

# Estabilidad de las obras civiles en la corona del Malecón Costanera, Distrito San Miguel - Lima

## Stability of civil works in the crown of Costanera Malecón, San Miguel District - Lima

Tomás E. Gallarday Bocanegra

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

### RESUMEN

En este estudio se indica LAS CAUSAS QUE DETERMINARON EL DETERIORO PREMATURO DE LA OBRA CIVIL, ubicado sobre la corona del Malecón La Costanera tramo Av. Universitaria Av Rafael Escardo San Miguel LIMA, confirma la obra no cumplió su periodo de utilidad garantizado por El consorcio Constructor, parte de ella se hizo sobre un relleno no controlado, verificado con calicatas, cartografiado geológico y la erosión originada por la dinámica marina, suma los cálculos hechos al utilizar los resultados numéricos de las pruebas y análisis efectuados en la UNI. Aplicación de la formula de Terzaghi y el método de Monobe Okabe. Soporte de las recomendaciones dadas en la matriz de responsabilidades.

La obra en 80% fue construida en una superficie conseguida sobre relleno no controlado (botadero, formado por residuos sólidos de obras civiles efectuadas en la megalópolis Lima), la diferencia está sobre una superficie de un suelo natural, formado por limos, arenas, gravas, cantos rodados y turbas de secuencia irregular dada por capa sobre capa con poco material cementante (arcillas), proceso ocurrido en centenas de años, tiene buen empaque. Resistencia portante  $>3 \text{ kg/cm}^2$ .

Las capas de suelo en abanico es resultado de diferentes etapas acumulativas dado en el botadero precedente de la expansión, modernización y crecimiento vertical urbano de Lima. Década 1980 - 203 (boon constructivo). Este suelo tiene bajo empaque, capacidad portante  $q_a = 1.7 \text{ kgs/cm}^2$ . [Terzaghi]. Indicador que subirá si se dosifica con suelo arcilloso, afirmado, tierra de cultivo, o se inyecta lechada de óxido de cal o cemento, que dará óptimo comportamiento a la compresión (rodillo), estabilizará así el relleno no controlado, el material cementante será en una proporción de  $2/10\text{m}^3$ , proceso que formará una carpeta de suelo con material de préstamo, que será de 2m de espesor en los cinco sectores fallados [plano de fallas], el empleo de agua en exceso en la corona del talud del malecón acelera las fallas circulares locales.

De instalarse sobre la pendiente estable compuesta o escalonada  $62\% = 28^\circ$ , vegetación tipo xerófila, crossula sp, cactáceas, gramíneas variedad ray grass poaceae, schinus molle, arbustos y árboles, las obras civiles cumplirán su periodo útil. Se indica que el borde de la playa en este sector requiere protección construyendo dos espigones o collarín perimétrico a base de rocas andesitas silicificadas.

**Palabras clave:** Estabilidad de taludes; Estabilidad de terrazas o tablazos marinos; Estudio de suelos de terrazas o tablazos marinos; Capacidad portante de suelos en tablazos.

### ABSTRACT

This study indicates the causes that determined the prematural deterioration of the civil work, located on the waterfront of the Malecón La Costanera section Av. Universidad Av. Rafael Escardo San Miguel LIMA, confirms the work did not meet its useful period guaranteed by the Constructor consortium, part of it was made on an uncontrolled landfill, verified with pits, geological mapping and the erosion caused by the marine dynamics, add the calculations made by using the numerical results of the tests and analyzes carried out in the UNI. Application of the Terzaghi formula and the Monobe Okabe method. Support of the recommendations given in the responsibilities matrix.

The work in 80% was built on a surface obtained on uncontrolled landfill (dump, formed by solid waste from civil works made in the Lima megalopolis), the difference is on a surface of a natural soil, formed by silts, sands, gravels, pebbles and peat of irregular sequence given by layer on layer with

little cementing material (clays), process occurred in hundreds of years, has good packaging. Load resistance  $> 3 \text{ kg / cm}^2$ .

The layers of soil in fan is the result of different cumulative stages given in the dump from the expansion, modernization and urban vertical growth of Lima. Decade 1980 - 203 (constructive boom). This soil has low packing, carrying capacity  $q_a = 1.7 \text{ kgs / cm}^2$ . [Terzaghi] Indicator that will rise if it is dosed with clayey soil, affirmed, cultivation soil, or grout oxide of cement or lime is injected, which will give optimum compression behavior (roller), thus stabilize the uncontrolled filling, the cementing material will be in a ratio of  $2 / 10\text{m}^3$ , process that will form a floor folder with loan material, which will be 2m thick in the five failed sectors [fault plane], the use of excess water in the crown of the embankment slope accelerates the local circular faults.

To be installed on the stable or stepped stable slope  $62\% = 28^\circ$ , xerophilous vegetation, crossula sp, cacti, grasses variety ray grass poaceae, schinus molle, shrubs and trees, the civil works will fulfill their useful period. It is indicated that the edge of the beach in this sector requires protection by constructing two groynes or perimetric collar based on silicified andesite rocks.

**Keywords:** Stability of slopes; Stability of terraces or marine tagging; Study of terraces or marine beds; Carrying capacity of parqueted floors.

## SITUACION PROBLEMÁTICA

Verificado insitu la obra civil realizada sobre la corona y talud a 45msnm. "Malecón Av. La Costanera, tramo Av. Universitaria - Av. Rafael Escardo, San Miguel - Lima" se observa su deteriorada en 50% del todo, por fracturas, grietas y fallas geológicas circulares locales en los sectores indicado por las progresivas 00 + 480, 480 + 600 y 600 + 700m [plano de fallas], este deterioro inutilizó parcialmente las veredas, sardineles, ciclo vías, estructuras de madera y áreas verdes, no cumple su función recreacional.

## JUSTIFICACION DE ESTA INVESTIGACION

Esta investigación se justifica pues identifica y propone mitigar las causas que originaron el rápido deterioro de la obra civil (14 meses), el daño fue originado por licuación de las partículas de material cementante compuesto por limos y arcillas finas de origen fluvial, que integra el suelo o relleno no controlado, proceso que ha generado un ambiente riesgoso para la población (niños, adultos y ancianos, como a la población flotante) que se moviliza del y hacia el distrito de San Miguel. La obra buscó explotar el potencial paisajístico para atraer y generar condiciones a la inversión en infraestructura de hotelería de calidad, gastronomía y comercio, así como dar un impulso al sector vivienda.

