UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR LA UNIÓN DE MANCHAY ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA Y GEOTECNIA

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

DANIEL FERMÍN MACHA QUILLAMA

Lima- Perú

2010

A mis padres, hermano, familia y amigos que pusieron siempre algo de sí en mí para el logro de mis objetivos.

ÍNDICE

RESUMEN 1

LISTA DE CUADROS 3

LISTA DE FOTOGRAFÍAS 4

LISTA DE FIGURAS 5

LISTA DE SÍMBOLOS 6

INTRODUCCIÓN 8

CAPÍTULO 1. PERFIL DEL PROYECTO 9

1.1. UBICACIÓN 9

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO 9

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 9

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA 14

2.1. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DEL TERRENO DEL PROYECTO . 14

2.1.1. Ubicación del Proyecto 14

2.1.2. Área de influencia del Proyecto 15

2.1.3. Información general de la localidad de Manchay 15

2.2. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 17

2.2.1. Descripción del trabajo 17

2.3. METODOLOGÍA. 18

2.4. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PLANOS 19

2.4.1. Planos con curvas de nivel 19

2.4.2. Perfiles longitudinales 19

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS DE GEOTECNIA 20

3.1. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO Y GEOLOGÍA 20

3.2. NORMATIVIDAD PARA LOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS ... 22

3.3. ENSAYOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SUELO 25

3.3.1. Elaboración de calicatas 25

3.3.2. Estratigrafía del suelo 27

3.3.3. Determinación de parámetros de suelo 32

3.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL SUELO PARA FINES DE CIMENTACIÓN 33

3.4.1. Tipos de falla 33

3.4.2. Determinación del tipo de falla según las características físicas del suelo de fundación. 36

3.4.3. Factor de seguridad 37

3.4.4. Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación. 39

3.4.5. Determinación de los asentamientos permisibles del suelo de fundación. 45

3.4.6. Agresividad de las sales del subsuelo 52

CONCLUSIONES 54

RECOMENDACIONES 55

BIBLIOGRAFÍA 56

ANEXOS 57

RESUMEN

La ciudad de Lima, continúa siendo la principal receptora de grupos migratorios de otras ciudades y pueblos del país. La gran mayoría de estos pobladores buscan mejores condiciones de vida y de hábitat, generando una expansión no planificada en la periferia de la ciudad en busca de satisfacer sus necesidades de vivienda.

Este crecimiento desorganizado de la ciudad trae como consecuencia invasiones de terrenos, construcciones informales, viviendas inseguras, problemas de tugurización, entre otros. Pero al mismo tiempo, representa un reto y una oportunidad de negocio para inversionistas y empresas de la industria de la construcción para ofrecer módulos de vivienda para sectores de bajos recursos sin sacrificar en mayor proporción las ganancias.

Es así que se plantea la ejecución de un Proyecto Inmobiliario de Vivienda en la localidad de Manchay, perteneciente al distrito de Pachacámac, en donde el proceso migratorio comenzó hace más de 28 años, provenientes de la sierra sur y sierra central del país. El proyecto consiste en la ejecución de 128 departamentos m^2 aproximadamente distribuidos en dos bloques de edificios de cuatro edificios de cuatro niveles cada uno, y a su vez de 4 departamentos por nivel.

Entonces para el desarrollo del proyecto, a nivel de Perfil, son necesarios los estudios básicos de Topografía y Geotecnia, razón de la elaboración del presente informe.

Los estudios de topografía se realizaron con el apoyo de una estación total, el personal técnico, y el software adecuado para el procesamiento de datos. Los resultados de estos estudios fueron corroborados con información recopilada por los propietarios del Centro Poblado La Unión. Los planos obtenidos de topografía con curvas de nivel cada 0.20 m y los perfiles longitudinales se presentan en los anexos de planos en la parte final del presente informe.

Los estudios de geotecnia, se basaron en la normatividad dada por el Reglamento Nacional de Edificaciones mediante la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. Se ejecutaron cuatro (04) calicatas a tajo abierto de 3.00 m de profundidad cada una. De estas calicatas se extrajeron muestras inalteradas según los estratos identificados, para luego ser sometidas a ensayos tanto físicos como químicos.

De los resultados obtenidos en laboratorio se determinaron los parámetros de cimentación que se alcanzan al proyectista estructural y que servirán de referencia para el diseño de las dimensiones de las cimentaciones, además de los resultados de los ensayos químicos se determina, de acuerdo a la agresividad del suelo por concentración de sales, cloruros y sulfatos, el tipo de cemento a usar para la fabricación del concreto y además la resistencia a la compresión mínima que se requiere para las estructuras de cimentación.

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº 3.01. Clasificación de la edificación para el Estudio de Suelos de acuerdo a la clase de estructura 22

Cuadro Nº 3.02. Cantidad mínima de puntos de investigación para el Estudio de Suelos según el tipo de edificación 23

Cuadro Nº 3.03. Resumen de calicatas ejecutadas, profundidad y nivel freático detectado 25

Cuadro Nº 3.04. Cuadro de Clasificación del suelo según las calicatas ejecutadas 32

Cuadro Nº 3.05. Factores de capacidad de carga de Terzaghi según Kumbhojkar en 1993 para cimentaciones corridas 41

Cuadro Nº 3.06. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi, N'_c, N'_q y N'_γ, para falla por corte local 42

Cuadro Nº 3.07. Iteraciones para la determinación de las dimensiones de la cimentación mediante zapata cuadrada 44

Cuadro Nº 3.08. Iteraciones para la determinación de las dimensiones de la cimentación mediante cimentación corrida 44

Cuadro Nº 3.09. Valores del Módulo de Elasticidad para distintos tipos de suelo 50

Cuadro Nº 3.10. Valores de la relación de Poisson para distintos tipos de suelo 50

Cuadro Nº 3.11. Valores de factor de forma (α) según el tipo de cimentación de la estructura proyectada. 51

Cuadro Nº 3.12. Valores de asentamiento para un tipo de suelo correspondiente a arena de grano grueso en estado semi compacto 51

Cuadro Nº 3.13. Valores permisibles de la distorsión angular según el asentamiento diferencial. 52

Cuadro Nº 3.14. Cuadro resumen de presencia de cloruros, sulfatos y sales solubles del suelo del terreno. 53

Cuadro Nº 3.15. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos 53

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía Nº 2.01. Vista del terreno desde la intersección de las avenidas Los Cóndores (izquierda) y La Unión (derecha). 15

Fotografía Nº 2.02. Vista de la Av. La Unión (hacia la izquierda se encuentra el terreno) 16

Fotografía Nº 2.03. Vista de la Av. Cóndores a dos cuadras del terreno 16

Fotografía Nº 2.04. Ubicación de principales estructuras existentes para el levantamiento topográfico. 18

Fotografía Nº 3.01. Excavación de la calicata C-1. 25

Fotografía Nº 3.02. Estratigrafía de la calicata C-1. 26

Fotografía Nº 3.03. Excavación de la calicata C-2. 26

Fotografía Nº 3.04. Estratigrafía de la calicata C-2. 26

Fotografía Nº 3.05. Excavación de la calicata C-3. 27

Fotografía Nº 3.06. Estratigrafía de la calicata C-3. 27

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 2.01. Geometría del terreno para el proyecto "La Unión de Manchay" 14

Figura Nº 3.01. Simbología de Suelos 24

Figura Nº 3.02. Registro de campo de la calicata C-1 28

Figura Nº 3.03. Registro de campo de la calicata C-2 29

Figura Nº 3.04. Registro de campo de la calicata C-3 30

Figura Nº 3.05. Registro de campo de la calicata C-4 31

Figura Nº 3.06. Falla general por corte 34

Figura Nº 3.07. Falla local del corte 34

Figura Nº 3.08. Falla de corte por punzonamiento 35

Figura Nº 3.09. Modos de falla en cimentaciones sobre arena según Vesic 35

Figura Nº 3.10. Asentamiento elástico de cimentación superficial 45

Figura Nº 3.11. Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas..... 46

Figura Nº 3.12. Valores de α, α_{prom} y α_r 47

Figura Nº 3.13. Variación de F_1 con H/B según Steinbrenner, 1934..... 48

Figura Nº 3.14. Variación de F_2 con H/B según Steinbrenner, 1934..... 49

LISTA DE SÍMBOLOS

A.C.C.	:	Apuntes de clase del curso
B	:	Ancho de la cimentación
c	:	Cohesión del suelo
C-	:	Calicata número
C_r	:	Compacidad relativa de la arena
D_f	:	Profundidad de la cimentación medida desde la superficie del terreno
E_s	:	Módulo de elasticidad del suelo
FS	:	Factor de seguridad
GPS	:	Global Positioning System (sistema de posicionamiento global)
H	:	Espesor del estrato del suelo
$K_{p\gamma}$	:	Coeficiente de empuje pasivo
L	:	Longitud de la cimentación (L es siempre mayor que B)
L.L.	:	Límite Líquido (%)
L.P.	:	Límite Plástico (%)
m	:	Unidad de longitud, metro
N_c, N_q, N_γ	:	Factores de capacidad de carga adimensionales para el ángulo de fricción ϕ_d.
N'_c, N'_q, N'_γ	:	Factores de capacidad de carga adimensionales modificados para el ángulo de fricción ϕ_d.
NTP	:	Norma Técnica Peruana
q	:	Sobrecarga equivalente efectiva del suelo
q_{adm}	:	Capacidad de carga bruta admisible del suelo
q_u	:	Capacidad de carga bruta última del suelo
S_e	:	Asentamiento elástico
SM	:	Clasificación de tipo de suelo SUCS, arena limosa
SP	:	Clasificación de tipo de suelo SUCS, arena mal graduada
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TBA	:	Tablero de bombas de agua potable
Tp	:	Periodo fundamental de la estructura
TSG	:	Tablero de servicios generales

UTM	:	Universal Transverse Mercator coordinate system (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator)
WGS84	:	World Geodetic System 1984 (sistema de coordenadas cartográficas mundial de 1984)
γ	:	Peso específico del suelo
$\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$	:	Incremento del esfuerzo debido a la carga neta aplicada a la cimentación, en las direcciones *x*, *y*, y *z*.
μ_s	:	Relación de Poisson del suelo
ϕ	:	Ángulo de fricción interna del suelo

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo técnico de topografía y estudio de suelos tiene como objetivo principal la obtención de los planos topográficos y los parámetros de suelo para la cimentación del terreno en donde se ejecutará el Proyecto Inmobiliario de Vivienda "La Unión de Manchay".

En el primer capítulo se realizará un breve resumen de lo que trata en sí el proyecto inmobiliario a manera de la descripción del Perfil del Proyecto. Esto abarca los estudios previos que se realizaron desde el estudio de mercado hasta la evaluación económica que se obtuvo al final.

En el segundo capítulo se abarcó los estudios de topografía, en el cual se describe los trabajos de campo para la toma de datos del terreno en donde se ejecutará el proyecto mediante la estación total y el procesamiento de datos mediante un software para la obtención de los planos topográficos con curvas de nivel cada 0.20 m y los perfiles longitudinales del perímetro del terreno.

En el tercer capítulo se trata de los estudios de mecánica de suelos que se realizaron con el objetivo de la obtención de los parámetros para la cimentación de la estructura dado el tipo de suelo presentado en la localidad de Manchay.

CAPÍTULO 1. PERFIL DEL PROYECTO

El proyecto inmobiliario de vivienda multifamiliar "La Unión de Manchay" consiste en la construcción de 128 departamentos distribuidos en 02 bloques de 04 edificios cada uno, y en cada edificio 04 niveles con 04 departamentos por nivel.

1.1. UBICACIÓN

El proyecto de vivienda multifamiliar "La Unión de Manchay" se encuentra ubicado en el cruce de la avenida La Unión y la avenida Los Cóndores, dentro del Centro Poblado "La Unión", en la localidad de Manchay, distrito de Pachacámac, provincia y departamento de Lima, ver el plano de ubicación LU-01 en los anexos.

Se ubica entre las coordenadas UTM E 296,404.92 N 8'661,588.14 y E 296,520.19 N 8'661,666.65 (sistema WGS84) ocupando un área de 9494.14 m^2.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de la ejecución del proyecto es obtener el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de La Unión del sector de Manchay y zonas aledañas mediante la venta de departamentos de aproximadamente 87 m^2 cada uno diseñados para familias de 05 integrantes, de manera que puedan satisfacer su necesidad de vivienda.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estudio de Mercado

El terreno donde se desarrollará el proyecto cubre un área de 9,494.14 m^2 y su perímetro es de 390.33 m; sin embargo, el proyecto abarcará un área de 7,277.00 m^2 y un perímetro de 347.00 m, correspondiendo un área verde de 1,827.00 m^2.

Del Estudio de Mercado, y visitas de inspección en el área de influencia donde se ubica el terreno, se ha determinado que el mercado objetivo para este proyecto son los sectores socioeconómicos C y D, principalmente familias jóvenes de 4 a 5 miembros; es decir, con hijos en edad escolar. Además, de los estudios oficiales realizados por CAPECO y otras instituciones reconocidas se extrae que la oferta de departamentos continúa siendo la que ofrece mayores oportunidades de inversión dentro del mercado inmobiliario. Lamentablemente, no hay información específica de Pachacámac, pues en este distrito la oferta de departamentos es prácticamente nula.

El mayor precio de venta de los departamentos para el proyecto se puede ubicar preliminarmente entre US$ 30 mil y US$ 40 mil si es destinado exclusivamente al segmento C.

Topografía y Mecánica de Suelos

Para los Estudios de Topografía se realizó un levantamiento planimétrico, con curvas de nivel cada 0.20 m, determinándose que el terreno presenta una pendiente de 3%. Para mayor detalle ver los planos TP-01 y TP-02 en los anexos. El Estudio de Mecánica de Suelos definió, según la clasificación SUCS, que el subsuelo está constituido en general por una arena limosa (SM) de grano medio a grueso no plástica con presencia de gravas color plomizo de ½" a 1 ½" hasta en un 8 %, en estado semicompacto. El suelo no presenta agresividad de sulfatos. Según los ensayos de análisis químico, los valores se encuentran por debajo de los límites máximos tolerables de agresividad al concreto. En ese sentido, se optará por el empleo del Cemento Portland Tipo IP (por la presencia de sulfatos superiores a los permisibles) para la estructura de los edificios.
Finalmente, la capacidad portante admisible resulta de 1.10 Kg/cm^2 y el asentamiento diferencial resulta de 0.55 cm.

Arquitectura

La Arquitectura del proyecto se desarrolla como un conjunto residencial conformado por 8 bloques de edificios de 4 pisos cada uno. En cada bloque se distribuyen 4 departamentos por piso; es decir, 16 departamentos por bloque, haciendo un total de 128 departamentos familiares. El área de cada departamento es de aproximadamente 87 m^2. El diseño del conjunto residencial

se ha realizado en base a la morfología del terreno, lo que ha determinado la distribución de los elementos arquitectónicos.

Cada departamento cuenta con una sala-comedor, dos dormitorios, dormitorio principal con baño, baño de visita, cocina y lavandería.

El ingreso principal al condominio se encuentra en el frente del terreno que da hacia la Av. Los Cóndores, conduciendo a través de una alameda central hacia los bloques de edificios del condominio.

El ingreso vehicular se ha planteado por la Av. La Unión que conlleva hacia una zona destinada para 70 estacionamientos. Desde aquí también se cuenta con accesos peatonales y camino hacia la alameda central para llegar a los edificios.

Cada edificio cuenta con un acceso ubicado en su frente principal, el cual a través de escaleras conectan los diferentes niveles hacia los halles de recepción y departamentos por piso.

El conjunto residencial se complementa con casetas de vigilancia en los ingresos peatonal y vehicular, un cuarto de basura, áreas verdes y un patio de juegos para niños.

Estructuras

La Estructura propuesta para cada edificio consiste en un sistema dual en base a pórticos de concreto armado y muros de corte de concreto armado hasta el segundo piso, para luego cambiar a muros portantes de albañilería hasta el cuarto piso. Los muros en general son de un espesor de 0.15 m. La cimentación está conformada por zapatas aisladas conectadas con vigas de cimentación y sobrecimientos armados. La losa será predominantemente aligerada de 0.20 m de espesor.

Previamente el terreno recibirá un tratamiento en base a movimiento de tierras masivo, rellenos con material de préstamo y compactación con maquinaria pesada, dejando una plataforma con desniveles para asentar las edificaciones.

Instalaciones Sanitarias

El proyecto de Instalaciones Sanitarias comprende el diseño de los sistemas de agua fría, agua caliente y sistema de desagüe y ventilación.

Para el abastecimiento de agua fría se ha considerado un sistema de abastecimiento con electrobombas de presión constante y velocidad variable que lo conforman 2 cisternas de 103.60 m^3 cada una. Cada cisterna cuenta con 3 electrobombas de presión constante de 3.50 HP cada una, dos de ellas trabajarán en simultáneo y la otra quedará como reserva, y un tanque de compensación.

Para el abastecimiento de agua caliente, cada departamento contará con un calentador de agua (terma) de 80 lt y las tuberías de distribución con diámetros de ¾" y ½".

