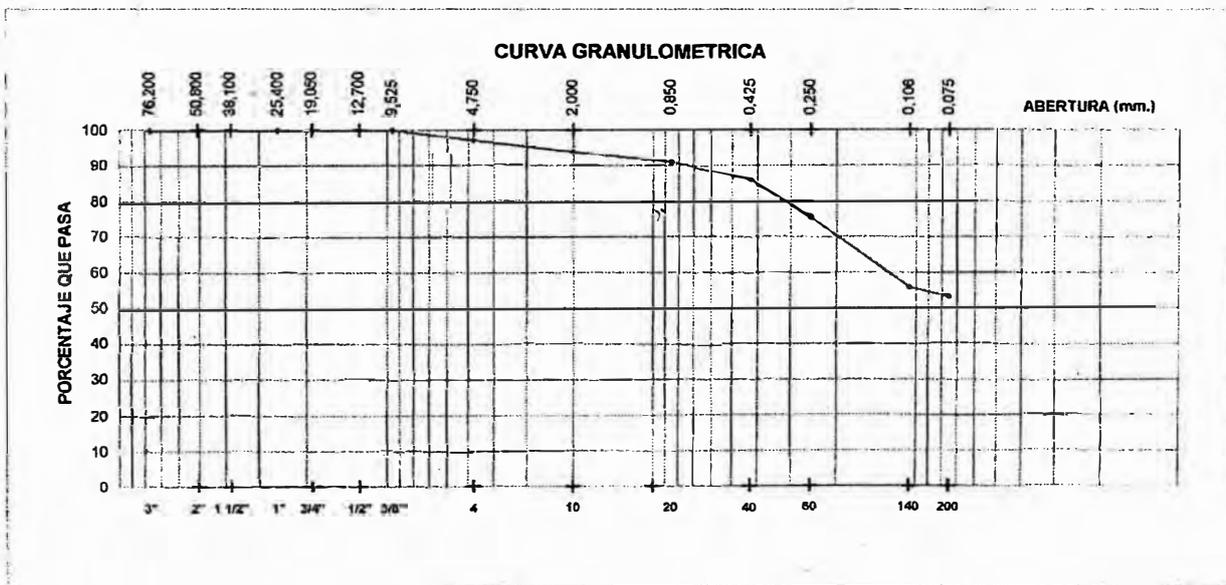




## INFORME N° 0098-2008

**PETICIONARIO** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**ATENCIÓN** : JOSÉ HERRERA MOGOLLON  
**EXPEDIENTE** : 007 - 07 - 2008  
**OBRA** : PROYECTO INMOBILIARIO RESIDENCIAL ANDALUZ  
**LUGAR** : A.v. Puente Piedra Sur 443 - Panamericana Norte Km. 30 - Puente Piedra - Lima  
**MUESTRA** : Calicata N°1 - Profundidad 1.5 m.  
**FECHA DE EMISIÓN** : 11 de Julio del 2008

### CURVA GRANULOMETRICA



#### OBSERVACIONES:

- \* MUESTREO REALIZADO POR EL PETICIONARIO
- \* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

OPERADOR : J.E.P.  
REVISADO POR : J.O.T.

**INFORME N° 0099-2008**

**PETICIONARIO** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**ATENCIÓN** : JOSÉ HERRERA MOGOLLON  
**EXPEDIENTE** : 007 - 07 - 2008  
**OBRA** : PROYECTO INMOBILIARIO RESIDENCIAL ANDALUZ  
**LUGAR** : A.v. Puente Piedra Sur 443 - Panamericana Norte Km. 30 - Puente Piedra - Lima  
**MUESTRA** : Calicata N°1 - Profundidad 1.5 m.  
**FECHA DE EMISIÓN** : 11 de Julio del 2008

**ENSAYOS QUIMICOS EN MUESTRAS DE SUELOS**

ENSAYO	RESULTADO (%)
Contenido de Sales Solubles Totales (Norma USBR E-8)	0,135
Contenido de Sulfatos Solubles (Norma AASHTO T290)	0,092
Contenido de Cloruros Solubles (Norma AASTHO T-291)	0,015

**OBSERVACIONES:**

- \* MUESTREO REALIZADO POR EL PETICIONARIO
- \* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

