

CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DEL SUELO DE IQUITOS, PERU

A. Bustamente Chacón

Investigador Asociado, Laboratorio Geotécnico del CISMID.

J.E. Alva Hurtado

Profesor Principal

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería,

Lima, Perú

RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de presentar un mapa de zonificación geotécnica de la ciudad de Iquitos-Perú, delimitando zonas de condición crítica y habitable, así como también indicar las características geotécnicas del subsuelo de la ciudad para fines de cimentación de estructuras. En primer lugar se realiza una revisión del contexto geológico sobre el cual se ubica el área estudiada; luego se presenta los resultados de la investigación geotécnica, teniendo en cuenta la información recopilada así como la realizada en este estudio. Para esto se divide a la ciudad en dos sectores: el sector Iquitos y el sector San Juan. El procesamiento de la información geotécnica se ejecutó en forma estadística. Finalmente, se indica la zonificación geotécnica de Iquitos propuesta, teniendo en cuenta la sectorización anterior, así como estudios anteriores de zonificación. La ciudad de Iquitos se divide en siete zonas, de las cuales las dos primeras son de condición habitable, habiéndose subdividido éstas para un mejor análisis.

1.0 INTRODUCCION

La ciudad de Iquitos, al igual que otras ciudades del Perú con cierto desarrollo industrial y comercial, se ha constituido en el destino de una corriente migratoria que llega desde varias ciudades de la República buscando mejores condiciones de vida, pero generando asimismo un crecimiento desmesurado de la ciudad. En el presente trabajo se ha desarrollado un mapa de zonificación geotécnica de Iquitos delimitando las zonas más favorables para la edificación de viviendas, en base a las características geológicas y geotécnicas de la ciudad.

Iquitos se encuentra ubicada en la selva baja del Perú, sobre la margen izquierda del río Amazonas, en la Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, al noreste del Perú. La

ciudad limita por el norte con el río Nanay; por el este con el río Amazonas; por el sur con el río Itaya y el área del nuevo aeropuerto de la ciudad y por el oeste con el lago Morona y el río Nanay.

La importancia de Iquitos radica en que es la ciudad más grande del lado este de los Andes del Perú y debido a su situación en el Amazonas, ha servido como primer terminal y puerto de entrada durante el desarrollo de esta área en los últimos cien años. Por otra parte, en el área comprendida en el estudio se han establecido importantes instalaciones navales y militares. Iquitos, asimismo, se ha constituido en una importante base en la explotación petrolera del oriente peruano.

2.0 GEOLOGIA

En la ciudad de Iquitos los sedimentos predominantes son arena fina y arcilla. No se observa en la zona afloramientos rocosos, ni sedimentos del tipo de agregados gruesos. En la secuencia estratigráfica de la región se reconoce que los estratos se adelgazan y aumentan de potencia y los entrecruzamientos son frecuentes. Estas manifestaciones en los estratos muestran oscilaciones de un ambiente continental inestable, donde las oscilaciones han sido variables y el relieve deposicional algo irregular.

La estratigrafía de la zona de Iquitos ha sido estudiada en detalle por Ruegg y Rozenzweig entre 1946 y 1948. En el año 1967, Martínez Vargas realizó investigaciones de los sedimentos de Iquitos. En 1973 Iberico y Plenge realizaron una investigación geológica en base a observaciones en el ribera y a las perforaciones efectuadas por LAGESA para la firma GRUCI. Iberico y Plengue dedujeron un perfil estratigráfico típico de la zona. De todos los estudios indicados, se pueden resumir las características geológicas del área en estudio.

- a) Sedimentos del Holoceno o Cuaternario reciente, constituídos por los últimos sedimentos de tipo arcilloso o arcilloso arenoso, de colores rojizos a pardos debido al fenómeno de laterización, con una potencia de 6 metros.
- b) Sedimentos del Pleistoceno o Cuaternario antiguo, constituídos por arenas cremas y blancas de granulometría fina, con algunas intercalaciones de arena media. Estas arenas proceden de la desintegración de las “Areniscas Azúcar” de edad Senónica

(picos elevados del Cretáceo Superior) y son areniscas que abundan en la Amazonía. Estos sedimentos, con una potencia de 7 metros, constituyen la napa freática de la región.

- c) Sedimentos de Terciario, constituídos por arcillas compactas a duras, de colores azul grisáceo hasta negro, con presencia de carbonatos, fósiles y delgadas capas de material carbonoso en transición a lignito, que se presentan intercalados en el banco de arcilla. Estos sedimentos son esencialmente marinos y presentan una transición a marino continental. Se aprecia también que en partes las capas de arenas y arenas algo arcillosas del Cuaternario sobreyacen en discordancia erosional a las capas de arcillas fundamentalmente marinas, coincidentes con la regresión marina que se produce al finalizar el Terciario. Para los sedimentos del Terciario en Iquitos, se ha determinado una potencia de 2 Km. por medio de estudios geofísicos (método sísmico) de las exploraciones de petróleo.
- d) Por último, de estudios geofísicos más profundos, se tiene que a los 2 km. de potencia aproximadamente, se ha encontrado evidencias del Craton Brasileiro de edad probablemente Precámbrica.