## PROBLEMA GENERAL Y ESPECIFICOS

### General

¿Cuáles fueron las causas que originaron que los sectores de la corona del malecón en las progresivas 00 + 480, 480 + 600 y 600 + 700 metros, el suelo falló y afectó la obra civil Av. Costanera, segmento entre Av. Rafael Escardo – Av. Universitaria distrito San Miguel–Lima?

### Específicos

¿Fue adecuado el procedimiento ingeniero geológico usado, antes de obtener el perfil de equilibrio actual del acantilado marino?

¿Qué procedimiento de mitigación ingeniero geológica se debió aplicar antes de construir la obra civil, dado la presencia de fallas geológicas circulares que habían sido identificadas y clasificadas como críticas por el Consorcio Bellavista?

¿Cuál es la mitigación ingeniero geológico requerida para estos sectores críticos, si se quiere recuperar la actual obra civil y alargar físicamente su periodo de utilidad destinada a la recreación de las personas?

¿Es viable el mantenimiento de un enmascarado vegetal a base de ray grass americano, grama salada, campanilla, crassula sp., xerófilas y/o vegetación arbustiva para instalarse en la corona del malecón y sobre la superficie del talud de la actual obra de civil?

## OBJETIVOS DE ESTA INVESTIGACIÓN

### General

Evaluar las propiedades portantes del suelo del malecón La Costanera, ubicado debajo de la obra civil entre la progresiva 00 + 01 a 1113.48 metros, sumar a ella los horizontes de suelos y estructuras geológicas disturbadas y visibles en el acantilado marino sector Este.

### Específicos

Estudiar el expediente técnico (estudio de suelos) para determinar el nivel de cumplimiento de sus especificaciones técnicas que formaron parte del contrato.

Identificar las causas que originaron las fracturas, fisuras y grietas presentes en áreas verdes, veredas, ciclo vías y pavimentos de la actual obra civil.

Verificar si la estabilidad actual del talud en el malecón tiene perfil de equilibrio estable.

Calcular si las cargas estáticas actuantes dada por la presente obra civil, sobre la corona y talud (durante y post construcción) fueron correctas, para así opinar si la subsanación propuesta será la adecuada para las futuras cargas estáticas.

### Marco Teorico

Para calcular la resistencia del suelo ubicado debajo de la obra civil en el malecón San Miguel, se usó la formula polinómica de Terzaghi  $q_c = CN_c + D_c N_q + \gamma BN_\gamma$  donde  $N_c = N_c + N_q + N_\gamma = \phi$ . Y el Teorema de Mononobe – Okabe más el Deflectómetro de Impacto Portátil Prima 100 – FWD [14].

El ángulo de fricción interna propiedad de los suelos granulares, es igual al ángulo de reposo o máximo ángulo de pendiente del suelo, acumulado sobre una superficie plana. El suelo es material sin cohesión, sus partículas son pequeñas con relación al todo. Su ángulo de reposo sirve para estudios de mecánica de suelos, se determina su capacidad portante y la consistencia o resistencia al deslizamiento del suelo heterogéneo.

Acta de entrega del terreno 14/04/2010 al Consorcio Bellavista.

Licitación Pública Local LPL N° 003-2010-OEI-MDSM.

Informe técnico del Consorcio Bellavista Capítulo II, 2.2 sobre el suelo de Lima, dice es heterogéneo errático y discontinuo, formado por arcillas, limos y arenas dentro de cantos rodados o grava conglomerádica pobremente permeable ( $K=10^3\text{m/seg}$ ), resistencia buena  $4\text{kg/cm}^2$  y regular de 1 a  $2\text{kg/cm}^2$ . Con rodados a veces han cementado con  $\text{CO}_3\text{Ca}$  vistos en los acantilados de riesgo sísmico VII [Silgado 1978]

Informe del Consorcio Bellavista Capítulo VIII Análisis de Cimentación, aplicando la fórmula de [Terzaghi y Peck 1967] para cimiento corrido da un factor de seguridad de  $F_s=3$ , la capacidad última de carga =  $q_{ult}$  es  $5.80\text{kg/cm}^2$  y la capacidad admisible ( $q_{adm}$ ) es  $1.93\text{kg/cm}^2$  valores bajos como lo confirma el mismo informe en la página 282

Informe en las recomendaciones Pag. 294, 11.11 dice del análisis de la estabilidad de taludes obtuvo que, el talud existente, H:V = 1.8:1 se encuentra estable, según evaluaciones de las secciones topográficas ubicadas en el Prog. 00+700, Prog. 00+600 y Prog 00+480, además el pie de talud ubicado mínimo a 10.00cm del borde de la vía.

El Ejecutor Consorcio Malecón Costanera informe Pag. 239 reporta los espesores de las capas estructurales del pavimento flexible; concreto asfáltico 5cm, base 15cm, sub base 15cm espesor total 35cm. Recomienda el diseño de un sistema de riego por goteo o similar, en el área de jardines a fin de evitar la pérdida de capacidad de soporte del relleno heterogéneo y contaminado.

Bases Integradas, adjudicación Directa Pública N° 0001-2012-pgrlm/ce Primera Convocatoria, Supervisión de la Obra: "Construcción de Malecón Costanera, Tramo Av. Universitaria – Av. Rafael Escardo, distrito de San Miguel – Lima - Lima", en su contenido no reporta estudio de suelos.

### Marco Filosófico

Esta investigación se enmarca dentro las corrientes filosóficas Positivismo pues considera que las conclusiones o afirmaciones han sido realizadas utilizando el método científico [Saint-Simón], Pragmatismo en el informe se utilizó los cinco sentidos, sumó el razonamiento, también se enfoca dentro el mundo real objetivo [Charles Sanders Peirce], también es una proposición científica demostrada y sujeta a la crítica, es decir, susceptible de que en algún momento se puedan plantear nuevos ensayos o pruebas para reafirmar o sumar conocimiento a los fenómenos físicos presentes, se estudió y observó las leyes y principios de la naturaleza utilizando las pruebas y los ensayos experimentales con los que disponemos [Karl Popper]

### Marco Legal

Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Artículo 10°.- Expediente de Contratación.

El Expediente de Contratación se inicia con el requerimiento del área usuaria.

Tratándose de obras, deberá adjuntarse el Expediente Técnico respectivo.

Artículo 35°.- Aprobación. Las Bases de los procesos de selección serán aprobadas por el Titular de la Entidad.