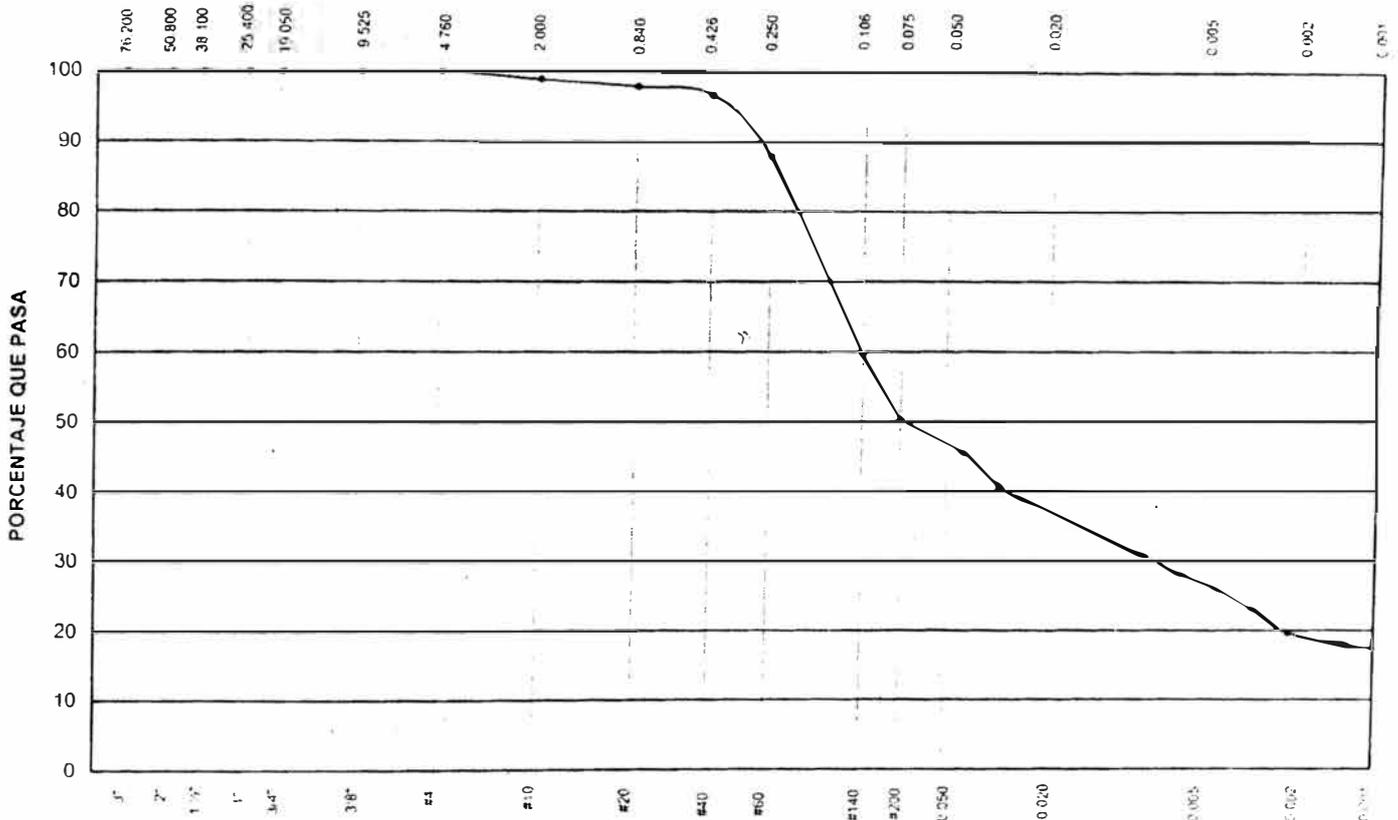
OPERADOR : J.E.P.  
REVISADO POR : J.O.T.



## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

### NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		Expediente : 07-276
Proyecto : CHAVARRIA		Fecha : 11 de Julio del 2008
Muestra C-2	Profundidad: 1.40-1.60 m	



Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 28	LP = 19	IP = 9	CLASIFICACIÓN	
					Gs = 2.77		SUCS	CL
							AASHTO	-----
3"	100.0	0.043	45.5					
2"	100.0	0.031	40.6					
1 1/2"	100.0	0.025	38.9					
1"	100.0	0.022	38.0					
3/4"	100.0	0.016	35.1					
3/8"	100.0	0.012	32.7					
#4	100.0	0.008	30.7					
#10	98.9	0.006	28.0					
#20	97.9	0.004	25.8					
#40	96.7	0.003	23.0					
#60	87.9	0.002	19.6					
#140	59.6	0.001	17.9					
#200	50.2	-----	-----					

*John Ore Torre*  
TECNICO DE LABORATORIO

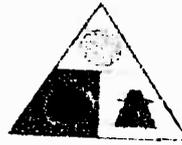
Jefe del Laboratorio



**MASTERLEM SAC**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Jirón Arequipa N° 3106  
San Martín de Porres - Lima  
Telef. (01) 567-4802 9697621