3.0 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

Adicionalmente a la recopilación y al análisis de los estudios de mecánica de suelos realizados con fines de cimentación por entidades particulares y estatales, se llevó a cabo un programa de exploración geotécnica en toda la ciudad de Iquitos, para complementar la información disponible. Se programó un número de 25 exploraciones en toda la ciudad, que consistieron en 9 calicatas, 25 sondajes con posteadora manual y 23 ensayos de penetración tipo Cono Holandés. Estas investigaciones fueron realizadas por el Laboratorio Geotécnico del CISMID de la FIC-UNI.

Para llevar a cabo el procesamiento de las propiedades físico mecánicas del subsuelo de la ciudad de Iquitos, se ha dividido a la ciudad en dos sectores dominantes: los cuales se han denominado sector Iquitos y sector San Juan. Ambos sectores son los denominados semidomos de Iquitos, los cuales fueron presentados por Maggiolo (1975). En las Tablas N° 1, 2 y

3 se muestran los resultados de los ensayos especiales de laboratorio realizados por los autores en Iquitos.

Tabla N° 1 Ensayos de Consolidación Unidimensional

SECTOR	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	e_o	P_c (kg/cm ²)	C_c	C_s
SJ	C-1	0.90 – 1.50	CH	1.140	1.25	0.526	0.037
SJ	C-1	1.60 – 1.90	CH	0.953	2.25	0.275	0.063
SJ	C-2	1.00 - 1.50	CH	1.096	1.75	0.257	0.053
SJ	C-3	1.60 - 2.00	SC	0.626	1.16	0.285	0.012
SJ	C-4	1.80 - 2.10	CH	0.680	2.20	0.156	0.027
SJ	C-5	1.95 - 2.20	CH	1.083	1.60	0.299	0.089
IQ	C-6	1.30 - 1.50	CH	0.741	2.40	0.145	0.025
IQ	C-7	1.80 - 2.10	CH	0.812	1.20	0.277	0.022
IQ	C-8	1.80 - 2.10	SC	0.611	1.05	1.160	0.009
IQ	C-9	2.20 - 2.40	SC	0.584	1.55	1.182	0.011

Tabla N° 2 Ensayos de Compresión Triaxial No Consolidado – No Drenado (UU)

SECTOR	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	C_u (kg/cm ²)	f_u (°)	HUMEDAD (%)
SJ	C-1	0.90 – 1.50	CH	0.60	3.5	38.5
SJ	C-2	1.00 - 1.50	CH	0.75	11.0	32.2
SJ	C-3	1.60 - 2.00	SC	0.58	10.0	15.7
SJ	C-4	1.80 - 2.10	CH	1.00	8.0	23.1
SJ	C-5	1.95 - 2.20	CH	0.55	1.0	40.9
IQ	C-6	1.30 - 1.50	CH	0.90	7.5	25.6
IQ	C-7	1.80 - 2.10	CH	0.28	5.5	26.1
IQ	C-8	1.80 – 2.10	SC	0.43	10.0	17.7

Tabla N° 3 Ensayo de Corte Directo

SECTOR	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	C (kg/cm ²)	f (°)	HUMEDAD (%)
IQ	C-9	2.20 – 2.40	SC	0.0	23.0	18.4

3.1 Sector Iquitos

En los sondajes explorados se alcanzaron profundidades de 4 a 8 metros. En la distribución de los suelos del sector Iquitos, se aprecia que de las muestras analizadas el 62% son arcillas, el 35% son arenas y un 3% contienen materia orgánica. El 30% de las arcillas son de alta plasticidad, clasificadas como CH y el 32% de las arcillas son

de mediana plasticidad, clasificadas como CL. El 19% corresponde a arenas de baja plasticidad a no plásticas, clasificadas como SC, SM y SP-SM; y el 16% restante corresponde a arenas limpias clasificadas como SP. Las propiedades físicas de los suelos de este sector se presentan en la Tabla N° 4.

La resistencia cortante no-drenada de los ensayos de laboratorio de compresión simple y compresión triaxial UU y veleta de campo indican que los primeros cuatros metros de profundidad para un suelo tipo CH y CL, los rangos de valores encontrados son:

Cohesión (CH)	$S_u : 0.55 - 1.40 \text{ kg/cm}^2$
Cohesión (CL)	$S_u : 0.35 - 1.20 \text{ kg/cm}^2$

De los ensayos de consolidación se determinó los siguientes rangos de valores para una arcilla de alta plasticidad, CH.