Artículo 142°.- Contenido del Contrato

Artículo 153°.- Responsabilidad de la Entidad

### Marco Conceptual o Glosario [1,6]

AASHTO y ASTM

Arcilla son partículas que forman un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de las rocas que contienen feldespatos.

Arenisca conglomerado es una roca sedimentaria, que dentro de su matriz o cemento de partículas de silicio existen clastos o rodados redondeados de rocas más antiguas.

Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Cuyo comportamiento varía a lo largo

Calicata son excavaciones del terreno de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora. En una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un suelo [1].

Consolidado son detritus o materiales morrénicos que se han apelmazado por la presencia de agua y la acción de la gravedad.

Corteza terrestre es la capa exterior de la tierra o Sial. Sobre ella suceden todos los eventos geodinámicos y geoquímicos.

Estabilidad es el equilibrio estable de la masa de suelo del malecón contra el inicio de las fallas circulares o rotacionales, permiten que el malecón este estable el mayor tiempo posible sin disturbarse.

Estrato sedimentos litificados, de espesor más o menos uniforme, suele ser extendido horizontalmente y separada de otras por capas paralelas, "aunque inicialmente se disponen de forma horizontal, los plegamientos y fracturas del terreno pueden variar la disposición de los estratos" está formado por capas o serie de capas de igual composición química como estrato de lutitas.

Existe procedencia de suelos formados por desmontes de otros lugares aledaños o lejanos a la actual obra civil.

Parámetros es el dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar un determinado fenómeno. A partir de un parámetro, un suceso puede comprenderse o ubicarse en perspectiva. Por

dar algunos ejemplos concretos: “Si nos basamos en los parámetros habituales, resultará imposible comprender esta situación”.

Piroxeno compuesto ferro magnesiano, son silicatos magnesianos, a veces cálcicos y a lumínicos.

Piroxenos son sustancias que generalmente grada a biotita o mica negra, es un elemento esencial de las rocas ígneas o cristalofílicas.

Sedimentación es el proceso mecánico mediante el cual cada partícula o sedimento se deposita por la acción de la gravedad o por su propio peso.

Talud es cualquier superficie inclinada del terreno con relación a la horizontal, adopta esta posición los suelos, cuando se da un talud a una escarpa debe ser similar al originado naturalmente conocidos como laderas.

Método de Mononobe Okabe estudia los empujes, dinámicos, de base y de pie de parapetos realizados para contener los deslizamientos en formaciones sedimentarias cuaternarias (suelos) [9].

Terzaghi  $q_c = CN_c + D_c N_q + \gamma BN_r$ , donde  $N_c = N_q + N_r$  y  $N_r = \phi$  que es el ángulo de cohesión interna dado por la fricción y el peso volumétrico sobre los planos de unión de las partículas del suelo arcillo y limoso estudiado [14].

## HIPOTESIS Y VARIABLES

### General

La base de la corona del malecón La Costanera por geodinámica y movimientos sísmicos estará deslizándose, al encontrarse sobre suelo fluvial y de relleno no controlado de granulometría heterogénea sobre él se hizo la obra civil, progresiva 00 + 1113.84 metros

### Específica

La pérdida del perfil de equilibrio natural en el talud del malecón La Costanera, será originado por la variación de pendiente que rompió su reposo estable, suma el relleno no controlado, la humedad y la ocurrencia de sismos, que favorecería su licuación, por el agua usada en el regado.

### Identificación de Variables

#### Dependiente

La corona del malecón La Costanera disturbada por la geodinámica entre las progresiva 00 + 1113.84 metros.

#### Independientes

Percolación de aguas usadas en regado de áreas verdes, que sobresatura a las arcillas y limos fluviales, origina su licuación formando así el arco inicial de las fallas radiales.

La ocurrencia de sismos que origina trenes de ondas sísmicas, suma la acción antrópica y la dinámica eólica (viento), lloviznas, tráfico de vehículos y maquinarias pesadas.

## METODOLOGÍA

Investigación aplicada. Para demostrar nuestras hipótesis y cumplir los objetivos que nos trazamos y así poder elaborar nuestras conclusiones desarrollamos los siguientes trabajos:

Cartografiado geológico y toma de muestras en calicatas hechas en la corona del malecón La Costanera.

Revisamos los capítulos de geología y los estudios de suelos en los informes de los Consorcios Bellavista y Costanera, los cuales se especifican en el marco teórico de esta investigación, revisamos información del INDECI, IGP y del INGEMMET publicado sobre el sector del que trata este trabajo.

El cartografiado geológico fue local que identificó cinco sectores circulares disturbado por fracturas, fisuras, grietas, hundimientos que son el proceso inicial de las fallas geológicas en arco, con estación total se indicó los puntos que la limitan, se excavó dos calicatas prismáticas de 3m, largo x 1m, ancho y 3m, profundidad, complementando los trabajos de campo, con la perforación de dos taladros uno en asfalto flexible y otro en cemento rígido, sus centros de ubicación fueron identificadas con coordenadas UTM que se dan en el cuadro que sigue:

Calts.	Prog.	Dist. talud	C.UTM-N.	C.UTM-E	P. tal.%	msnm
Nº 1.	00 + 370	8m	8662865	272291	62	44
Nº 2.	00 + 587	8m	8662780	272489	62	44
Son. asf.	00+ 610	16m	8662783	272515	62	44
Son.c.rígido	00+ 600	20m	8662786	272505	62	44

Las dos calicatas fueron rectangulares prismáticas excavadas están identificadas C-1, coordenadas UTM 8662865, 272291 progresiva 00 + 370, C-2 coordenadas UTM 8662780, 272489 progresiva 00+ 587 de ellas extraímos tres muestras de suelos a los cuales se hicieron análisis y ensayos para determinar sus propiedades mecánicas y físico químicas, de su comportamiento frente a las cargas estáticas de la obra civil, ocurrencia de sismos y regado del enmascarado de grass americano y plantas instaladas, se tomó lecturas numéricas con GPS. Geomap 76CS. Se complementó con imágenes fotográficas.

En la primera calicata se identificó sus características litológicas, de los horizontes o estratos de suelos que se cortó, verificamos cuatro estratos bien definidos descritos de superficie a fondo es, primero suelo horizontal pardo amarillento espesor 0.17m, soporta el grass americano, segundo es horizontal formado por una emulsión o asfalto negro espesor 0.10m, tercero suelo horizontal espesor 1.20m, conglomerado de granulometría heterogénea formado por rodados fluviales de dimensiones de 0.01m a 0.30m, están ubicados dentro de una matriz arenosa fina a gruesa, saturado por percolación de regado del grass americano [3,4].