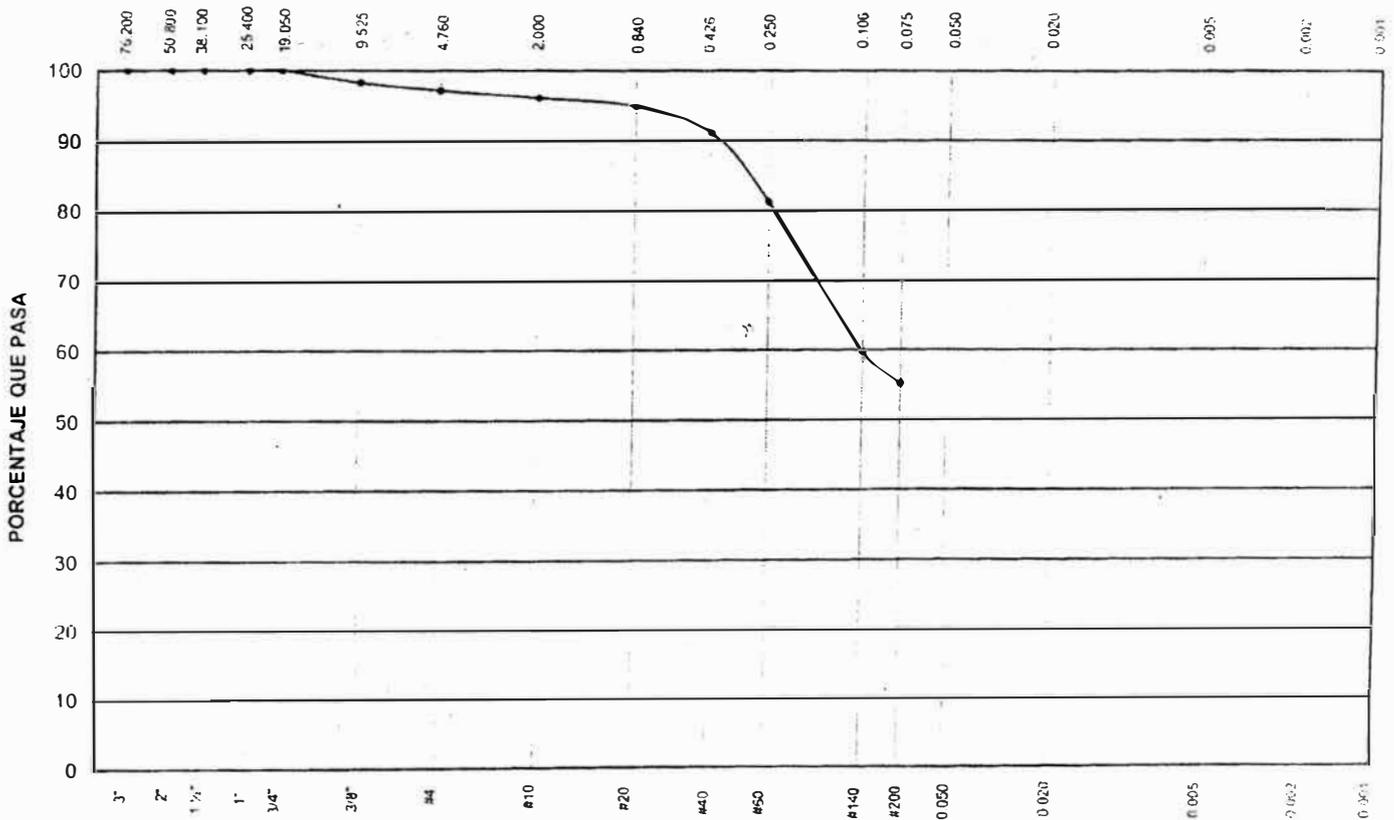
PERFIL DEL SUELO			Perforación C-2			
Proyecto: Residencial Andaluz			Informe 07.276			
Ubicación: Av. Puente Piedra Sur N° 443 Puente Piedra - Lima						
Método de excavación : Calicata			Fecha : 11/07/2008			
Cotas: Referencia : Nivel del Terreno			Fondo : 3.00 m			
Superficie : +/- 0.00 m			Nivel : m			
Largo: 1.30m Ancho : 0.70 m			Profundidad : 3.00 m			
Prof. (m)	SUCS	DESCRIPCION	MUESTRA			
			N°	Tipo	Prof. (m)	
0.00	CL	Arcilla ligeramente arenosa, de plasticidad baja, compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro con fragmentos de restos de cerámica antigua.	1	Mab	1.0	
1.00					1.2	
2.00	SM	Arena fina limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, color marrón amarillento.	2	Mab	2.0	2.2
3.00	ML	Limo arenoso no plástico, ligeramente húmedo, color marrón amarillento	3	Mab	2.8	3.0
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra en Shelby      Pm = Penetrómetro natural Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = Resistencia a la compresión (Kg/cm2) N (STP) = Ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)						



**MASTERLEM S.A.C.**  
LABORATORIO DE MATERIAS PLÁSTICAS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**  
**NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131**

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente : <b>07-276</b>
Proyecto : CHAVARRÍA	
Muestra : C-3	Profundidad: 0.40-0.70 m
	Fecha : 11 de Julio del 2008



Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 27	LP = 17	IP = 10	CLASIFICACIÓN	
3"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	SUCS : <b>CL</b>	AASHTO : <b>A-4(4)</b>
2"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----	 <b>John Ore Torre</b> TECNICO DE LABORATORIO  Jefe del Laboratorio	
1 1/2"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----		
1"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----		
3/4"	100.0	-----	-----	-----	-----	-----		
3/8"	98.3	-----	-----	-----	-----	-----		
#4	97.2	-----	-----	-----	-----	-----		
#10	96.1	-----	-----	-----	-----	-----		
#20	94.9	-----	-----	-----	-----	-----		
#40	91.2	-----	-----	-----	-----	-----		
#60	81.2	-----	-----	-----	-----	-----		
#140	59.8	-----	-----	-----	-----	-----		
#200	55.2	-----	-----	-----	-----	-----		