El sistema de desagüe y ventilación consta de ramales horizontales de 2", 4" y 6", montantes de descarga de 3" y 4", cajas de registro de 10" x 20", 12" x 24" y cajas de registro principales de 12" x 24". Estas cajas de registro principales llevarán las aguas servidas a la red de desagüe interior del conjunto residencial compuestos por cajas de registro de 18" x 24" y 24" x 24", para después unirse a la red de desagüe externa, las cuales están ubicadas en la Avenida Los Cóndores y la Calle Las Gaviotas.

Instalaciones Eléctricas

El proyecto de Instalaciones Eléctricas comprende el alumbrado interior de los departamentos; alumbrado de halls, escaleras y áreas comunes; tomacorrientes en interiores de los departamentos y áreas comunes; salidas de fuerza para electrobombas y sistema de puesta a tierra. Además, el proyecto contempla la instalación básica de tuberías y salidas para comunicaciones y sistemas especiales de telefonía externa, telefonía interna y sistema de televisión por cable. Así mismo, se dejarán las tuberías y salidas para el sistema de alarma contra incendio y detectores de humo y temperatura.

La estructura del suministro eléctrico consta de un tablero de servicios generales TSG conformado por 02 sub-tableros que comprende un sub-tablero de servicios generales para cada bloque de departamentos y un tablero de bombas de agua

potable TBA; tableros de distribución para cada departamento y un tablero general TDG en cada edificación.

El Presupuesto de la obra asciende a S/. 14'201,604.30 (catorce millones doscientos un mil seiscientos cuatro con 30/100 Nuevos Soles) incluido el impuesto general a las ventas IGV. Este presupuesto se ha subdivido en dos grupos denominados como obras interiores, que comprende la ejecución de los bloques de departamentos, y obras exteriores, que comprende la ejecución del resto de áreas comunes del conjunto residencial.

Programación de Obra

De la Programación de Obra se estima un tiempo de ejecución de 16 meses para la construcción del Proyecto, comenzando por el tratamiento del terreno hasta dejarlo a nivel de plataforma, y luego comenzar la ejecución de los bloques de departamentos. Finalmente, se ejecutarán los trabajos correspondientes a las áreas comunes.

Evaluación Económica

De la Evaluación Económica, se llegó a la conclusión que el precio de venta de los departamentos, para que el proyecto sea rentable, resulta de US$ 44 mil.

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA

2.1. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DEL TERRENO DEL PROYECTO

2.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto inmobiliario de vivienda se cuenta con un terreno ubicado en el Centro Poblado "La Unión", perteneciente al sector de Manchay, distrito de Pachacámac, en la intersección de las avenidas Los Cóndores y La Unión, ver el plano LU-01 en los anexos.

El terreno es de geometría casi rectangular, presentando las siguientes dimensiones, 103.25 m y 102.53 m en los lados de mayor longitud y de 70.07 m y 70.05 m en los lados de menor longitud, respectivamente. El área total de este terreno es de 7,205.47 m^2, ver Figura Nº 2.01.

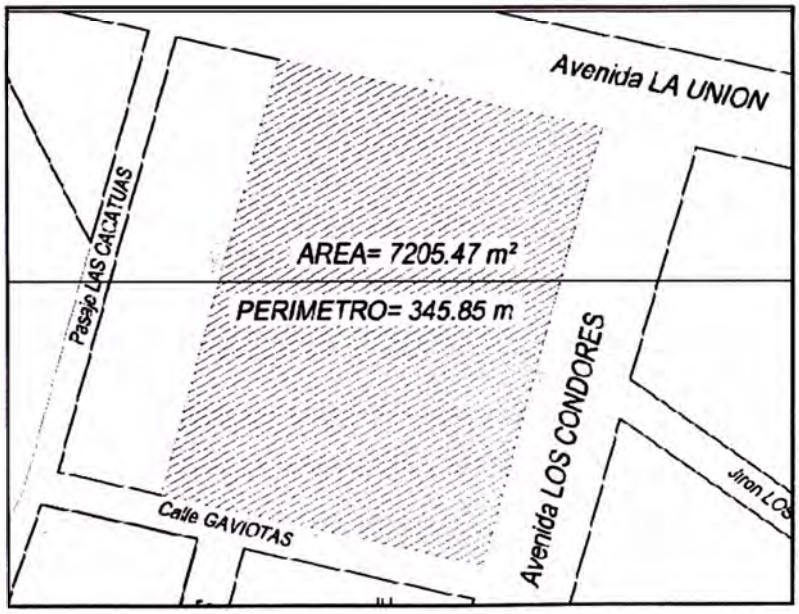


Figura Nº 2.01. Geometría del terreno para el proyecto "La Unión de Manchay"
(Fuente: Elaboración propia)

El terreno objetivo del levantamiento topográfico tiene los siguientes límites:

- Por el norte la avenida La Unión,
- Por el sur la calle Gaviotas,
- Por el este la avenida Los Cóndores
- Por el oeste el pasaje las Cacatúas.

2.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El área de influencia del proyecto son los distritos de Pachacámac y Lurín principalmente, tal como se mencionó líneas arriba, el objetivo del proyecto es el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de las zonas, que como se puede apreciar en las Fotografías 2.01, 2.02 y 2.03, el plan de desarrollo urbano se viene dando pausadamente.

Fotografía Nº 2.01. Vista del terreno desde la intersección de las avenidas Los Cóndores (izquierda) y La Unión (derecha).

2.1.3. INFORMACIÓN GENERAL DE LA LOCALIDAD DE MANCHAY

La localidad de Manchay se encuentra ubicada a 25 Km al sur de Lima en el distrito de Pachacámac y tiene una extensión de 14 Km de largo por 4 Km de ancho. Su geografía se presenta como árida y semidesértica.

Manchay tiene una población de 70 mil habitantes. El 40% llegó desde Ayacucho, Junín, Apurímac, Huancavelica, Huánuco, Áncash, Cusco y Cajamarca. Está organizada socialmente en 95 comités de vaso de leche y 42 comedores populares.

Fotografía Nº 2.02. Vista de la Av. La Unión (hacia la izquierda se encuentra el terreno)

Fotografía Nº 2.03. Vista de la Av. Cóndores a dos cuadras del terreno

Respecto a la vivienda, el 40.3% de las casas es de material noble. El resto es de madera y esteras. Un 75% de los habitantes de Manchay no tienen título de propiedad. Un 60% tiene conexión de agua. El 95% de las viviendas tienen luz. Como obras importantes pendientes se tienen la plaza de armas de Manchay y el asfaltado de 3.5 Km de la avenida Víctor Malásquez.

2.2. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El equipo de topografía utilizado en el levantamiento topográfico es la estación total, equipo apropiado para trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados.

Equipamiento utilizado en el levantamiento topográfico:

- 01 Estación Total TRC 407 LEICA (medición por láser)
- 01 GPS Navegador
- 02 Prismas para puntos no accesibles
- 01 Wincha de 50 m
- 03 radios comunicadores
- Pintura

2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Las coordenadas de todos los puntos del levantamiento fueron trasladados de manera radial con el uso de la estación total TCR 407 LEICA y el apoyo de un GPS Navegador.

Se analizó el área del proyecto, recorriendo todo el perímetro del área del proyecto, se ubicaron estaciones de apoyo para realizar el levantamiento correspondiente por método de radiación con puro laser de la estación total, lográndose una medida precisa con los colindantes y determinar el perímetro del proyecto, de lo cual se permitió recoger la información necesaria para empezar los trabajos de gabinete, ver plano LU-01 en el anexo.

Adicional a estos trabajos se tomaron puntos de un muro existente dentro del área del perímetro, poste de alumbrado público y de telefonía, puntos de Fachada o paredes existentes de las viviendas en todo el contorno del perímetro, puntos de ejes de vía, como también buzones existentes. La información topográfica fue procesada en gabinete, se pasó la data de la estación total a la computadora, se importó y trabajó en el Software AutoCAD Civil 3D 2010

2.3. METODOLOGÍA.

De acuerdo a lo requerido para el desarrollo del proyecto inmobiliario, se ha determinado las siguientes actividades:

- Plano de Localización y Ubicación.
- Levantamiento topográfico: Planimétrico y Altimétrico; adjuntándose los planos en los anexos.
- Plano topográfico a curvas de nivel (cada 0.20 m.) y ubicación
- Plano perimétrico, perfil longitudinal y secciones de eje de terreno

La ubicación del área del proyecto se encuentra referenciada en unas coordenadas UTM georeferenciados por DATUM WGS 84 (GPS-navegador).

Fotografía Nº 2.04. Ubicación de principales estructuras existentes para el levantamiento topográfico.

2.4. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PLANOS

2.4.1. PLANOS CON CURVAS DE NIVEL

Los planos de curvas de nivel están graficados en escala 1/500, indicándose curvas mayores cada 1.00 m y las menores cada 0.20 m, a detalle de la zona del proyecto a realizar, las cuales se encuentran referenciadas de la Red Geodésica Graficada, ver el plano TP-01 en el anexo.

La nivelación se ha efectuado haciendo uso de una nivelación radial según las estación de apoyo definidas.

2.4.2. PERFILES LONGITUDINALES

Los ejes de vías y las secciones de vía existente han sido tomados en base al ingreso al área del proyecto a realizar por todo su perímetro detallándose en el plano de planta en escala indicada, e igualmente se proceso la nivelación de todo el perímetro del área del proyecto, con un estacado de cada 10 metros y seccionamiento de eje de terreno cada 10 metros, ver el plano TP-02 en el anexo.

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS DE GEOTECNIA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO Y GEOLOGÍA

El terreno que abarca el Proyecto está conformado en su mayor parte por arenas. De los planos topográficos se observa que el terreno tiene una pendiente negativa del 3% hacia la dirección SO.

Geología y Sismicidad

Geodinámica externa

Durante los trabajos de campo efectuados no se han detectado fenómenos de geodinámica externa reciente, como levantamientos y/o hundimientos, ni desplazamientos de la formación sedimentaria existente en la zona.

Sismicidad

La actividad sísmica en Perú es debida principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, presente de Norte a Sur en su borde Oeste, con una velocidad relativa de 8 cm/año (De Mets, 1990). El margen Oeste de Sudamérica, donde la litosfera oceánica subduce bajo la continental, es uno de los más activos y de los bordes de placa el mayor en la Tierra, siendo su alta velocidad de convergencia la que permite que se genere un fuerte acoplamiento entre ellas, produciendo sismos de diferentes magnitudes a diversos niveles de profundidad. Como resultado de este proceso se ha formado la Fosa Peruano-Chilena y la Cordillera Andina en diferentes períodos orogénicos.

La Cuenca del Río Lurín, a la cual pertenece el distrito de Pachacámac, dentro del marco tectónico global se encuentra ubicada en un área de alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico. Los rasgos tectónicos principales son: La Cordillera, de los Andes y la Fosa de Lima, éstas se sitúan dentro de la Placa Tectónica Sudamericana o Continental y la de Nazca u Oceánica.

Dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos, así tenemos que las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, divide al país en tres zonas:

- Zona 1.- Comprende la ciudad de Iquitos, y parte del Departamento de Iquitos, parte del Departamento de Ucayali y Madre de Dios; en esta región la sismicidad es baja.

- Zona 2.- En esta zona la sismicidad es media. Comprende el resto de la región de la selva, Puno, Madre de Dios, y parte del Cusco. En esta región los sismos se presentan con mucha frecuencia, pero no son percibidos por las personas en la mayoría de las veces.

- Zona 3.- Es la zona de más alta sismicidad. Comprende toda la costa peruana, de Tumbes a Tacna, la sierra norte y central, así como, parte de ceja de selva; es la zona más afectada por los fenómenos telúricos.

De acuerdo a lo planteado líneas arriba al Distrito de Pachacámac le corresponde una Sismicidad Alta intensidad media a mayor de VIII a IX, en la Escala Mercalli Modificado.

El Distrito de Pachacámac, se encuentra en la Provincia y Departamento de Lima, Zona 3 en la Zonificación Sísmica del Perú. Los parámetros geotécnicos corresponden a un suelo de perfil tipo S3, con periodo fundamental de Tp(s) = 0.90 seg. y S = 1.40, para ser usados en la Norma de Diseño Sismo Resistente.

El terreno en estudio, se encuentra en la Zona 3, de alta Sismicidad. A pesar de ello, en sus características estructurales no se identifican rasgos sobre fenómenos de tectonismo que hayan influido en la estructura geológica de la zona.

3.2. NORMATIVIDAD PARA LOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Para la realización del estudio de suelos con fines de cimentación del proyecto se consideró lo descrito en la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.
Del Artículo 9 de la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones como información previa:

Del terreno a investigar

- Plano de ubicación y accesos
- Plano topográfico con curvas de nivel
- La situación legal del terreno

De la obra a cimentar

- Características generales acerca del uso que se le dará a la estructura
- Información de las cargas concentradas importantes de la estructura
- Los movimientos de tierras ejecutados y los previstos en el proyecto
- El tipo de edificación según la clase de estructura, ver el Cuadro Nº 3.01.

Tipo de Edificación					
Clase de Estructura	**Distancia mayor entre apoyos (m)**	**Número de pisos (incluido los sótanos)**			
		≤ 3	**4 a 8**	**9 a12**	**> 12**
Aporticada de acero	< 12	C	C	C	B
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	C	C	B	A
Muros portantes de albañilería	< 12	B	A	-	-
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	A	-	-	-
Estructuras especiales	Cualquiera	A	A	A	A
Otras estructuras	Cualquiera	B	A	A	A
Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediata superior.					
Tanques elevados y similares		≤ 9 m de altura		> 9 m de altura	
		B		A	

Cuadro Nº 3.01. Clasificación de la edificación para el Estudio de Suelos de acuerdo a la clase de estructura. (Fuente: Tabla Nº 1 Norma E.050)

En el caso del proyecto, para la inspección del terreno se optó por la ejecución de 04 calicatas de 3.00 m de profundidad (realizadas según la NTP 339.162 – ASTM D 420), esto tomando en consideración lo dado en el Cuadro Nº 3.02.

Número de puntos de investigación	
Tipo de edificación	**Número de puntos de investigación (n)**
A	1 cada 225 m^2
B	1 cada 450 m^2
C	1 cada 800 m^2
Urbanizaciones para viviendas, 3 por cada Ha de terreno habilitado unifamiliares de hasta 3 pisos	

Cuadro Nº 3.02. Cantidad mínima de puntos de investigación para el Estudio de Suelos según el tipo de edificación
(Fuente: Tabla Nº 6 Norma E.050)

De cada una de las cuatro calicatas ejecutadas se extrajeron muestras alteradas para que sean sometidas a siguientes ensayos:

Ensayos Físicos:

Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D3080)

Ensayos Químicos

Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea
NTP 339.152 (BS 1377)

Contenido de Cloruros Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea
NTP 339.177 (AASHTO T291)

Contenido de Sulfatos Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea
NTP 339.178 (AASHTO T290)

Según la clasificación del suelo se presentará además una descripción del perfil estratigráfico indicando el tipo de suelo con su respectiva simbología de acuerdo a la Figura Nº 3.01. Esto se verá en el punto 3.3.2 Estratigrafía del Suelo.

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.

Figura Nº 3.01. Simbología de Suelos (Fuente: Figura Nº 4 Norma E.050)

3.3. ENSAYOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SUELO

3.3.1. ELABORACIÓN DE CALICATAS

La elaboración de calicatas es un método ventajoso para identificar directamente el suelo de fundación del proyecto. Mediante las excavaciones o calicatas se ha identificado la estratigrafía del terreno y además ha permitido la obtención de muestras alteradas del terreno, de manera tal que se programen ensayos en algún laboratorio especializado que nos permitan obtener parámetros para el análisis de cimentación.

Las calicatas ejecutadas (ver Fotos Nº 4; 5 y 6) alcanzaron profundidades máximas en sectores en donde se proyectan cimentar los bloques de edificios hasta 3.00 m tal como se indica en el Cuadro Nº 3.03. Los registros se han realizado de acuerdo a la Norma ASTM D-2488.

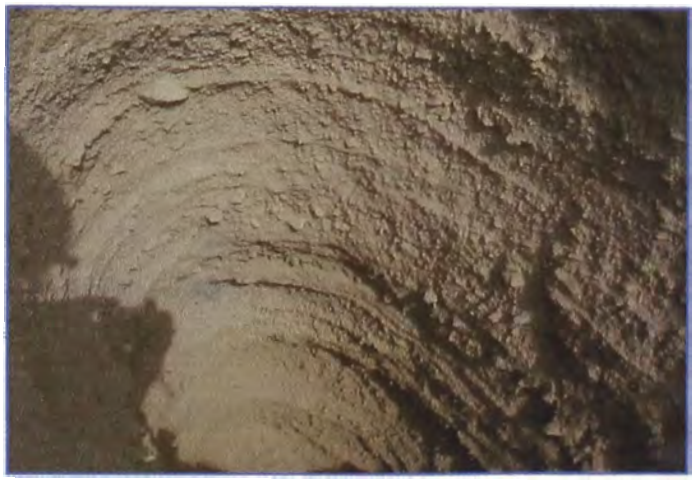
CALICATA Nº	PROFUNDIDAD EXCAVADA	NIVEL FREÁTICO
C – 1	3.00 m	No se detectó
C – 2	3.00 m	No se detectó
C – 3	3.00 m	No se detectó
C – 4	3.00 m	No se detectó

Cuadro Nº 3.03. Resumen de calicatas ejecutadas, profundidad y nivel freático detectado. (Fuente: Elaboración propia)

Fotografía Nº 3.01. Excavación de la calicata C-1.