De este estrato se obtuvo la primera muestra de 30kgs de peso, para utilizarse en los análisis y pruebas que se hicieron en la Universidad Nacional de Ingeniería, Su resistencia es de 1.72kgs/cm<sup>2</sup> [Terzaghi].

El cuarto estrato verificado con la excavación está formado por desmonte o residuos sólidos procedente de obras civiles efectuadas en la megalópolis Lima, tiene granulometría compleja, incluye plásticos, trapos, cerámicos etc., consistencia fofo, matriz limo arenosa, está saturado por el agua usada en regado del grass superficial del malecón, no se observa arcillas pero si limos, su espesor no se pudo medir, se piensa que tiene 42m y llega hasta la superficie formada por las arenas marinas de la antigua playa, que ahora forma su base, sucedió antes que se produzca la regresión forzada del agua marina a consecuencia de acumulación de desmontes.

De este estrato de suelo fofo se obtuvo segunda muestra de 30kgs de peso usada en los análisis y pruebas que se realizaron en la Universidad Nacional de Ingeniería, su resistencia es de 1.72kgs/cm<sup>2</sup> [Terzaghi]

Tipo de material	C Kg/cm <sup>2</sup>	Ø (°)	γ Ton/m <sup>3</sup>	Ka	Kp	Ko
Suelo arenoso	0.31	29.2	1.7	0.05	0.07	0
gravoso heterog.						
Carpeta afirmada	0.31	29.2	2.4	0.05	0.08	0
Relleno antes	0.31	29.2	2.2	0.05	0.08	0
talud apiso.						

En la segunda calicata también se identificó las características litológicas similares a los estratos de suelos encontrados en la primera calicata, se verificó tres estratos de suelos bien definidos de superficie a fondo, primer estrato horizontal soporta el grass americano, pardo amarillento espesor 0.17m, segundo estrato horizontal formado por una emulsión o asfalto negro espesor 0.10m, es base del primero, tercer estrato está formado por desmonte o residuos sólidos procedente de obras civiles, granulometría compleja, incluye plásticos, trapos, cerámicos etc., consistencia fofo, matriz limo arenosa, humedad causada por el agua que se usó para regar el grass americano superficial, sin arcillas y limos, espesor 42m, llega hasta la superficie de arenas marinas de la antigua playa, antes que se produzca su regresión forzada a consecuencia de acumulación de desmontes [2,14].

De este estrato se obtuvo la tercera muestra de 30kgs de peso que se usó en los análisis y pruebas realizadas en la Universidad Nacional Ingeniería. Su resistencia es de 2.44kgs/cm<sup>2</sup> [Terzaghi].

Sumamos a este informe los datos sobre resistencia de suelos arcillosos limosos, y los cálculos de los Consorcios Bellavista y Consorcio Costanera, verificamos su comportamiento cuando estos suelos son sometidos a la compresión simple, dado por las cargas estáticas de la actual obra civil. También evaluamos y analizamos insitu los sectores que tienen, fracturas, grietas circulares visibles ubicadas en la superficie o corona del talud, dentro de la progresiva 00 + 00.01 a 00. 1113.48 tramo Av. AV. Rafael Escardó – Av. Universitaria, utilizamos la cartografía oficial del IGN y la hoja Geológica del INGEMMET, utilizadas por los mencionados CONSORCIOS, ello permitió hacer la topografía y sobre ella delimitar las grietas, fracturas y fallas geológicas circulares (arco), trazando secciones

transversales y una sección longitudinal, para inferir la profundización de la superficie inferior oculta que soporta al desmonte o relleno no controlado, y el estrato apelmazado de granulometría heterogénea, en cuya superficie esta la obra civil afectada por fracturas, grietas, y fallas ver cuadro que sigue [14]:

Para efectuar la obra civil el Consorcio Costanera, debió hacer cálculos para zapatas cuadradas y rectangulares corridas de las veredas que se observan en campo, ellas son las que originan mayor esfuerzo y forman las obras de arte. Para nuestros cálculos hemos considerado la influencia del factor de seguridad tomado del Reglamento General de Construcciones Norma E-050 suelos y cimentaciones, o factor de seguridad frente a una falla por corte para cargas estáticas igual a 3 [6].

Los cálculos aplican la ecuación de Terzaghi por la suma de tres componentes:

1. La cohesión y fricción de un material sin peso que no lleva sobrecarga  
C = cohesión  
 $q_c = cN_c$
2. La fricción de un suelo sin peso que soporta una sobrecarga q aplicada en la superficie  
γ = Peso volumétrico  
 $D_f$  = profundidad de la obra de arte 0.35m  
 $q_q = \gamma D_f N_q$
3. La fricción de un material con peso que no soporta sobrecargas  
 $q_v = \frac{1}{2} \gamma B N_v$   
B = ancho de la obra de arte 3.10m  
 $q_d = 1.2 cN_c + \gamma N_q Z + 0.4 \gamma B N_v$   
q<sub>d</sub> = capacidad de carga última o encontrada  
c = cohesión  
γ = peso específico o densidad volumétrica del suelo  
Z = profundidad de vereda rectangular  
 $N_c, N_q, N_v$  = coeficientes de carga en función del ángulo de fricción interna  
1.2 y 0.4 = factores por forma de la vereda rectangular (obtenidos por métodos numéricos)

Parámetro Dato.

Factor de seguridad (a dimensional) = 3

Parámetros obtenidos en campo

Profundidad de cimentación = 0.35 + 0.45 afirmado

Ancho de la vereda = 3.10m

Parámetros obtenidos experimentalmente, resultado del ensayo de corte directo dados por UNI.

Ángulo de fricción interna 27° [Inf. UNI. N°514 ASTM-380].

Cohesión Kg./cm<sup>2</sup> = 0.31

Parámetros de capacidad de carga (Prandtl 1921, Reissner 1924, y Hansen 1961):

Coefficiente  $N_q = 2.69$   
 Coeficiente  $N_c = 3.77$   
 Coeficiente  $N_\gamma = 2.86$

Capacidad de carga final o última para obra de arte cuadrada

$$Q_u = 5.14 \text{ Kg./cm}^2 \text{ [Inf. UNI. N}^\circ \text{ 514 ASTM D380].}$$

Capacidad de carga real admisible se divide entre 3.

$$q_d = 1.2 cN_c + \gamma N_q Z + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

Capacidad de carga final o última para una vereda rectangular de 0.35 x 3.10 m.