Carga de Preconsolidación (P_c)	: 1.20 - 2.40 kg/cm^2
Relación de vacíos inicial (e_o)	: 0.74 – 1.10
Coefficiente de compresibilidad (C_c)	: 0.14 – 0.28

De los ensayos de penetración estándar (SPT) y de cono holandés (CPT) se pudo evaluar las consistencias de los distintos estratos en el Sector Iquitos :

de 0.00 – 3.00 m consistencia blanda
de 3.00 – 8.00 m consistencia media
de 7.00 – 10.00 m consistencia media a semidura
más de 10.00 m consistencia dura a rígida.

3.2 Sector San Juan

En los sondajes explorados se alcanzaron profundidades de 4 a 7 metros. En la distribución de suelos del sector San Juan, se aprecia que de las muestras analizadas, el 56% son arcillas, el 41% son arenas y un 3% contienen materia orgánica. El 25% de las arcillas son de alta plasticidad, clasificadas como CH y el 31% de las arcillas son de mediana plasticidad clasificadas como CL. El 26% corresponde a arenas de baja plasticidad a no plásticas, clasificadas con SC, SM y SP-SM; el 15% restante

corresponde a arenas clasificadas como SP. Las propiedades físicas de los suelos de este sector se presentan en la Tabla N° 5.

La resistencia cortante no-drenada de los ensayos de laboratorio de compresión simple y compresión triaxial UU y veleta de campo indican que los primeros cuatro metros de profundidad para un suelo tipo CH y CL, los rangos de valores encontrados son:

Cohesión (CH) S_u : 0.60 - 1.65 kg/cm²

Cohesión (CL) S_u : 0.45 - 1.50 kg/cm²

De los ensayos de consolidación se determinó los siguientes rangos de valores para una arcilla de alta plasticidad CH.

Carga de Preconsolidación (P_c) : 1.25 - 2.20 kg/cm²

Relación de vacíos inicial (e_o) : 0.80 - 1.22

Coefficiente de compresibilidad (C_c) : 0.16 - 0.53

De los ensayos de penetración estándar (SPT) y de cono holandés (CPT) se pudo evaluar la consistencia de los distintos estratos en el Sector San Juan.

de 0.00 –2.00 m consistencia muy blanda a blanda

de 2.00 –5.00 m consistencia blanda a media

de 5.00 –10.00 m consistencia media a dura

más de 10 m consistencia dura a rígida

4.0 ZONIFICACION GEOTECNICA

La zonificación geotécnica de la ciudad de Iquitos se presenta en la Figura N° 1. Se ha tenido en cuenta los sectores analizados anteriormente y el estudio de Zonificación Hidrogeotécnica realizado por Maggiolo (1975). Se ha zonificado la ciudad de Iquitos en siete zonas, las cuales se presentan a continuación.

4.1 **Zona I : Semidomo de Iquitos – Sector Iquitos.**

Esta zona se encuentra ubicada en el Semidomo de Iquitos y se ha denominado sector Iquitos. Abarca en gran parte la zona central de la ciudad. Esta zona I es de condición habitable y ha sido dividida en cuatro subzonas denominadas A, B, C y D para una mejor descripción.

Subzona I-A : Se ubica en dos áreas distintas de la ciudad: la primera se encuentra al norte de Iquitos, a lo largo de la carretera de la Marina camino a Bellavista y la segunda se encuentra al oeste de la ciudad, detrás del Campamento Militar Vargas Guerra. El perfil estratigráfico se presenta en forma homogénea, predominando un suelo arcilloso de media a alta plasticidad (CL-CH), con una potencia que varía entre 8 y 11 metros de espesor. El suelo arcilloso tiene una consistencia de blanda a media. El nivel freático se encuentra a una profundidad mayor o igual a los 2.5 metros. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas en esta subzona se encuentra comprendida entre 1.0 a 1.5 kg/cm². Para el uso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre el estrato de arcilla dura, a una profundidad mayor o igual a 11 metros, donde la resistencia del suelo arroja valores de: $N (SPT) \geq 30$ ó $q_c (CPT) \geq 160 \text{ kg/cm}^2$

Subzona I-B : Se ubica en una gran área de la zona I, extendiéndose a todo lo ancho de la ciudad de Iquitos, entre la ribera de la ciudad y el lago Moronacocha. El perfil estratigráfico se presenta en forma homogénea. Primero aparece un suelo arcilloso de media a alta plasticidad (CL-CH), con una potencia que varía entre 1 a 6 metros de espesor y una consistencia de blanda a media. Luego aparece una arena fina pobremente graduada (SP), con una potencia que varía entre 4 a 8 metros de espesor, con una compacidad relativa de media a densa. Debajo aparece una arcilla de media a alta plasticidad (CL-CH), de una consistencia dura a rígida. El nivel freático en esta subzona I-B se encuentra a una profundidad mayor o igual a 1 metro. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas en esta subzona se encuentra comprendida entre 0.5 a 1.5 kg/cm². Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre el estrato de arena densa a una profundidad mayor o igual a 6 metros, donde la resistencia del suelo arroja valores de: $N (SPT) \geq 30$ ó $q_c (CPT) \geq 160 \text{ kg/cm}^2$.

