



ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DE REMODELACION Y AMPLIACION
COSAC 1 MUNICIPALIDAD DE BARRANCO
INSERCIÓN URBANA
PLAZA Y CALLE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

**Estudio No M2387
Lima, Enero de 2006**



ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DE REMODELACION Y AMPLIACION
COSAC 1 MUNICIPALIDAD DE BARRANCO - INSERCION URBANA
PLAZA Y CALLE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

Indice

Resumen y Conclusiones

- 1.0 Contenido del Informe
- 2.0 Ubicación
- 3.0 Características del Proyecto de Pavimentación
- 4.0 Trabajos Efectuados
 - 4.1 Exploración de Campo
 - 4.2 Ensayos de Laboratorio
- 5.0 Características del Subsuelo
 - 5.1 Perfil del Suelo
 - 5.2 Profundidad de la Napa Freática
- 6.0 Características de la Subrasante Existente
- 7.0 Características de los Pavimentos Existentes
- 8.0 Cálculo de los Espesores del Pavimento Adoquinado de los Pases Vehiculares
 - 8.1 Tráfico Considerado
 - 8.2 Cálculos de los Espesores del Pavimento
- 9.0 Recomendaciones para los Pavimentos Peatonales
- 10.0 Agresividad de las Sales del Subsuelo
- 11.0 Recomendaciones Adicionales

Bibliografía

Láminas

- M2387-1 Ubicación de Calicatas
- M2387-2 a M2387-6 Perfiles de Suelos



M2387-7 a M2387-15	Curvas Granulométricas
M2387-16 a M2387-20	Proctor Modificado
M2387-21 y M2387-22	California Bearing Ratio (CBR) y Proctor Modificado

Cuadros

M2387-1	Ensayos de Densidad de Campo
M2387-2	Análisis Granulométrico por Tamizado, Límites de Atterberg y Clasificación Unificada de las Muestras Ensayadas
M2387-3	Análisis Químicos de Laboratorio

Fotografías

ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DE REMODELACION Y AMPLIACION
COSAC 1 MUNICIPALIDAD DE BARRANCO - INSERCION URBANA
PLAZA Y CALLE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

Resumen y Conclusiones

El presente Informe comprende el Estudio de Suelos llevado a cabo con la finalidad de determinar las características del perfil del subsuelo, la subrasante y las condiciones de pavimentación de la calle Faustino Sánchez Carrión en el tramo comprendido entre la avenida Bolognesi y la avenida Pedro de Osma, en el distrito de Barranco.

El programa de exploración de campo llevado a cabo consistió en la ejecución de cinco calicatas excavadas en forma manual hasta 1.50 m de profundidad con respecto a la superficie actual de la calle, y ensayos de densidad de campo para determinar la compactación al nivel de la subrasante.

El perfil del suelo registrado en las calicatas bajo el pavimento existente y hasta 1.50 m de profundidad, está conformado por estratos intercalados de suelos finos:

- Arcilla limosa, de plasticidad baja a media, medianamente compacta;
- Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacto; y
- Arena fina limosa, medianamente densa

En las calicatas efectuadas no se detectó el nivel de la napa freática.

Los suelos más desfavorables y que predominan al nivel de la subrasante la calle Faustino Sánchez Carrión son las arcillas y limos de plasticidad baja a media, medianamente compactos. A estos suelos le corresponde un valor de CBR de 7, un módulo elástico (M_r) de 7,500 psi y un módulo de reacción de la subrasante (k) de 170 lb/pulg³, que equivale a 4.70 Kg/cm² x cm.

Con respecto a la compactación de la subrasante existente en los ensayos de densidad de campo realizados se han obtenido valores comprendidos entre 91 y 93% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado en las calicatas C-1 y C-2 excavadas entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren; y valores comprendidos entre 95 y 96% en las calicatas C-3, C-4 y C-5 excavadas entre las avenidas José María Eguren y Pedro de Osma.

Cabe señalar, que la subrasante debe estar compactada a un mínimo del 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, siendo la tolerancia 92.5%.

PAVIMENTOS EXISTENTES

El pavimento de la calle Faustino Sánchez Carrión existente entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren es adoquinado y está conformado por las siguientes capas:

- Adoquines de concreto de 5 a 6 mm de espesor.
- Cama de arena de 0.10 m de espesor en las calicatas C-1 y C-2 y 0.05 m en la calicata C-3.
- Base de afirmado de 0.10 m de espesor sólo en la calicata C-1. En la calicata C-2 la cama de arena se encuentra directamente sobre el suelo natural arcilloso y en la calicata C-3 existe un relleno de grava arenosa limosa, con pedazos de ladrillos de 0.10 m de espesor, que no puede considerarse como base.

El pavimento de la calle Faustino Sánchez Carrión existente entre las avenidas José María Eguren y Pedro de Osma es rígido y está conformado por las siguientes capas:

Calicata C-4

- Carpeta asfáltica de cobertura: 0.07 m
- Losa de concreto simple: 0.13 m
- No tiene base granular. Las losas se apoyan directamente sobre la subrasante natural limo arcilloso.

Calicata C-5

- Carpeta asfáltica de cobertura: 0.07 m
- Losa de concreto simple: 0.18 m
- No tiene base granular. Las lasas se apoyan sobre un relleno de 0.15 m de espesor de grava arenosa, arcillosa, limosa, con restos de desmonte, que no se puede considerar como base, tanto por encontrarse contaminada por desmonte, como por no alcanzar el porcentaje de compactación recomendado para capas de base granular (96%, siendo el valor recomendable 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado).

RECOMENDACIONES PARA EL PAVIMENTO ADOQUINADO DE LOS CRUCES VEHICULARES

El pavimento adoquinado de los cruces vehiculares de la calle Faustino Sánchez Carrión debe quedar conformado por las siguientes capas:

- Superficie de rodadura de adoquines de 10 cm de espesor
- Cama de arena gruesa de 5 cm de espesor (después de compactada la superficie adoquinada)
- Sub base granular de 15 cm de espesor ($CBR > 30$, compactada al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)
- Subrasante (compactada al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)

En la zona de los cruces y de permitirlo los niveles del proyecto, el pavimento adoquinado podría construirse directamente sobre el pavimento rígido existente, el cual ha sido recientemente rehabilitado con una carpeta asfáltica sobre las lasas de concreto. En este caso, el pavimento existente reemplazaría a la sub base granular y el espesor de la cama de arena podría incrementarse ligeramente para alcanzar el nivel de rasante requerido.

RECÓMENDACIONES PARA LOS PAVIMENTOS PEATONALES DE LA CALLE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

Teniendo en cuenta que en un caso de emergencia podría ser necesario el ingreso de algún vehículo a los tramos peatonales de la calle Faustino Sánchez Carrión, y principalmente al tramo comprendido entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren, recomendamos que la superficie de piedra travertino se coloque sobre losas de concreto con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de 0.15 m de espesor mínimo. Cabe señalar, que si se colocan losas de menor espesor, dado a la relativamente baja capacidad de soporte de la subrasante, el ingreso de un vehículo podría ocasionar la formación de rajaduras en el pavimento.

La subrasante natural y los rellenos requeridos para alcanzar los niveles de rasante del proyecto deberán compactarse a un mínimo del 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

Los rellenos requeridos deberán conformarse con un material granular seleccionado, preferentemente grava arenosa, bien o mal graduada, limpia o ligeramente limosa o ligeramente arcillosa, con partículas de no más de 4 pulg de tamaño máximo, con contenido de sales solubles totales no mayor de 5 000 p.p.m., libre de desmonte y materiales deletéreos.

En el sector de la calle Faustino Sánchez Carrion, ubicada frente al Parque Municipal, y de permitirlo los niveles del proyecto, el pavimento adoquinado podría construirse directamente sobre el pavimento rígido existente, el cual ha sido recientemente rehabilitado con una carpeta asfáltica sobre las losas de concreto. En este caso, el pavimento existente reemplazaría también a la sub base granular y el espesor de la cama de arena podría incrementarse ligeramente para alcanzar el nivel de rasante requerido.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Previo a la ejecución de las obras de pavimentación, se recomienda efectuar una evaluación de las redes de agua y desagüe que pasan por las áreas que serán intervenidas y en el caso de detectar alguna fuga de agua o la existencia de redes deterioradas, efectuar las reparaciones correspondientes.

Deben construirse sardineles elevados o enterrados en todo el perímetro de la superficies adoquinadas para asegurar el confinamiento y la trabazón de los adoquines.

El estudio de suelos efectuado es válido exclusivamente para el tramo de la calle Faustino Sánchez Carrión estudiado, el cual se muestra en la Lámina No M2387-1.

Lima, Enero de 2006



Ing. Maggie Martinelli de Mayer
Reg. Col. Ings. CIP 26250

ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DE REMODELACION Y AMPLIACION
COSAC 1 MUNICIPALIDAD DE BARRANCO - INSERCION URBANA
PLAZA Y CALLE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

Informe

1.0 CONTENIDO DEL INFORME

En este Informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas en el Estudio de Suelos llevado a cabo con la finalidad de determinar las características del perfil del subsuelo, la subrasante y las condiciones de pavimentación de la calle Faustino Sánchez Carrión en el tramo comprendido entre la avenida Bolognesi y la avenida Pedro de Osma, en el distrito de Barranco.

2.0 UBICACION

Se ha estudiado un tramo de aproximadamente 250 ml de la calle Faustino Sánchez Carrión, entre las avenidas Bolognesi y Pedro de Osma, en el distrito de Barranco, provincia y departamento de Lima. En la Lámina No M2387-1 se muestra la calle estudiada.

3.0 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE PAVIMENTACION

Las obras de pavimentación que comprende el proyecto son las siguientes:

- Calle Faustino Sánchez Carrión: Desmontaje del adoquín de concreto piedra existente y colocación de piedra travertina de 0.40 m x 0.40 m x 6 mm de espesor.

- Pista frente a la Iglesia y Parroquia: Levantamiento del pavimento al mismo nivel de la plaza y vereda y colocación de piedra travertina de 0.40 m x 0.40 m x 6 mm de espesor .
- Cruce de la calle José Faustino Sánchez Carrión hacia la Plaza: Construcción del cruce al mismo nivel de la calle y plaza, para lo cual se levantará la pista con adoquín de piedra travertina de 0.20 x 0.20 x 10 cm de espesor.
- Cruce de la ampliación de la plaza hacia la Municipalidad de Barranco: Construcción del cruce al mismo nivel de la calle y plaza, para lo cual se levantará la pista con adoquín de piedra travertina de 0.20 x 0.20 x 10 cm de espesor.
- Plaza existente: Conservación del piso mosaico de color rojo existente y demolición del piso de cemento para colocar piedra travertina de 0.40 x 0.40 m x 6 mm de espesor.

4.0 TRABAJOS EFECTUADOS

4.1 Exploración de Campo

El programa de exploración de campo llevado a cabo consistió en la ejecución de cinco calicatas excavadas en forma manual hasta 1.50 m de profundidad con respecto a la superficie actual de la calle, denominadas C-1 a C-5, y ensayos de densidad de campo para determinar la compactación al nivel de la subrasante en la ubicación de cada calicata.

En las calicatas se realizó un perfilaje minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la extracción de muestras representativas

de los suelos típicos las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

En la Lámina No M2387-1 se muestra la ubicación de las calicatas efectuadas, en las Láminas Nos M2387-2 a M2387-6 se presentan los perfiles de suelos de las calicatas y en el Cuadro No M2387-1 se presentan los resultados de los ensayos de densidad de campo y los porcentajes de compactación determinados.

4.2 Ensayos de Laboratorio

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de todas las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- CBR (California Bearing Ratio)
- Contenido de Sales Solubles Totales
- Contenido de Sulfatos Solubles

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM respectivas y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidas en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

En las Láminas Nos M2387-7 a M2387-22 y en los Cuadros Nos M2387-2 y M2387-3 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.0 CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO

5.1 Perfil del Suelo

El perfil del suelo registrado en las calicatas bajo el pavimento existente y hasta 1.50 m de profundidad, está conformado por estratos intercalados de suelos finos:

- Arcilla limosa, de plasticidad baja a media, medianamente compacta;
- Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacto; y
- Arena fina limosa, medianamente densa

5.2 Nivel Freático

En las calicatas efectuadas no se detectó el nivel de la napa freática.

6.0 CARACTERISTICAS DE LA SUBRASANTE EXISTENTE

Los suelos más desfavorables y que predominan al nivel de la subrasante la calle Faustino Sánchez Carrión son las arcillas y limos de plasticidad baja a media, medianamente compactos.

Según la correlación estadística existente entre la Clasificación Unificada de Suelos y el valor de CBR, se tiene que el valor de CBR de las arcillas y limos de plasticidad baja a media debe estar comprendido entre 5 y 16. En el presente caso, teniendo en cuenta las propiedades físicas y mecánicas de las arcillas y limos registradas en las calicatas, los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados ($CBR = 7$ y 9) y las recomendaciones del NAVFAC DM.5-4 (1)^{*}; se ha considerado para los diseños un valor de CBR de 7, al cual le corresponde un módulo elástico (M_r) de 7,500 psi (Huang, 2) y un módulo de reacción de la subrasante (k) de 170 lb/pulg³, que equivale a 4.70 Kg/cm² x cm.

* Los números entre paréntesis indican las referencias bibliográficas.