Fotografía Nº 3.02. Estratigrafía de la calicata C-1.

Fotografía Nº 3.03. Excavación de la calicata C-2.



Fotografía Nº 3.04. Estratigrafía de la calicata C-2.

Fotografía Nº 3.05. Excavación de la calicata C-3.

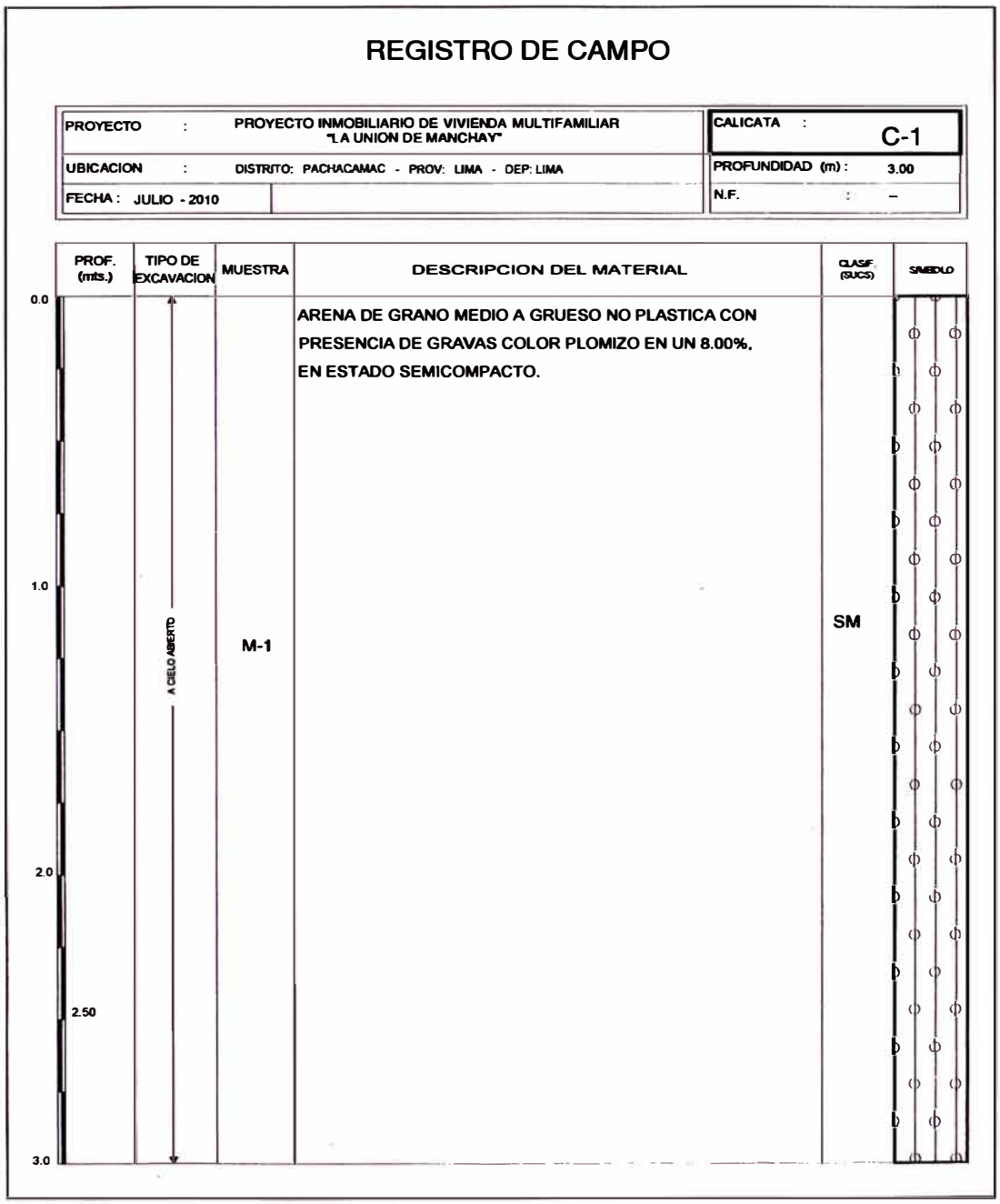
Fotografía Nº 3.06. Estratigrafía de la calicata C-3.

De las cuatro calicatas ejecutadas se tomaron muestras representativas de cada estrato presentado, de las cuales, su descripción se presentan en el perfil estratigráfico. Estas muestras fueron remitidas a laboratorio para su respectivo análisis y comparación con la clasificación y descripción visual que se realizó en campo, de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

3.3.2. ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO

En base a los trabajos de inspección de campo y ensayos de laboratorio se presenta la siguiente conformación:

- **La estratigrafía de la calicata C-1 muestra una arena de grano medio a grueso no plástica con presencia de gravas color plomizo en un 8.00%, en estado semicompacto, ver Figura Nº 3.02.**



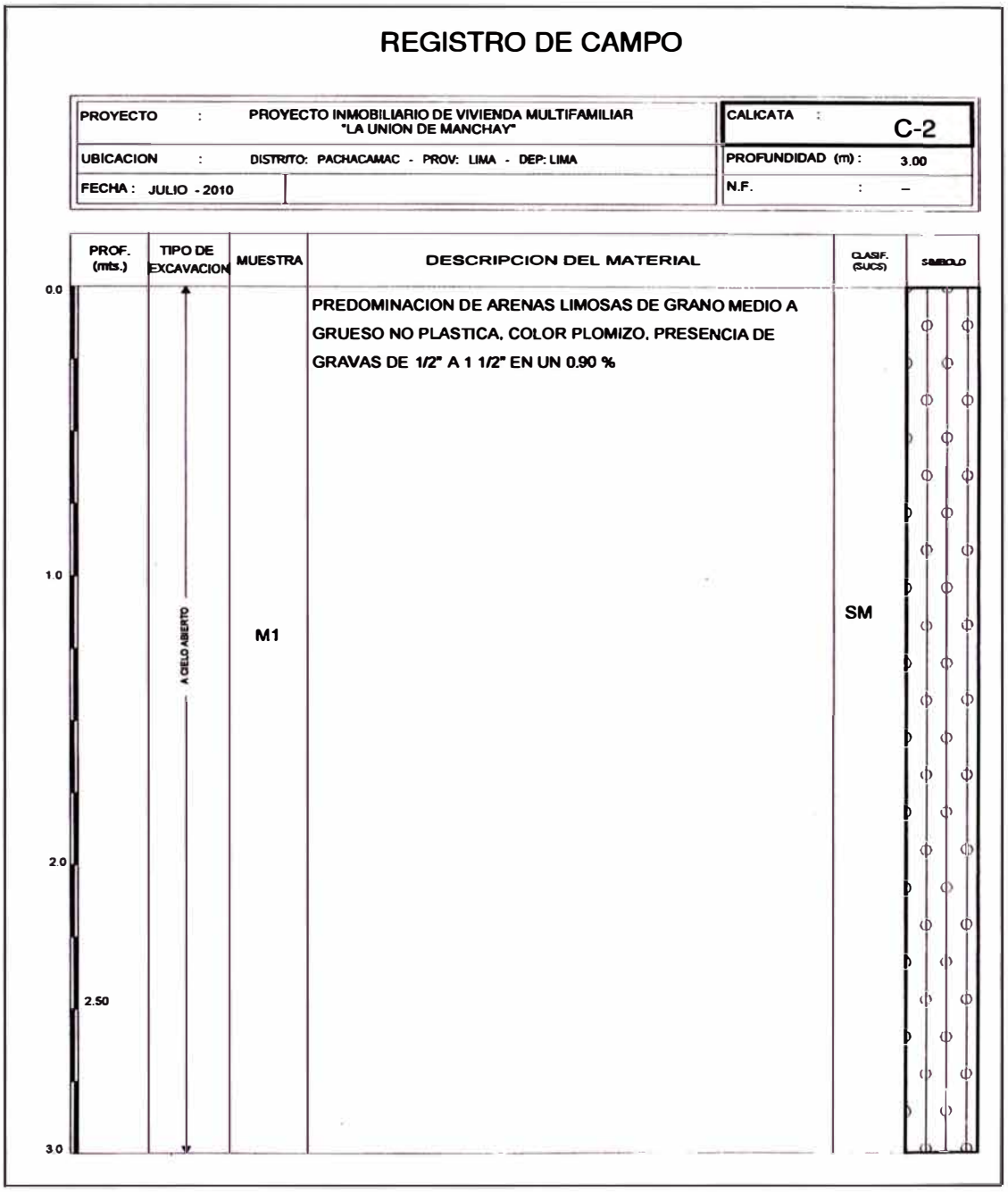
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO :	PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR "LA UNION DE MANCHAY"	CALICATA :	C-1
UBICACION :	DISTRITO: PACHACAMAC - PROV: LIMA - DEP: LIMA	PROFUNDIDAD (m) :	3.00
FECHA : JULIO - 2010		N.F. :	–

PROF. (mts.)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.0	A CIELO ABIERTO	M-1	ARENA DE GRANO MEDIO A GRUESO NO PLASTICA CON PRESENCIA DE GRAVAS COLOR PLOMIZO EN UN 8.00%, EN ESTADO SEMICOMPACTO.	SM	
1.0					
2.0					
2.50					
3.0					

Figura Nº 3.02. Registro de campo de la calicata C-1
(Fuente: Elaboración propia)

- **En la calicata C-2 se muestra la predominación de arenas limosas de grano medio a grueso no plástica, color plomizo, presencia de gravas de ½" a 1 ½" en un 0.90%, ver Figura Nº 3.03.**



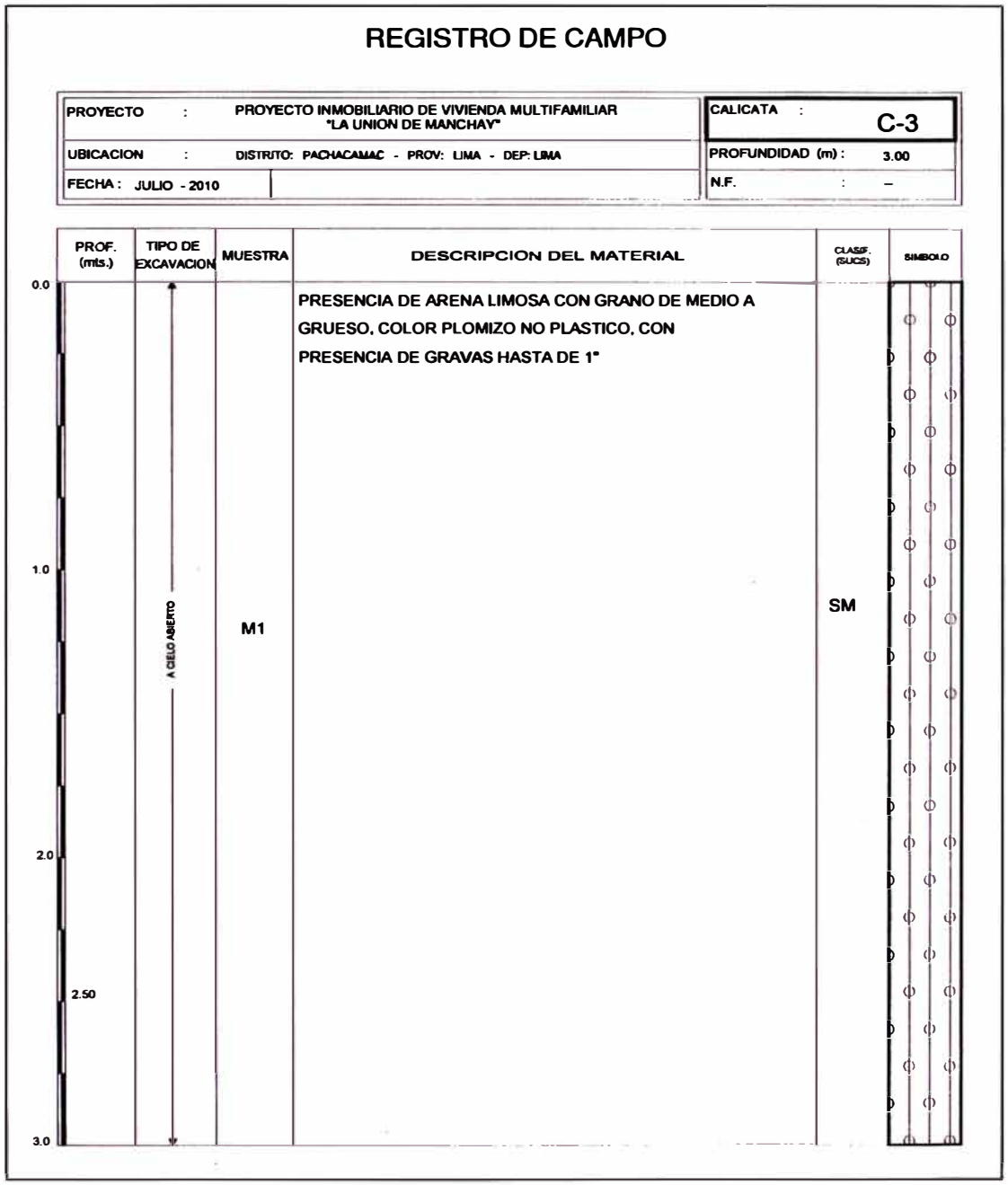
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO :	PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR "LA UNION DE MANCHAY"	CALICATA :	C-2
UBICACION :	DISTRITO: PACHACAMAC - PROV: LIMA - DEP: LIMA	PROFUNDIDAD (m) :	3.00
FECHA : JULIO - 2010		N.F. :	–

PROF. (mts.)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.0 – 2.50	A CIELO ABIERTO	M1	PREDOMINACION DE ARENAS LIMOSAS DE GRANO MEDIO A GRUESO NO PLASTICA, COLOR PLOMIZO, PRESENCIA DE GRAVAS DE 1/2" A 1 1/2" EN UN 0.90 %	SM	

Figura Nº 3.03. Registro de campo de la calicata C-2
(Fuente: Elaboración propia)

- **En la calicata C-3, se tiene presencia de arena limosa con grano de medio a grueso, color plomizo no plástico, con presencia de gravas hasta de 1", ver Figura Nº 3.04.**



REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO :	PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR "LA UNION DE MANCHAY"	CALICATA :	C-3
UBICACION :	DISTRITO: PACHACAMAC - PROV: LIMA - DEP: LIMA	PROFUNDIDAD (m) :	3.00
FECHA : JULIO - 2010		N.F. :	–

PROF. (mts.)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.0	A CIELO ABIERTO	M1	PRESENCIA DE ARENA LIMOSA CON GRANO DE MEDIO A GRUESO, COLOR PLOMIZO NO PLASTICO, CON PRESENCIA DE GRAVAS HASTA DE 1"	SM	
1.0					
2.0					
2.50					
3.0					

Figura Nº 3.04. Registro de campo de la calicata C-3
(Fuente: Elaboración propia)

- **En la calicata C-4, se presenta una arena de grano medio a grueso, no plástica, húmeda, color plomizo, con gravas angulosas de 1" en un 5% y tamaño máximo 4" en estado semicompacto, ver Figura Nº 3.05.**

REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO :	PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR "LA UNION DE MANCHAY"	CALICATA :	C-4
UBICACION :	DISTRITO: PACHACAMAC - PROV: LIMA - DEP: LIMA	PROFUNDIDAD (m) :	3.00
FECHA : JULIO - 2010		N.F. :	--

PROF. (mts.)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.0	A CIELO ABIERTO	M1	ARENA DE GRANO MEDIO A GRUESO, NO PLASTICA, HUMEDA, COLOR PLOMIZO, CON GRAVAS ANGULOSAS DE 1" EN UN 5% Y TAMANO MAXIMO 4" EN ESTADO SEMICOMPACTO.	SP	
1.0					
2.0					
2.50					
3.0					

Figura Nº 3.05. Registro de campo de la calicata C-4
(Fuente: Elaboración propia)

3.3.3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE SUELO

Para la determinación de los parámetros de suelo con fines de cimentación será necesario realizar los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422.
- Límite Líquido ASTM D-423.
- Límite Plástico ASTM D-424.
- Corte Directo ASTM D-3080
- Análisis Químico del Contenido de Sales Agresivas al Concreto.

Estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los documentos de los resultados se presentan en los anexos.

De los resultados obtenidos en el laboratorio se concluye que el suelo está conformado por arenas **SM** y arenas tipo **SP.**

CALICATA N°	**C-1**	**C-2**	**C-3**	**C-4**
Prof. (m)	0.00 – 3.00	0.00 – 3.00	0.00 – 3.00	0.00 – 3.00
Retenido N° 4 (%)	8.20	0.90	1.70	13.10
Pasa N° 200 (%)	24.90	19.40	12.10	2.90
L.L.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
I.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
SUCS	**SM**	**SM**	**SM**	**SP**

Cuadro N° 3.04. Cuadro de Clasificación del suelo según las calicatas ejecutadas.
(Fuente: Elaboración propia)

3.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL SUELO PARA FINES DE CIMENTACIÓN

Para un comportamiento adecuado, las cimentaciones superficiales que comprenden el Proyecto deben tener dos características principales:

- La cimentación deber ser segura contra una falla por corte general del suelo que soporta.
- La cimentación no debe experimentar un asentamiento más de lo permisible. Este asentamiento permisible dependerá del tipo de estructura, uso que se le dé, entre otros.