Reemplazando valores:

$$q_d = 1/2 \cdot 0.31(3.77) + 1.7(2.69)0.80 + 0.40 (1.70)(1)2.86 = 5.17$$

Capacidad de carga real admisible para una zapata de base rectangular de 3 x 1m como la propuesta.

1.72 kg./cm<sup>2</sup>. Esto demuestra la hipótesis general

$q_d = 1$ . Capacidad de carga final o última para una vereda rectangular de 0.35 x 3.10 m.

$$2 cN_c + \gamma N_q Z + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

$$8.34 \text{ kg./cm}^2 \text{ [inf. UNI. n}^\circ \text{ S14 -329 ASTM D 3080].}$$

Reemplazando valores en la formula tenemos:

$$q_d = 1/2 \cdot 0.31(3.77) + 1.7(2.69)0.80 + 0.40 (1.70)(1)2.86 = 5.17$$

Capacidad de carga real admisible para una vereda de base rectangular de 0.35 x 21m como la propuesta.

1.72 Kg./cm<sup>2</sup> [15].

Estructura	Profundidad	Presión admisible
Cimiento	Mínima	$Q_a \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
Corrido (Vereda)	cimentación Df (m)	
C-Nº 1-2.	0.8	1.72 Kg./cm <sup>2</sup>

Calculo de la resistencia de la muestra del suelo de la Calicata nº 2, para una vereda continua

$q_d$  = capacidad de carga última o encontrada

$c$  = cohesión

$\gamma$  = peso específico o densidad volumétrica del suelo

$Z$  = profundidad de cimentación (zapata)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = coeficientes de carga en función del ángulo de fricción interna

Parámetro dato

Factor de seguridad (adimensional Norma E-050) = 3  
**PARÁMETROS OBTENIDOS EN CAMPO**

Profundidad de cimentación = 0.35

Ancho de VEREDA 3.10M

Parámetros obtenidos experimentalmente, resultado del ensayo de corte directo dados por UNI.

Angulo de fricción interna 29.2º [Inf. UNI. Nº 514 ASTM D380]

Cohesión Kg./cm<sup>2</sup> = 0.31 obtenido de internet no puede ser cero.

Densidad volumétrica del suelo húmedo 1.70 gr/cm<sup>3</sup>

Coefficiente  $N_q = 2.69$

Coefficiente  $N_c = 3.77$

Coefficiente  $N_\gamma = 2.86$

**CAPACIDAD DE CARGA FINAL O ÚLTIMA PARA UNA VEREDA CORRIDA**

$$2.44 \text{ Kg./cm}^2 \text{ [Inf. UNI. N}^\circ \text{ 514 ASTM D380]}$$

$$q_d = \frac{1}{2} \cdot 0.31(2.69) + 1.7(1.77)0.20 + 0.40 (2.88)(0.40)3.10 = 2.44$$

**CAPACIDAD DE CARGA REAL ADMISIBLE PARA UNA VEREDA CONTINUA DE CIMIENTO CORRIDO COMO LA PROPUESTA.**

2.44 Kg./cm<sup>2</sup> Así se demuestra la hipótesis específica [14]

## RESULTADO

### Interpretación

En la Corona del Malecón Costanera es inestable como se ha verificado en las dos calicatas y en las dos pruebas de sondaje que confirman la presencia de relleno no controlado, esto se da en el cuadro que sigue.

Resultados constructor	Resultados investigados
Relleno no controlado Resistencia 3.	Resistencia 1.72
Talud estable	Talud inestable
Recomienda uso agua en corona	Limita uso agua, activa fallas
No recomienda construcción espigones	Si recomienda para evitar lento deslizamiento

### Parámetros de Cimentación

Tomando en cuenta las características físicas y mecánicas de los suelos formados por arenas, GRAVAS Y RODADOS de origen FLUVIAL presentes en el área donde se realizó el presente estudio recomendamos la siguiente profundidad mínima de cimentación y presión admisible [5].

En cimientos de las arenas, gravas y rodados de origen fluvial.

Para realizar el cálculo de los empujes en arenas gravas y rodados sobre el talud, se analizó las probetas y determinó las características de las arenas, gravas y rodados que estarán en contacto con el material de relleno, que originarán empuje, utilizamos los siguientes parámetros promedio, para el cálculo del empuje de las arenas, gravas y rodados [8,11].

$$K_a = \tan^2 [\pi/4 - \phi/2] = \text{empuje activo}$$

$$K_p = \tan^2 [\pi/4 + \phi/2] = \text{empuje pasivo}$$

$K_o$  = empuje en reposo todos los empujes son paralelos a la superficie del terreno

**Leyenda**

c = Cohesión interna

 $\phi$  = Angulo de fricción interna $\gamma$  = Peso volumétrico 1.70

Ka = Es el coeficiente de empuje de las arenas, gravas y rodados activo

Kp = Es el coeficiente de empuje de las arenas, gravas y rodados pasivo

Ko = Es el coeficiente de empuje en reposo de las arenas, gravas y rodados

Peso U. Suelo arenoso (y. en Ton/m <sup>3</sup> )	= 1.7
H superficie suelo terraza ( H en m)	= 20m
$\angle$ fricción interna( $\phi$ grados)	= 29.2= ( $\phi > = i$ )
$\angle$ fricción suelo talud ( $\phi$ grados)	= 28°
$\angle$ inclinación cara posterior estructura	= $\alpha$
$\eta$ superficie terraza ( $\beta$ grados)	= 0°
$\angle$ inclinación suelo Superficie horizontal	= 0°

**Presión admisible por esfuerzo cortante**

Los suelos arenosos, gravas y rodados como nuestro caso es favorable su litología heterogénea, predominará dentro de la profundidad activa de cimentación, es por ello que se analizó su presión admisible. El talud está controlado por la capacidad de carga del esfuerzo cortante, su consistencia indica que son suelos pre consolidado, por desecación y empaque, por lo tanto, los asentamientos que ocurrirán serán pequeños o mínimos cuando no se usa agua [11,12].