Con respecto a la compactación de la subrasante en los ensayos de densidad de campo realizados se han obtenido valores comprendidos entre 91 y 93 % de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado en las calicatas C-1 y C-2 excavadas entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren; y valores comprendidos entre 95 y 96% en las calicatas C-3, C-4 y C-5 excavadas entre las avenidas José María Eguren y Pedro de Osma.

Cabe señalar, que la subrasante debe estar compactada a un mínimo del 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, siendo la tolerancia 92.5%.

7.0 CARACTERISTICAS DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES

El pavimento de la calle Faustino Sánchez Carrión existente entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren es adoquinado y está conformado por las siguientes capas:

- Adoquines de concreto de 5 a 6 mm de espesor.
- Cama de arena de 0.10 m de espesor en las calicatas C-1 y C-2 y 0.05 m en la calicata C-3.
- Base de afirmado de 0.10 m de espesor sólo en la calicata C-1. En la calicata C-2 la cama de arena se encuentra directamente sobre el suelo natural arcilloso y en la calicata C-3 existe un relleno de grava arenosa limosa, con pedazos de ladrillos de 0.10 m de espesor, que no puede considerarse como base.

El pavimento de la calle Faustino Sánchez Carrión existente entre las avenidas José María Eguren y Pedro de Osma es rígido y está conformado por las siguientes capas:

Calicata C-4

- Carpeta asfáltica de cobertura: 0.07 m
- Losa de concreto simple: 0.13 m
- No tiene base granular. Las losas se apoyan directamente sobre la subrasante limo arcilloso.

Calicata C-5

- Carpeta asfáltica de cobertura: 0.07 m
- Losa de concreto simple: 0.18 m
- No tiene base granular. Las losas se apoyan sobre un relleno de 0.15 m de espesor de grava arenosa, arcillosa, limosa, con restos de desmonte, que no se puede considerar como base, tanto por encontrarse contaminada por desmonte, como por no alcanzar el porcentaje de compactación recomendado para capas de base granular (96%, siendo el valor recomendable 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado).

8.0 CALCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO ADOQUINADO DE LOS PASES VEHICULARES

8.1 Tráfico Considerado

Para fines de cálculo se han estimado que pasarán por los cruces 700 vehículos diarios por carril y que el porcentaje de vehículos pesados (ómnibus y camiones) será del 1%.

El número de Ejes equivalentes a 18,000 lb Anual (EAL) calculado considerando un período de diseño de 20 años y un crecimiento anual de 4% es igual a $EAL = 1.5 \times 10^5$.

8.2 Cálculo de los Espesores del Pavimento

Se ha efectuado el diseño de espesores del pavimento adoquinado, utilizando el método de la AASHTO, 1986 para pavimentos flexibles (4), el cual considera que el espesor de cada una de las capas del pavimento se dimensiona y verifica en función de un número estructural total (SN) y un número estructural por capa.

El número estructural total (SN) es función del número de aplicaciones de cargas equivalentes a un eje simple de 18,000 lb (EAL), del módulo de resilencia de la

subrasante (Mr) y del índice de servicialidad (PSI). En el presente caso se ha considerado un índice de servicialidad inicial de 4.2 y un índice de servicialidad final de 2.0.

El valor de SN obtenido para un índice de tráfico EAL = 1.5×10^5 , un Mr de 7,500 lb/pulg³ y los índices de servicialidad indicados es igual a: SN = 3.25.

En la ecuación de la AASHTO el número estructural total es igual a la suma de los números estructurales de las diferentes capas que conforman el pavimento, así se tiene:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

SN = número estructural de proyecto

a_1 = coeficiente de la capa de rodadura. En el caso de adoquines se considera que un adoquín de espesor “t” equivale a una carpeta asfáltica de espesor “2 t”.

D_1 = espesor de la capa de rodadura

a_2 = coeficiente de la segunda capa del pavimento

D_2 = espesor de la segunda capa del pavimento

m_2 = coeficiente de drenaje de la segunda capa del pavimento

a_3 = coeficiente de la tercera capa del pavimento

D_3 = espesor de la tercera capa del pavimento

m_3 = coeficiente de drenaje de la tercera capa del pavimento

En el presente caso se ha considerado un pavimento conformado por las siguientes capas:

- Superficie de rodadura de adoquines de 10 cm de espesor
- Cama de arena gruesa de 5 cm de espesor (después de compactada la superficie adoquinada)

- Sub base granular ($CBR > 30$, compactada al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)
- Subrasante (compactada al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)

Los valores de a_1 , a_2 y a_3 considerados en la ecuación dependen principalmente del módulo de resilencia de cada material. Considerando que para una carpeta asfáltica en caliente el método considera un valor de $a_1 = 0.42$ y la equivalencia entre la carpeta asfáltica y el adoquín, se ha determinado para la capa de adoquines un valor de $a_1 = 0.84$.

Para una sub-base granular ($CBR > 30$) el método considera un valor $a_3 = 0.08$. En el presente caso consideraremos este mismo valor para la cama de arena, esto es $a_2 = 0.08$.

Con respecto a los coeficientes de drenaje (m_2 y m_3), se ha considerado un valor de 1.2 correspondiente a un drenaje bueno, siendo el tiempo que la estructura del pavimento puede humedecerse hasta niveles cercanos a su porcentaje de saturación menor del 5% de su vida útil y asumiendo que el agua que ocasione esta situación será removida el mismo día.

Si consideramos el espesor de los adoquines (10 cm = 4 pulg), que la cama de arena tendrá 5 cm (2 pulg) y una capa de sub base granular de 15 cm (6 pulg), obtenemos en la expresión de la AASHTO lo siguiente:

$$SN = 0.84 \times 4 + 0.08 \times 2 \times 1.2 + 0.08 \times 6 \times 1.2 = 4.13$$

El valor de SN obtenido con los parámetros indicados es adecuado, ya que es mayor al SN determinado en base a las características de la subrasante, tráfico y servicialidad.

Por lo tanto, tenemos que el pavimento adoquinado de los cruces vehiculares de la calle Faustino Sánchez Carrión debe quedar conformado por las siguientes capas:

- Superficie de rodadura de adoquines de 10 cm de espesor
- Cama de arena gruesa de 5 cm de espesor (después de compactada la superficie adoquinada)
- Sub base granular de 15 cm de espesor ($CBR > 30$, compactada al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)
- Subrasante (compactada al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado)

En la zona de los cruces y de permitirlo los niveles del proyecto, el pavimento adoquinado podría construirse directamente sobre el pavimento rígido existente, el cual ha sido recientemente rehabilitado con una carpeta asfáltica sobre las losas de concreto. En este caso, el pavimento existente reemplazaría a la sub base granular y el espesor de la cama de arena podría incrementarse ligeramente para alcanzar el nivel de rasante requerido.

9.0 RECOMENDACIONES PARA LOS PAVIMENTOS PEATONALES

Teniendo en cuenta que en un caso de emergencia podría ser necesario el ingreso de algún vehículo a los tramos peatonales de la calle Faustino Sánchez Carrión, y principalmente al tramo comprendido entre las avenidas Bolognesi y José María Eguren, recomendamos que la superficie de piedra travertino se coloque sobre losas de concreto con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de 0.15 m de espesor mínimo. Cabe señalar, que si se colocan losas de menor espesor, dado a la relativamente baja capacidad de soporte de la subrasante, el ingreso de un vehículo podría ocasionar la formación de rajaduras en el pavimento.

La subrasante natural y los rellenos requeridos para alcanzar los niveles de rasante del proyecto deberán compactarse a un mínimo del 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

Los rellenos requeridos deberán conformarse con un material granular seleccionado, preferentemente grava arenosa, bien o mal graduada, limpia o ligeramente limosa o ligeramente arcillosa, con partículas de no más de 4 pulg de tamaño máximo, con contenido de sales solubles totales no mayor de 5 000 p.p.m., libre de desmonte y materiales deletéreos.

En el sector de la calle Faustino Sánchez Carrion, ubicada frente al Parque Municipal, y de permitirlo los niveles del proyecto, el pavimento adoquinado podría construirse directamente sobre el pavimento rígido existente, el cual ha sido recientemente rehabilitado con una carpeta asfáltica sobre las losas de concreto. En este caso, el pavimento existente reemplazaría también a la sub base granular y el espesor de la cama de arena podría incrementarse ligeramente para alcanzar el nivel de rasante requerido.

10.0 AGRESIVIDAD DE LAS SALES DEL SUBSUELO

El contenido de sulfatos solubles del suelo determinado mediante análisis químicos de laboratorio en una muestra representativa es 150.24 p.p.m.

Según el Concrete Manual (3) y la Norma Técnica de Edificación E060: Concreto Armado (4), cuando este contenido es menor de 1 000 p.p.m. el ataque de los sulfatos del suelo al concreto es despreciable; cuando dicho contenido está comprendido entre 1 000 y 2 000 p.p.m. el ataque es positivo; y cuando dicho contenido es superior a 2 000 p.p.m. el ataque de los sulfatos solubles del suelo al concreto es considerable.

Teniendo en cuenta el resultado obtenido, en el presente caso se puede concluir que el ataque de los sulfatos solubles del suelo al concreto será despreciable y no es necesario tomar precauciones al respecto. No es necesario utilizar cementos especiales para contrarrestar la agresividad de las sales y sulfatos.

11.0 RECOMENDACIONES ADICIONALES

Previo a la ejecución de las obras de pavimentación, se recomienda efectuar una evaluación de las redes de agua y desagüe que pasan por las áreas que serán intervenidas y en el caso de detectar alguna fuga de agua o la existencia de redes deterioradas, efectuar las reparaciones correspondientes.

Deben construirse sardineles elevados o enterrados en todo el perímetro de la superficies adoquinadas que será sometida a tránsito vehicular, para asegurar el confinamiento y la trabazón de los adoquines.

El estudio de suelos efectuado es válido exclusivamente para el tramo de la calle Faustino Sánchez Carrión estudiado, el cual se muestra en la Lámina No M2387-1.

Lima, Enero de 2006



Ing. Maggie Martinelli de Mayer

Reg. Col. Ings. CIP 26250



BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Civil Engineering Pavements"
Design Manual 5.4 (DM-5.4)
Department of the Navy Naval Facilities Engineering Command
Alexandria, October 1979

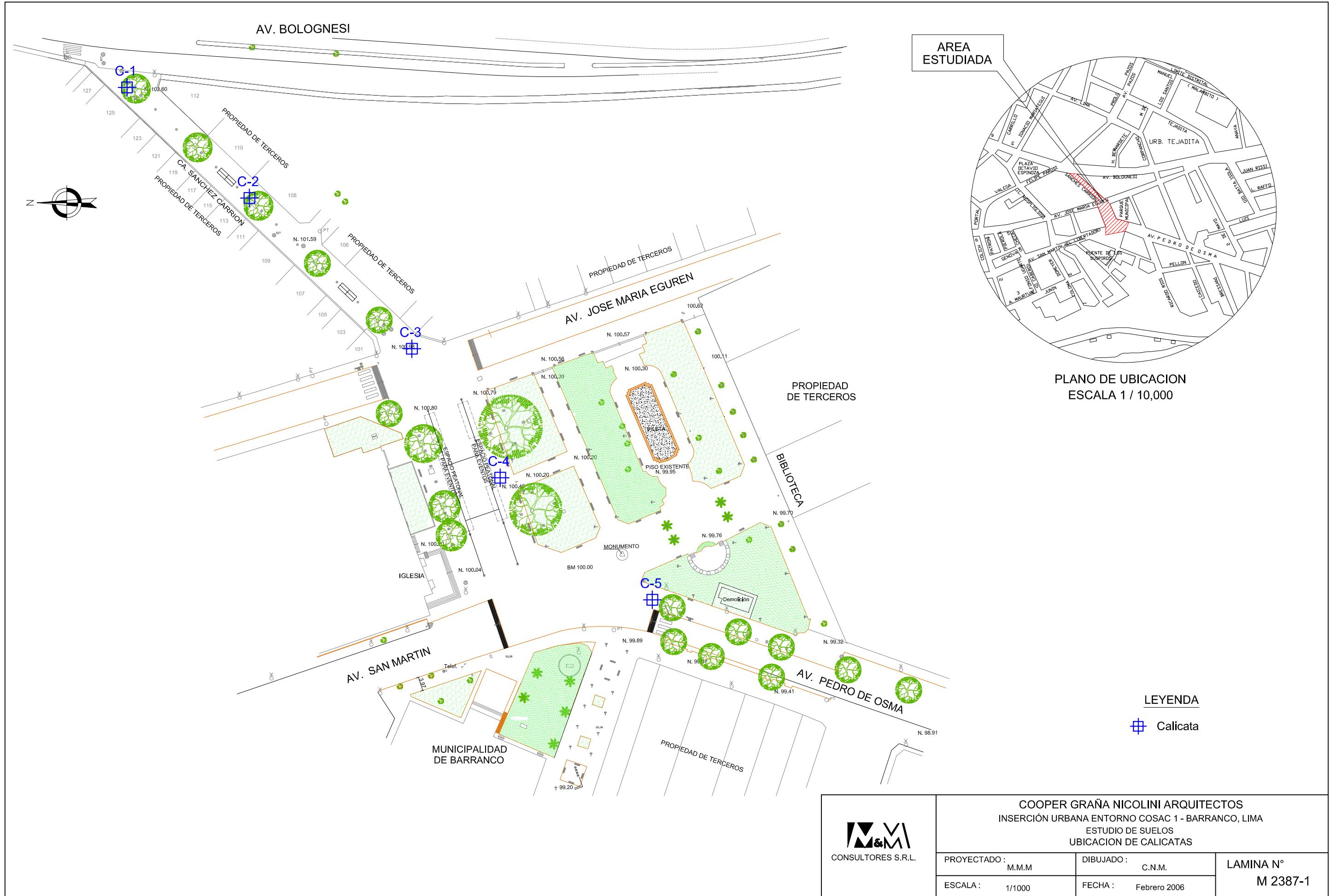
- 2.- "Pavement Analysis and Design "
Yang H. Huang
Prentice Hall
United States of America, 1993