3.4.1. TIPOS DE FALLA

Dado que durante la inspección mediante las calicatas se detectó un solo estrato, se analizará el tipo y profundidad de cimentación para este caso. De acuerdo al tipo de suelo de fundación sobre el que se cimente la estructura del proyecto, se tienen tres tipos de falla (Vesic, 1963).

a. Falla por corte general
b. Falla por punzonamiento
c. Falla por corte local

a. Falla por corte general

Este tipo de falla se presenta cuando el suelo de fundación está lo suficientemente compactado y denso como para que el esfuerzo por cargas de gravedad que se transmitan de la súper y sub estructura, se transfiera de manera homogénea por todo el estrato de suelo por una única superficie de falla. Véase la Figura Nº 3.06.

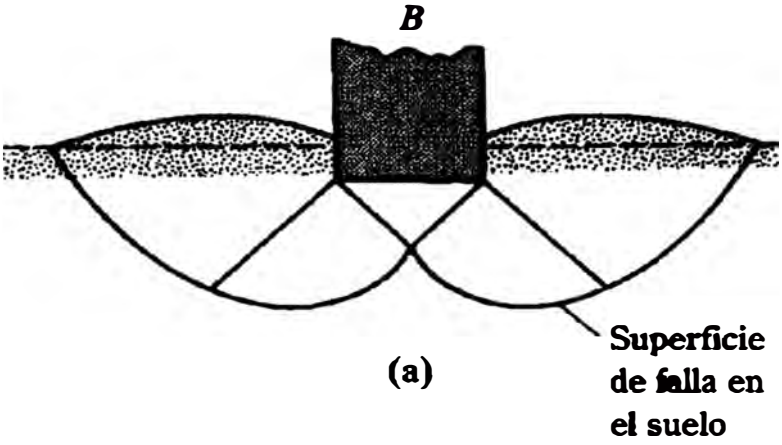


Figura Nº 3.06. Falla general por corte (Fuente: Figura 3.1a Ref. 2, Das, 2001)

b. Falla por punzonamiento

En el caso de que la cimentación descanse sobre un suelo arenoso o arcilloso medianamente compactado (Figura Nº 3.07), un incremento de carga de la estructura será acompañado por una re-compactación de las partículas del suelo que lo conforma y a su vez, a un aumento del asentamiento. En este caso la superficie de falla del suelo se extenderá gradualmente desde afuera de la cimentación, como muestran las líneas continuas de la Figura Nº 3.07; y así, por cada incremento de carga adicional de la estructura se presentará por un incremento del asentamiento de la cimentación.

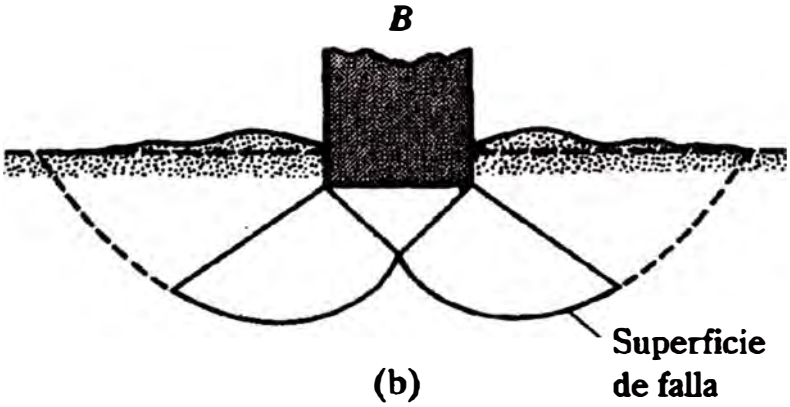
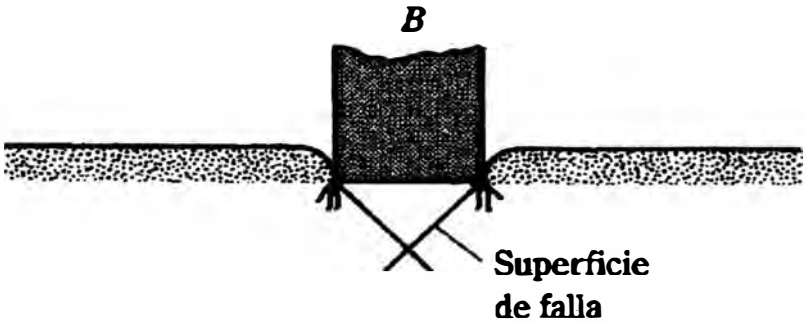


Figura Nº 3.07. Falla local del corte (Fuente: Figura 3.1b Ref. 2, Das, 2001)

c. Falla por corte local

En el caso de que la cimentación de la estructura sea soportada por un suelo bastante suelto, la superficie de falla en el suelo no se extenderá hasta la superficie del terreno, sino luego de sucedida la carga última de la estructura y se haga constante, el asentamiento seguirá siempre en incremento, como se pueden ver en la Figura Nº 3.08.



(c)

Figura Nº 3.08. Falla de corte por punzonamiento (Fuente: Figura 3.1c Ref. 2, Das, 2001)

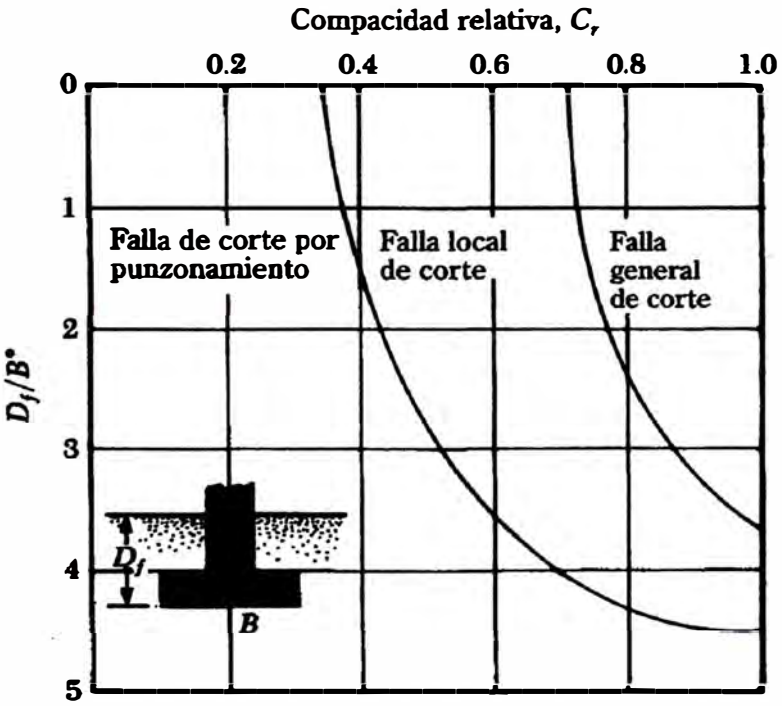


Figura Nº 3.09. Modos de falla en cimentaciones sobre arena según Vesic (Fuente: Figura 3.3 Ref. 2, Das, 2001)

3.4.2. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE FALLA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

Del punto 3.3 Ensayos, resultados y análisis de suelo, se determinó que el suelo de fundación de la estructura se trata de una arena pobremente graduada con presencia de limos. En 1973, Vesic propuso una relación para el tipo de falla por capacidad de carga de cimentaciones que descansan en arenas. La Figura Nº 3.09 muestra esta relación.

Donde:

C_r = compacidad relativa de la arena

D_f = profundidad de la cimentación medida desde la superficie del terreno

$$B^* = \frac{2BL}{B+L}$$

B = ancho de la cimentación

L = longitud de la cimentación (L es siempre mayor que B)

Para cimentaciones cuadradas, B = L; para cimentaciones circulares, B = L = diámetro, por lo que B* = B.

En el caso del proyecto se están proponiendo zapatas cuadradas de 1.50 m de lado y cimentaciones corridas de un ancho de 0.60 m y una longitud en promedio de 3.00 m. Esto para fines de la determinación del tipo de falla a analizar para el suelo de fundación. Posteriormente en el punto 3.4.4 Determinación de parámetros del suelo para fines de cimentación, se corroborarán las dimensiones de las mencionadas estructuras.

Entonces analizando el caso de las zapatas cuadradas y las cimentaciones corridas, se tiene:

Zapatas Cuadradas

C_r = 0.70 (valor estimado)

D_f = 1.40 m

$B^* = B = 1.50$ m

$D_f / B^* = 0.93$

Verificando los valores de C_r y D_f / B* en la Figura Nº 3.09, el tipo de falla a la que estará sometida la cimentación por **zapatas cuadradas** será un tipo de **Falla Local de Corte**.

Cimentaciones Corridas

$C_r = 0.70$ (valor estimado)

$D_f = 1.40$ m

B = 0.60 m

L = 3.00 m

$B^* = 1.00$ m

$D_f / B^* = 1.40$

Verificando los valores de C_r y D_f / B* en la Figura Nº 10, el tipo de falla a la que estarán sometidas las **cimentaciones corridas** será un tipo de **Falla Local de Corte**.

3.4.3. FACTOR DE SEGURIDAD

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta, o:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Sin embargo, algunos ingenieros prefieren usar un factor de seguridad de:

$$Incremento\ neto\ del\ esfuerzo\ en\ el\ suelo = \frac{capacidad\ de\ carga\ última\ neta}{FS}$$

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por unidad de área de la cimentación que es soportada por el suelo en exceso de la presión

causada por el suelo que la rodea en el nivel de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto usado para la cimentación y el peso específico del suelo que la rodea se supone insignificante,

$q_{neta(u)} = q_u - q$

donde $q_{neta(u)}$ = capacidad de carga última neta

$q = \gamma D_f$

Entonces:

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

El factor de seguridad definido generalmente toma el valor de 3 en la mayoría de los casos.

A menudo se usa otro tipo de factor de seguridad para la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. Se trata el factor de seguridad con respecto a la falla por corte (FS_{corte}). En la mayoría de los casos un valor FS_{corte} de 1.4 a 1.6 es deseable junto con un factor mínimo de seguridad de 3 a 4 por capacidad de carga última neta o bruta. El siguiente procedimiento debe usarse para calcular la carga neta admisible para un FS_{corte} dado.

a. Sean c y ϕ la cohesión y el ángulo de de fricción, respectivamente, del suelo y sea FS_{corte} el factor requerido de seguridad con respecto a la falla por corte. Entonces, la cohesión y el ángulo de fricción desarrollados son:

$$c_d = \frac{c}{FS_{corte}}$$

$$\emptyset_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \emptyset}{FS_{corte}}\right)$$

b. La capacidad de carga admisible bruta se calcula con las ecuaciones dadas por las ecuaciones dadas por Terzaghi (para cimentaciones corridas, cuadradas o circulares por medio de falla general que se verá

en el punto 3.4.4), con c_d y ϕ_d como los parámetros de resistencia cortante del suelo. Por ejemplo, la capacidad de carga admisible bruta de una cimentación corrida según la ecuación de Terzaghi es:

$$q_{adm} = c_d N_c + q N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

donde N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga para el ángulo de fricción, ϕ_d.

c. La capacidad admisible neta de carga es entonces

$$q_{adm(neta)} = q_{(adm)} - q = c_d N_c + q(N_q - 1) + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

Independientemente del procedimiento por el cual se aplique el factor de seguridad, la magnitud de *FS* debe depender de las incertidumbres y riesgos implicados en las condiciones encontradas.

3.4.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

En el punto anterior se determinó que el tipo de falla según el tipo de cimentación tanto para zapatas cuadradas y cimentaciones corridas era de falla local de corte. Entonces, en este punto se tratará el procedimiento para la posterior determinación de la capacidad portante del suelo de fundación.

Terzaghi en 1943, expresó la capacidad de carga última de la siguiente manera:

$$q_u = c N_c + q N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \qquad \text{(cimentación corrida)}$$

Donde:

c = cohesión del suelo
γ = peso específico del suelo
$q = \gamma D_f$

N_C, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

Los factores de capacidad de carga N_c, N_q, N_γ se definen mediante las siguientes expresiones:

$$N_c = \cot\emptyset\left[\frac{e^{2(3\pi/4-\emptyset/2)\tan\emptyset}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\emptyset}{2}\right)}-1\right] = \cot\emptyset\,(N_q-1)$$

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4-\emptyset/2)\tan\emptyset}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\emptyset}{2}\right)}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\emptyset}-1\right)\tan\emptyset$$

Donde: $K_{p\gamma}$= coeficiente de empuje pasivo

Las variaciones de capacidad de carga definidos por las ecuaciones precedentes, se dan en el Cuadro Nº 3.05.

Para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas o circulares, la ecuación de Terzaghi se puede modificar a:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$ *(cimentación cuadrada)*

B: dimensión del lado de la cimentación cuadrada

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$ (cimentación circular)

B: dimensión del diámetro de la cimentación

ϕ	N_c	N_q	N_γ^a	ϕ	N_c	N_q	N_γ^a
0	5.71	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.60	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.07	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.56	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.52	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.29	173.29	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.29	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.72	344.64	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.51	415.15	1,072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Cuadro Nº 3.05. Factores de capacidad de carga de Terzaghi según Kumbhojkar en 1993 para cimentaciones corridas (Fuente: Tabla 3.1 Ref. 2, Das, 2001)

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, como es en el caso del Proyecto, Terzaghi sugirió modificaciones a las ecuaciones precedentes como sigue:

$$q_u = \frac{2}{3}cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \qquad \textit{(cimentación corrida)}$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \qquad \textit{(cimentación cuadrada)}$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma \qquad \textit{(cimentación circular)}$$

N'_c, N'_q y N'_γ, son los factores de capacidad de carga modificada. Estos se calculan usando las ecuaciones para el factor de capacidad de carga (para N_c, N_q, N_γ) reemplazando ϕ por $\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$. La variación de N'_c, N'_q y N'_γ con el ángulo ϕ de fricción del suelo se da en la Tabla Nº 3.06.

ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.71	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.01	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.06	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.07	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.13	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.42	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.53	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.54	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.81	5.60	2.25				

Cuadro Nº 3.06. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi, N'_c, N'_q y N'_γ, para falla por corte local (Fuente: Tabla 3.2 Ref. 2, Das, 2001)

A pesar de las modificaciones de las ecuaciones propuestas por Terzaghi debido a los efectos de la forma de la cimentación (B/L), profundidad de cimentación (D_f), e inclinación de la carga, los resultados obtenidos por las inicialmente

propuestas son bastante aceptables considerando la incertidumbre de las condiciones en la totalidad del estrato de suelo en estudio.

En 1963, Meyerhof sugirió una expresión para la determinación de la capacidad de capacidad de apoyo. Esta nueva expresión considera las condiciones de cimentaciones regulares, además toma en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación. Además, la carga sobre la cimentación puede estar inclinada.

En el caso del desarrollo del presente informe no se tomará en cuenta este caso, ya que la cimentación que se propone para la estructura son zapatas cuadradas y cimentaciones corridas, por lo que bastará con las ecuaciones propuestas por Terzaghi para la determinación de la capacidad portante.

Para el caso del Proyecto se tiene los siguientes datos, según la inspección de campo y los resultados de laboratorio:

- Densidad (γ) = 1.76 Kg/cm^3
- Cohesión (C) = 0.00 Kg/cm^2
- Angulo de Fricción Interna (ϕ) = 32.2°
- Factor de seguridad (FS) = 3

Luego, se realizarán iteraciones para determinar las dimensiones adecuadas de las zapatas y de las cimentaciones corridas consideradas para el caso del Proyecto aplicando las ecuaciones modificadas de Terzaghi para el caso de falla local por corte.

Los factores de capacidad de carga modificados para el caso del ángulo de fricción interna (ϕ) = 32.2°, son:

- $N'_c = 21.40$
- $N'_q = 9.98$
- $N'_\gamma = 5.67$

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	Ancho (B) (m)	q (Kg / m²)	q ult (Kg / m²)	q adm (Kg / cm²)
ZAPATA CUADRADA	1.00	1.20	1,760.00	22,364.52	0.75
	1.00	1.40	1,760.00	23,163.14	0.77
	1.00	1.60	1,760.00	23,961.76	0.80
	1.00	1.80	1,760.00	24,760.37	0.83
	1.20	1.20	2,112.00	25,879.08	0.86
	1.20	1.40	2,112.00	26,677.70	0.89
	1.20	1.60	2,112.00	27,476.32	0.92
	1.20	1.80	2,112.00	28,274.94	0.94
	1.40	1.20	2,464.00	29,393.65	0.98
	1.40	1.40	2,464.00	30,192.26	1.01
	1.40	1.60	2,464.00	30,990.88	1.03
	1.40	1.80	2,464.00	31,789.50	1.06
	1.50	1.20	2,640.00	31,150.93	1.04
	1.50	1.40	2,640.00	31,949.54	1.06
	1.50	1.60	2,640.00	32,748.16	1.09
	1.50	1.80	2,640.00	33,546.78	1.12

Cuadro Nº 3.07. Iteraciones para la determinación de las dimensiones de la cimentación mediante zapata cuadrada (Fuente: Elaboración propia)

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	Ancho (B) (m)	q (Kg / m²)	q ult (Kg / m²)	q adm (Kg / cm²)
CORRIDA	1.00	0.40	1,760.00	19,569.36	0.65
	1.00	0.50	1,760.00	20,068.49	0.67
	1.00	0.60	1,760.00	20,567.63	0.69
	1.00	0.70	1,760.00	21,066.77	0.70
	1.20	0.40	2,112.00	23,083.92	0.77
	1.20	0.50	2,112.00	23,583.06	0.79
	1.20	0.60	2,112.00	24,082.19	0.80
	1.20	0.70	2,112.00	24,581.33	0.82
	1.40	0.40	2,464.00	26,598.48	0.89
	1.40	0.50	2,464.00	27,097.62	0.90
	1.40	0.60	2,464.00	27,596.76	0.92
	1.40	0.70	2,464.00	28,095.89	0.94
	1.50	0.40	2,640.00	28,355.77	0.95
	1.50	0.50	2,640.00	28,854.90	0.96
	1.50	0.60	2,640.00	29,354.04	0.98
	1.50	0.70	2,640.00	29,853.17	1.00

Cuadro Nº 3.08. Iteraciones para la determinación de las dimensiones de la cimentación mediante cimentación corrida (Fuente: Elaboración propia)

Se puede notar que a mayor profundidad, los valores de capacidad portante se están incrementando, pero por otro lado, existe un límite de asentamiento permisible que está en función de las características del suelo y el ancho B.