**MASTERLEM** SAC  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Jirón Arequipa N°3106  
San Martín de Porres - Lima  
Telef. (01) 567-4802 9697621

<b>PERFIL DEL SUELO</b>	<b>Perforación C-3</b>
-------------------------	------------------------

Proyecto: Residencial Andaluz Ubicación: Av. Puente Piedra Sur N°443 Puente Piedra - Lima	Informe 07.276
--	----------------

Método de excavación : Calicata	Fecha : 11/07/2008
Cotas: Referencia : Nivel del Terreno	Fondo : 3.00 m
Superficie : +/- 0.00 m	Nivel : m
Largo: 1.30m Ancho : 0.70 m	Profundidad : 3.00 m

Prof. (m)	SUCS	DESCRIPCION	MUESTRA		
			N°	Tipo	Prof. (m)
0.00	CL	Arcilla ligeramente arenosa, de plasticidad baja, compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro con fragmentos de restos de cerámica antigua.	1	Mab	0.4 0.7
1.00			2	Mab	1.0 2.0
2.00	ML	Limo arenoso no plástico, medianamente compacto, ligeramente húmedo, color marrón amarillento	2	Mab	2.0 2.2
3.00	SM	Arena fina limosa medianamente densa, ligeramente húmeda, color marrón amarillento.	3	Mab	2.8 3.0

Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra en Shelby      Pm = Penetrómetro natural  
 Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = Resistencia a la compresión (Kg/cm2)  
 N (STP) = Ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente	07-276
Proyecto	CHAVARRIA		
Muestra	C-2	Profundidad	1.40 - 1.60 m
		Fecha	11 de Julio del 2008

**Especimen A**

$\epsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
8.68	0.84	1.00	1.84	1.42	0.42
9.09	0.83	1.00	1.83	1.42	0.42
9.50	0.82	1.00	1.82	1.41	0.41
9.92	0.81	1.00	1.81	1.41	0.41
10.33	0.81	1.00	1.81	1.40	0.40
10.74	0.80	1.00	1.80	1.40	0.40
11.16	0.80	1.00	1.80	1.40	0.40
11.57	0.79	1.00	1.79	1.40	0.40
11.98	0.79	1.00	1.79	1.39	0.39
12.40	0.79	1.00	1.79	1.39	0.39
12.81	0.78	1.00	1.78	1.39	0.39
13.22	0.77	1.00	1.77	1.38	0.38
13.64	0.76	1.00	1.76	1.38	0.38
14.05	0.75	1.00	1.75	1.38	0.38
14.46	0.75	1.00	1.75	1.38	0.38
14.88	0.75	1.00	1.75	1.37	0.37
15.29	0.74	1.00	1.74	1.37	0.37
15.70	0.74	1.00	1.74	1.37	0.37
16.12	0.74	1.00	1.74	1.37	0.37
16.53	0.74	1.00	1.74	1.37	0.37
16.94	0.73	1.00	1.73	1.37	0.37
17.36	0.74	1.00	1.74	1.37	0.37
17.77	0.73	1.00	1.73	1.36	0.36
18.18	0.72	1.00	1.72	1.36	0.36
18.60	0.71	1.00	1.71	1.36	0.36
19.11	0.71	1.00	1.71	1.35	0.35
19.63	0.71	1.00	1.71	1.35	0.35
20.14	0.70	1.00	1.70	1.35	0.35
20.66	0.70	1.00	1.70	1.35	0.35

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente	07-276
Proyecto	CHAVARRIA		
Muestra	C-2	Profundidad	1.40 - 1.60 m
		Fecha	11 de Julio del 2008

**Especimen A**

$\epsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
0.10	0.26	1.00	1.26	1.13	0.13
0.21	0.34	1.00	1.34	1.17	0.17
0.31	0.41	1.00	1.41	1.20	0.20
0.41	0.46	1.00	1.46	1.23	0.23
0.52	0.52	1.00	1.52	1.26	0.26
0.62	0.57	1.00	1.57	1.28	0.28
0.83	0.65	1.00	1.65	1.33	0.33
1.03	0.72	1.00	1.72	1.36	0.36
1.24	0.77	1.00	1.77	1.39	0.39
1.45	0.81	1.00	1.81	1.41	0.41
1.65	0.85	1.00	1.85	1.42	0.42
1.86	0.88	1.00	1.88	1.44	0.44
2.07	0.91	1.00	1.91	1.45	0.45
2.48	0.96	1.00	1.96	1.48	0.48
2.89	0.97	1.00	1.97	1.49	0.49
3.31	0.98	1.00	1.98	1.49	0.49
3.72	0.98	1.00	1.98	1.49	0.49
4.13	0.97	1.00	1.97	1.49	0.49
4.55	0.96	1.00	1.96	1.48	0.48
4.96	0.94	1.00	1.94	1.47	0.47
5.37	0.92	1.00	1.92	1.46	0.46
5.79	0.91	1.00	1.91	1.46	0.46
6.20	0.91	1.00	1.91	1.45	0.45
6.61	0.89	1.00	1.89	1.45	0.45
7.02	0.88	1.00	1.88	1.44	0.44
7.44	0.88	1.00	1.88	1.44	0.44
7.85	0.85	1.00	1.85	1.43	0.43
8.26	0.84	1.00	1.84	1.42	0.42

(Continua.....)