- 3.- "Concrete Manual"
Bureau of Reclamation
United States Department of the Interior
Washington, 1966

- 4.- "Reglamento Nacional de Construcciones
Norma Técnica de Edificación E060: Concreto Armado"
ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda)
Lima, Abril de 1989



LAMINAS



Sondaje: C-1
Tipo: Calicata
Proyecto: INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC - BARRANCO
Cota del Terreno: --
Registrado: J.E.Z
Revisado: M.M.M.
Profundidad del Agua Subterránea: --
Fecha: Febrero 2006

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
			Adoquines de concreto. Cama de arena fina a media, mal graduada, medianamente densa, marrón. Relleno afirmado. Arena fina a gruesa, gravosa, llimosa, medianamente densa, húmeda, marrón. Finos no plásticos.
0.5			Relleno. Arcilla llimosa, arenosa, gravosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, marrón.
1.0			Arcilla llimosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, marrón rojizo. (CL-ML)
1.5			Arena fina, llimosa, medianamente densa, húmeda, marrón. Finos no plásticos. (SM)
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque
- Muestra de Agua

OBSERVACIONES:

Sondaje: C-2
Tipo: Calicata
Proyecto: INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC - BARRANCO
Cota del Terreno: --
Registrado: J.E.Z
Revisado: M.M.M.
Profundidad del Agua Subterránea: --
Fecha: Febrero 2006

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
			Adoquines de concreto. Cama de arena fina a media, mal graduada, medianamente densa, marrón.
0.5			Arcilla llimosa, arenosa, ligeramente gravosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, marrón rojizo. Raíces. (CL-ML)
1.0			
1.5			Arena fina, llimosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro. Finos no plásticos. Concreciones. (SM)
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque
- Muestra de Agua

OBSERVACIONES:

Sondaje: C-3
Tipo: Calicata
Proyecto: INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC - BARRANCO
Cota del Terreno: --
Registrado: J.E.Z
Revisado: M.M.M.
Profundidad del Agua Subterránea: --
Fecha: Febrero 2006

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
0.5			Adoquines de concreto. Cama de arena gruesa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Relleno afirmado. Grava arenosa, limosa, densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con gravas angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos). Relleno. Arena fina a media, gravosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 ½ pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.
1.0			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón claro. (CL)
1.5			Arcilla limosa, de plasticidad media, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón. Raíces delgadas. (CL)
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque
- Muestra de Agua

OBSERVACIONES:

Sondaje: **C-4**

Tipo: **Calicata**

Proyecto: **INserción urbana entorno COSAC - Barranco**

Cota del Terreno: **--**

Registrado: **J.E.Z**

Revisado: **M.M.M.**

Profundidad del Agua Subterránea: **--**

Fecha: **Febrero 2006**

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
			Carpeta asfáltica. Losa de concreto.
0.5			Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón claro. (ML)
0.8			Limo arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón claro. (ML)
1.0			Arcilla limosa, de plasticidad media, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón. Raíces delgadas. (CL)
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque
- Muestra de Agua

OBSERVACIONES:

Sondaje: C-5
Tipo: Calicata
Proyecto: INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC - BARRANCO
Cota del Terreno: --
Registrado: J.E.Z
Revisado: M.M.M.
Profundidad del Agua Subterránea: --
Fecha: Febrero 2006

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
			Carpeta asfáltica.
			Losa de concreto.
0.5			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, llimosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos, concreto, asfalto, etc).
1.0			Limo arcilloso, arenoso, ligeramente gravoso, de plasticidad baja, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón.; con gravas aisladas de $\frac{1}{2}$ pulg de tamaño máximo. Raíces gruesas de 0.20 m. (ML)
1.5			Arcilla llimosa, de plasticidad media, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón. Raíces delgadas. (CL)
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque
- Muestra de Agua

OBSERVACIONES:

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-7

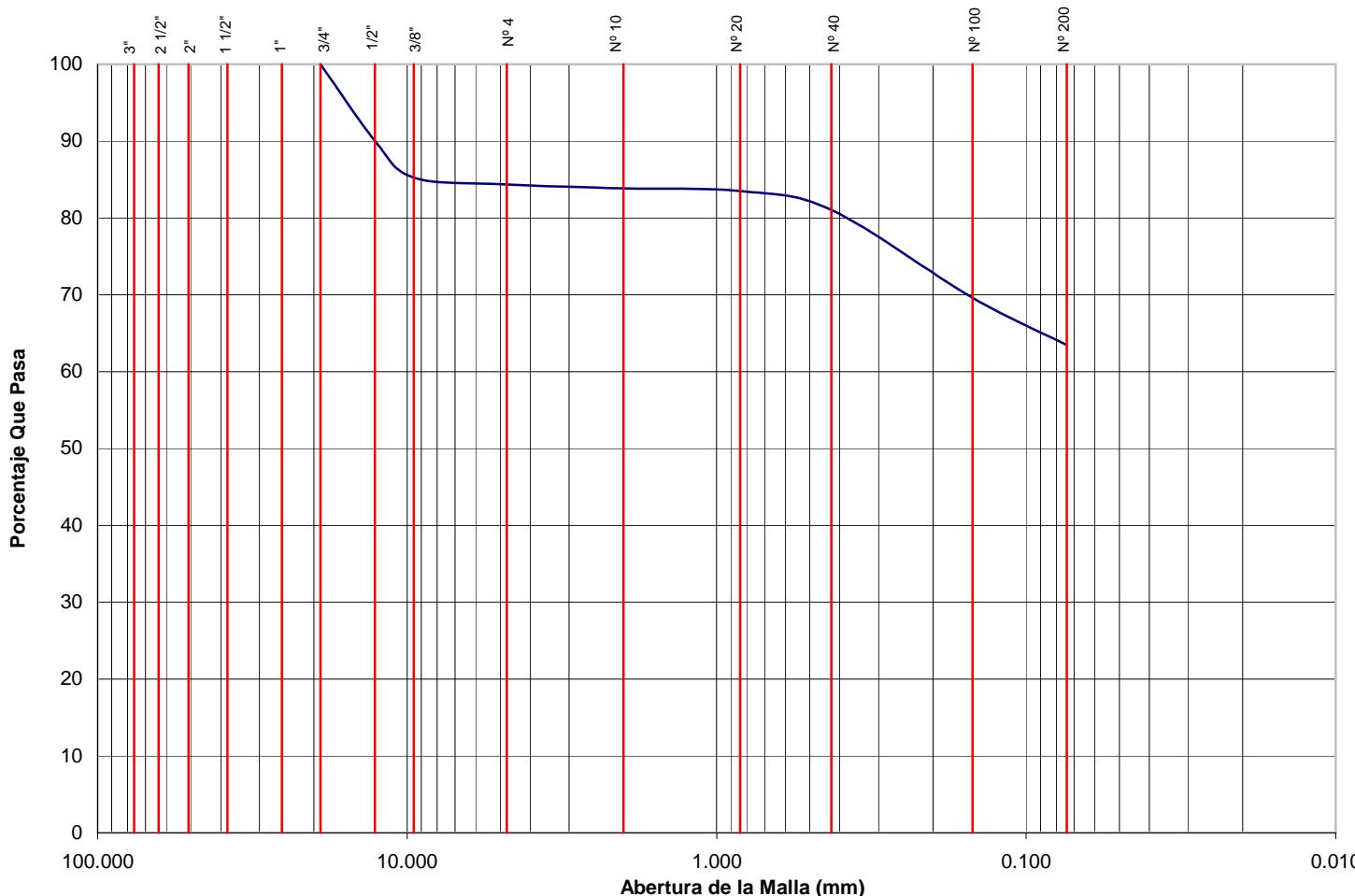
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-1

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.40 - 0.60 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 24

LP= 16

IP= 8

SUCS= CL



LAMINA N° M2387-8

ANALISIS GRANULOMETRICO

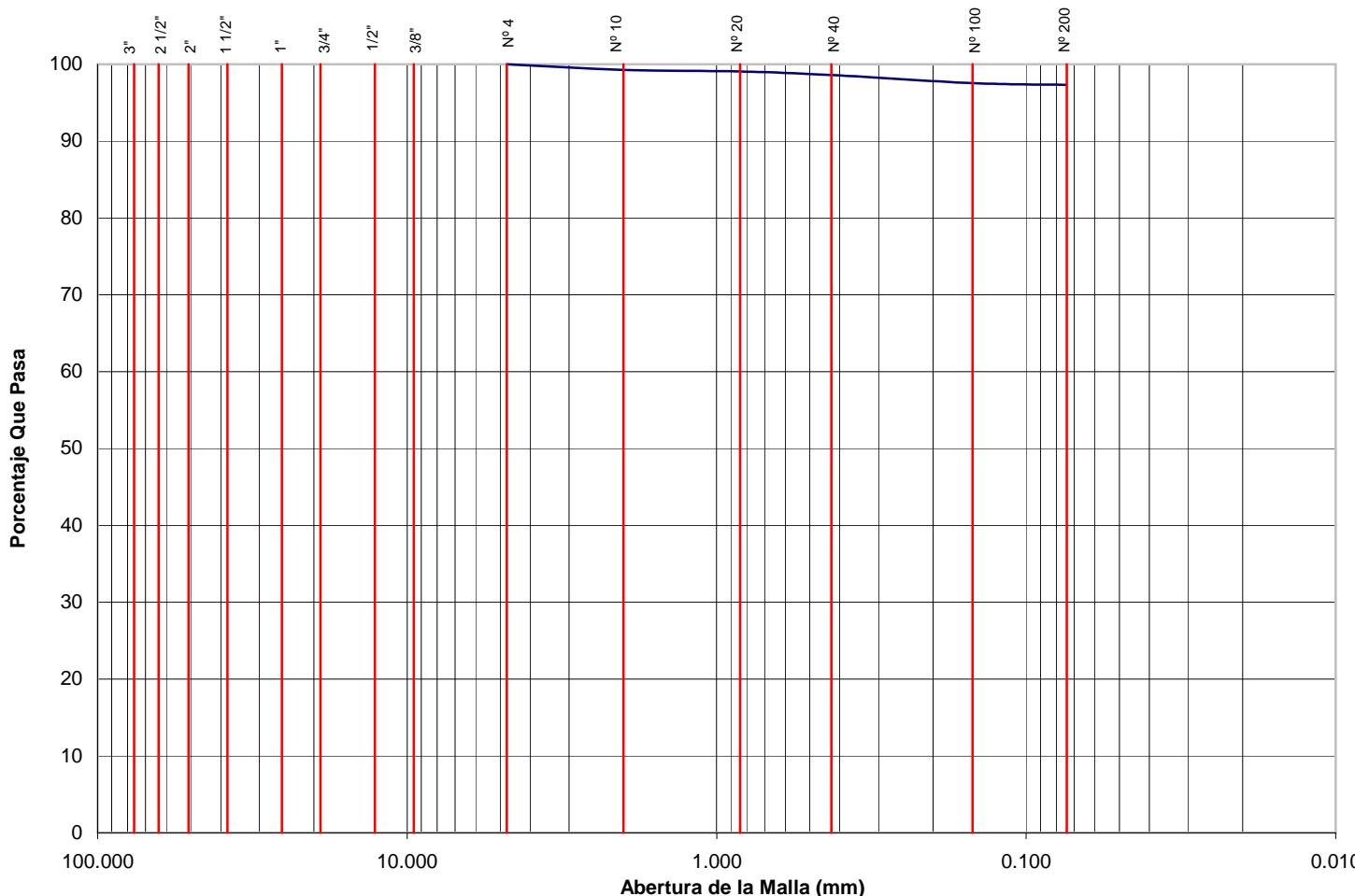
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-1

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 1.30 - 1.50 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 46