Subzona I-C : Se ubica en dos áreas distintas de la ciudad de Iquitos: la primera se encuentra al norte de la ciudad con el barrio de Punchana y la segunda se encuentra al sur de la ciudad. El perfil estratigráfico se presenta en forma homogénea. Primero aparece una arena arcillosa (SC), con una potencia que varía entre 0 y 3 metros de espesor y una compacidad relativa muy suelta. Luego aparece una arena fina pobremente graduada (SP), con una potencia que varía de 3 a 7 metros de espesor y una compacidad relativa de media a densa. Debajo aparece una arcilla de media a alta plasticidad (CL-CH), de una consistencia dura a rígida. El nivel freático en esta subzona varía de 1 a 3 metros de profundidad. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas tiene un valor menor o igual a 1 kg/cm^2 . Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre la arena densa, a una profundidad mayor o igual a los 5 metros, donde la resistencia del suelo presenta valores de: $N \text{ (SPT)} \geq 30$ ó $q_c \text{ (CPT)} \geq 160 \text{ kg/cm}^2$.

Subzona I-D : Se ubica en dos áreas de la ciudad de Iquitos : la primera se encuentra al norte de la ciudad, al inicio del caño Versailles y la segunda se encuentra al sur de la ciudad, siguiendo el curso del río Itaya. El perfil estratigráfico se presenta en forma heterogénea, predominando en la parte superior rellenos (R) y suelos orgánicos (OH, OL), a los cuales le siguen arcillas de media a alta plasticidad (CL-CH), arenas limosas (SM) y limos de baja plasticidad (ML) que se encuentran entrecruzados. La potencia de estos suelos varía de 3 a 8 metros de espesor, presentado una consistencia muy blanda. Debajo se encuentra un suelo arcilloso de alta plasticidad (CH), un limo de baja plasticidad (ML) ó una arcilla orgánica de alta plasticidad (OH), los cuales tienen consistencia de blanda a dura. El nivel freático en esta subzona se encuentra a una profundidad menor o igual a 3.5 metros. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas es menor a 0.5 kg/cm^2 . Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre la arcilla dura a una profundidad mayor o igual a los 9 metros, donde la resistencia del suelo presenta valores de: $N \text{ (SPT)} \geq 30$ ó $q_c \text{ (CPT)} \geq 160 \text{ kg/cm}^2$.

4.2 Zona II: Semidomo de San Juan – Sector San Juan

Esta zona se encuentra ubicada en el Semidomo de San Juan y se ha denominado sector San Juan. Abarca toda el área de expansión suroeste de Iquitos a lo largo de la

carretera a San Juan. Esta zona II es de condición habitable y ha sido dividida en dos subzonas denominadas A y B.

Subzona II-A : Esta subzona se encuentra ubicada alrededor de un tramo de la carretera a San Juan, entre el Colegio Nacional de Iquitos (CNI) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de San Juan. El perfil estratigráfico se presenta en forma heterogénea, predominando en la parte superior un suelo areno-arcilloso a areno-limoso (SC-SM), con una potencia que varía entre 2.5 a 8.5 metros y una compacidad relativa muy suelta. Debajo se puede encontrar una arena arcillosa de alta plasticidad (CH) ó una arena fina pobremente graduada (SP), de una consistencia dura o una compacidad relativa densa. El nivel freático se encuentra a una profundidad mayor o igual a 1 metro. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas tiene un valor menor a 0.5 kg/cm^2 . Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre la arcilla dura o la arena densa a una profundidad mayor o igual a 9 metros, en donde la resistencia del suelo arroja valores de: $N \text{ (SPT)} \geq 30$ ó $q_c \text{ (CPT)} \geq 160 \text{ kg/cm}^2$.

Subzona II-B: Esta subzona se encuentra ubicada en gran parte del sector de San Juan al noroeste de la ciudad de Iquitos. El perfil estratigráfico se presenta en forma homogénea. Primero aparece un suelo areno-arcilloso (SC) con una potencia que varía de 0 a 1.5 metros de espesor, con una compacidad relativa muy suelta. Luego continúa un suelo arcilloso de media a alta plasticidad (CL-CH), con una potencia que varía entre 1 a 4.5 metros de espesor, y tiene una consistencia blanda a media. Después aparece un suelo arenoso fino, de baja plasticidad a no plástico (SC-SM-SP), con una potencia que varía entre 1 a 5 metros de espesor y una compacidad relativa suelta a media. Debajo aparece un suelo arcilloso de media a alta plasticidad (CL-CH), con una consistencia dura. El nivel freático en esta subzona se encuentra a una profundidad mayor o igual a 0.5 metros. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas tiene un valor menor o igual a 1 kg/cm^2 . Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre el estrato de arcilla dura a profundidades mayores o iguales a 8 metros, donde la resistencia del suelo arroja valores de: $N \text{ (SPT)} \geq 30$ ó $q_c \text{ (CPT)} \geq 160 \text{ kg/cm}^2$.

4.3 Zona III: Zona Baja del Domo de Iquitos

Esta zona se encuentra ubicada en medio de los Semidomos de Iquitos y de San Juan, en la parte baja del Domo de Iquitos. Abarca el área del Cuartel Militar Vargas Guerra y alrededores. Esta zona se encuentra atravesada por la Quebrada San Miguel, la cual sirve de drenaje natural al Domo de Iquitos. Debido a que en la mayor parte de esta zona se encuentra ubicado el cuartel militar “Vargas Guerra”, el acceso es muy restringido, razón por la cual no se pudo efectuar mayores exploraciones de campo. Esta zona es de condición habitable.

4.4 Zona IV : Zona de Movimiento de Reptación o Deslizamientos Lento

Esta zona se encuentra ubicada alrededor del río Itaya, cerca de su desembocadura con el río Amazonas, e incluye el Barrio de Belén. En esta zona ocurren movimientos de reptación o deslizamientos lentos de las áreas aledañas al río Itaya (Maggiolo, 1975). Esta zona es de condición crítica.

4.5 Zona V : Zona de Potencial y/o de Deslizamientos

Esta zona se encuentra ubicada a todo lo largo de la ribera del río Amazonas en la ciudad de Iquitos y representa una zona potencial y/o activa de deslizamientos. Esta zona ha sido estudiada desde hace muchos años por diversos investigadores debido a los continuos deslizamientos que han ocurrido por la acción del río. Esta zona es de condición crítica.

4.6 Zona VI: Zona de Sedimentación

Esta zona se encuentra ubicada sobre el antiguo cauce del río Amazonas, entre el Barrio de Belén y el Puerto Agrario. El área de sedimentación se encuentra en plena evolución y avanza de sur a norte, representando un problema para el Puerto de Iquitos, debido a que las embarcaciones no pueden acercarse a la ribera. Este problema se agrava debido a que en forma irresponsable se pretende invadir esta zona en busca de terrenos para vivienda. Esta zona es de condición crítica.

4.7 Zona VII : Zona Inundable de Ríos y de Influencia de Caños y Quebradas

Esta zona se encuentra ubicada en los alrededores de la ciudad de Iquitos, siguiendo el curso de los ríos Itaya, Nanay y Amazonas. Estas áreas son pantanosas, en donde drenan gran parte de las aguas superficiales y subterráneas del Domo de Iquitos. Estas

áreas se encuentran influenciadas por caños y quebradas. Esta zona es de condición crítica.

CONCLUSIONES

- 1) En la ciudad de Iquitos los sedimentos predominantes son del tipo arena fina y arcilla, por debajo de los cuales se encuentra una arcilla preconsolidada. En la ciudad de Iquitos no se observan afloramientos rocosos, ni material del tipo de agregado grueso.
- 2) Debido a la fuerte precipitación pluvial en Iquitos y a que el nivel freático no se encuentra en la mayoría de los casos muy profundo, las arenas arcillosas y las arcillas superficiales se encuentran saturadas.
- 3) En la evaluación de los suelos de Iquitos se ubicaron dos sectores dominantes de la ciudad, como son: el sector Iquitos y el sector San Juan. Una vez analizadas las propiedades físico-mecánicas del subsuelo, se llega a la conclusión de que ambos sectores presentan propiedades relativamente similares.
- 4) La ciudad de Iquitos ha sido zonificada en siete zonas, las cuales se presentan a continuación:

Zona I Zona de condición habitable, comprende el Semidomo de Iquitos y se ha dividido en 4 subzonas para su mejor descripción.

Zona II Zona de condición habitable, comprende el Semidomo de San Juan y se ha dividido en 2 sub zonas para su mejor descripción.

Zona III Zona de condición habitable, comprende la parte baja del Domo de Iquitos y representa una zona de drenaje natural.

Zona IV Zona de condición crítica, en donde ocurren movimientos de reptación o deslizamientos lentos.

- Zona V Zona de condición crítica, representa una zona potencial y/o activa de deslizamientos.
- Zona VI Zona de condición crítica, representa una zona de sedimentación.
- Zona VII Zona de condición crítica, representa una zona inundable por los ríos Itaya, Nanay y Amazonas, siendo además influenciada por caños y quebradas.

REFERENCIAS

- Bustamante A. (1993), “Características Geotécnicas del Subsuelo de la Ciudad de Iquitos”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Coronado, F.A. (1979). “El Río Amazonas y la Ciudad de Iquitos”, Revista el Ingeniero Civil, Vol I, N° 1, pp 38-42, Lima, Perú.
- Iberico, M. y Plenge, R., Geólogos Asociados (1973), “Geología de la Zona Ribereña del Río Amazonas próxima a Iquitos y Defensa de la Ciudad”, Informe GRUCI, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, INADUR (1988). “Estudio de Prefactibilidad de Viviendas en Ciudades Críticas-Iquitos”, Lima Perú.
- Maggiolo, R. (1975). “Informe Hidrogeotécnico Resumido y General sobre Iquitos y Recomendaciones Específicas para la Zona Industrial”, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.
- Martínez Vargas, A. (1967). “Estudio de los Sedimentos de Iquitos y sus Consideraciones en los Derrumbes de la Ribera del Amazonas”, Laboratorio de Geología Aplicada, Publicación N° 27, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

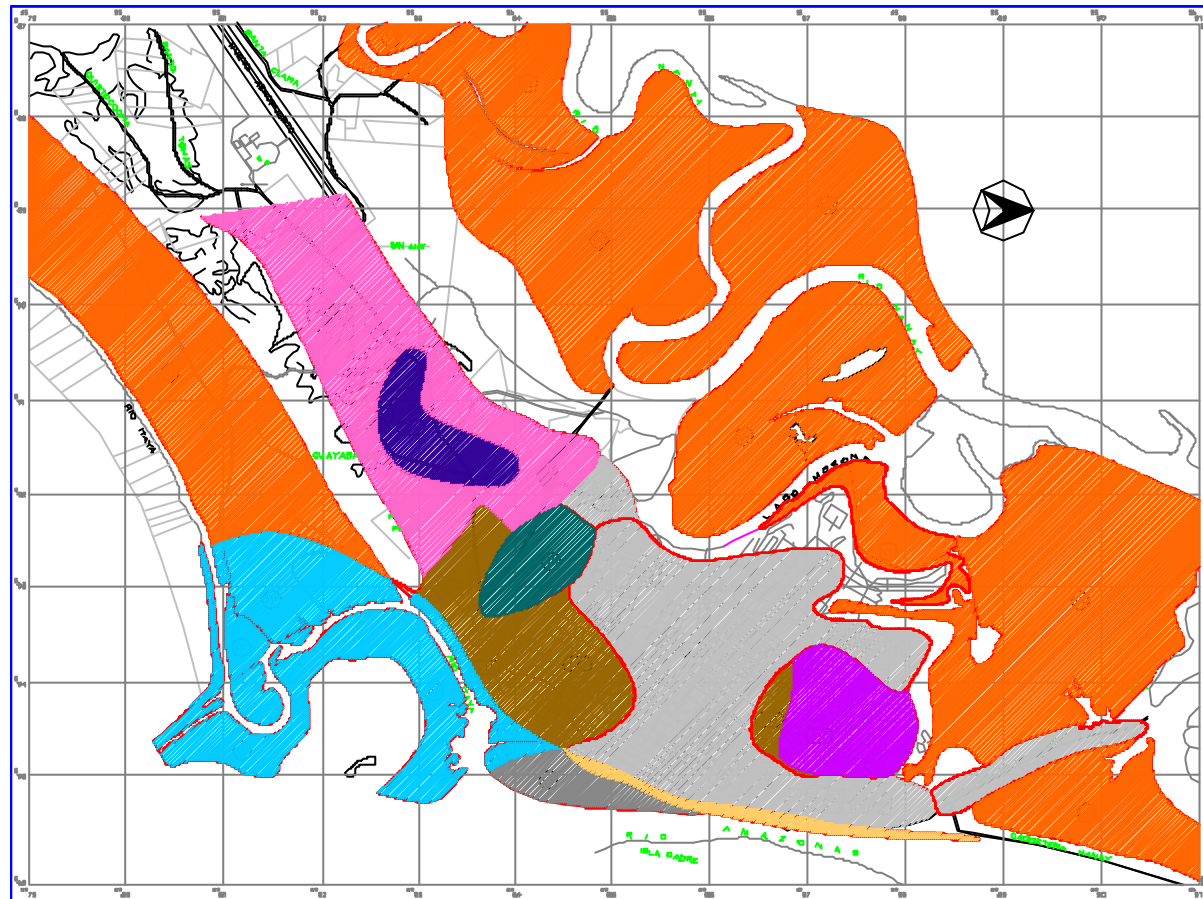
- McCreary y Koretsky (1965). “Defensa de la Ribera de Iquitos”, Fondo Nacional de Desarrollo Económico, San Francisco, California.
- Pinedo, N. (1985). “Geotecnia y los Deslizamientos en Iquitos”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ruegg, W. y Rozengweig, A. (1949). “Contribución a la Geología de las Formaciones Modernas de Iquitos y la Amazonía Superior”, Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar XXV Aniversario-Parte II.
- Young Bazo, E. y Tenorio, M. (1948). “ Informe sobre el Muelle y Defensa de Iquitos”, Ministerio de Hacienda, Dirección de Puertos, Lima, Perú.

Tabla N° 4 Valores Medios y Desviaciones Estándar de las Propiedades Físicas de los Suelos Sector Iquitos-Iquitos

N°	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	MH	ML	SC	SM	SP	SP-SM	CH	OL
	1	Humedad Natural (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(10.0-54.0) 27.4 6.8	(9.0-47.3) 23.4 7.3	(12.5-46.0) 30.7 8.3	(16.4-34.0) 25.4 6	(7.2-29.1) 18.7 4.5	(6.2-33.9) 14.9 7.3	(2.9-22.4) 10.7 6.1	(5.0-21.0) 13.5 5.4	-- -- --
2	Límite Líquido (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(50.0-112.0) 62.7 10.9	(21.2-55.0) 39.5 6.8	(51.0-94.0) 67.5 10.4	(28.0-49.0) 37 7.1	(22.0-61.0) 36.4 11.2	(16.0-30.0) 21.9 3.8	-- -- --	(17.0-28.0) 19.3 3.9	(51.0-107.0) 70 16	(35.0-45.0) 40.8 5.1
3	Límite Plástico (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(14.0-40.0) 24.5 5.1	(11.5-27.0) 19.9 3.1	(29.0-53.0) 38 6.6	(22.0-30.0) 26.5 2.6	(13.0-39.0) 17.4 5.5	-- -- --	-- -- --	-- -- --	(29.68.0) 41 12.3	(26.0-37.0) 31.5 4.9
4	Índice Plástico (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(22.0-73.0) 38.3 9.5	(8.0-38.0) 19.7 6.1	(20.0-47.0) 29.5 6.9	(4.0-20.0) 10.2 5.4	(8.0-35.3) 19 8.3	-- -- --	-- -- --	-- -- --	(12.0-47.0) 29 11.5	(6.0-12.0) 9.3 2.8
5	Límite de Contracción (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(10.0-35.0) 15.5 5.6	(9.0-33.0) 23.2 9.6	(16.0-38.0) 28.3 6.9	-- -- --	(12.0-224) 17.2 52	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --
6	Contenido de Finos, % que pasa la malla 200	Rango Promedio Desv. Est.	(50.5-100.0) 91.6 9.6	(50.7-100.0) 84.2 13.5	(50.5-100.0) 90.5 13.2	(50.2-98.8) 73.6 18.7	(21.9-49.9) 41 7.6	(12.4-42.0) 25.4 10.9	(0.5-4.7) 2.7 1.3	(5.0-11.6) 7.3 2	(58.9-100.0) 87.2 19.5	-- -- --
7	Diámetro 50 (mm)	Rango Promedio Desv. Est.	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	(0.074-0.374) 0.16 0.087	(0.144-0458) 0.227 0.063	(0.183-0.540) 0.322 0.089	(0.109-0.527) 0.287 0.09	-- -- --	-- -- --
8	Peso Especifico de Sólidos (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(2.55-2.81) 2.65 0.08	(2.55-2.80) 2.62 0.05	(2.48-2.79) 2.59 0.1	(2.5-2.65) 2.6 0.06	(2.63-2.76) 2.66 0.04	(2.53-2.70) 2.62 0.04	(2.54-2.74) 2.65 0.05	(2.60-2.67) 2.64 0.02	(2.12-2.45) 2.31 0.17	-- -- --
9	Densidad Natural (gr/cc)	Rango Promedio Desv. Est.	(1.69-2.09) 1.92 0.1	(1.84-2.06) 1.96 0.06	(1.61-1.99) 1.86 0.12	-- -- --	(1.9-2.07) 2 0.07	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --
10	Contenido de Coloides < 0.002 mm	Rango Promedio Desv. Est.	(27.0-68.0) 45.4 11.3	-- -- --	-- -- --	-- -- --	(20.0-31.9) 24.2 6.7	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --
11	Grado de Saturación (%)	Rango Promedio Desv. Est.	(77.5-100.0) 90.4 6.1	(79.9-100.0) 87.1 7.6	-- -- --	-- -- --	(73.8-95.4) 85.3 9.8	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --
12	Relación de Vacíos, e.	Rango Promedio Desv. Est.	(0.65-1.21) 0.92 0.18	(0.53-0.85) 0.66 0.11	-- -- --	-- -- --	(0.51-0.61) 0.57 0.04	-- -- --	(0.50-0.55) 0.52 0.83	-- -- --	-- -- --	-- -- --

Tabla N° 5 Valores Medios y Desviaciones Estándar de las Propiedades Físicas de los Suelos Sector San Juan-Iquitos

N°	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	MH	ML	SC	SM	SP	SP-SM	CH	OL
	1	Humedad Natural (%)	Rango	(18.0-63.20)	(14.4-32.9)	(10.5-26.0)	(14.0-24.8)	(10.5-25.6)	(3.5-6.5)	--	--	(16.3-19.3)
Promedio			34.3	22.4	15.4	19.5	16.1	4.8	--	--	17.7	
Desv. Est.			9	5.4	5.7	4.4	4.6	1.2	--	--	1.5	
2	Límite Líquido (%)	Rango	(51.0-98.0)	(24.0-49.0)	(14.5-48.0)	(20.0-61.4)	(17.4-27.2)	--	--	(18.0-20.0)	(22.0-28.0)	
		Promedio	71.5	36.5	26.1	31.7	19.9	--	--	19	24.3	
		Desv. Est.	12.8	6.5	13.4	9	2.9	--	--	1	3.2	
3	Límite Plástico (%)	Rango	(13.0-28.0)	(12.0-79.0)	--	(10.0-24.0)	--	--	--	(13.0-15.0)	(16.0-22.0)	
		Promedio	26.4	17.2	--	15.5	--	--	--	13.7	18.3	
		Desv. Est.	5.2	2.9	--	2.9	--	--	--	1.2	3.2	
4	Índice Plástico (%)	Rango	(29.0-64.3)	(8.0-30.0)	--	(7.0-37.4)	--	--	--	(5.0-6.0)	--	
		Promedio	45	19.2	--	16.2	--	--	--	5.3	--	
		Desv. Est.	10.1	5.7	--	7.1	--	--	--	0.6	--	
5	Límite de Contracción (%)	Rango	(12.1-23.7)	(16.0-18.5)	--	--	--	--	--	--	--	
		Promedio	18.1	17.3	--	-	--	--	--	--	--	
		Desv. Est.	3.8	1.1	--	--	--	--	--	--	--	
6	Contenido de Finos, % que pasa la malla 200	Rango	(63.0-100.0)	(54.7-99.5)	(51.5-87.1)	(18.0-49.5)	(13.3-27.8)	(1.0-4.2)	(5.8-9.5)	(33.0-43.9)	(59.2-65.9)	
		Promedio	92.3	73.4	59.6	37.8	24.7	2.4	7	39.5	63.2	
		Desv. Est.	8.3	13.7	17.3	8.3	9.4	1.2	1.5	5.7	22.3	
7	Diámetro 50 (mm)	Rango	--	--	--	(0.074-0.256)	(0.135-0.324)	(0.240-0.436)	(0.180-0.449)	(0.100-0.145)	--	
		Promedio	--	--	--	0.146	0.206	0.375	0.283	0.118	--	
		Desv. Est.	--	--	--	0.051	0.063	0.08	0.109	0.024	--	
8	Peso Especifico de Solidos (%)	Rango	(2.61-2.69)	(2.61-2.68)	--	(2.62-2.65)	--	(2.65-2.66)	--	--	(2.63-2.67)	
		Promedio	2.65	2.64	--	2.63	--	2.66	--	--	2.65	
		Desv. Est.	0.03	0.03	--	0.02	--	0.01	--	--	0.02	
9	Densidad Natural (gr/cc)	Rango	(1.61-2.05)	(1.85-2.02)	--	(1.92-1.97)	--	--	--	--	--	
		Promedio	1.85	1.96	--	1.91	--	--	--	--	--	
		Desv. Est.	0.13	0.06	--	0.07	--	--	--	--	--	
10	Contenido de Coloides < 0.002 mm	Rango	(27.8-75.6)	--	--	--	--	--	--	--	--	
		Promedio	48	--	--	--	--	--	--	--	--	
		Desv. Est.	17.2	--	--	--	--	--	--	--	--	
11	Grado de Saturación (%)	Rango	(82.9-99.9)	--	--	(52.3-89.0)	--	--	--	--	--	
		Promedio	90.9	--	--	71.8	--	--	--	--	--	
		Desv. Est.	6.8	--	--	18.5	--	--	--	--	--	
12	Relación de Vacíos e.	Rango	(0.68-1.22)	--	--	(0.63-0.86)	--	--	--	--	--	
		Promedio	1.01	--	--	0.71	--	--	--	--	--	
		Desv. Est.	0.21	--	--	0.1	--	--	--	--	--	



PARTE A: ZONIFICACION GENERAL

ZONA	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA ZONA	USOS PERMITIDOS
I	SECTOR URBANO	SECTOR DE CALLES - SECTOR CALLES	Habitación
II	SECTOR URBANO	SECTOR DE BARRIO ALTO - SECTOR BARRIO ALTO	Habitación
III	SECTOR URBANO	SECTOR DE CALLES DE CALLES	Habitación
IV	SECTOR URBANO	SECTOR DE INCREMENTO DE PAVIMENTO O PAVIMENTO LENTO	Habitación
V	SECTOR URBANO	SECTOR DE INCREMENTO Y/O ACTIVO DE DESARROLLO	Oficina
VI	SECTOR URBANO	SECTOR DE RECONSTRUCCION	Habitación
VII	SECTOR URBANO	SECTOR DE INFLUENCIA DE OBRAS Y OBRAS	Habitación

PARTE B: DIVISION DE LA ZONA I Y II

ZONA	DESCRIPCION	EXTRACTORA	TIPICA	INDICADORES	DIMENSION PROFUNDA
A	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
B	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
C	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
D	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
E	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
F	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
G	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
H	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
I	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
J	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
K	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
L	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
M	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
N	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
O	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
P	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
Q	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
R	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
S	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
T	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
U	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
V	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
W	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
X	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
Y	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO
Z	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO	SECTOR URBANO

Figura N° 1: Plano de Zonificación de la Ciudad de Quito