De los Cuadros Nº 3.07 y 3.08 se determina que las dimensiones propuestas para el Proyecto son las siguientes:

- Zapata cuadrada = 1.80 m x 1.80 m
- Cimentación corrida
  - B = 0.65 m
  - L (prom) = 3.00 m

3.4.5. DETERMINACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS PERMISIBLES DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se estima usando la teoría de la elasticidad. Haciendo referencia a la Figura Nº 3.10 y aplicando la ley de Hooke,

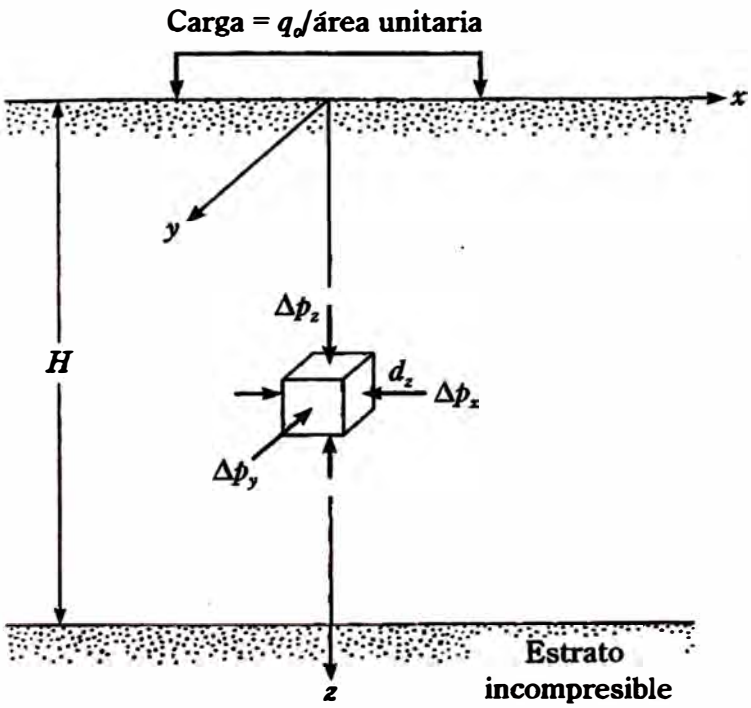


Figura Nº 3.10. Asentamiento elástico de cimentación superficial
(Fuente: Figura 4.16 Ref. 2, Das, 2001)

$$S_e = \int_0^H \varepsilon_z dz = \frac{1}{E_s}\int_0^H (\Delta p_z - \mu_s \Delta p_x - \mu_s \Delta p_y) dz$$

donde:

S_e = asentamiento elástico

E_s = módulo de elasticidad del suelo

H = espesor del estrato del suelo

μ_s = relación de Poisson del suelo

$\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$= incremento del esfuerzo debido a la carga neta aplicada a la cimentación, en las direcciones *x*, *y*, y *z*, respectivamente.

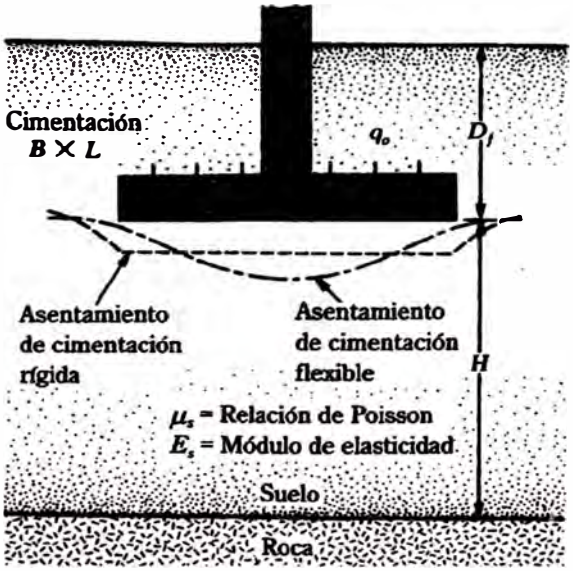


Figura Nº 3.11. Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas (Fuente: Figura 4.17 Ref. 2, Das, 2001)

Teóricamente, si la profundidad de la cimentación D_f = 0, H = ∞, y la cimentación es perfectamente flexible, de acuerdo con Harr (1966), el asentamiento se expresa como (Figura Nº 3.11)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\frac{\alpha}{2}$$ (esquina de la cimentación flexible)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\alpha$$ (centro de la cimentación flexible)

donde:

$$\alpha = \frac{1}{\pi}\left[\ln\left(\frac{\sqrt{1+m_1^2}+m_1}{\sqrt{1+m_1^2}-m_1}\right) + m\ln\left(\frac{\sqrt{1+m_1^2}+1}{\sqrt{1+m_1^2}-1}\right)\right]$$

m_1= L/B
B = ancho de la cimentación
L = longitud de la cimentación

Los valores de α para varias relaciones longitud a ancho (L/B) se muestran en la Figura Nº 3.13. El asentamiento promedio inmediato para una cimentación flexible también se expresa como:

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\alpha_{prom} \qquad \text{(promedio para cimentación flexible)}$$

La Figura Nº 3.12 muestra también los valores de α_{prom} para varias relaciones L/B de una cimentación. Sin embargo, si la cimentación mostrada en la Figura Nº 3.11 es rígida, el asentamiento inmediato será diferente y se expresa como:

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\alpha_r \qquad \text{(cimentación rígida)}$$

Los valores de α_r para varias relaciones L/B de cimentaciones se muestran en la Figura Nº 3.12.

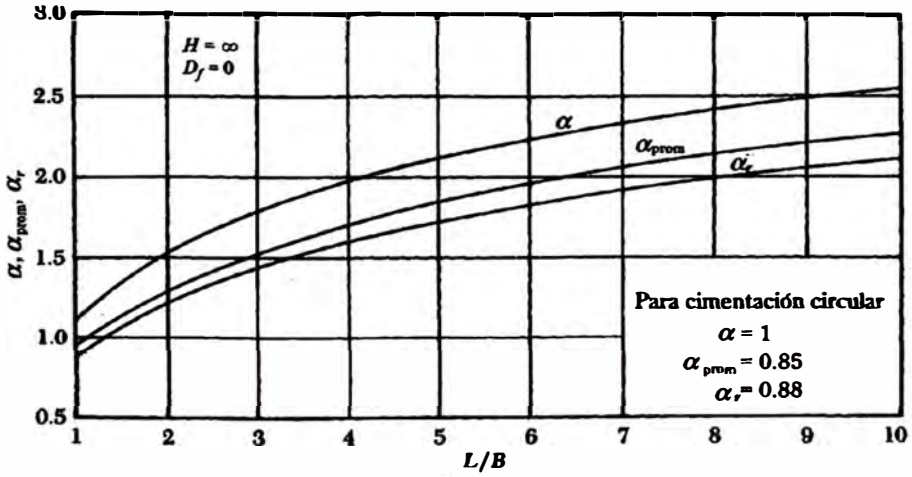


Figura Nº 3.12. Valores de α, α_{prom} y α_r (Fuente: Figura 4.18 Ref. 2, Das, 2001)

Si $D_f = 0$ y $H < \infty$ debido a la presencia de una capa rígida (incompresible), como muestra la Figura Nº 3.11,

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\frac{[(1-\mu_s^2)F_1+(1-\mu_s-2\mu_s^2)F_2]}{2}$$ (esquina de la cimentación flexible)

y

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)[(1-\mu_s^2)F_1+(1-\mu_s-2\mu_s^2)F_2]$$ (centro de la cimentación flexible)

Las variaciones de F_1 y F_2 con H/B se dan en las Figuras Nº 3.13 y 3.14, respectivamente (Steinbrenner, 1934).

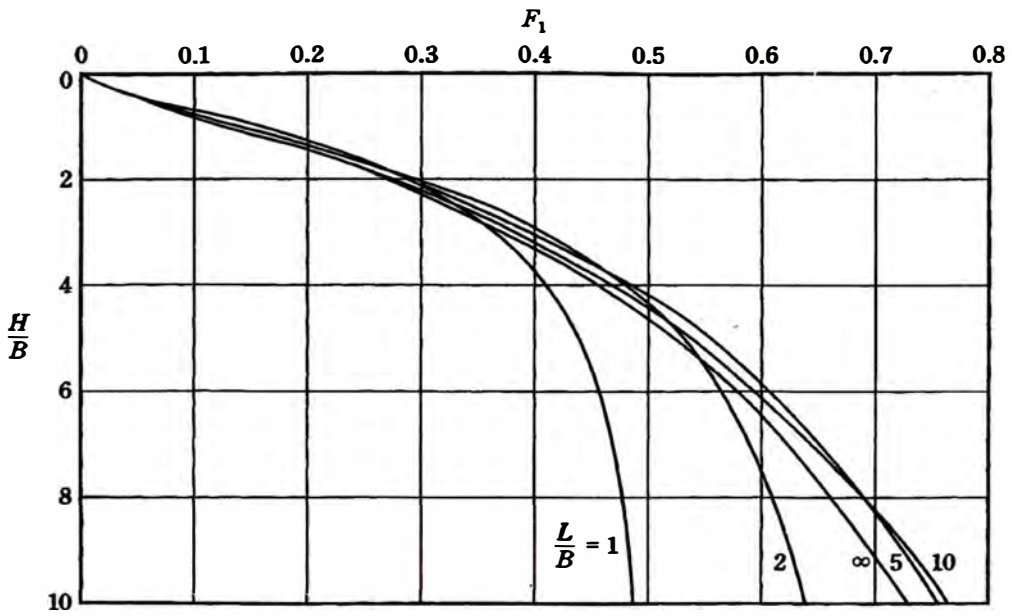


Figura Nº 3.13. Variación de F_1 con H/B según Steinbrenner, 1934
(Fuente: Figura 4.19 Ref. 2, Das, 2001)

Es también importante ver que las relaciones anteriores para S_e suponen que la profundidad de la cimentación es igual a cero. Para $D_f > 0$, la magnitud de S_e, decrecerá.

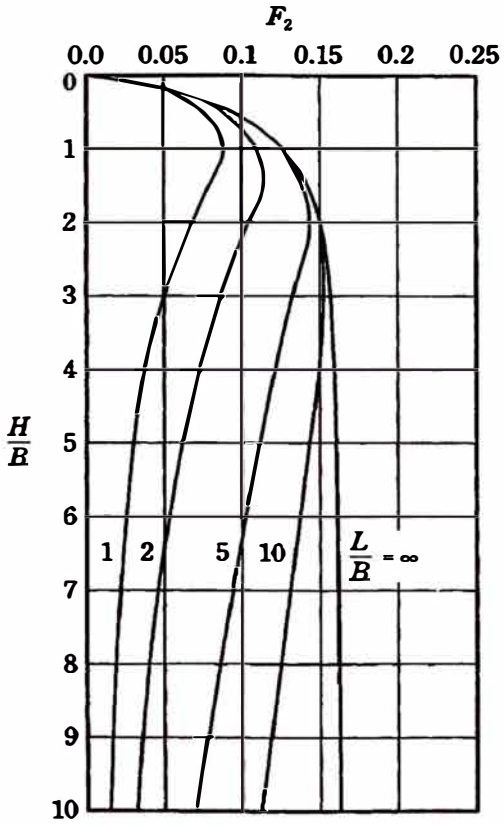


Figura Nº 3.14. Variación de F_2 con H/B según Steinbrenner, 1934
(Fuente: Figura 4.20 Ref. 2, Das, 2001)

Para el caso del Proyecto, se considera que la cimentación tanto para zapata cuadrada como para la cimentación corrida será flexible, entonces se aplicará la siguiente relación;

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1 - \mu_s^2)\alpha$$

Para el tipo de suelo de fundación que corresponde al Proyecto, se tiene los siguientes parámetros:

Módulo de Elasticidad:

Del Cuadro Nº 3.09, se determina que el valor de Es = 3000 Ton/m^2 para el tipo de suelo de fundación para el Proyecto correspondiente a una arena de densidad media.

Tipo de Suelo		Es (Ton/m^2)
Arcilla:	Muy Blanda	30-300
	Blanda	200-400
	Media	450-900
	Dura	700-2000
Arcilla Arenosa		3000-4250
Suelos Glaciares		1000-16000
Loess		1500-6000
Arena Limosa		500-2000
Arena:	Suelta	1000-2500
	Densa	5000-10000
Grava Arenosa:	Densa	8000-20000
	Suelta	5000-14000
Arcilla Esquistosa		14000-140000
Limos		200-2000

Cuadro Nº 3.09. Valores del Módulo de Elasticidad para distintos tipos de suelo
(Fuente: A.C.C. Mecánica de Suelos Aplicado a Cimentaciones)

Relación de Poisson del suelo

Del Cuadro Nº 3.10, se determina que el valor de $\mu = 0.15$ para un tipo de suelo correspondiente a arena de grano grueso.

Tipo de Suelo		μ (-)
Arcilla:	Saturada	0.4 - 0.5
	No Saturada	0.1 - 0.3
	Arenosa	0.2 - 0.3
Limo		0.3 - 0.35
Arena:	Densa	0.2 - 0.4
	De grano grueso	0.15
	De grano fino	0.25
Roca		0.1 - 0.4
Loess		0.1 - 0.3
Hielo		0.36
Concreto		0.15

Cuadro Nº 3.10. Valores de la relación de Poisson para distintos tipos de suelo
(Fuente: A.C.C. Mecánica de Suelos Aplicado a Cimentaciones)

Factor de forma α

Del Cuadro Nº 3.11, se determina que el valor de α = 210 para el caso de la cimentación corrida (L/B = 3.00 m / 0.60 m = 5), y α = 112 para el caso de la cimentación mediante zapata cuadrada (B = 1.80 m).

Forma de la zapata	Valores de α (cm/m)			
	Cimentación Flexible			Rígida
Ubicación	Centro	Esquina	Medio	-
Rectangular L/B = 2	153	77	130	120
L/B = 5	210	105	183	170
L/B = 10	254	127	225	210
Cuadrada	112	56	95	82
Circular	100	64	85	88

Cuadro Nº 3.11. Valores de factor de forma (α) según el tipo de cimentación de la estructura proyectada. (Fuente: A.C.C. Mecánica de Suelos Aplicado a Cimentaciones)

Asentamiento permisible

Dados los valores dados anteriormente, se tiene la iteración presentada en el Cuadro Nº 3.12.

Forma de la Zapata	q_{adm} (Ton/m^2)	B (m)	Es (Ton/m^2)		α	Se (cm)
Corrida	8.9	0.4	3000	0.15	210	0.24
	9.0	0.5	3000	0.15	210	0.31
	9.2	0.6	3000	0.15	210	0.38
	9.4	0.7	3000	0.15	210	0.45
Cuadrada	8.3	1.8	3000	0.15	112	0.55
	9.4	1.8	3000	0.15	112	0.62
	10.6	1.8	3000	0.15	112	0.70
	11.2	1.8	3000	0.15	112	0.74

Cuadro Nº 3.12. Valores de asentamiento para un tipo de suelo correspondiente a arena de grano grueso en estado semi compacto. (Fuente: Elaboración propia)

Del Cuadro Nº 3.12, se determina que el asentamiento general corresponde a 0.74 cm. Ahora, el asentamiento diferencial se puede considerar al 75% del asentamiento general calculado, esto es;

Sd = 0.55 cm

El asentamiento diferencial es de 0.55 cm y corresponde a una distorsión angular de 1/545 aproximadamente, para una luz libre de 3.00m en promedio. Según el Cuadro Nº 3.13, este valor está comprendido dentro del límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.

Distorsión Angular = α	
α = d/L	**Descripción**
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m.
1/7500	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

Cuadro Nº 3.13. Valores permisibles de la distorsión angular según el asentamiento diferencial. (Fuente: Tabla Nº 8 Norma E.050 Suelos y Cimentaciones)

3.4.6. AGRESIVIDAD DE LAS SALES DEL SUBSUELO

Según el Concrete Manual y las Normas Técnicas de Edificación Peruanas, cuando el contenido de sales y sulfatos es menor que 1000 p.p.m. el ataque de los sulfatos del suelo al concreto es insignificante, cuando está comprendido

entre 1000 y 2000 p.p.m. es positivo, y cuando dicho contenido es mayor que 2000 p.p.m el ataque es considerable.