LP= 24

IP= 22

SUCS= CL

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-9

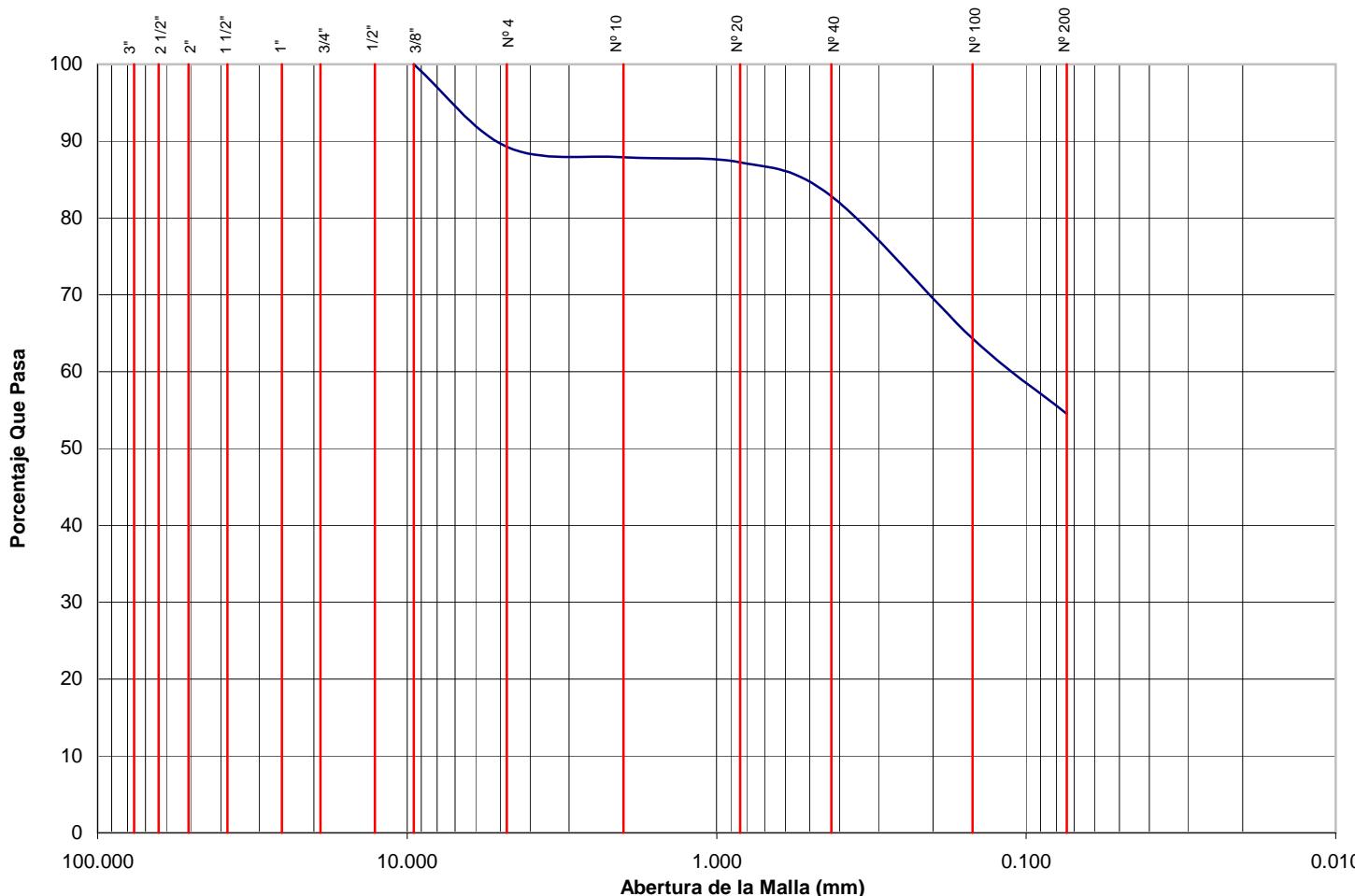
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-2

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.40 - 0.80 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 18

LP= 14

IP= 4

SUCS= CL-ML

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-10

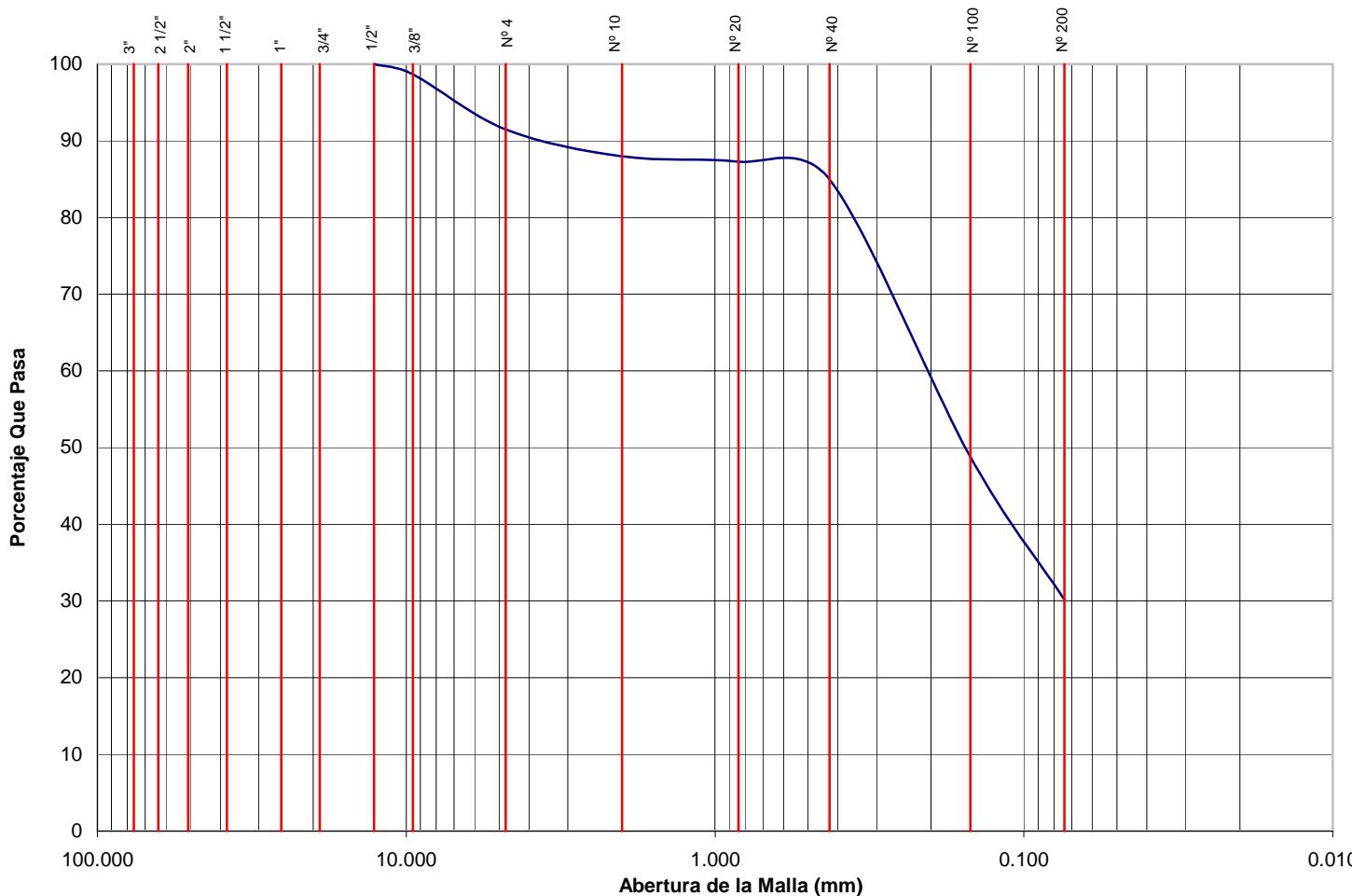
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-2

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 1.30 - 1.50 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= --

LP= NP

IP= NP

SUCS= SM

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-11

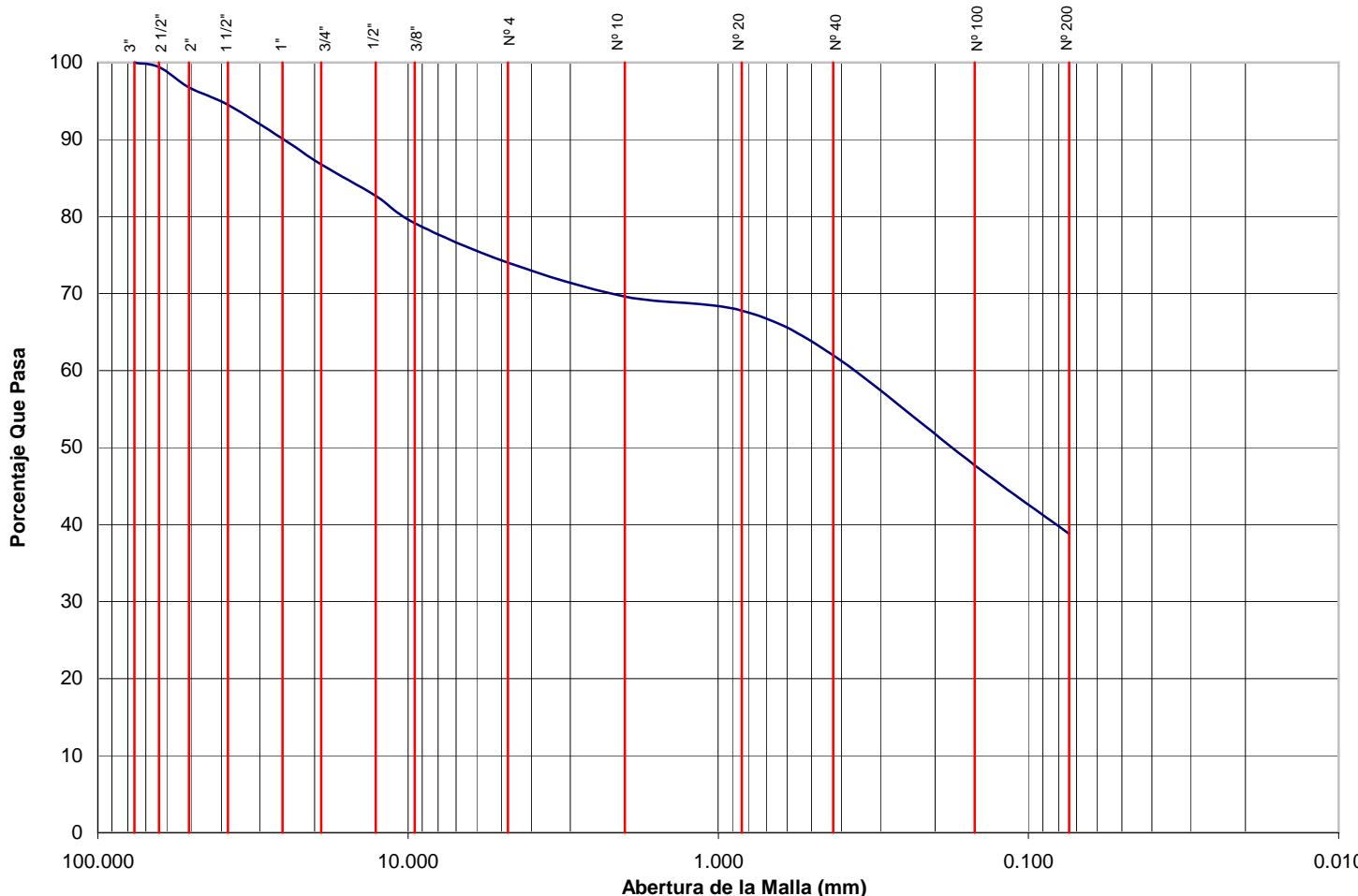
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-3

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.20 - 0.70 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 20

LP= 15

IP= 5

SUCS= SC-SM



LAMINA N° M2387-12

ANALISIS GRANULOMETRICO

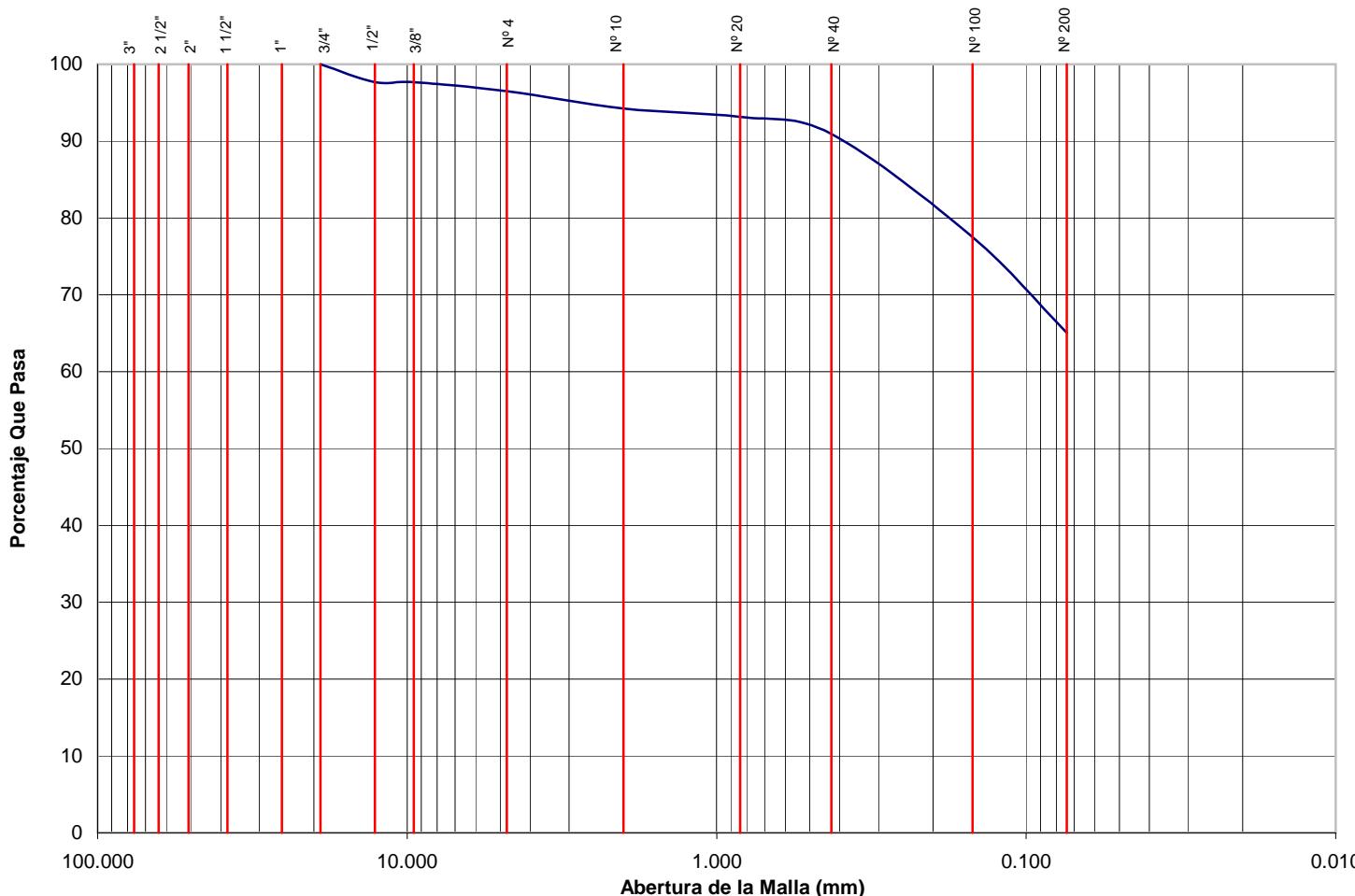
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-3