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente	07-276
Proyecto	CHAVARRIA		
Muestra	C-2	Profundidad	1.40 - 1.60 m
		Fecha	11 de Julio del 2008

**Especimen B**

$\epsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00
0.10	0.29	2.00	2.29	2.14	0.14
0.21	0.37	2.00	2.37	2.19	0.19
0.31	0.43	2.00	2.43	2.21	0.21
0.41	0.48	2.00	2.48	2.24	0.24
0.52	0.52	2.00	2.52	2.26	0.26
0.62	0.57	2.00	2.57	2.29	0.29
0.83	0.65	2.00	2.65	2.32	0.32
1.04	0.72	2.00	2.72	2.36	0.36
1.24	0.77	2.00	2.77	2.39	0.39
1.45	0.82	2.00	2.82	2.41	0.41
1.66	0.86	2.00	2.86	2.43	0.43
1.86	0.90	2.00	2.90	2.45	0.45
2.07	0.93	2.00	2.93	2.46	0.46
2.48	0.96	2.00	2.96	2.48	0.48
2.90	0.98	2.00	2.98	2.49	0.49
3.31	0.98	2.00	2.98	2.49	0.49
3.73	0.97	2.00	2.97	2.49	0.49
4.14	0.97	2.00	2.97	2.49	0.49
4.55	0.97	2.00	2.97	2.48	0.48
4.97	0.94	2.00	2.94	2.47	0.47
5.38	0.94	2.00	2.94	2.47	0.47
5.80	0.93	2.00	2.93	2.46	0.46
6.21	0.91	2.00	2.91	2.45	0.45
6.63	0.89	2.00	2.89	2.45	0.45
7.04	0.88	2.00	2.88	2.44	0.44
7.45	0.88	2.00	2.88	2.44	0.44
7.87	0.85	2.00	2.85	2.43	0.43
8.28	0.83	2.00	2.83	2.42	0.42

(Continua.....)

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		Expediente: <b>07-276</b>
Proyecto: <b>CHAVARRIA</b>		
Muestra: <b>C-2</b>	Profundidad: <b>1.40 - 1.60 m</b>	Fecha: <b>11 de Julio del 2008</b>

**Especimen B**

$\epsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
8.70	0.81	2.00	2.81	2.41	0.41
9.11	0.80	2.00	2.80	2.40	0.40
9.52	0.80	2.00	2.80	2.40	0.40
9.94	0.79	2.00	2.79	2.40	0.40
10.35	0.79	2.00	2.79	2.40	0.40
10.77	0.78	2.00	2.78	2.39	0.39
11.18	0.76	2.00	2.76	2.38	0.38
11.59	0.75	2.00	2.75	2.38	0.38
12.01	0.75	2.00	2.75	2.38	0.38
12.42	0.75	2.00	2.75	2.37	0.37
12.84	0.74	2.00	2.74	2.37	0.37
13.25	0.73	2.00	2.73	2.37	0.37
13.66	0.72	2.00	2.72	2.36	0.36
14.08	0.71	2.00	2.71	2.35	0.35
14.49	0.71	2.00	2.71	2.35	0.35
14.91	0.70	2.00	2.70	2.35	0.35
15.32	0.70	2.00	2.70	2.35	0.35
15.73	0.68	2.00	2.68	2.34	0.34
16.15	0.67	2.00	2.67	2.33	0.33
16.56	0.66	2.00	2.66	2.33	0.33
16.98	0.66	2.00	2.66	2.33	0.33
17.39	0.66	2.00	2.66	2.33	0.33
17.81	0.66	2.00	2.66	2.33	0.33
18.22	0.65	2.00	2.65	2.32	0.32
18.63	0.63	2.00	2.63	2.32	0.32
19.15	0.63	2.00	2.63	2.31	0.31
19.67	0.62	2.00	2.62	2.31	0.31
20.19	0.62	2.00	2.62	2.31	0.31
20.70	0.60	2.00	2.60	2.30	0.30

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente : 07-276
Proyecto	CHAVARRIA	
Muestra	C-2	Fecha 11 de Julio del 2008
Profundidad		1.40 - 1.60 m