Los resultados obtenidos del análisis químico efectuado con tres muestras representativas del subsuelo muestran los valores presentados en el Cuadro Nº 3. 14.

Calicata N°	Profundidad (m)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Sales Solubles Totales (ppm)
C-1	0.00 – 3.00	No presenta	No presenta	No presenta
C-2	0.00 – 3.00	No presenta	No presenta	No presenta
C-3	0.00 – 3.00	No presenta	No presenta	No presenta
C-4	0.00 – 3.00	123	792	934

Cuadro Nº 3.14. Cuadro resumen de presencia de cloruros, sulfatos y sales solubles del suelo del terreno. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede apreciar, estos valores se encuentran por debajo de los límites máximos tolerables de agresividad al concreto: Insignificante (Véase Cuadro Nº 3. 15). En ese sentido, se optará por el empleo del Cemento Portland Tipo I, en la preparación del concreto para la cimentación.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO4) presente en el suelo, (porcentaje en peso)	Sulfato (SO4) en el agua, (ppm)	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	$f'c$ mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	0,0 ≤ SO4 < 0,1	0 ≤ SO4< 150	—	—	—
Moderada**	0,1 ≤ SO4 < 0,2	150 ≤ SO4 < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO4 < 2,0	1500 ≤ SO4 < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO4	10000 < SO4	Tipo V más puzolana***	0,45	31

* Cuando se utilicen las Cuadros Nº 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor $f'c$ mínimo.
** Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.
*** Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

Cuadro Nº 3.15. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos (Fuente: Cuadro Nº 4.4, Norma E.060 Concreto Armado)

CONCLUSIONES

- El terreno destinado al Proyecto Inmobiliario "La Unión de Manchay" es de geometría casi rectangular, presentando las siguientes dimensiones, 103.25 m y 102.32 m en los lados de mayor longitud y de 92.49 m y 92.38 m en los lados de menor longitud, respectivamente.

- El área total del terreno es de 9,494.14 m^2 y presenta una pendiente del 3% en la dirección de NE hacia el SO.

- De las cuatro calicatas ejecutas en el terreno del proyecto, se determina que el subsuelo del área en estudio está constituido en general por arenas pobremente graduadas y en algunas zonas con presencia de limos, de grano medio a grueso no plástica con presencia de gravas color plomizo de ½" a 1 ½" hasta en un 8%, en estado semicompacto.

- Los edificios se cimentarán a una profundidad de 1.40 m, sobre las arenas mediante zapatas aisladas y cimientos reforzados. Se considerará una Capacidad Portante Admisible de: $\mathbf{q_{ad} = 1.10\ Kg/cm^2}$ y un asentamiento diferencial de $\mathbf{\Delta h_d = 0.55\ cm}$.

- Las dimensiones propuestas para las zapatas cuadradas son de 1.80 m x 1.80 m; y para los cimientos corridos un ancho de 0.65 m y largo variable.

- De los análisis químicos del suelo se determina que se deberá utilizar Cemento Portland Tipo I para la preparación del concreto, y la resistencia mínima del concreto a fabricar será de 210 Kg/cm^2 en la cimentación, es decir, en las zapatas cuadradas y cimentaciones corridas.

- La Ciudad de Lima se encuentra en la Zona 3 del Mapa de Zonificación Sísmica del Perú; por lo tanto para Manchay, se empleará un factor de zona de Z=0.4, un factor suelo de S=1.4, para un período fundamental de Ts=0.9 seg.

RECOMENDACIONES

- Dado el área del terreno de 7,205.47 m^2, se recomienda para los estudios definitivos del proyecto la ejecución de un mayor número de calicatas, tal como se establece en la Norma E.050 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. Como la estructura que se proyecta se trata de un aporticado y cada edificio cuenta con 4 pisos, del Cuadro 3.01 se recomienda que el mínimo número de puntos de investigación sea de nueve (09).

- Se recomienda realizar un mejor sondaje del tipo de suelo sobre el cual se va a cimentar la estructura, ensayos *in situ* como son el ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL), ensayo de Penetración Estándar (SPT), ensayo de Penetración Dinámica de Cono (PDC)

BIBLIOGRAFÍA

1. **CAPECO, Cámara Peruana de la Construcción. 2009.** *XIV Estudio "El Mercado de Edificaciones Urbanas en Lima Metropolitana y El Callao 2009".* Lima : CAPECO, 2009.
2. **Das, Braja M. 2001.** *Principios de Ingeniería de Cimentaciones.* Cuarta Edición. México : International Thomson Editores, 2001.
3. **Flores Villegas, Roxana Susan. 2006.** *Proyecto Inmobiliario Complejo Habitacional "Las Amapolas" Estudio Geotécnico, Instalaciones Sanitarias Exteriores e Interiores del Sistema Constructivo Unicon.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.
4. **Hurtado, Jorge Alva. 2007.** *Diseño de Cimentaciones.* Lima : Fondo Editorial ICG, 2007.
5. **ICG, Instituto de la Construcción y Gerencia. 2009.** *Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.* Lima : Fondo Editorial ICG, 2009.
6. **ICG, Instituto de la Construcción y Gerencia. 2004.** *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : Fondo Editorial ICG, 2004.
7. **Ruiz Tinco, José Antonio. 1999.** *Estudio de suelos y cimentaciones en suelos arenosos.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 1999.

ANEXOS

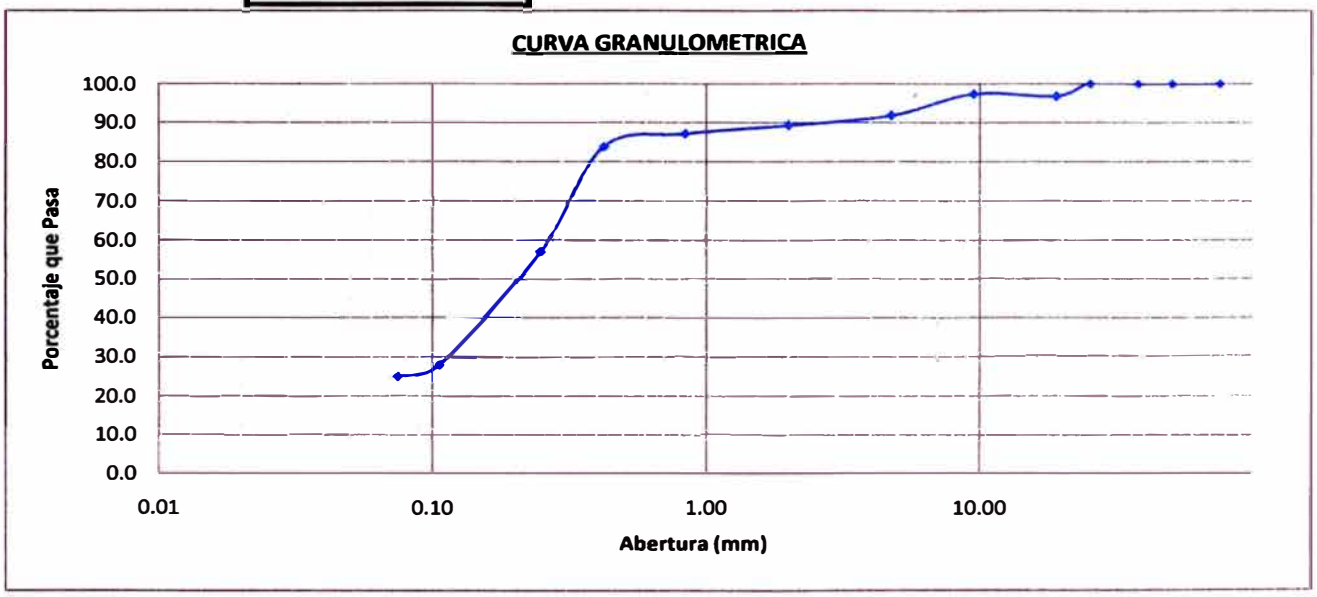
Proyecto/Obra:	Proyecto Inmobiliario de Vivienda "La Unión de Manchay"
Ubicación:	Manchay - Pachacámac
Calicata:	C-1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - ASTM D422

TAMIZ	Abertura (mm)	Porcentaje que Pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	96.8
3/8"	9.520	97.3
Nº 4	4.760	91.8
Nº 10	2.000	89.3
Nº 20	0.840	87.1
Nº 40	0.425	83.8
Nº 60	0.250	57.1
Nº 140	0.106	27.8
Nº 200	0.075	24.9

Grava (%)	8.20
Arena (%)	66.90

Finos (%)	24.90



LÍMITE LÍQUIDO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	NO PRESENTA

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM - Arena Limosa	CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-2-4 (0)

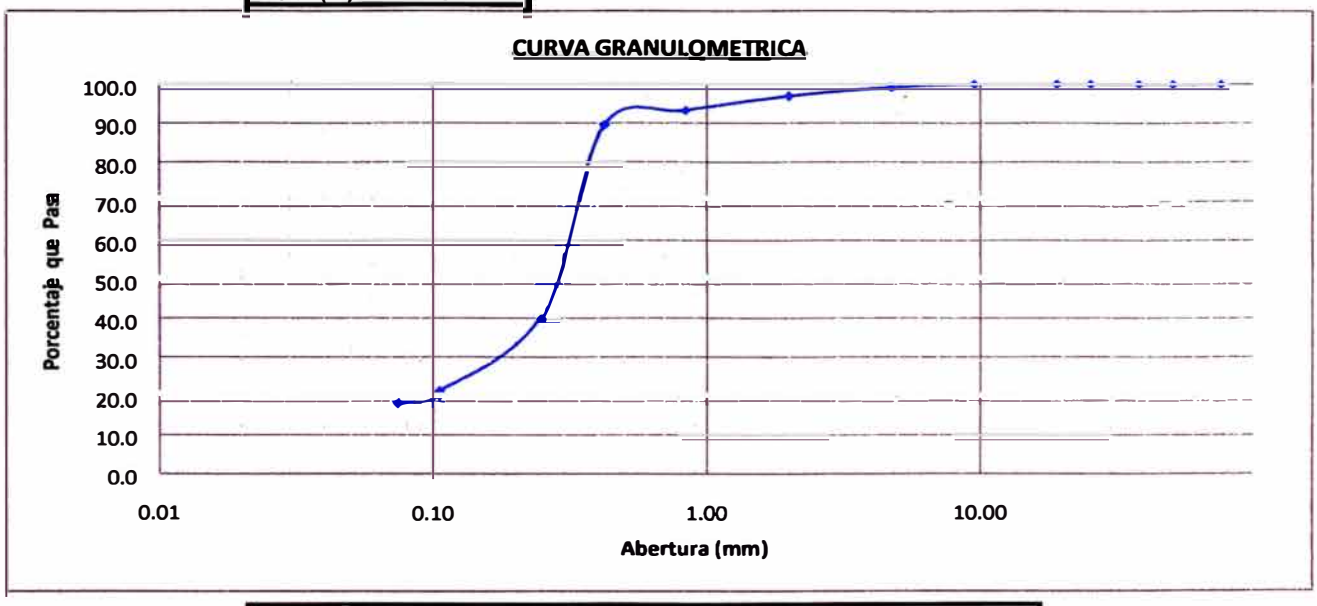
Proyecto/Obra:	Proyecto Inmobiliario de Vivienda "La Unión de Manchay"
Ubicación:	Manchay - Pachacámac
Calicata:	C-2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - ASTM D422

TAMIZ	Abertura (mm)	Porcentaje que Pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	100.0
3/8"	9.520	100.0
Nº 4	4.760	99.1
Nº 10	2.000	96.9
Nº 20	0.840	93.2
Nº 40	0.425	89.5
Nº 60	0.250	40.9
Nº 140	0.106	21.4
Nº 200	0.075	19.4

Grava (%)	0.90
Arena (%)	79.70

Finos (%)	19.40



LÍMITE LÍQUIDO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	NO PRESENTA

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM - Arena Limosa	CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-2-4 (0)

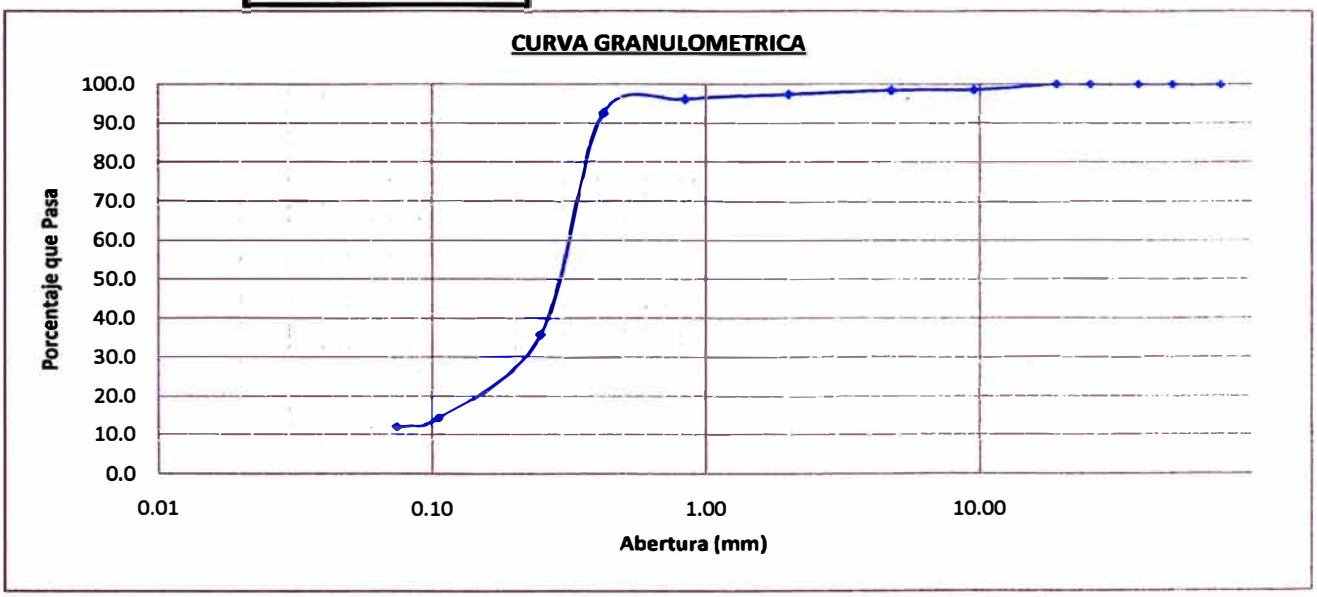
Proyecto/Obra:	Proyecto Inmobiliario de Vivienda "La Unión de Manchay"
Ubicación:	Manchay - Pachacámac
Calicata:	C-3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - ASTM D422

TAMIZ	Abertura (mm)	Porcentaje que Pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	100.0
3/8"	9.520	98.5
Nº 4	4.760	98.3
Nº 10	2.000	97.3
Nº 20	0.840	96.0
Nº 40	0.425	92.6
Nº 60	0.250	35.7
Nº 140	0.106	14.3
Nº 200	0.075	12.1

Grava (%)	1.70
Arena (%)	86.20

Finos (%)	12.10



LÍMITE LÍQUIDO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO NTP 339.129 - ASTM D4318:	NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	NO PRESENTA

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM - Arena Limosa	CLASIFICACIÓN AASHTO:	A-2-4 (0)

Proyecto/Obra:	Proyecto Inmobiliario de Vivienda "La Unión de Manchay"
Ubicación:	Manchay - Pachacámac
Calicata:	Indicada

ENSAYOS QUIMICOS EN SUELOS
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES NTP 339.152 - USBR E-8

Muestra:	C-1				
Contenido de Sales:	425	p.p.m.	-	0.04	%
Muestra:	C-2				
Contenido de Sales:	575	p.p.m.	-	0.06	%
Muestra:	C-3				
Contenido de Sales:	400	p.p.m.	-	0.04	%

CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES TOTALES NTP 339.178 - AASHTO T290

Muestra:	C-1
Contenido de Sales:	NO PRESENTA
Muestra:	C-2
Contenido de Sales:	NO PRESENTA
Muestra:	C-3
Contenido de Sales:	NO PRESENTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO-QUIMICO

SOLICITANTE: GRUPO 9 CURSO TITULACION PROYECTO INMOBILIARIO

REGISTRO: LQ10-281

OBRA: "LAUNION DE MANCHAY"

UBICACIÓN: COOPERATIVA LA UNION DE MANCHAY-PACHACAMAC

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

CALICATA: C-1

FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA: 23 – 08 – 2 010

ANALISIS DE :	CLORUROS Cl^- ASTM D 3370:1999 NTP:339.177 2002 ppm	SULFATOS $(SO4)^=$ ASTM E 275:2001 NTP:339.178 2002 ppm	SALES SOLUBLES TOTALES MTC E 219.2000 ASTMD 1888 ppm
MUESTRA: ARENA GRUESA CALICATA: C-1	123	792	934

Lima 25 de Agosto del 2 010

Ing. Ricardo Terreros Lazo
Jefe del Laboratorio Químico de la FIC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA DPTO. ACADEMICO DE CIENCIAS BASIC

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Peru
Apartado Postal 1301 Lima 100 - PeruTelefax: (511) 481-9845
Central Telefonica: 481-1070 Anexo: 295

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Nº 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME Nº S10-704

SOLICITANTE : **DANIEL MACHA QUILLAMA**
ESTUDIANTE CURSO DE TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS
PROYECTO : PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA " LA UNION DE MANCHAY "
UBICACIÓN : MANCHAY - PACHACAMAC
FECHA : 25 DE AGOSTO DEL 2010

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

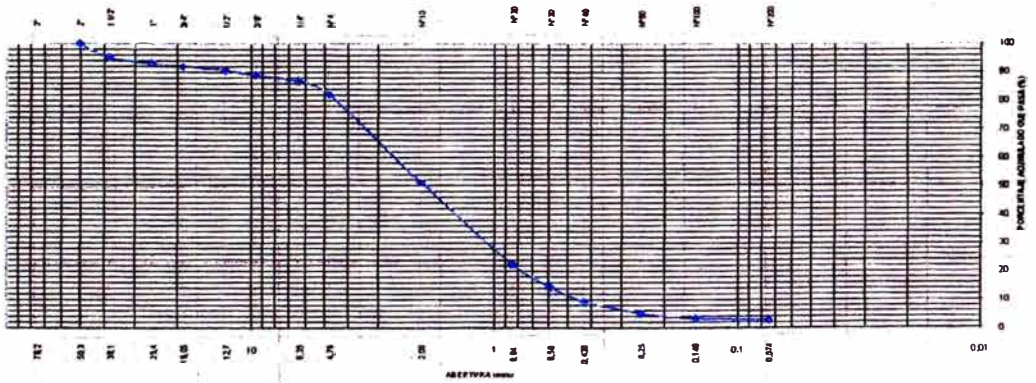
Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial	(%) Acumulado Reteni	(%) Acumulado Pasa
3"	76,200	-	-	
2"	50,300	-	-	100,0
1 1/2"	38,100	4,6	4,6	95,4
1"	25,400	2,2	6,8	93,2
3/4"	19,050	1,0	7,8	92,2
1/2"	12,700	1,3	9,2	90,8
3/8"	9,525	1,6	10,8	89,2
1/4"	6,350	2,3	13,1	86,9
Nº4	4,760	4,4	17,5	82,5
Nº10	2,000	31,1	48,6	51,4
Nº20	0,840	28,7	77,3	22,7
Nº30	0,590	8,0	85,3	14,7
Nº40	0,426	5,2	90,5	9,5
Nº60	0,250	4,2	94,7	5,3
Nº100	0,149	1,9	96,6	3,4
Nº200	0,074	0,5	97,1	2,9
- Nº200		2,9		

% grava	:	17,5
% arena	:	79,6
% finos	:	2,9

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
Límite Líquido (%)	:	NP
Límite plástico (%)	:	NP
Indice Plástico (%)	:	NP

Clasificación SUCS ASTM D2487 : **SP**

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : *Tec. J. Poul Huambo*

V°B° JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecanica de Suelos UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Nº 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

Viene de informe N° : **S10-704**

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : UNICA
Calicata : ***
Prof.(m) : ***

Especimen Nº	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6,36	6,36	6,36
Altura Inicial de muestra (cm)	2,16	2,16	2,16
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1,760	1,760	1,760
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1,749	1,749	1,749
Cont. de humedad inicial (%)	0,7	0,7	0,7
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2,109	2,089	2,071
Altura final de muestra (cm)	2,094	2,071	2,046
Densidad húmeda final (gr/cm3)	2,133	2,140	2,153
Densidad seca final (gr/cm3)	1,804	1,824	1,846
Cont. de humedad final (%)	18,3	17,3	16,6
Esfuerzo normal (kg/cm²)	0,5	1,0	1,5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm²)	0,315	0,630	0,945

Angulo de friccion interna : **32,2 °**
Cohesion (Kg/cm²) : **0,00**

Muestra remitida e identificada por el solicitante

Realizado por: *Tec. J. Poul Huambo*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Nº 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

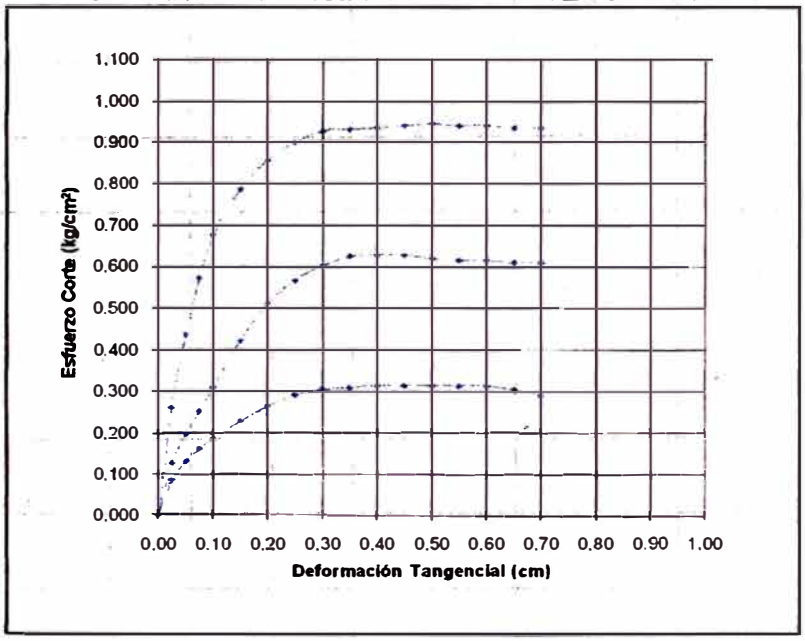
INFORME Nº S10-704

SOLICITADO : DANIEL MACHA QUILLAMA
ESTUDIANTE CURSO DE TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS
PROYECTO : PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA " LA UNION DE MANCHAY "
UBICACIÓN : MANCHAY - PACHACAMAC
FECHA : 25 DE AGOSTO DEL 2010

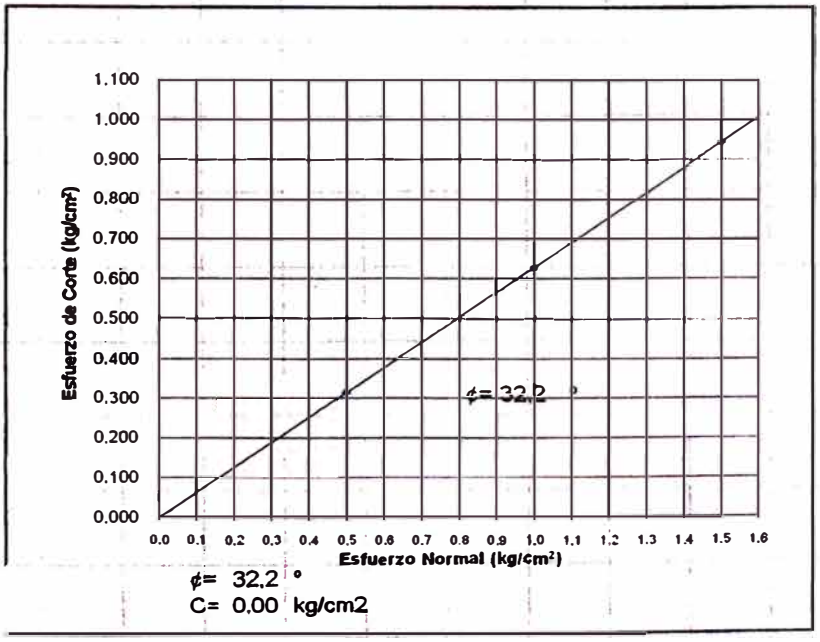
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

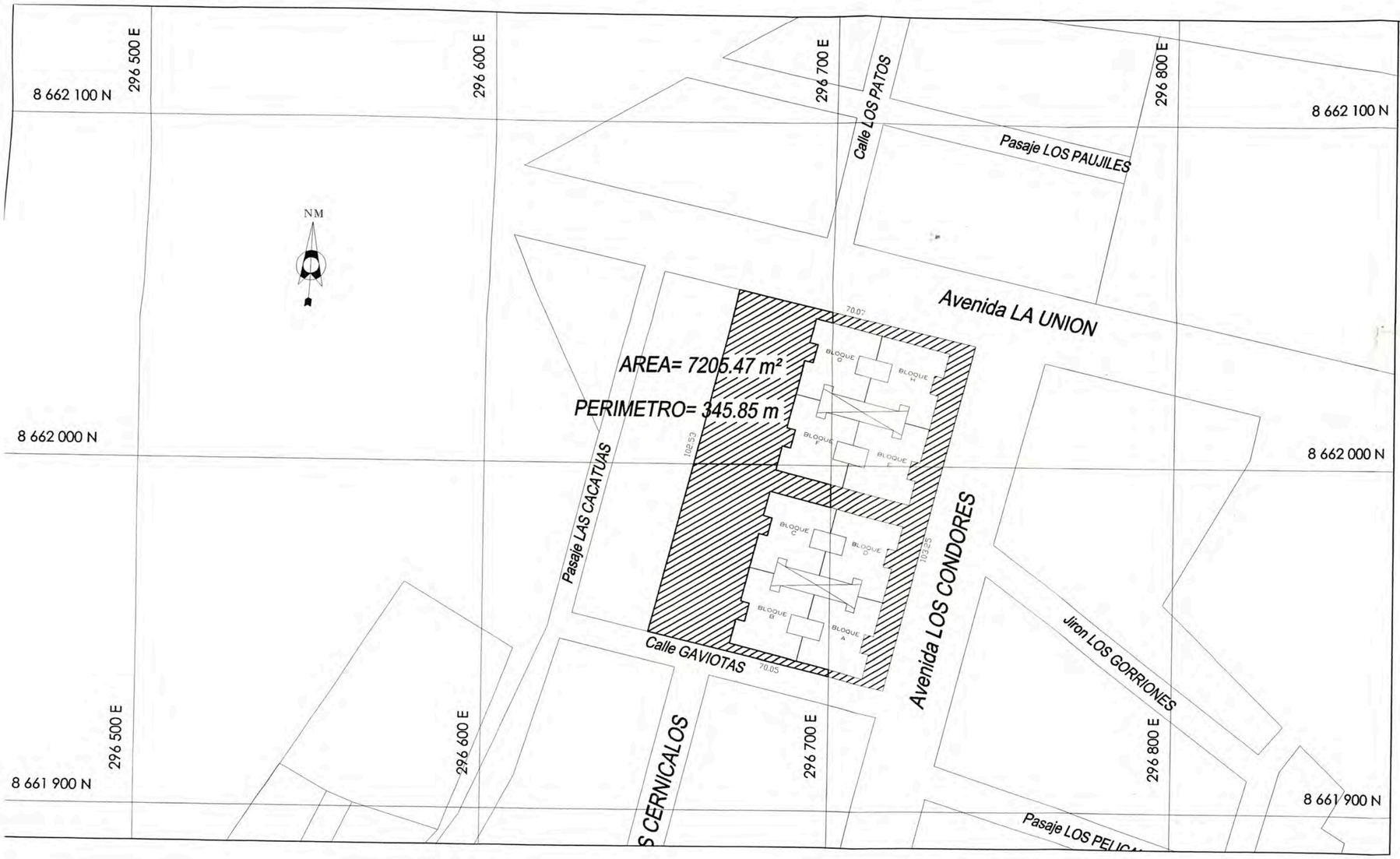
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

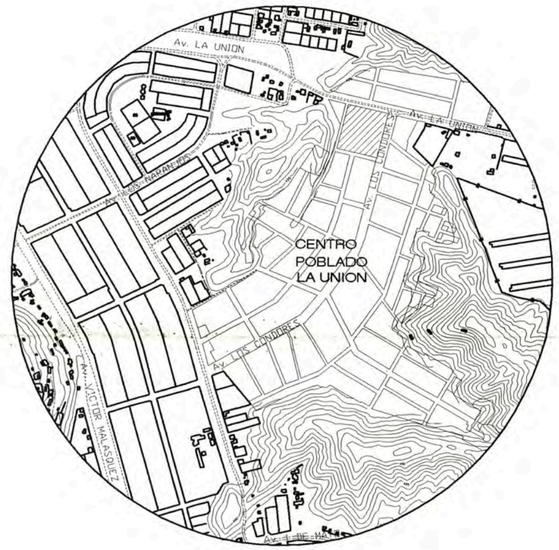
DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE







LOCALIZACION

1/2500

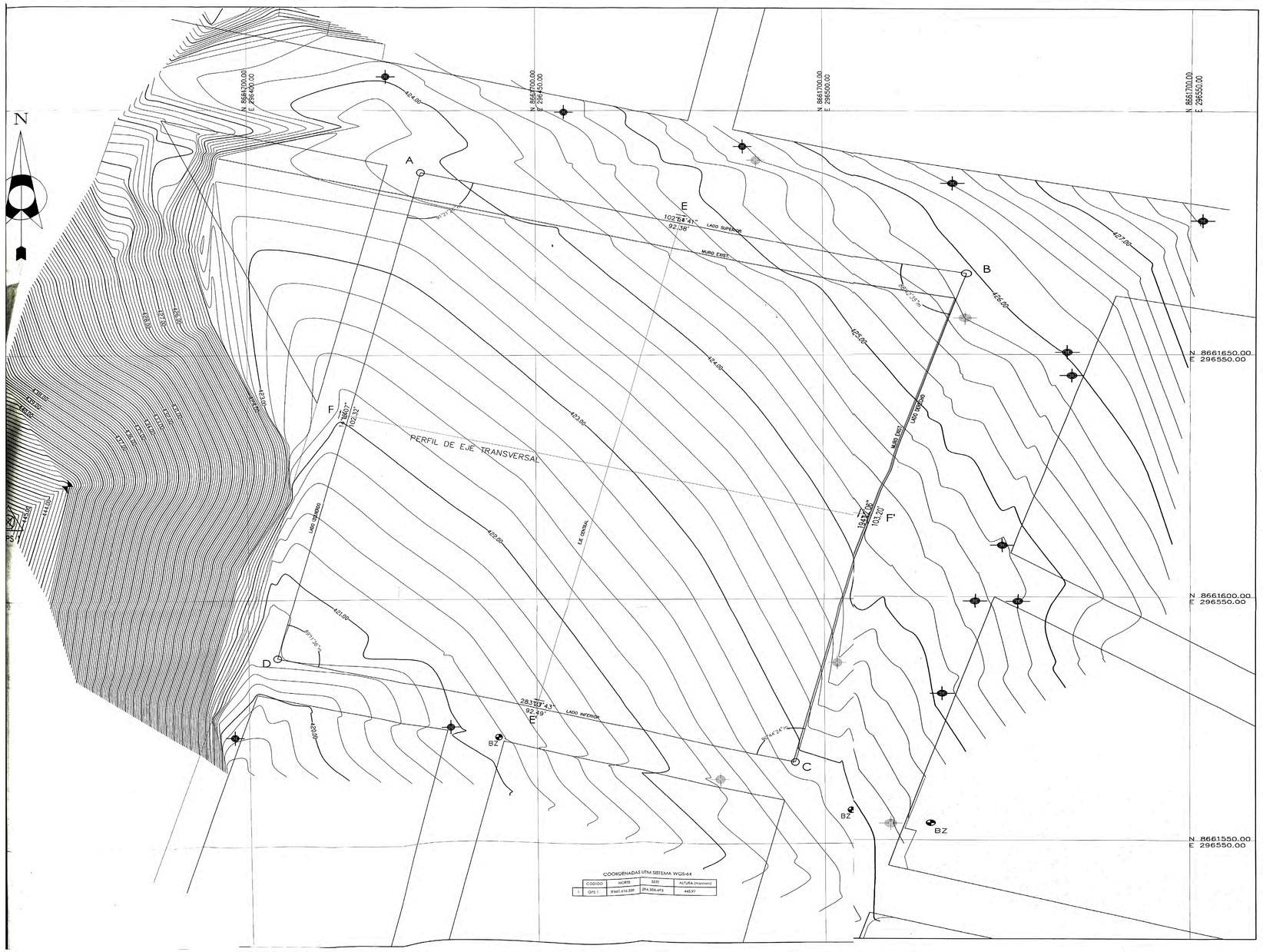
(FUENTE: Plano catastral Municipalidad Distrital de Pachacámac)

UBICACION

1/1000

CUADRO NORMATIVO	
PARAMETROS	PROYECTO
TIPO HABILITACION	4
AREA DE LOTE	9494.14 m2
AREA DE PROYECTO	7205.47 m2
FRENTE MINIMO DE LOTE	70.05 ml
TIPO DE VIVIENDA	Multifamiliar
DENSIDAD	R4

PROYECTO: "LA UNION DE MANCHAY"		
UBICACION: ASOCIACION DE VIVIENDA "LA UNION"		
LOCALIDAD: MANCHAY	DISTRITO: PACHACAMAC	PROVINCIA: LIMA
PROPIETARIO: CENTRO POBLADO "LA UNION"		
PLANO: LOCALIZACION Y UBICACION		
ASESOR: ING. CARLOS IRALA CANDIOTTI		
PROYECTISTA: MACHA QUILLAMA, DANIEL FERMIN		LAMINA: LU-01
DIBUJO: -	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2010



COORDENADAS UTM SISTEMA WGS-84

	CODIGO	NORTE	ESTE	ALTURA (msnm)
1	GPS 1	8661,614.339	294,356.493	445.97

LEYENDA

- PT — POSTE DE TELEFONO
- PL — POSTE DE LUZ
- PAT — POSTE DE ALTA TENSION
- BZ — BUZON
- BM — GPS

TABLA DE PERIMETRO		
LADO	LONGITUD	RUMBO
A–B	92.38	102°54'41"
B–C	103.20	194°12'06"
C–D	92.49	283°27'43"
D–A	102.32	14°16'07"

CUADRO DE COORDENADAS DE POLIGONAL

VERTICES	ESTE(x)	NORTE(y)	COTA(z)
A	X=296430.14	Y=8661687.30	423.91
B	X=296520.19	Y=8661666.65	425.96
C	X=296494.87	Y=8661566.61	422.89
D	X=296404.92	Y=8661588.14	420.78

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO - MAYO 2010
DATUM WGS 84
ELIPSOIDE LOCAL : INTERNACIONAL
COORDENADAS GEODESICAS : UTM CADA 50 M
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR

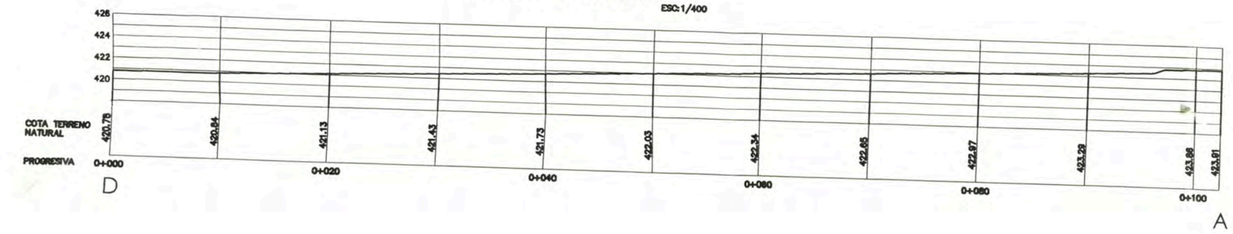
LEYENDA

- = LINDERO DE AREA DE PROYECTO
- A ○ = VERTICE
- = ESTACION DE CONTROL
- 424 = CURVAS MAYORES @ 1.00 m
- = CURVAS MENORES @ 0.20 m

PROYECTO:	"LA UNION DE MANCHAY"
UBICACION:	ASOCIACION DE VIVIENDA "LA UNION"
DISTRITO:	MANCHAY
PROVINCIA:	PACHACAMAC
DEPARTAMENTO:	LIMA
	CENTRO POBLADO "LA UNION"
PLANO:	TOPOGRAFIA DEL TERRENO
ASESOR:	ING. CARLOS IRALA CANDIOTTI
PROPIETARIO:	MACHA QUILLAMA, DANIEL FERMIN
DIBUJO:	-
ESCALA:	1/250
FECHA:	AGOSTO 2010
LAMINA:	TP-01

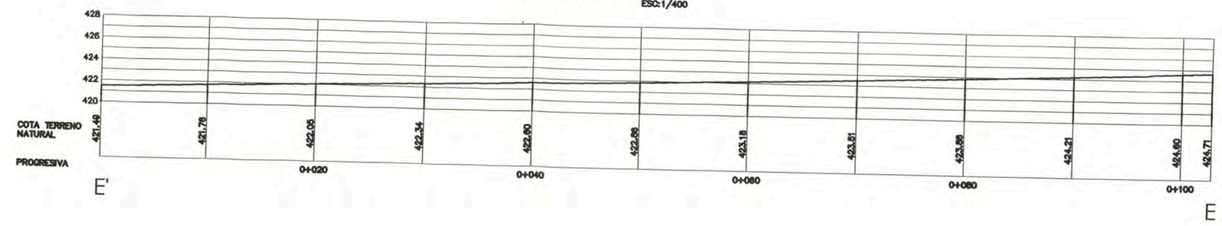
PERFIL LADO IZQUIERDO

ESC: 1/400



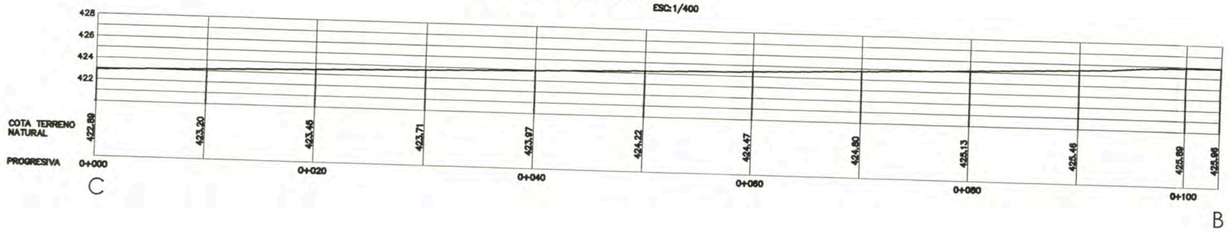
PERFIL DE EJE

ESC: 1/400



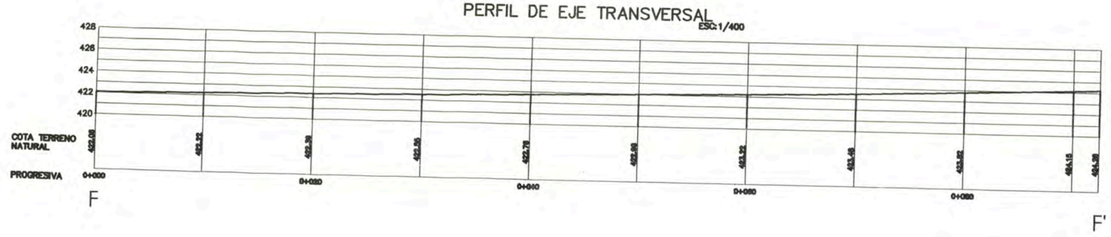
PERFIL LADO DERECHO

ESC: 1/400



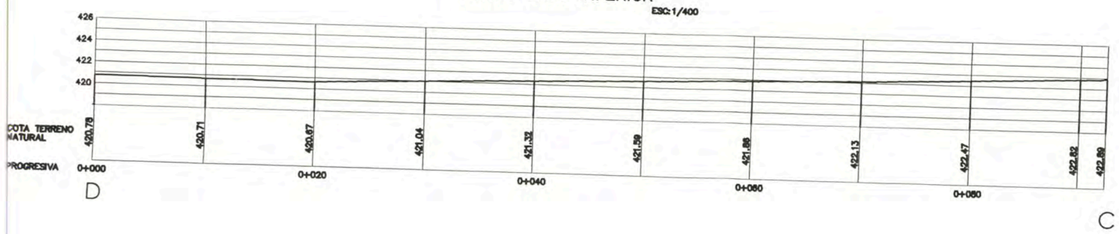
PERFIL DE EJE TRANSVERSAL

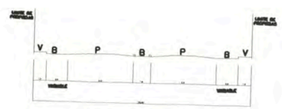
ESC: 1/400



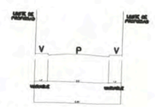
PERFIL LADO INFERIOR

ESC: 1/400

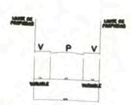




SECCION VIAL DE AVENIDAS



SECCION VIAL DE CALLES

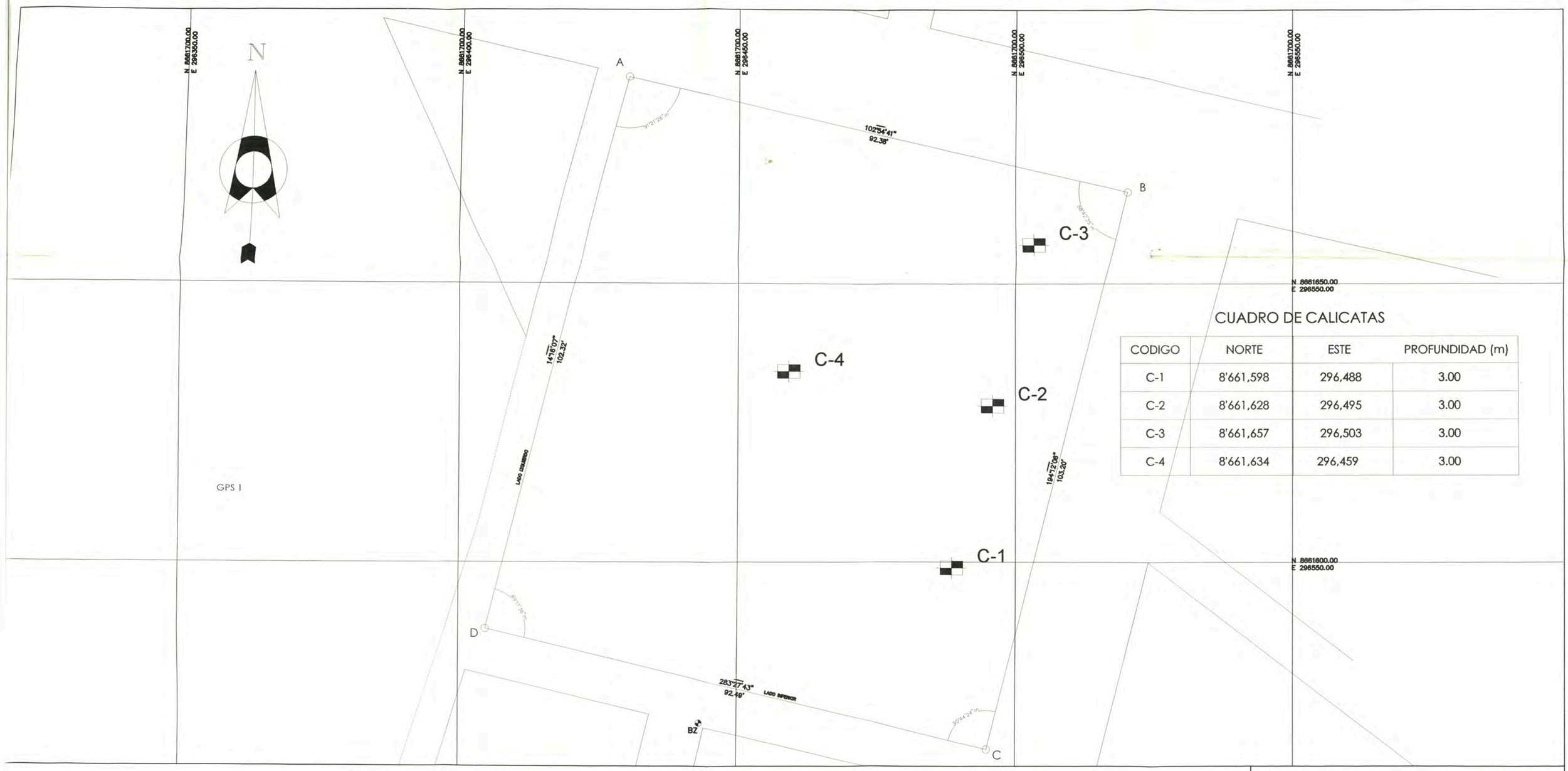


SECCION VIAL DE PASAJES

PERFIL LADO SUPERIOR

ESC: 1/400

PROYECTO: "LA UNION DE MANCHAY"			
UBICACION: ASOCIACION DE VIVIENDA "LA UNION"			
LOCALIDAD: MANCHAY	DISTRITO: PACHACAMAC	PROVINCIA: LIMA	
PROPIETARIO: CENTRO POBLADO "LA UNION"			
PLANO: PERFILES DE LADOS Y EJES DE TERRENO			
ASESOR: ING. CARLOS IRALA CANDIOTTI			
PROYECTISTA: MACHA QUILLAMA, DANIEL FERMIN			LAMINA: TP-02
DIBUJO: -	ESCALA: 1/400	FECHA: AGOSTO 2010	

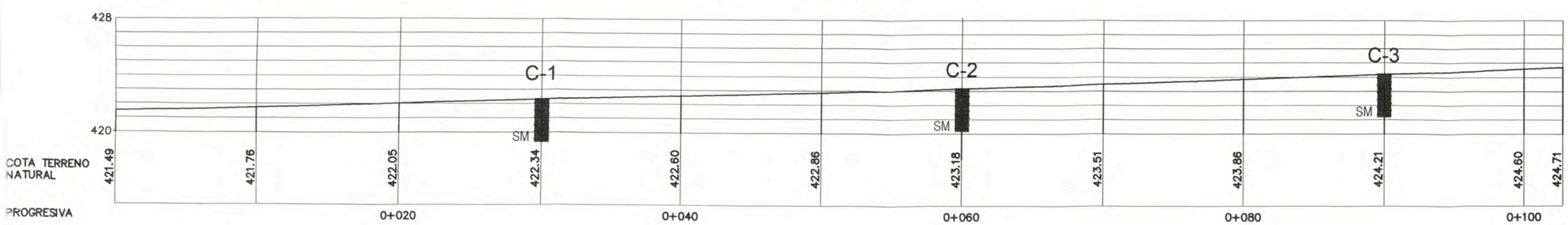


CUADRO DE CALICATAS

CODIGO	NORTE	ESTE	PROFUNDIDAD (m)
C-1	8'661,598	296,488	3.00
C-2	8'661,628	296,495	3.00
C-3	8'661,657	296,503	3.00
C-4	8'661,634	296,459	3.00

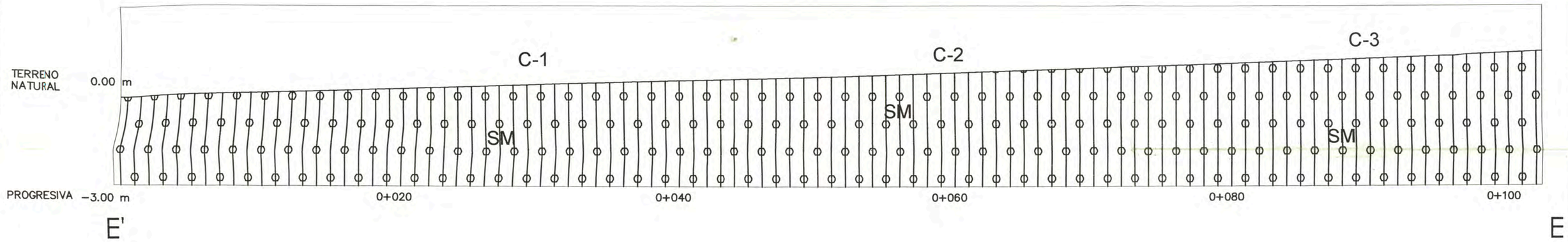
PERFIL DE EJE

ESC: 1/250

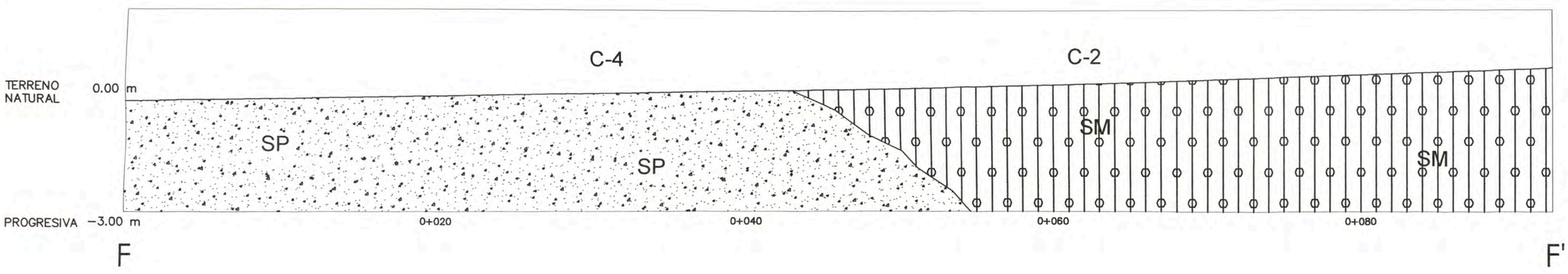


PROYECTO:	"LA UNION DE MANCHAY"
UBICACION:	ASOCIACION DE VIVIENDA "LA UNION"
LOCALIDAD: MANCHAY	DISTRITO: PACHACAMAC / PROVINCIA: LIMA
PROPIETARIO:	CENTRO POBLADO "LA UNION"
PLANO:	CALICATAS - ESTRATIGRAFIA
ASESOR:	ING. CARLOS IRALA CANDIOTTI
PROYECTISTA:	MACHA QUILLAMA, DANIEL FERMIN
DIBUJO: - / ESCALA: 1/500	FECHA: AGOSTO 2010
LAMINA:	CL-01

PERFIL INFERIDO DE EJE LONGITUDINAL DEL TERRENO



PERFIL INFERIDO DE EJE TRANSVERSAL DEL TERRENO



PROYECTO: "LA UNION DE MANCHAY"			
UBICACION: ASOCIACION DE VIVIENDA "LA UNION"			
LOCALIDAD: MANCHAY	DISTRITO: PACHACAMAC	PROVINCIA: LIMA	
PROPIETARIO: CENTRO POBLADO "LA UNION"			
PLANO: ESTRATIGRAFIA INFERIDA DE LOS EJES DEL TERRENO			
ASESOR: ING. CARLOS IRALA CANDIOTTI			
PROYECTISTA: MACHA QUILLAMA, DANIEL FERMIN			LAMINA: CL-02
DIBUJO: -	ESCALA: S / E	FECHA: AGOSTO 2010	