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.70 - 0.90 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 25

LP= 17

IP= 8

SUCS= CL

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-13

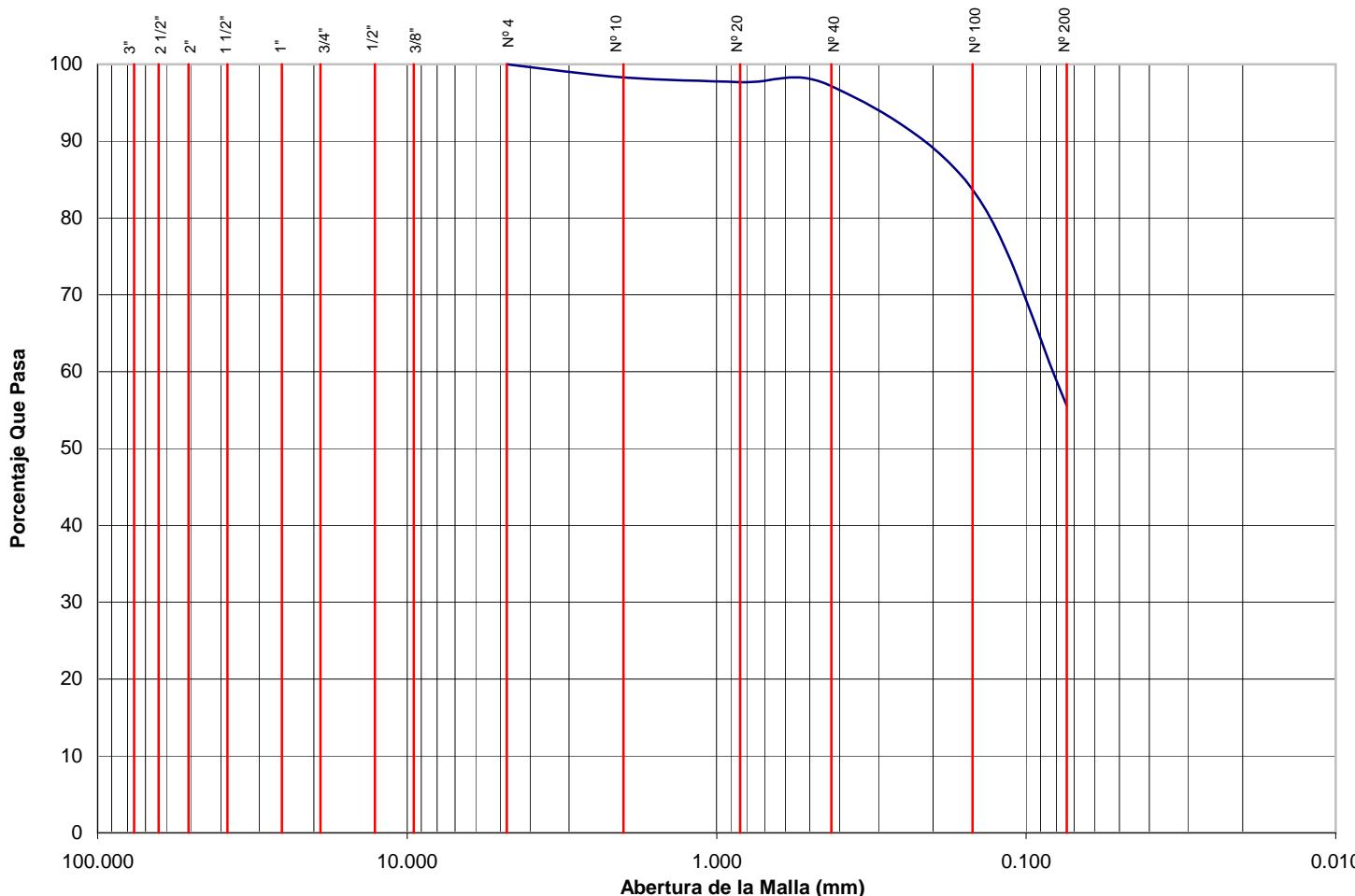
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-4

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.70 - 0.90 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 19

LP= 18

IP= 1

SUCS= ML



LAMINA N° M2387-14

ANALISIS GRANULOMETRICO

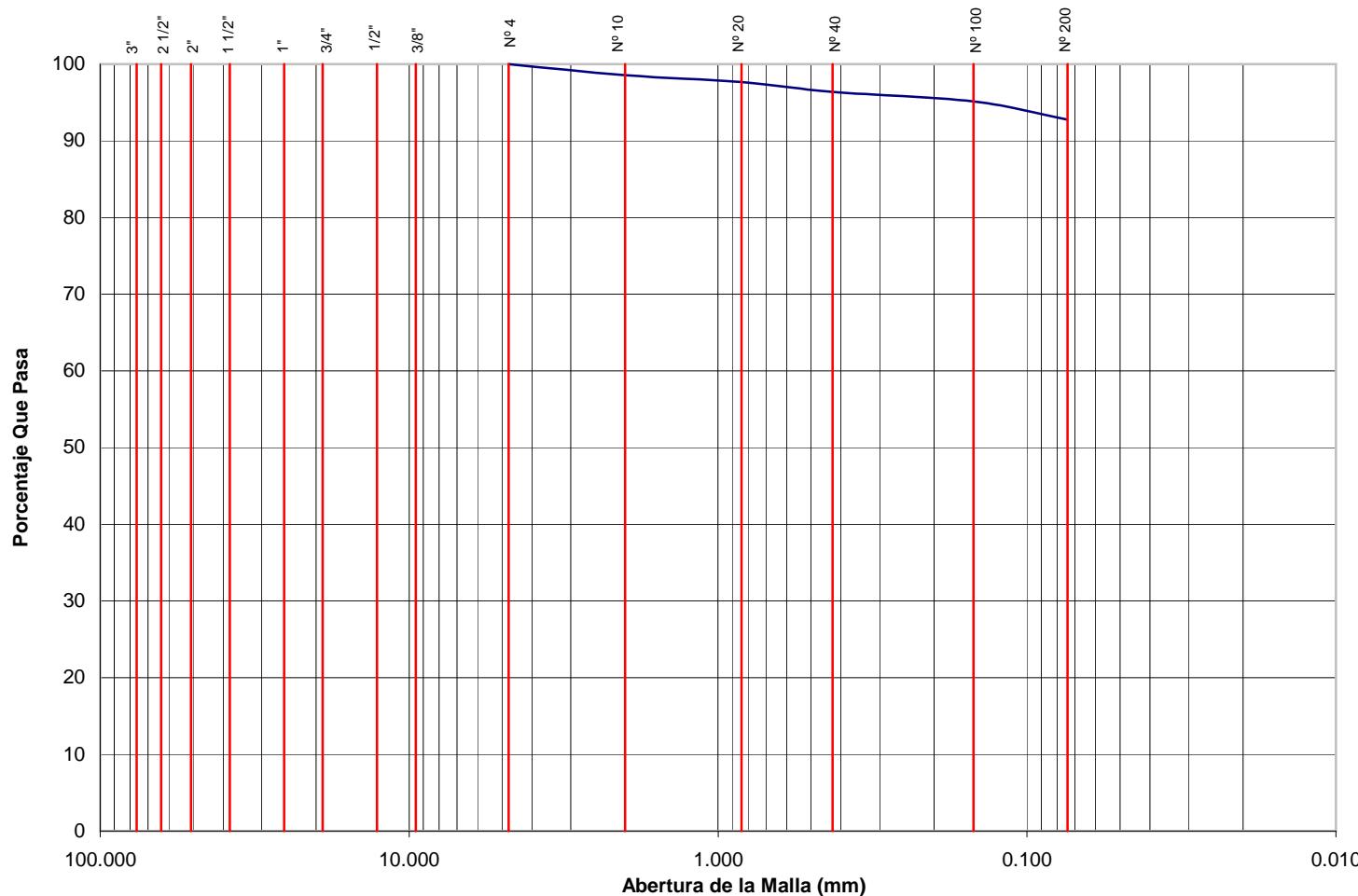
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-4