**Especimen C**

$\epsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	0.00
0.10	0.29	4.00	4.29	4.14	0.14
0.21	0.37	4.00	4.37	4.19	0.19
0.31	0.43	4.00	4.43	4.21	0.21
0.42	0.48	4.00	4.48	4.24	0.24
0.52	0.52	4.00	4.52	4.26	0.26
0.62	0.57	4.00	4.57	4.29	0.29
0.83	0.65	4.00	4.65	4.32	0.32
1.04	0.72	4.00	4.72	4.36	0.36
1.25	0.77	4.00	4.77	4.39	0.39
1.46	0.82	4.00	4.82	4.41	0.41
1.66	0.86	4.00	4.86	4.43	0.43
1.87	0.90	4.00	4.90	4.45	0.45
2.08	0.93	4.00	4.93	4.46	0.46
2.49	0.96	4.00	4.96	4.48	0.48
2.91	0.98	4.00	4.98	4.49	0.49
3.33	0.98	4.00	4.98	4.49	0.49
3.74	0.97	4.00	4.97	4.49	0.49
4.16	0.97	4.00	4.97	4.49	0.49
4.57	0.97	4.00	4.97	4.48	0.48
4.99	0.94	4.00	4.94	4.47	0.47
5.41	0.94	4.00	4.94	4.47	0.47
5.82	0.93	4.00	4.93	4.46	0.46
6.24	0.91	4.00	4.91	4.45	0.45
6.65	0.89	4.00	4.89	4.45	0.45
7.07	0.88	4.00	4.88	4.44	0.44
7.48	0.88	4.00	4.88	4.44	0.44
7.90	0.85	4.00	4.85	4.43	0.43
8.32	0.83	4.00	4.83	4.42	0.42

(Continua.....)



**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente 07-276
Proyecto	CHAVARRIA	
Muestra	C-2	Profundidad 1.40 - 1.60 m
		Fecha 11 de Julio del 2008

**Especimen C**

$\varepsilon$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	p kg/cm <sup>2</sup>	q kg/cm <sup>2</sup>
8.73	0.81	4.00	4.81	4.41	0.41
9.15	0.80	4.00	4.80	4.40	0.40
9.56	0.80	4.00	4.80	4.40	0.40
9.98	0.79	4.00	4.79	4.39	0.39
10.40	0.79	4.00	4.79	4.40	0.40
10.81	0.78	4.00	4.78	4.39	0.39
11.23	0.76	4.00	4.76	4.38	0.38
11.64	0.75	4.00	4.75	4.38	0.38
12.06	0.75	4.00	4.75	4.37	0.37
12.47	0.75	4.00	4.75	4.37	0.37
12.89	0.74	4.00	4.74	4.37	0.37
13.31	0.73	4.00	4.73	4.37	0.37
13.72	0.72	4.00	4.72	4.36	0.36
14.14	0.71	4.00	4.71	4.35	0.35
14.55	0.71	4.00	4.71	4.35	0.35
14.97	0.69	4.00	4.69	4.35	0.35
15.38	0.70	4.00	4.70	4.35	0.35
15.80	0.68	4.00	4.68	4.34	0.34
16.22	0.67	4.00	4.67	4.33	0.33
16.63	0.66	4.00	4.66	4.33	0.33
17.05	0.66	4.00	4.66	4.33	0.33
17.46	0.66	4.00	4.66	4.33	0.33
17.88	0.66	4.00	4.66	4.33	0.33
18.30	0.64	4.00	4.64	4.32	0.32
18.71	0.63	4.00	4.63	4.31	0.31
19.23	0.62	4.00	4.62	4.31	0.31
19.75	0.62	4.00	4.62	4.31	0.31
20.27	0.62	4.00	4.62	4.31	0.31
20.79	0.60	4.00	4.60	4.30	0.30

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente : 07-276
Proyecto	CHAVARRIA	
Muestra	C-2	Fecha 11 de Julio del 2008
	Profundidad 1.40 - 1.60 m	

**CARACTERISTICAS DE LOS ESPECIMENES**

Tipo de muestra :	Inalterada
Peso esp. solidos Gs	2.77

Especimen		A	B	C
Diámetro	cm	5.00	5.00	5.00
Altura	cm	9.68	9.66	9.62
Humedad inicial		7.4%	7.6%	8.5%
Humedad final		29.5%	29.4%	34.0%
Saturacion inicial		25.6%	25.8%	29.6%
Relacion de vacios	e	0.81	0.81	0.80
Porosidad	n	44.6%	44.8%	44.4%
Densidad inicial	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.64	1.67
Densidad final	g/cm <sup>3</sup>	1.99	1.98	2.06
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.53	1.53	1.54
Presión de cámara	kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00