**Estabilidad de Taludes**

Para materiales formados por arenas gravas y rodados de origen fluvial se da una superficie de falla curva a lo largo de esta superficie, ocurre el movimiento del talud, estando influenciado por la geología local, en su base es suelo arenoso con gravas y rodados el relleno es fofo, en estos materiales cuaternarios ocurren fallas, a ellas se les denomina fallas de rotación, si pasan por el cuerpo del talud toman el nombre de fallas locales, o también pasan por el pie o por delante de él, afectan su base o área donde este se apoya. En la zona de estudio al no haber precipitaciones pluviales superiores a 20mm de agua, y la falta de arcillas hace que se descarte que se produzcan flujos y deslizamientos por licuación [6].

**Calculo de la estabilidad del talud**

En la zona de estudio los materiales son de litología heterogénea se emplea un modelo matemático a base de supuestos basado en nuestra experiencia, se requiere suponer un mecanismo cinemático de falla, se considera el movimiento de gravedad, filtración, presión de agua, precipitación pluvial que serían las fuerzas motoras o cuña deslizante, éstas se comparan con las que originan la falla, resistencia del terreno, raíces que forman la cuña resistente, que nos dará la seguridad o equilibrio entre talud y a la falla o movimiento.

Para nuestro cálculo hemos tratado de determinar la resistencia media al corte (Rc), nuestro segundo paso fue determinar el coeficiente de seguridad (Cs) que define la seguridad de los taludes para el malecón costanera.

**Cálculo del Rc.**

Con las calicatas obtuvimos el Zc=0.3m (profundidad) Medimos un radio de 6m de acuerdo al ángulo en reposo de la superficie,

Sin considerar la profundidad de la vereda los dos radios dan una hipotenusa de 7.18m

Consideramos la falla de longitud en metros al pie y delante del talud L2 y L1

Damos un peso al pie y delante, o izquierda y derecha del talud de 4 y 8tm. El espacio o arco de la circunferencia es igual 14.73

La fórmula  $P1L1 = P2L2 + Rc r P1 e1$

Despejando  $Rc = P1L1 - P2L2 / r P1 e1 = Rmc = 0.50$

Rmc = resistencia media al corte 0.50 [13,14].

En el área motivo de este informe hay arenas gravas y rodados de origen fluvial

Los taludes serán sobre arenas, gravas y rodados con sustancias deletéreas y el ángulo de reposo  $\beta$  de su superficie es 28° si es menor al ángulo de fricción interna 29.2° [UNI] y la cohesión es menos que  $c = 0.31$  el coeficiente de seguridad de los futuros taludes con respecto a probables deslizamientos podemos expresarlo por la relación siguiente:

$$Cs = \tan \phi / \tan \beta = \tan 29.2 / \tan 28^\circ = 1.$$

Cs = coeficiente de seguridad [14].

**Agresividad de las sales del subsuelo**

El contenido de cloruros y sulfatos solubles del subsuelo que ha sido determinado mediante análisis químicos de laboratorio, tiene una proporción en ppm de sales se aplicó la norma para el concreto en el Manual Americano y las normas técnicas Peruanas (E = 50), los resultados se desprecian son menores a 1000 ppm (1 kilo) [7].

**Efectos de Sismo**

La Norma Técnica de Edificaciones Peruana E – 50 respecto al diseño sismo resistente en suelo arenoso, gravoso, conglomerádico presente en la profundidad activa del cimiento corrido de las veredas, es tipo S<sub>2</sub> le corresponde el factor de seguridad para suelo 1.2 y un periodo determinante de vibración T<sub>p</sub> de 0.6 seg.

Las dimensiones de la cimentación de las veredas, así como la profundidad de desplante deben ser verificadas y/o variadas según el diseño estructural correspondiente que confirme el Ing. Civil [10,11,13]

Análisis del efecto por un sismo usando el Método Mononobe - Okabe [1926 y 1928]

La teoría fue elaborada por Mononobe y Okabe ambos

tomaron como base la fórmula de Terzaghi [1883 Praga – 1963 EEUU], según ella se modela el comportamiento de una cuña estática (talud) frente a otra cuña dinámica (relleno) que se desliza sobre un plano de falla, actuando sobre la contención del talud (parapeto). Se obtienen al multiplicar el peso de la cuña deslizante por el respectivo coeficiente sísmico (horizontal y vertical). Para aplicar este método hay que tener en cuenta los siguientes supuestos confirma la demostración de ambas hipótesis:

Limitaciones Método Mononobe - Okabe:

Las variables no son independientes entre sí.

Varios parámetros de las ecuaciones son supuestos factores geotécnicos, que tienen muchas imprecisiones.

Los sismos son muy impredecibles por lo tanto aleatorios.

El método es conservador, se tiene referencias de varias estructuras que no han cumplido los requisitos establecidos de acuerdo a la fórmula de Mononobe Okabe y resistieron sismos severos

Empujes laterales del suelo debido a un sismo según la Teoría de Mononobe - Okabe

Datos geotécnicos y físicos del suelo actuante [9].

Parámetros Sísmicos

Calculo del empujes sísmicos lateral activo (PAE)

Empuje activo cuando el elemento de contención gira o se desplaza al exterior bajo las presiones del relleno o las condiciones de cimentación lo hacen alcanzar un empuje mínimo.

Empuje pasivo cuando el elemento de contención comprendido contra el terreno por las cargas transmitidas por una estructura o otro efecto similar hasta alcanzar las condiciones de máximo empuje.

Empuje en reposo cuando se produce un estado intermedio que es el correspondiente al estado tensional inicial del terreno.

a) Coeficiente de Presión Activa (KAE)

$\cos^2 KAE = \cos 2(\theta - \varphi - \beta) / \cos \theta \cdot \cos^2 \beta (\theta + \varphi + \beta)$
$KAE = 0.96/0.48 = 2.$

Donde:

$\psi = [1 + \sqrt{\text{Sen}(\theta + \varphi) \cdot \text{sen}(\theta - \varphi - \beta)}] / \cos(\varphi + \beta + \theta) \cdot \cos(1 - \beta) = 0.34$
---

$\theta = \arctan [ Kh/1.Kv ] = 0.3$

$\theta$  = proporción entre el desplazamiento horizontal y vertical

b) Presión de tierras lateral active máxima con sismo (E AE)

$(E AE) = Y H (1 - KV) KAE = 8 \times 3(1-0)2 = EAE = 48 \text{ Ton/m}^3$

c). Empuje total lateral con sismo

$PH = 1 / 2 Y.$

$H^2 (1- KV) KAE = 72 \text{ Ton / m}^3$

Coeficiente aceleración sísmica (A)	= 0.6
Apoyo talud restricción lateral S/N lado Sur	= S
Coeficiente aceleración sísmico horizontal (Kh : A/2)	= 0.3
Coeficiente aceleración sísmico vertical (Kv : 0 ó 0.30 Kh < Kv < 0.50)	= 0.0
	= $\psi$

El Talud o muro debe tener una Resistencia para un empuje superior a 216 Ton / m<sup>3</sup>, considerando un factor de seguridad de 3 Norma E-050, suponemos que un sismo de grado 7 en la escala de Richter originará un bajo desplazamiento de los suelos ya apelmazados del malecón, los valores calculados no llegan a 1.