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 1.20 - 1.40 m

BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu = --

Cc= --

LL= 43

LP= 22

IP= 21

SUCS= CL

ANALISIS GRANULOMETRICO

LAMINA Nº M2387-15

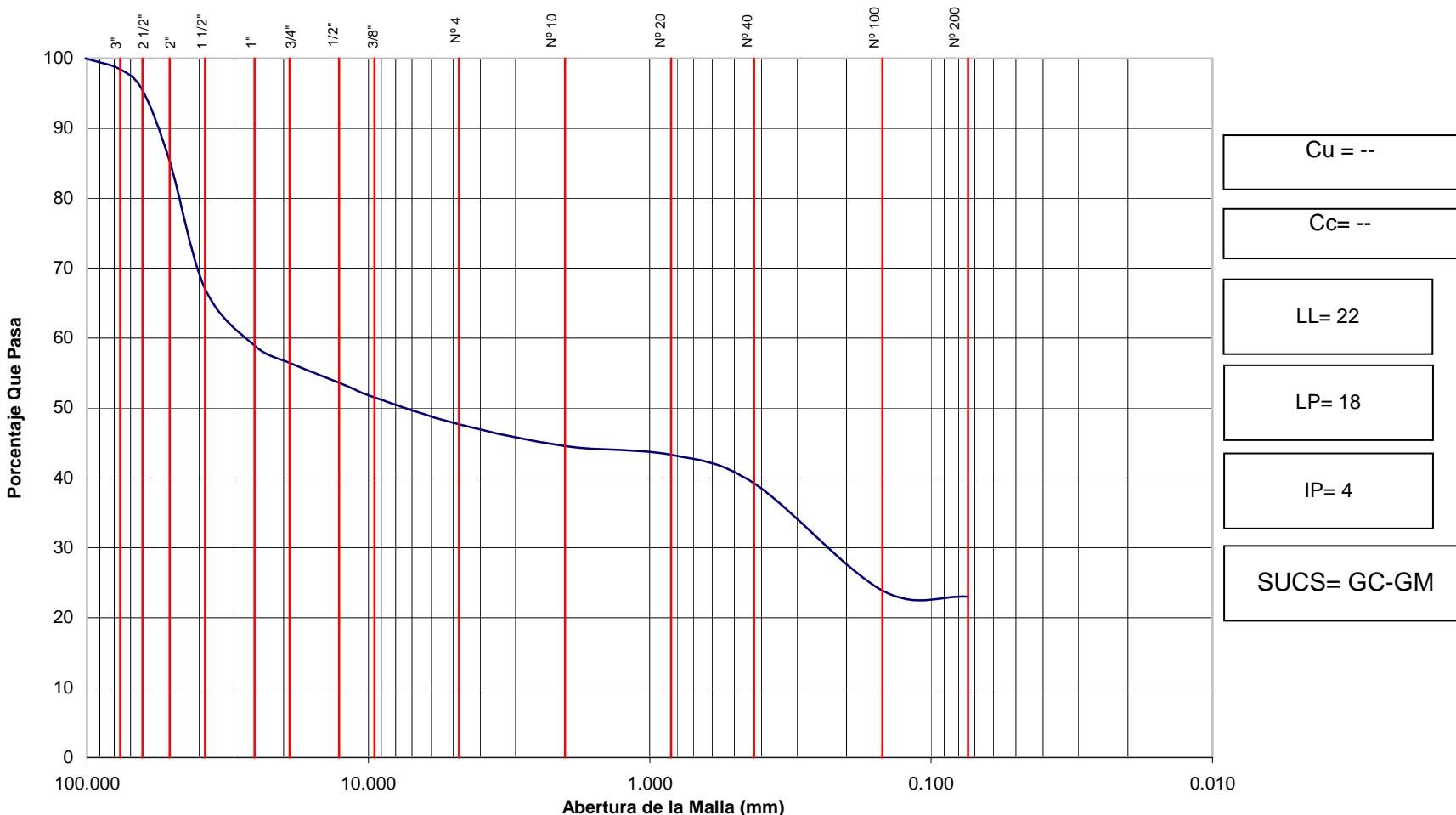
PROYECTO: INSERCIÓN URBANA

CALICATA: C-5

UBICACIÓN: BARRANCO - LIMA

PROFUNDIDAD: 0.25 - 0.40 m

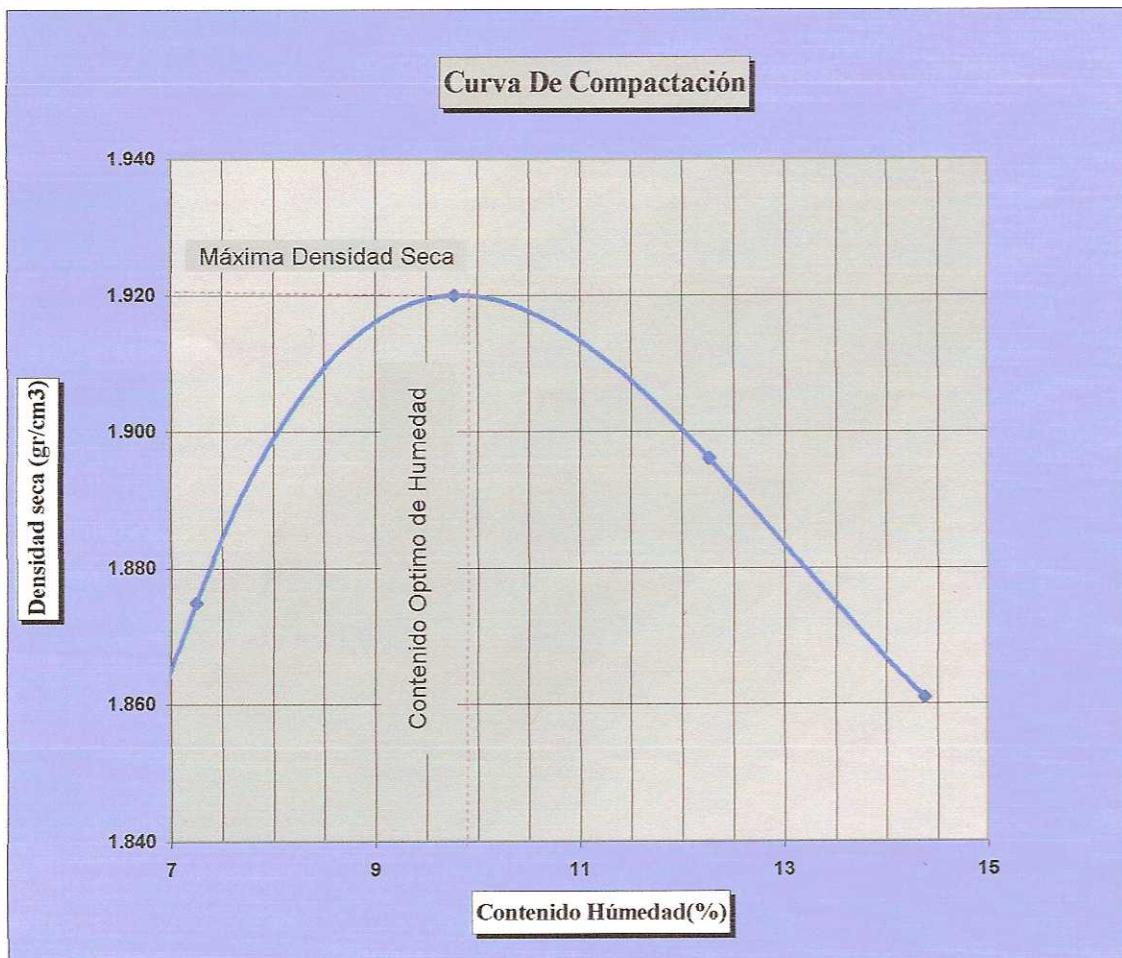
BOLONERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



PROCTOR MODIFICADO
AASHTO T-180 "D"

INSERCIÓN URBANA
BARRANCO

MUESTRA : C-1 (0.40 - 0.60 m.)



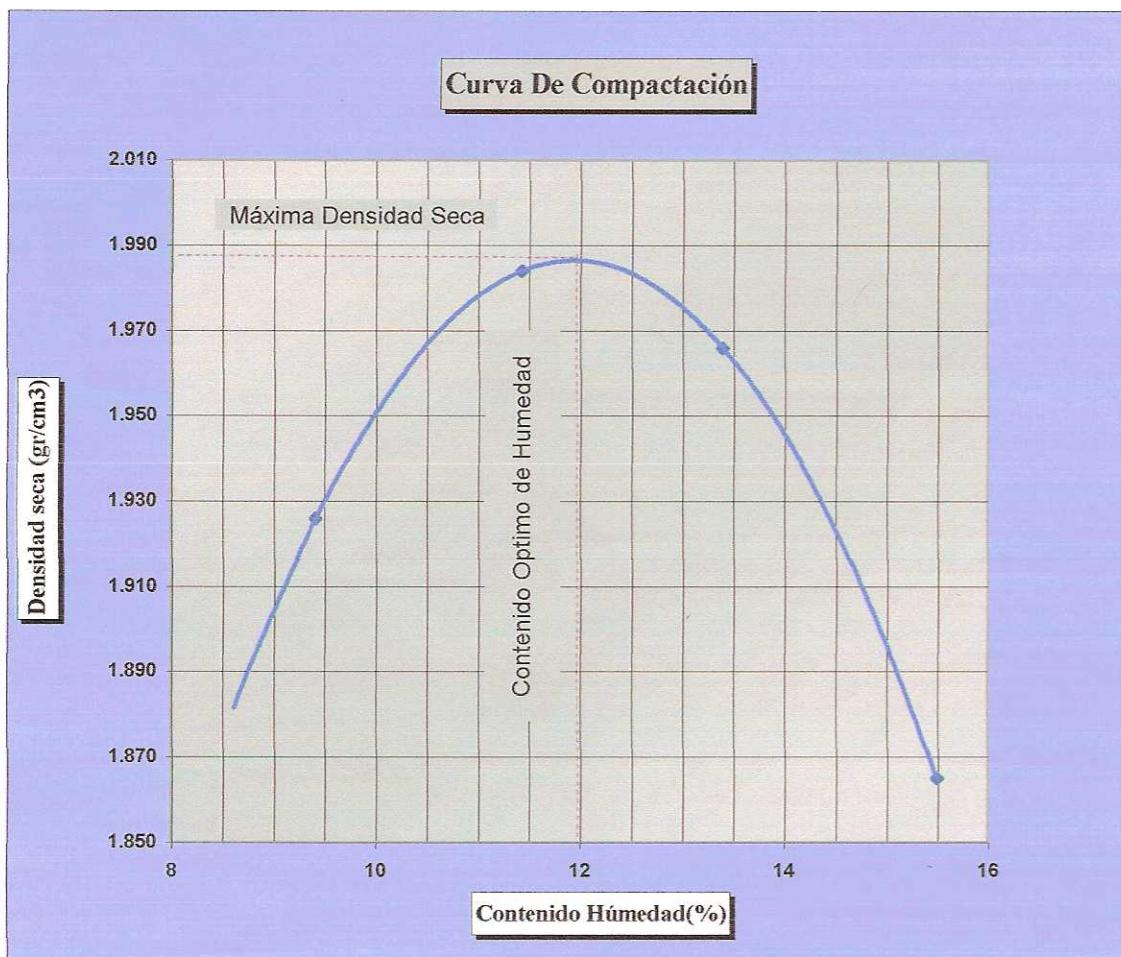
Máxima Densidad Seca (gr/cc) : 1.921
Contenido Óptimo de Humedad (%) : 9.8

Lámina N° M2387-16

**PROCTOR MODIFICADO
AASHTO T-180 "D"**

**INSERCIÓN URBANA
BARRANCO**

MUESTRA : C-2 (0.40-0.60 m.)



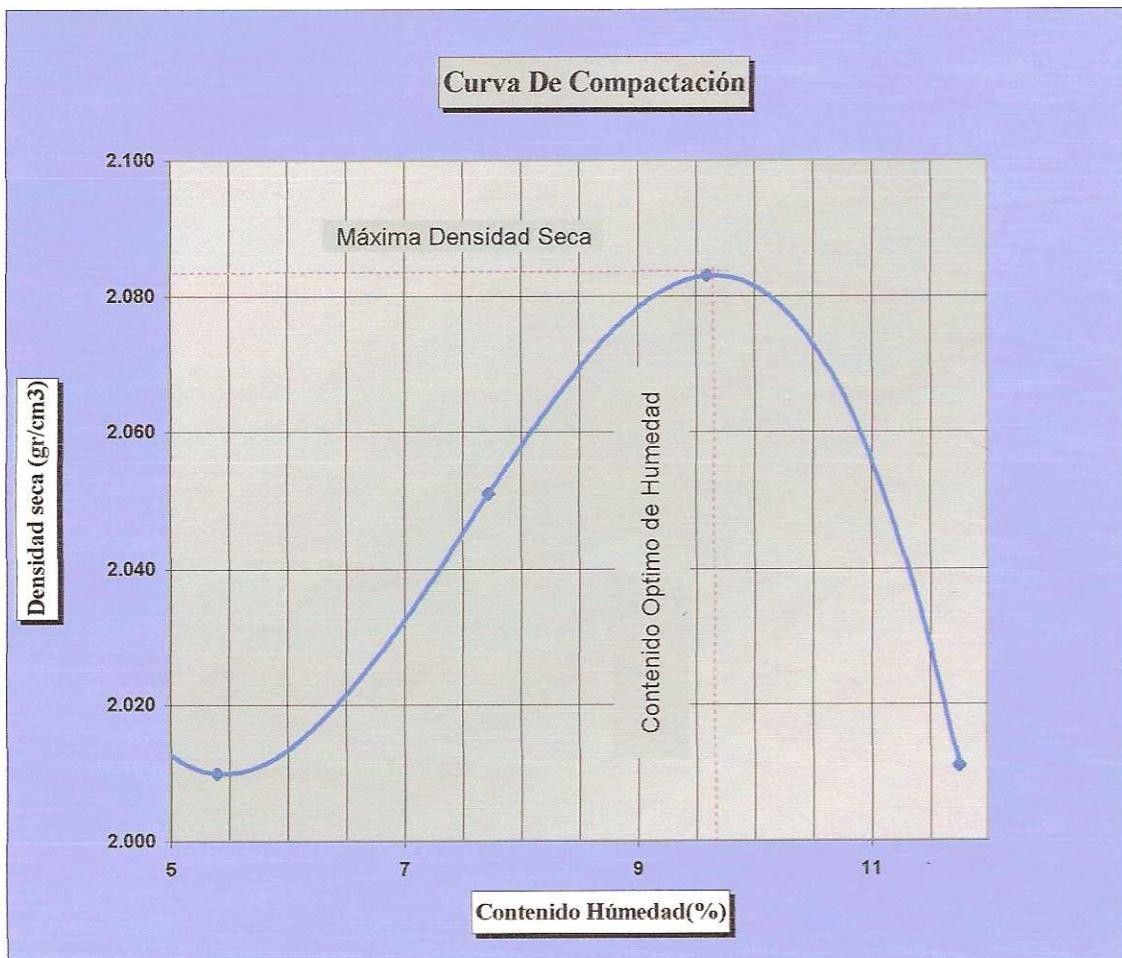
Máxima Densidad Seca (gr/cc) : 1.989
Contenido Óptimo de Humedad (%) : 11.9

Lámina N° M2387-17

PROCTOR MODIFICADO
AASHTO T-180 "D"

INSERCIÓN URBANA
BARRANCO

MUESTRA : C-3 (0.20 - 0.70 m.)



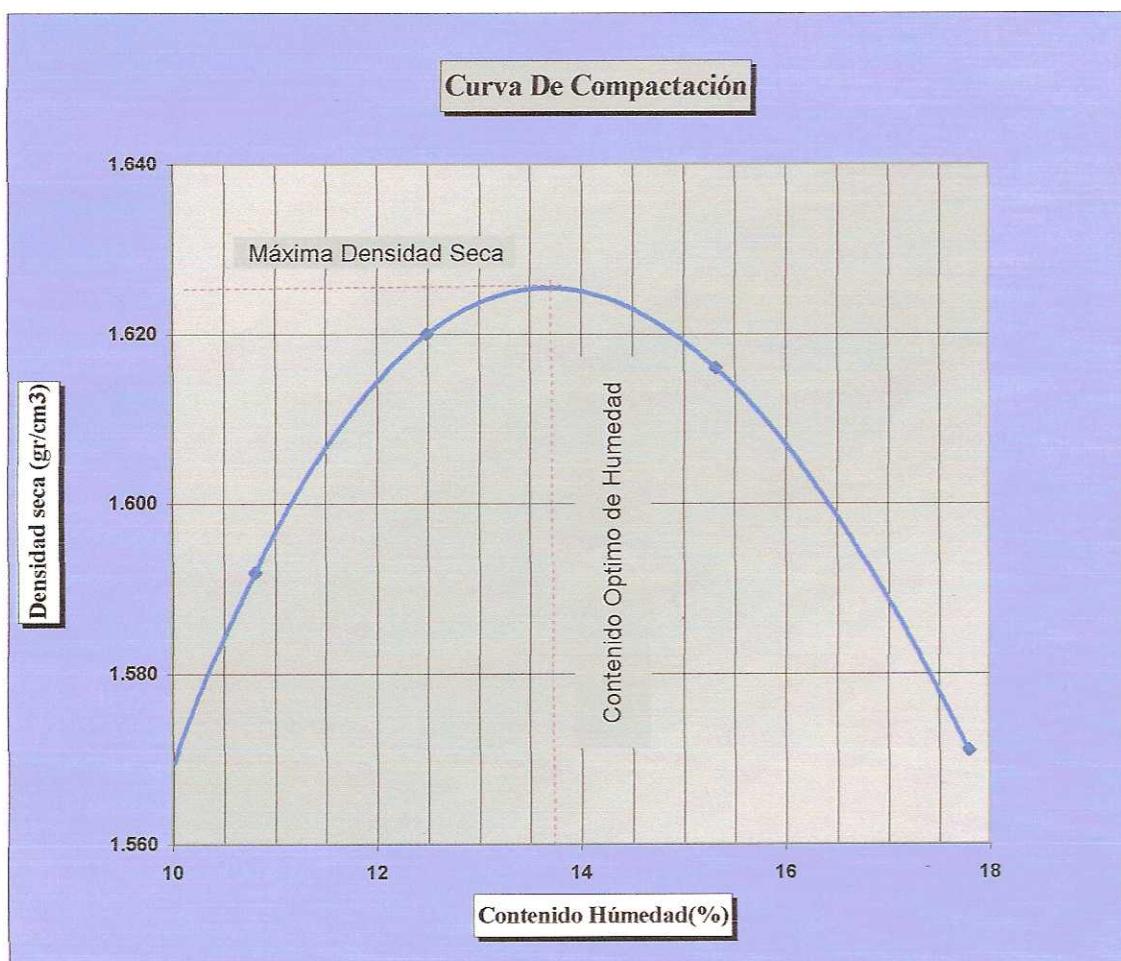
Máxima Densidad Seca (gr/cc) : 2.084
Contenido Óptimo de Humedad (%) : 9.7

Lámina N° M2387-18

**PROCTOR MODIFICADO
AASHTO T-180 "D"**

**INSERCIÓN URBANA
BARRANCO**

MUESTRA : C-4 (0.25 - 0.60 m.)



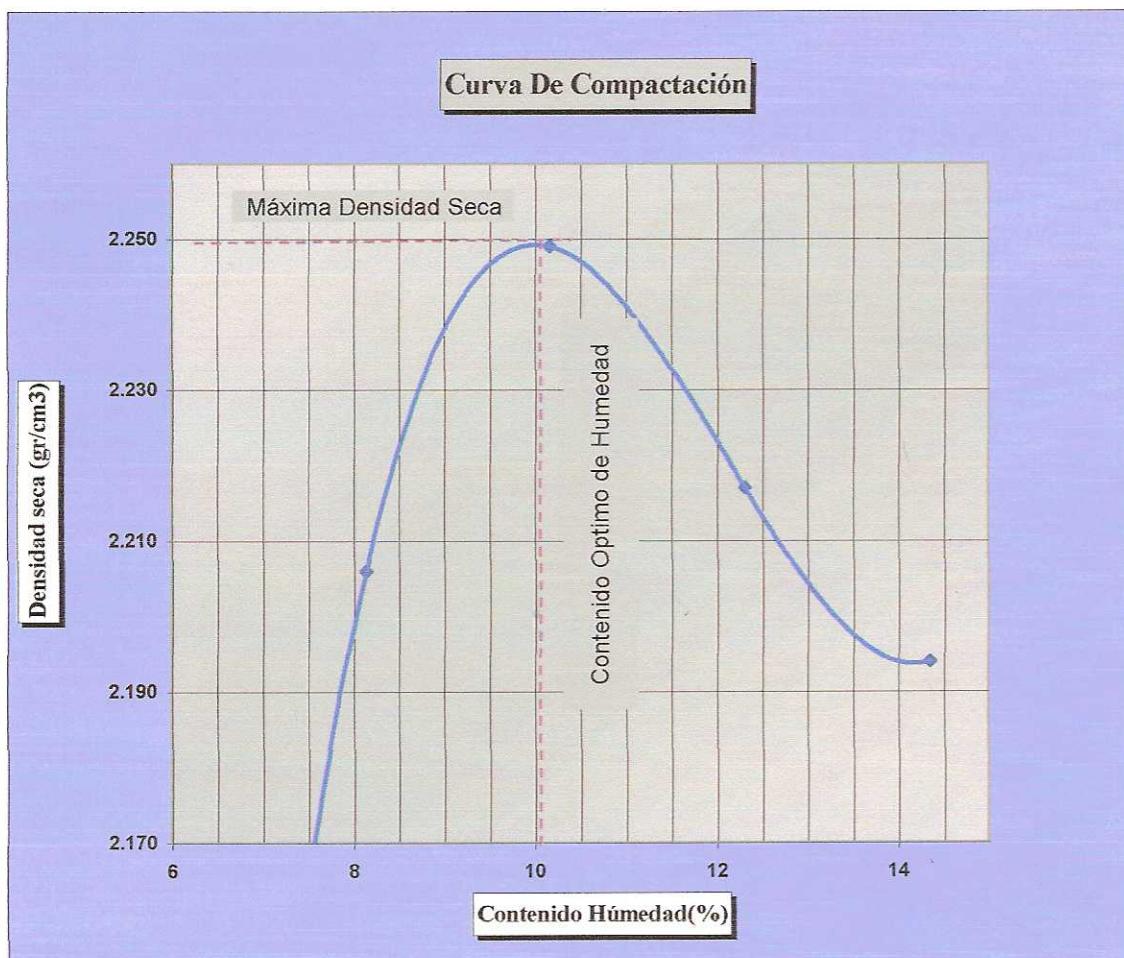
Máxima Densidad Seca (gr/cc) : 1.627
Contenido Óptimo de Humedad (%) : 13.6

Lámina N° M2387-19

**PROCTOR MODIFICADO
AASHTO T-180 "D"**

**INSERCIÓN URBANA
BARRANCO**

MUESTRA : C-5 (0.20 - 0.40 m.)

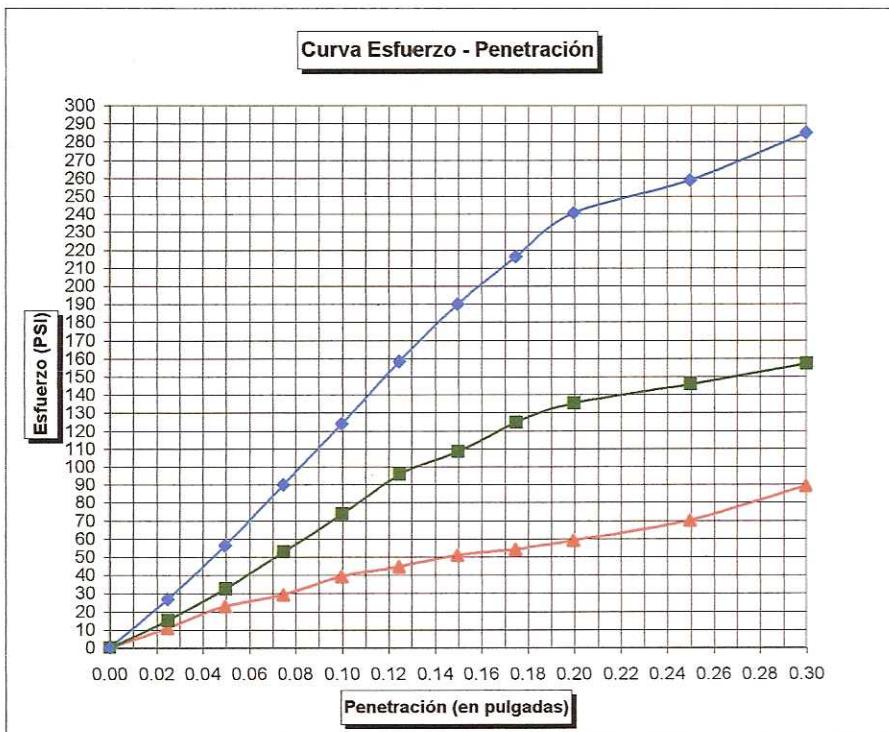


Máxima Densidad Seca (gr/cc) : 2.25
Contenido Optimo de Humedad (%) : 10

Lámina Nº M2387-20

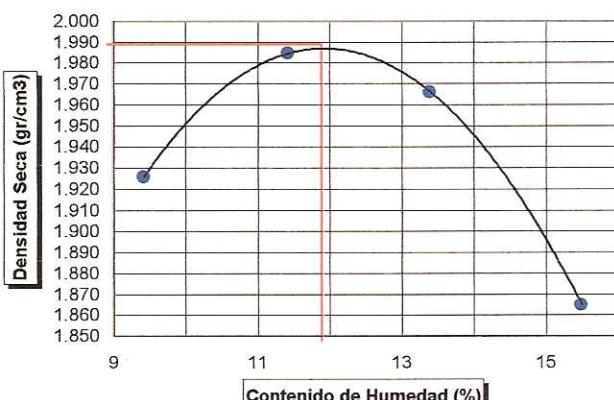
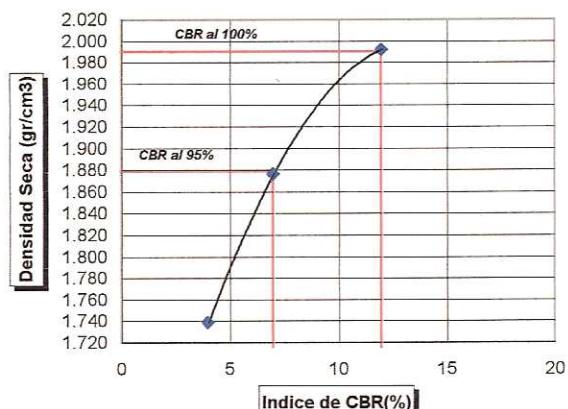
ENSAYO DE CBR ASTM D - 1883

PROYECTO: INSERCIÓN URBANA
UBICACIÓN: BARRANCO
SONDAJE: C-2
PROFUNDIDAD: 0.40 - 0.80 m



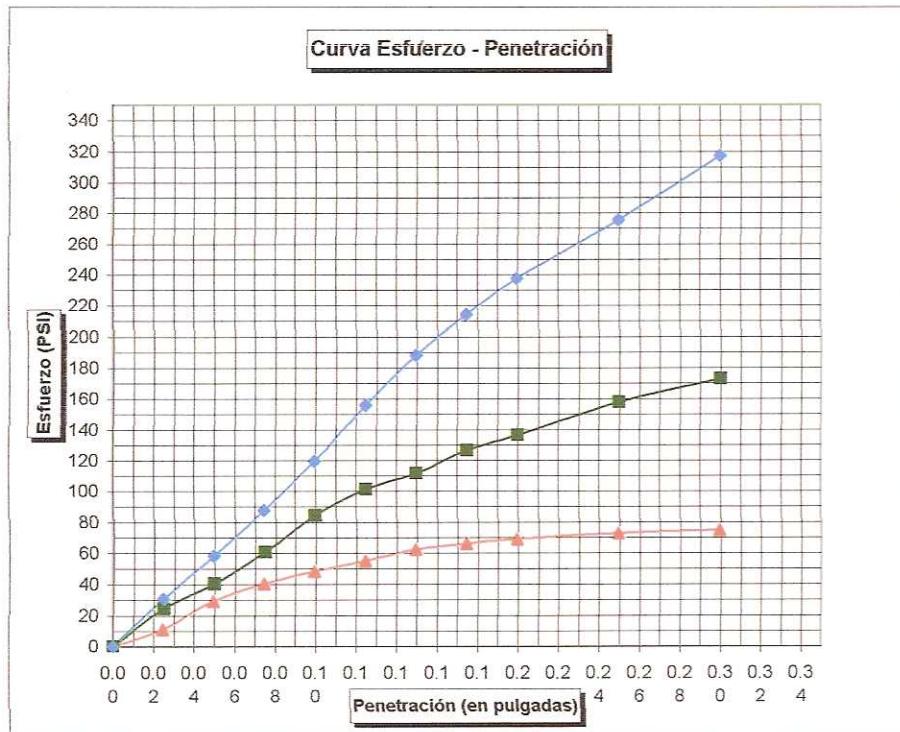
MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.99
HUMEDAD OPTIMA:	11.9%
CBR al 95% de la MDS(0.1" de penetración):	7
CBR al 100% de la MDS(0.1" de penetración):	12

	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD SECA	1.99	1.88	1.74
CBR	12	7	4
GOLPES	56	25	12
% DE EXPANSION	0.89	2.08	2.62

Curva Densidad - Humedad

Curva Densidad - % CBR


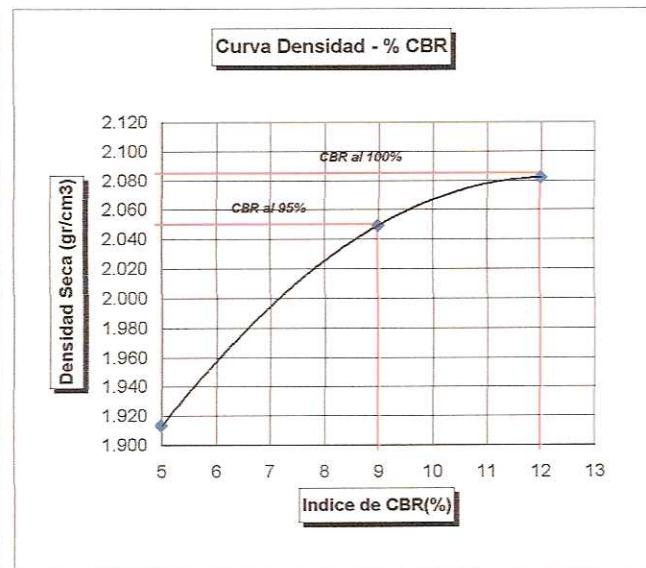
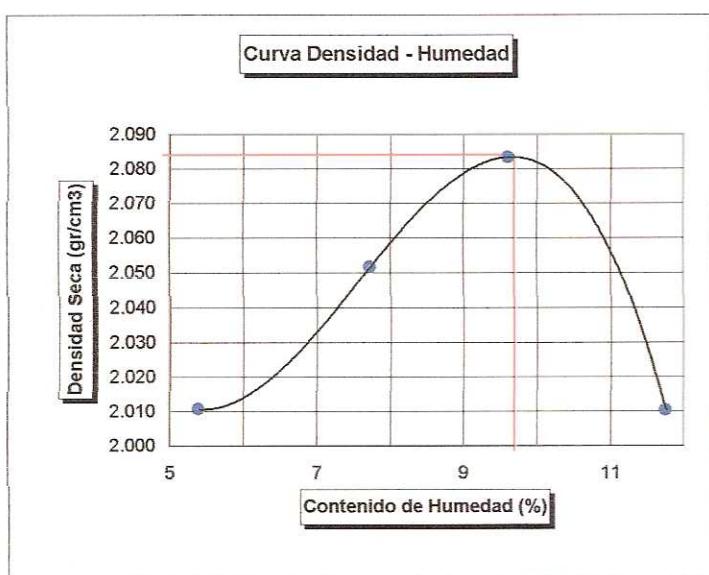
ENSAYO DE CBR ASTM D - 1883

PROYECTO: INSERCIÓN URBANA
UBICACIÓN: BARRANCO
SONDAJE: C -3
PROFUNDIDAD: 0.20 - 0.70 m



MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.08
HUMEDAD OPTIMA:	9.7%
CBR al 95% de la MDS(0.1" de penetración):	9
CBR al 100% de la MDS(0.1" de penetración):	12

	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD SECA	2.08	2.05	1.91
CBR	12	9	5
GOLPES	56	25	12
% DE EXPANSIÓN	0.39	0.51	0.81





C U A D R O S



CUADRO Nº M2387-1

PROYECTO DE REMODELACIÓN Y AMPLIACIÓN COSAC 1 MUNICIPALIDAD DE BARRANCO INSERCIÓN URBANA BARRANCO - LIMA

ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO

PRUEBA		Material	Densidad Natural γ_d (gr/cm ³)	Humedad Natural ω (%)	Densidad Seca γ (gr/cm ³)	Máxima Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	Humedad Óptima ω (%)	Porcentaje de Compactación
Calicata	Profundidad (m)							
C-1	0.40	Subrasante	1.85	6.2	1.74	1.92	9.8	91
C-2	0.40	Subrasante	1.96	6.3	1.85	1.99	11.9	93
C-3	0.20	Subrasante	2.11	6.8	1.98	2.08	9.7	95
C-4	0.25	Subrasante	1.68	7.5	1.56	1.63	13.6	96
C-5	0.25	Subrasante	2.31	6.9	2.16	2.25	10.0	96
C-5	0.40	Subrasante	1.97	7.3	1.56	1.63	13.6	96

Nota

Capas de base o sub-base bajo el pavimento en las calicatas C-2, C-3, C-4 y C-5



CUADRO N°M2387-2

INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC 1 - BARRANCO, LIMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, LIMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN UNIFICADA

MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO													LIMITES DE ATTERBERG			SUCS			
Calicata	Profundidad (m)	% QUE PASA LA MALLA N°													L.L	L.P	I.P				
		4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº100	Nº200	%	%	%		
C-1	0.40-0.60							100	90	85	84	84	84	81	70	63	24	16	8	CL	
C-1	1.30-1.50									100	99	99	99	98	97		46	24	22	CL	
C-2	0.40-0.80									100	89	88	87	83	64	55		18	14	4	CL-ML
C-2	1.30-1.50									100	99	91	88	87	87	49	30	--	NP	NP	SM
C-3	0.20 - 0.70	100	99	97	95	90	87	83	79	74	70	68	62	48	39		20	15	5	SC-SM	
C-3	0.70-0.90							100	98	98	96	94	93	91	78	65		25	17	8	CL
C-4	0.70-0.90									100	98	98	97	84	56		19	18	1	ML	
C-4	1.20-1.40									100	99	98	96	95	93		43	22	21	CL	
C-5	0.25-0.40	100	98	95	85	67	59	56	54	52	48	45	43	39	29	23	22	18	4	GC-GM	



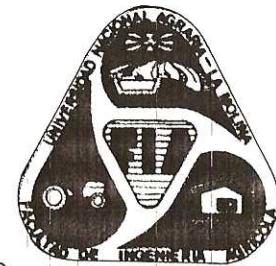
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA, SUELO Y MEDIO AMBIENTE

Av. La Universidad s/n Telefax: 349-5647 Y 349-5669 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 000214

CUADRO Nº M2387-3

ANALISIS DE SUELO SALES

SOLICITANTE : M y M CONSULTORES S.R.L.
PROYECTO : Inserción Urbana
PROCEDENCIA : Barranco - Lima
FECHA : La Molina, 03 de Febrero del 2006

Nº Lab.	Nº Campo	S.S.T. (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
0214	C - 3 Prof. 0.70 - 0.90 m. (MAB)	508.00	150.24

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELOS

ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO DRAT





FOTOGRAFIAS

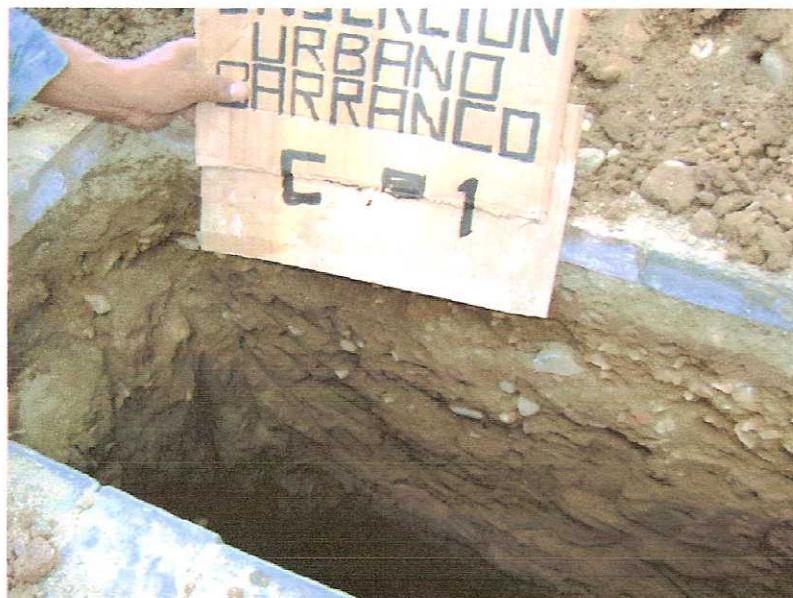


INserción urbana entorno COSAC 1, BARRANCO - LIMA



VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO. SE APRECIA LA PLAZA DE ARMAS DE BARRANCO.

INserción URBANA ENTORNO COSAC 1, BARRANCO - LIMA



CALICATA C-1.



CALICATA C-1

SE OBSERVA AL TÉCNICO EFECTUANDO LOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL MATERIAL EXISTENTE A NIVEL DE BASE O SUB-BASE.



INSERCIÓN URBANA ENTORNO COSAC 1, BARRANCO - LIMA



CALICATA C-2

INserción URBANA ENTORNO COSAC 1, BARRANCO - LIMA

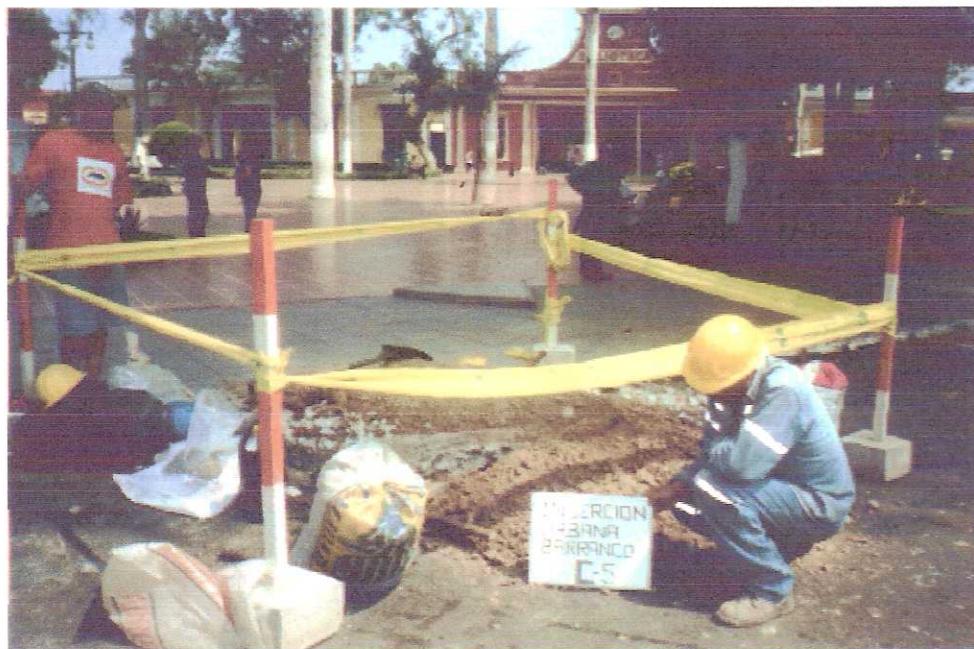


CALICATA C-3. SE APRECIAN LOS SUELOS FINOS ARENOSOS, ARCILLOSOS Y LIMOSOS QUE CONFORMAN EL PERFIL DEL SUELO. SE APRECIA LA PLANCHA UTILIZADA PARA EL ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO.

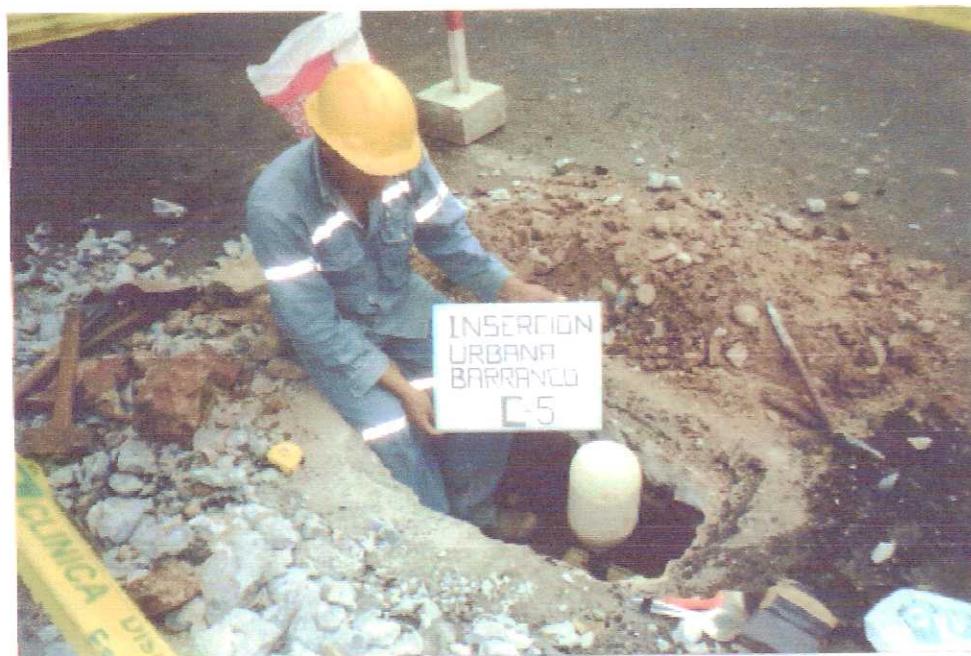


UBICACIÓN DE LA CALICATA C-4.

INserción URBANA ENTORNO COSAC 1, BARRANCO - LIMA



UBICACIÓN DE LA CALICATA C-5. SE APRECIA NOS SUELOS EXTRAÍDOS DE LA EXCAVACIÓN Y LAS MUESTRAS OBTENIDAS.



ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO EN LA CAPA DE RELLENO EXISTENTE BAJO EL PAVIMENTO EN LA CALICATA C-5.