**FALLA DEFINIDA CONFORME A LA NORMA NPT 339.164 (ASTM D 2850)**

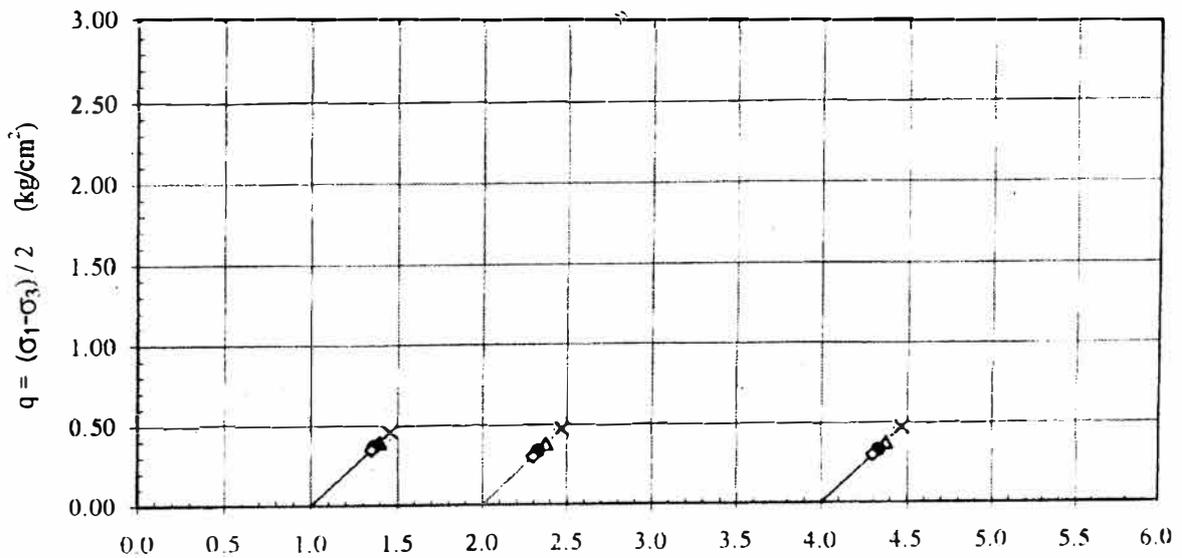
$\sigma_1 - \sigma_3$ máximo	kg/cm <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.98
$\sigma_1$	kg/cm <sup>2</sup>	1.98	2.98	4.98
$\sigma_3$	kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00
$\epsilon$	%	3.31	3.31	3.33

John Ore Torre  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe del Laboratorio

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente	07-276
Proyecto	CHAVARRIA		
Muestra	C-2	Profundidad	1.40 - 1.60 m
		Fecha	11 de Julio del 2008*

**TRAYECTORIA DE TENSIONES (p vs q)**


$$p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

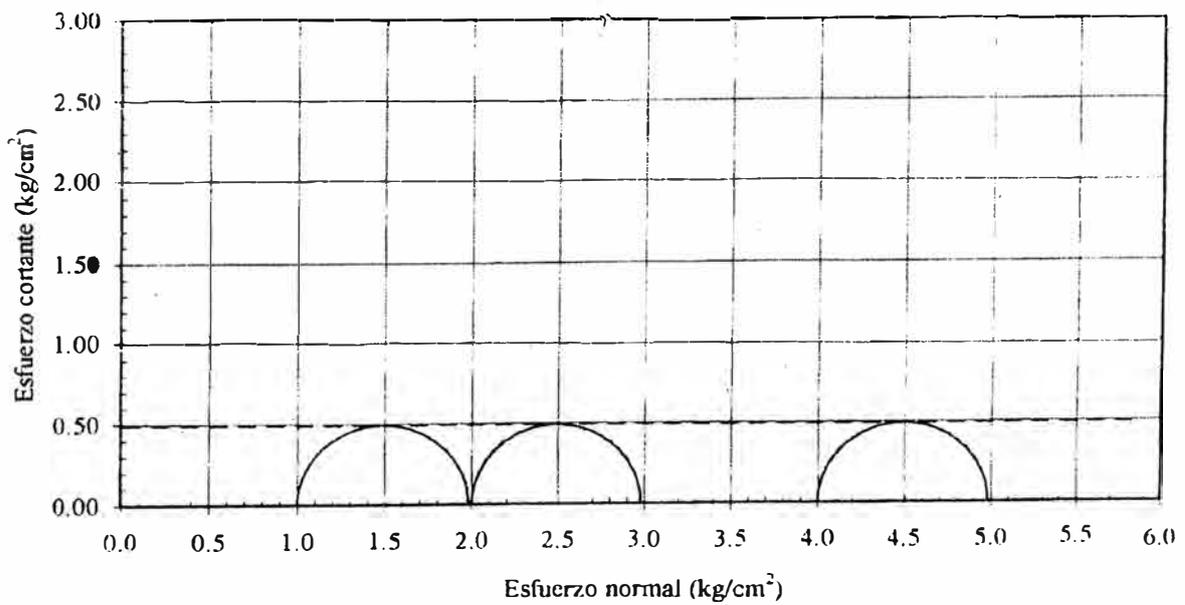
— esp. A — esp. B — esp. C + 2.5% x 5% Δ 10% ● 15% ◊ 20%

John Ore Torre  
TECNICO DE LABORATORIO

Jefe del Laboratorio

**ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) NPT 339.164 (ASTM D2850)**

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Expediente	07-276
Proyecto	CHAVARRIA		
Muestra	C-2	Profundidad	1.40 - 1.60 m
		Fecha	11 de Julio del 2008