No se ha observado la existencia de sulfatos solubles y si existe debe ser menor a 1,000ppm por tal razón el ataque a las veredas será medurado o despreciable [9,13]

**Aplicación Práctica**

Se orienta a la autoridad regional y local, quienes deben rehacer los cinco sectores en donde están las fallas locales, además de controlar el uso de agua en el regado de plantas y grass; complementando con la ejecución de algunos talleres para los vecinos de la zona aledaña a la Av. Costanera.

**Limitaciones del estudio y recomendaciones**

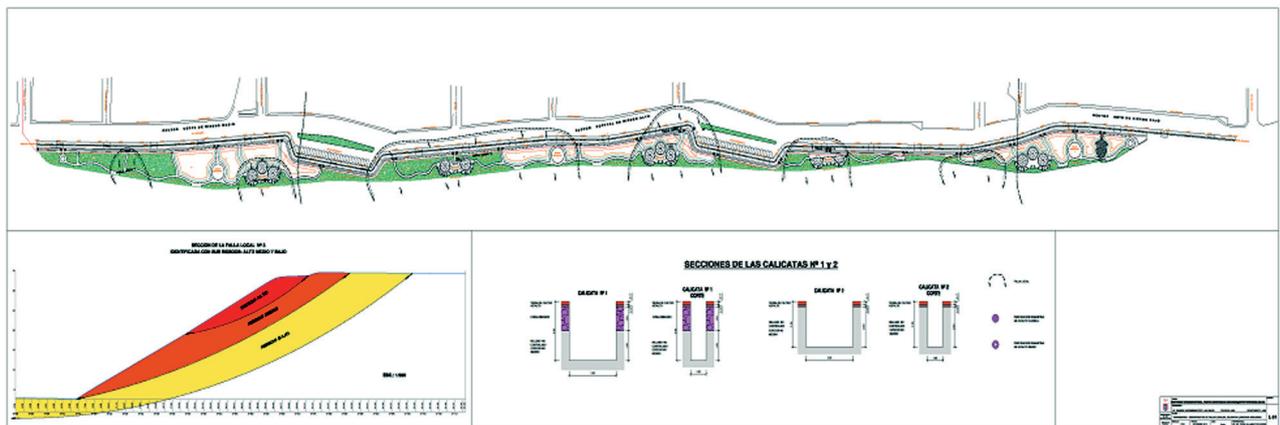
**Limitaciones**

Faltó la ejecución de mayor número de calicatas, por limitaciones presupuestales, además se constató la pobre cohesión o empaque del suelo formado por residuos sólidos (1.5), y la saturación por exceso de agua por regado de grass americano. Estuvo en los dos estratos del suelo encontrado en la primera calicata. Ello comprueba que las fisuras, fracturas, grietas y reactivación de las fallas geológicas circulares es por el uso.

**RECOMENDACIONES**

Leer y tratar de cumplir el cuadro de Matriz de Responsabilidades.

Medidas Mitigacion, Acciones Propuestas	Gobierno Regional	Gobierno Local	Defensa Civil	Minist. Interior	Vecinos S.M.
Mantenimiento		X		X	X
Corona Malecon					
Restauracion Obras Civiles de Arte	X	X	X		
Mantenimiento Grass		X			X
Mantenimiento Plantas		X	X		X
Mediciones Fracturas, Grietas, Hundiimientos			X		
Identificacion Sectores Vulnerables, Calificacion Riesgos	X	X	X	X	X
Capacitacion Planes Evacuacion		X	X	X	
Participacion Planes, Contingencia, Talleres	X	X	X	X	



**CONCLUSIONES Y MATRIZ DE RESPONSABILIDADES**

**Conclusiones**

El talud actualmente está inestable.

La resistencia del suelo debajo de la obra de arte es baja, llega a 2.72 y 2.54 kg/cm<sup>3</sup>, estando por debajo del valor dado por la Norma Técnica de Edificación E.50 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Construcciones, que estima 3 kg/cm<sup>3</sup>.

Se ha comprobado que existen cinco fallas en arco que están en reposo aparente y se activan cuando se usa agua en el regado del grass americano.

La erosión de la escarpa marina distante 300 mts. de la Corona del Malecón Costanera es constante por la dinámica marina y proceso imperceptible que activa las cinco fallas circulares.

Se ha verificado que la malla de polietileno que cubre el talud del Malecón La Costanera y sobre ella la instalación de la campanilla genera nidos de ratas.

Las palmeras ubicadas en la Corona del Malecón Costanera favorecen los deslizamientos de las fallas debido a la gran cantidad de agua que utiliza por regado, razones que refuerzan ambas hipótesis.

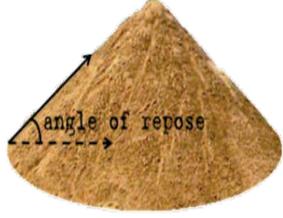
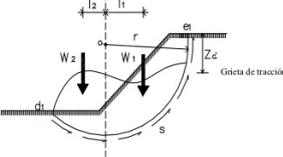
**Matriz de Responsabilidades**

Para la determinación de responsabilidades entre el Gobierno Regional, Gobierno Local, Defensa Civil, Ministerio del Interior y los vecinos del distrito “San Miguel”, se presenta la MATRIZ DE RESPONSABILIDADES que comprende cada una de las medidas de mitigación y/o acciones planteadas con su relación y/o responsabilidad para cada una de la Instituciones involucradas.

**AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa su agradecimiento a las autoridades del Programa del Gobierno Regional de Lima Srta. Dra. Betty Flores y a los Ings Jose Zamora Sanchez y Oscar Lòpez. Por proporcionarnos una parte de información tecnica, así como también agradezco al Equipo del IIGEO por la oportunidad que me brindó para realizar esta investigación, así como a la UNMSM., por el auspicio correspondiente.

**PANEL FOTOGRÁFICO**

N° IMAGEN	DETALLE QUE MUESTRA LAS FOTOGRAFÍAS FUENTE, <a href="http://www.google.com">www.google.com</a>	a). IMAGEN IZQUIERDA	b). IMAGEN DERECHA
1 - 2	a). Es importante en mecánica de suelos determinar tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso. b). DEFLECTOMETRO DE IMPACTO PORTATIL PRIMA100 - FWD		
3 - 4	a). Resistencia media del corte $s$ de los suelos a partir de modelos probados, coeficiente de seguridad $F$ que define la estabilidad del talud. b). Sector Este imagen del malecón de la Av. Costanera la escarpa o talud natural no ha sido disturbado por el hombre su equilibrio es estable como lo demuestra la presencia de la obra CIVIL ubicada a 18m de la escarpa	 <p data-bbox="746 801 933 817">Figura 6: Equilibrio de fuerzas en un deslizamiento producido</p>	
5 - 6	a). Imagen demostrativa un minador con la obra de arte de madera que ha sido disturbada por la presencia de la falla local y en arco. El desplazamiento de la madera es notorio b). Imagen que representa el hundimiento del borde Sur de la ciclo vía, se observa el espesor del sardinel y relleno no controlado originado por la falla local.		
7 - 8	a). Imagen que muestra la vereda y la base de los postes de iluminación disturbado por la presencia de la falla local y en arco b). Imagen que representa el vehículo tanque de regado del grass americano, actividad que favorece la rápida activación de las fallas locales en arco.		
9 - 10	a). Imagen que muestra la vereda las veredas y el grass americano así nuevos edificios construidos con dptos con vista al mar b). Imagen que representa la excavación de una de las calicatas para extraer muestras de suelo.		

N° IMAGEN	DETALLE QUE MUESTRA LAS FOTOGRAFÍAS FUENTE, <a href="http://www.google.com">www.google.com</a>	a). IMAGEN IZQUIERDA	b). IMAGEN DERECHA
11 - 12	<p>a). Imagen que muestra el proceso de la excavación de la calicata, obsérvese en ella la humedad es notoria</p> <p>a). Imagen que muestra un vehículo tanque lleno de agua en pleno proceso de regado hecho que activa las fallas locales y en arco</p>		
13 - 14	<p>a). Imagen que representa la placa de inauguración del giroscopio hecho por el alcalde distrital Salvador Heresi.</p> <p>b). Imagen que representa la notoria erosión marina mirando a 50 al futuro, el agua marina estará al pie del malecón La Costanera si no se construye dos espigones en forma de letra T y de 70m.</p>		
15 .16	<p>a). Imagen representa grietas similares, a las presentes en la escarpa marina, hecho que confirma la lento deslizamiento al mar del malecón la costanera hecho sobre relleno no controlado.</p> <p>b). Imagen que representa la perforación en asfalto flexible para comprobar su espesor y calidad.</p>		
17 - 18	<p>a). Imagen de la muestra extraída de la pista de cemento flexible o asfalto, la calidad y espesor cumple las normas técnicas su falla se debió a la falta de tratamiento del relleno no controlado de su base y al agua actualmente usada en el regado.</p> <p>b). Imagen que presenta la muestra de cemento rígido obtenida de un sardinel, cumple las normas técnicas, algunos colapsaron por falta de apelmazamiento del relleno no controlado de su base.</p>		
19 - 20	<p>a). Imagen demostrativa un minador con la obra de arte de madera que ha sido disturbada por la presencia de la falla local y en arco. El desplazamiento de la madera es notorio</p> <p>b). Imagen que representa las mallas de polietileno, con cobertura de campanilla que favorece a la presencia de los nidos de ratas, esto enmascara las grietas consecuencia de las fallas locales.</p>		

## BIBLIOGRAFIA

1. Carrera de Escalante E. (1997). Reglamento Nacional de Construcciones. Lima, Perú: Tesis UNI. Norma E. 050. Suelos y cimentaciones, pp. 30,31.
2. Dávila B. J. (2006). Diccionario Geológico IV Edición. Lima, Perú: Editorial UNI.
3. Gallarday Bocanegra T. E. (2005). Artículo Estudio de mecánica y resistencia de suelos: Caso Lima. Vol. 8 N. 15 Centro Producción Editorial UNMSM Lima, Perú.
4. González de Vallejo L.I (2004). Ingeniería Geológica Cap. 4 Descripción de Macizos Rocosos. Madrid España Editorial Pearson Educación S.A.
5. Humala Ayvar, G. (1995). Informe Ensayo de Corte Directo Insitu, pp. 1-8. Lima, Perú IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil Editorial UNI.
6. Norma Técnica E – 050 (1990). Suelos y cimentaciones 1.4 Estudio de Mecánica de Suelos, 4.4 Cimentacion sobre rellenos 4.4.2 Rellenos no controlados Lima, Perú www.gutierrezyleon.com >documentos
7. Carrera E. (1997) Norma para el Laboratorio de mecánica y suelos, pp. 75. Lima Perú. Editorial UNI.
8. Lisson C. (1908). Geología de Lima. sus alrededores. Cámara de Comercio de Lima, Perú. Editorial Gil.
9. Mononobe - Okabe. (1929) Teoría de la Sociedad Japonesa de Ingeniería civil. Tokz Japan. www.finesoftware.es >geo5> Teorema
10. Juárez Badillo - Rico Rodríguez (1998). Tomo 1 y 2 Fundamentos de la Mecánica de Suelos, pp. 347-400, 200-215. México, Grupo Noriega Editorial Limusa S.A
11. Palacios O. Caldas J. Vela Ch. (1992). Boletín No. 43 serie A: Carta Geológica Nacional, Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín Chancay y Chosica. Lima, Perú. Editorial INGEMMET.
12. Perales C.F.(1994). Glosario y Tabla de Correlación de las Unidades Estratigráficas del Perú. Lima. Perú. Centro Producción Editorial UNMSM.
13. Reglamento Nacional *de Edificaciones* – actualizado (2006). Capítulo de suelos, publicado en el diario Oficial el peruano el de junio del 2006. Lima, Perú. Urbanistasperú.org/rne/reglamento nacional de edificaciones
14. Terzaghi V.K Ralph B. Peck. Por Oreste Moretto(1978). Tomo 2, The shearing resistencie of saturated soils. Proc. I ICSMFE. Vol. 2, pp. 212-221. Barcelona, Buenos Aires Caracas, Lima, México Rio de Janero, Montevideo Editorial El Ateneo S.A. Impreso en España.