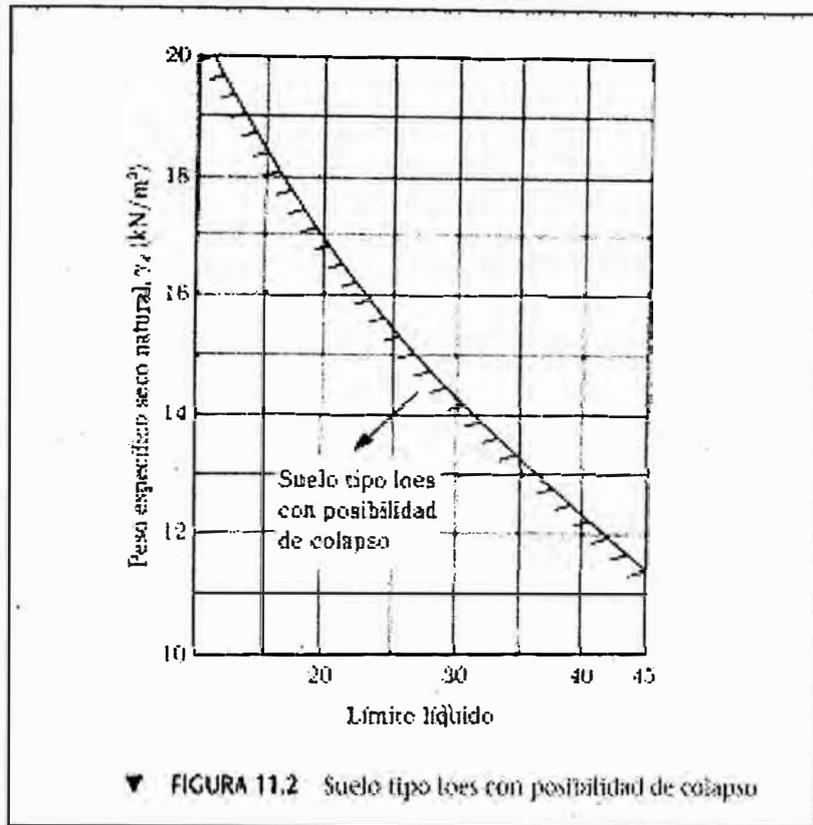
**ENVOLVENTE DE FALLA - ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO**


—  $\sigma_1 - \sigma_3$

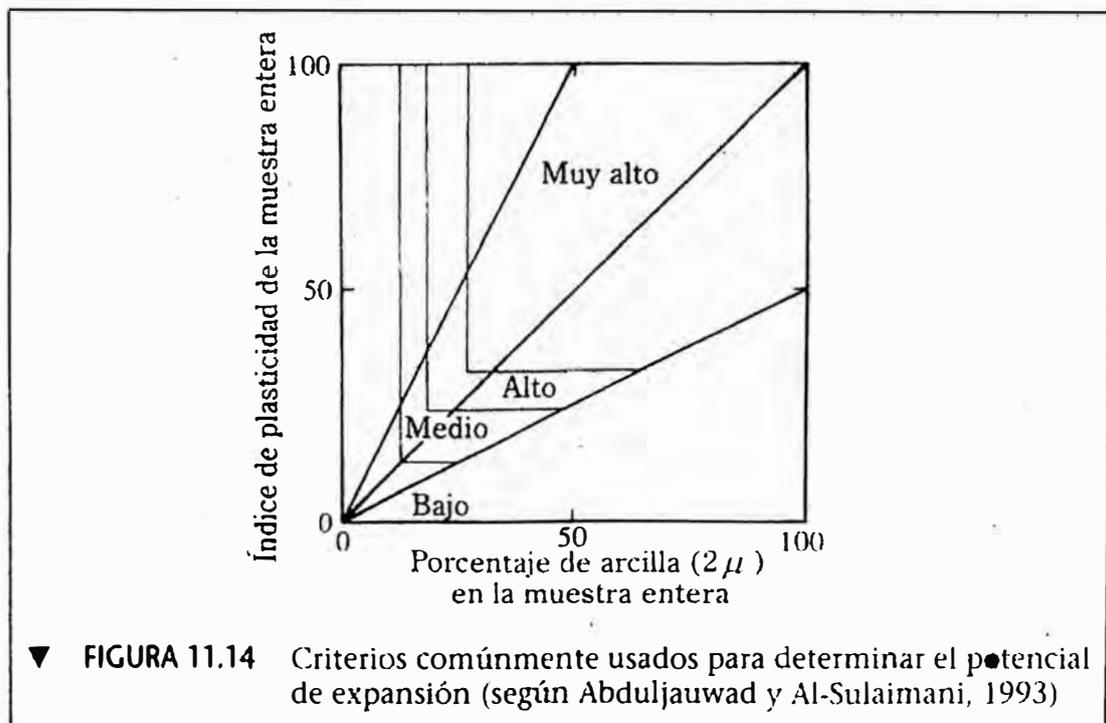
$c = 0.49 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi = 0^\circ$

John Ore Torre  
TECNICO DE LABORATORIO

Jefe del Laboratorio



POSIBILIDAD DE COLAPSO DE UN SUELO



POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO