

TABLA 1. Composición química de las aguas subterráneas en el valle del río Paradas.
 Mg/L/ % equivalente. (Continuación.)

No.	Fecha	Prof. de las muestras	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Residuo seco	pH
POZO 174											
10	25-1-82	2,67	143 52,8	46 28,0	59 19,0	1 0,2	89 18,2	346 52,3	248 29,5	933	7,4
11	" "	12,64	567 50,8	218 32,2	216 16,9	2 0,1	1857 93,1	120 4,4	86 2,5	3 079	7,1
12	" "	17,00	826 56,8	174 19,1	391 23,4	3 0,1	2531 96,3	82 2,3	65 1,4	4 076	7,1
13	" "	22,00	772 53,2	207 23,5	385 23,1	3 0,1	2481 96,4	74 2,1	65 1,5	3 999	7,2
POZO 15											
14	6-2-75	-	218 48,8	92 34,0	87 17,0	2 0,2	364 44,2	310 27,8	395 27,9	1 431	-
15	25-1-77	-	1610 35,0	943 33,8	1639 31,1	0 0,1	6994 86,2	1272 11,6	206 2,2	12 791	6,7
16	25-11-80	1,90	89 49,0	35 31,8	39 18,7	2 0,6	56 18,0	96 22,7	318 59,3	650	7,8
17	" "	12,64	147 46,8	56 29,4	85 23,6	2 0,3	117 21,5	298 40,4	356 38,0	1 064	7,8
18	" "	17,00	145 45,6	55 28,5	94 25,8	1 0,2	121 21,6	322 42,4	347 36,0	1 114	7,9

PRINCIPIOS DE REGIONALIZACION INGENIERO-GEOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCION Y EL PLANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

RESUMEN

En el trabajo se da solución a algunos aspectos relacionados con la ingeniería geológica especial, en lo referente a la elaboración de la regionalización del medio geológico.

En particular esto se realiza para la ciudad de Santiago de Cuba sobre la base de los factores regionales y zonales que inciden en las condiciones ingeniero-geológicas de esta ciudad.

У.Д.К. 551.24 (729.16): 624.131.32

ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРОДА САНТЯГО ДЕ КУБА

Резюме

В статье предлагается решение некоторых аспектов связанных со специальной инженерной геологией, при разработке районирования геологической среды.

В частности, это выполняется для города Сантьяго де Куба на основе региональных и зональных факторов, которые влияют на инженерно-геологические условия этого города.

PRINCIPIOS DE REGIONALIZACION INGENIERO-GEOLÓGICA
PARA LA CONSTRUCCION Y EL PLANEAMIENTO
DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

Ing. Rafael Guardado Lacaba
Asistente del Departamento de Ciencias Geológicas
Aplicadas del ISMMMoA

La actividad geológica del hombre en nuestros días es interesante y multifacética. Se relaciona con la actividad productiva y se materializa de manera diversa: en la producción de bienes materiales, la extracción en los distintos yacimientos de minerales útiles, el desarrollo energético, la construcción de grandes complejos hidro-técnicos, industriales, autopistas, la ampliación y desarrollo de las ciudades, etcétera. Este desarrollo de la actividad productiva del hombre impone la necesidad de un racional aprovechamiento y empleo de los recursos naturales y el medio. Por ello, en la interacción hombre-naturaleza, ocupa un lugar fundamental la relación humana con el medio geológico que le rodea.

Los cambios que ocurren en el medio geológico son muy difíciles de corregir; por esto su estudio y pronóstico es una de las tareas primordiales que actualmente tiene la ingeniería geológica. A la vez el problema de la urbanización adquiere una gran relevancia. La ciudad representa en sí un complicado organismo, compuesta de diferentes complejos, según el carácter asignado a las distintas regiones y los distintos tipos de obras a construir en cada una de ellas, tanto en el plano horizontal como en la profundidad. La ciudad juega un rol muy importante en el desarrollo del medio geológico y en particular influye sobre el medio natural. En los límites urbanos y sus alrededores se transforma el clima, la composición química de las aguas de lluvia, el relieve, la composición y propiedades de las rocas que sirven de base a las obras y a las aguas subterráneas. También ocurren procesos y fenó-

menos geológicos que pueden tener un carácter catastrófico.

Actualmente puede hablarse de la evolución del medio geológico de la ciudad, ya que el desarrollo de la misma sigue determinada dirección y tiene sus leyes que dependen de la dinámica de la propia dirección. Una tarea fundamental del ingeniero geólogo consiste en conocer estas leyes, lo que posibilita pronosticar y garantizar las condiciones normales de explotación y estabilidad de las diferentes obras en la ciudad; no pueden olvidarse tampoco los problemas económicos de la construcción y desarrollo de ciudades.

En este trabajo se ofrece la solución de algunos aspectos relacionados con la ingeniería geológica especial, específicamente lo referente a la elaboración de la regionalización del medio geológico para la ciudad de Santiago de Cuba, según los factores regionales y zonales que inciden en las condiciones ingeniero-geológicas de la ciudad.

Para ejecutar esta tarea se tomó como base el plan de desarrollo de la ciudad de Santiago de Cuba, o plan director, hasta el año 2000. Actualmente los límites de desarrollo de la ciudad de Santiago de Cuba para el año 2000 se determinan para una cota absoluta igual a 100 m, si comparamos las cuatro variantes de desarrollo de la ciudad, la norte, sur, noreste y sureste.

De acuerdo con la constitución geólogo-genética, en los límites de la ciudad se pueden dividir cuatro tipos de regiones ingeniero-geológicas:

I Región: que presenta rocas vulcanógeno-sedimentarias de la Fm. El Cobre, la cual puede ser dividida en dos miembros o subregiones: Caney y Hongolosongo.

II Región: son las rocas terrígeno-carbonatadas de la Fm. La Cruz, que se divide en dos miembros: Quintero y Versalles.

III Región: con un amplio desarrollo de las rocas carbonatadas, dadas por las calizas organógenas de la Fm. Ciudadamar y que representan las terrazas costeras que protegen a la ciudad.

IV Región: en la que se desarrollan potentes estratos de sedimentos arenoso-arcillosos de edad cuaternaria (sedimentos eluviales, deluviales, proluviales, aluviales y antropogénicos) que rodean la bahía de Santiago de Cuba, al norte y noroeste.

I Región (complejo de rocas vulcanógeno-sedimentarias).

En el complejo vulcanógeno-sedimentario de la Fm. El Cobre se incluyen la superficie más antigua y las cotas más altas de la ciudad de Santiago de Cuba. Ella se encuentra al norte y al este de la bahía. La tectónica de esta región está determinada por las condiciones de yacencia de las rocas y por el grado de agrietamiento que presentan las rocas de esta formación. Los límites del primer tipo de región pueden dividirse, según las características y el grado de desmembramiento que posee el relieve, en dos partes: miembro Hongolosongo y miembro Caney.

El miembro Hongolosongo conforma la región donde se encuentran las mayores alturas de la ciudad; el territorio posee un mayor grado de desmembramiento, las rocas yacen hacia el norte con un buzamiento que va de 60 a 30 grados. En esta zona se encuentran dos tipos de grietas, tectónicas y neotectónicas, siendo las primeras las de mayor importancia. En esta subregión se encuentra la "zona de transición tectónica", donde predominan fallas inversas, bloques tumbados, grandes pliegues, sinclinales y anticlinales

que, en la medida que se va hacia Boniato o hacia el norte de la ciudad, se observa que las rocas se encuentran menos alteradas tectónicamente.

Un aspecto interesante de esta región es la yacencia de las aguas subterráneas; la profundidad de yacencia de las mismas está en función del relieve. Por lo general los niveles freáticos están a más de 10 m por lo que no tienen ninguna influencia para la construcción y explotación de las obras.

Los procesos geológicos que tienen lugar en los límites donde se encuentra el miembro Hongolosongo están dados sobre la base del carácter de los procesos gravitacionales, es decir, derrumbes y desprendimientos de rocas, los cuales se observan en distintos cortes de los taludes de la Autopista Nacional. Las rocas del miembro Caney están ampliamente distribuidas al oeste y norte de la bahía de Santiago de Cuba. Las rocas son más variadas, encontrándose lavas porfiríticas andesíticas, aglomerados tobáceos, tobas de distintas granulometrías y otras. La zona presenta un relieve complejo que está en relación con la tectónica de falla de la región. Sus cotas y pendientes son menores que la anterior. El tipo de grietas del miembro Caney es análogo a las del miembro Hongolosongo. Las rocas del miembro Caney poseen niveles freáticos mayores de 10 m, por lo que las oscilaciones de los niveles no tienen una gran peligrosidad para la construcción y explotación de obras.

Los procesos y fenómenos geológicos del miembro Caney están en relación con la alteración tectónica de la zona, ocurriendo procesos gravitacionales tales como desprendimientos y derrumbes de rocas en forma de bloques.

Para la construcción de cualquier obra en la región del primer tipo hay que tener en cuenta algunas particulari-

dades. Los resultados de las investigaciones de las propiedades físico-mecánicas de las rocas testifican que son rocas resistentes. Sin embargo, las condiciones normativas de explotación de las obras dependerán en primer lugar del carácter de su homogeneidad, del grado de ablandamiento y agrietamiento de las rocas. Esto último determina en alto grado deformaciones diferenciales de las rocas en las bases de las obras. Esta particularidad debe ser considerada al proyectar y construir obras industriales donde las cimentaciones, sobre todo las que sirven de base a las maquinarias y mecanismos, admiten un asentamiento menor de 1 cm; además ante la presencia de una zona de agrietamiento o de una falla desfavorable, o de encontrarse un contacto donde las rocas estén alteradas y el mismo sea débil, será preciso realizar la valoración de la estabilidad, con el objetivo de determinar la superficie de estabilidad o fallo. Reviste especial importancia realizar estos cálculos si la obra es ubicada cerca del borde de un talud o de un corte (problemas presentados durante la construcción de la autopista). Se comprende que la ubicación de las obras debe realizarse en zonas donde no haya fallas tectónicas. En este caso será necesario realizar en la región una investigación detallada para determinar el tipo de carácter del agrietamiento en la base de la obra, con las mediciones de los distintos bloques de grietas y el pronóstico de la deformación y con el cálculo del grado de desintegración de las rocas. Para el caso de las obras pesadas será útil emplear distintos métodos de campo con el objetivo de determinar el módulo de deformación y su variación en los límites de la construcción de la obra, para que en los sucesivos cálculos pueda determinarse el desarrollo del asiento diferencial.

II Región (complejo de rocas terrígeno-carbonatadas).

La Fm. La Cruz se encuentra al este de la bahía de Santiago de Cuba y se divide en dos miembros: Quintero y Versalles.

Las rocas de esta formación sirven de base a las obras que conforman la ciudad de Santiago de Cuba, ya que más de un 70 % de la ciudad de asienta en ellas. Los sedimentos de la Fm. La Cruz yacen desde las mínimas cotas hasta niveles de 120 m. La formación aparece discordantemente sobre las rocas de la Fm. El Cobre.

El relieve de esta región puede dividirse en erosivo, denudativo-plano, ondulado con alturas de 50-70 m para el miembro Quintero y denudativo de zócalo, ondulado o disecionado, con colinas residuales con alturas de 70-100 m y 100-120 m para el miembro Versalles. Claro que el grado de desmembramiento de estas rocas es menor que en las rocas de El Cobre, yacen monoclinamente, por lo que sus pendientes son suaves.

En la segunda región es característico que se formen diferentes tipos de relieve, los que están en dependencia de en qué miembro se encuentren.

Las rocas del miembro Quintero están hacia el norte de la bahía de Santiago de Cuba y se representan por un complejo de rocas conglomeráticas, integradas por material margoso-arcilloso con clastos de rocas volcánicas, efusivas, sedimentarias, calizas, etcétera que en la superficie afloran con una potencia de 39-40 m. El relieve es típico erosivo-denudativo.

Para la valoración ingeniero-geológica de estas rocas debe prestarse atención a la variabilidad de su base en los límites del contorno de cada obra. Para esto pueden ser divididas en perfiles que caractericen la base:

1. Margas con distintas cantidades de clastos de la Fm. El Cobre; para investigar esta base se requiere estudiar el por ciento de contenido de clastos, así como los cambios de este contenido en los límites del asiento; como es conocido, para un contenido de 30 % menor, los

edificios altos quedan excluidos, debido a que la deformación y resistencia de la roca queda a expensas del material margoso. Debe considerarse que la resistencia y la deformación de las margas están en dependencia del grado de agrietamiento y ablandamiento, lo que por lo general es la causa del desarrollo de deformaciones diferenciales en las bases de las obras. Los cambios bruscos de la capacidad soportante de las rocas de las bases pueden ser provocados por el humedecimiento de las margas, originado por la posible penetración del agua en las grietas. En estos casos se observa una disminución de la capacidad de deformación de las rocas en más de dos veces.

Una mayor compresibilidad diferencial puede surgir de nuevo en las obras donde este conglomerado posea fragmentos con un 30 hasta un 70 %. Las investigaciones serán distribuidas de forma tal que unan en el plano y la profundidad todos los datos necesarios para el cálculo de la estabilidad de la obra. Para un contenido mayor de 70 %, la base se analizará como relativamente homogénea y las propiedades que se determinen serán según la composición de los fragmentos y en estos casos puede analizarse como una característica secundaria del perfil de la base.

2. Conglomerados de composición polimíctica, con un cemento arcilloso-carbonatado; estas bases pueden analizarse como favorables, todo queda en función del cemento. La magnitud de la presión normativa en estos conglomerados está en dependencia del tipo de cimentación. El cálculo del asiento puede no realizarse si el módulo de deformación es mayor de 500 kg/cm^2 .
3. Areniscas poco calcáreas y conglomerados; estos suelos pueden considerarse como bases favorables.
4. Presencia de arcillas con material calcáreo, cavernosas, poco densas; en las bases de obras pesadas pueden pro-

vocar el desarrollo de asientos diferenciales. Hay que tomar en cuenta las fallas irregulares y la actividad de las aguas industriales.

Las rocas del miembro Versailles tienen gran significado para la valoración de obras civiles e industriales. Estas rocas afloran en cotas mayores que el miembro Quintero.

La parte más antigua de la ciudad descansa sobre esta formación, de ahí su importancia económica y cultural. El relieve en forma de meseta, en algunos casos escalonada, ha sido la fórmula para que se asentase la ciudad desde su inicio; sus pendientes son en algunos casos favorables y en otros no, como es característico para este tipo de estructura. Sin embargo el hombre ha buscado formas superiores de construcción y ha solucionado este problema.

Las rocas del miembro Versailles presentan visualmente un aspecto terroso en sus partes superficiales y en el perfil, a excepción de las variedades compactas. Estas rocas de cobertura, a menudo se encuentran manchadas en pequeñas áreas de material rojizo, debido a las soluciones cargadas de hierro, que al atravesar grietas y cavernas actúan sobre ellas.

Las rocas de este miembro están formadas por material arcilloso con distinta cantidad de material calcáreo o calizo, además de margas, margas calcáreas algo arcillosas, calizas margosas y conglomerados. Se caracterizan por tener las grietas cerradas. Según los datos de las perforaciones, por lo general, la recuperación del testigo es de 95-100 % y sólo en algunos horizontes donde existe un fuerte agrietamiento, la recuperación disminuye a un 50 %. Por lo general la disminución de la recuperación se observa a una profundidad de más de 40 m .

Las rocas del miembro Versailles presentan zonas donde los niveles freáticos están sobre 10 m y a menos de 10 m en

las partes bajas (por ejemplo pozo 139 de Aguadores) la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas está a 2,30 m y a la vez poseen una cota absoluta de 40 m .

Más apartado del pozo el espejo de las aguas subterráneas aparece a 15 m, lo que hace pensar que se debe a que las grietas de la superficie se encuentran cerradas. Los aforos realizados dan a estas rocas un coeficiente de filtración de 1 m/día, para una profundidad de 16 m (el aforo con una bomba) dio un incremento del coeficiente de filtración de 1,2 - 1,4 m/día.

Las rocas del miembro Versalles pueden ser divididas según el perfil en rocas en las cuales:

a) Predominan los suelos arcillosos que contienen distintas cantidades de material calcáreo, que aumenta con la profundidad y transiciona a marga. Se observa una transición de las rocas arcillosas a las margosas. Casi siempre los sedimentos arcillosos contienen determinada cantidad de fragmentos calcáreos. Los sedimentos arcillosos en su composición presentan una alta actividad de minerales arcillosos, de ahí su grado de plasticidad. Por esto la constitución física de estos suelos según su consistencia conlleva a un contenido de fracciones arcillosas ($< 0,002$ mm). En los límites de los primeros 2 o 3 m de la superficie, por lo general, yacen suelos menos arcillosos, menos húmedos, claro que esto hace que disminuyan las características de la resistencia y deformación. Para estos suelos es característico el desarrollo de procesos reológicos. La construcción de obras pesadas en ellos exige la realización de investigaciones especiales y una valoración individual de los mismos.

La proyección de las obras en estas arcillas plásticas se recomienda realizar según el I estado límite, con

una comprobación de la estabilidad de la obra según la deformación.

b) El segundo tipo de base de depósitos del miembro Versalles se caracteriza por la presencia en el perfil de dos estratos, que se diferencian por sus propiedades. El estrato superior está formado por arcillas con distinto grado de plasticidad, comparativamente no presentan una gran potencia; el estrato superior está compuesto por suelos margosos más densos y resistentes. Cuando nos encontramos con este tipo de perfil pueden analizarse dos variantes posibles: una, que la marga sea una roca resistente y estable y que posea un módulo de deformación mayor de 800 kg/cm^2 ; y otra, que la marga tenga un elevado agrietamiento, una alta humedad y un módulo de deformación menor de $200-300 \text{ kg/cm}^2$. En el primer caso la profundidad de yacencia de las margas determinará la profundidad de la zona activa (su magnitud) de la obra. Calculando que en las partes superiores del perfil yacen las capas más débiles, es necesario tener en cuenta que es posible la concentración de las tensiones en los suelos arcillosos. En este caso podría tenerse un problema análogo al primer tipo de base. La segunda variante es un caso típico de base heterogénea y en ella es necesario buscar un aumento del módulo de deformación y calcular la base como en el primer tipo. La existencia en el perfil de una variada composición litológica y de sus propiedades físico-mecánicas tiene una gran importancia para las distintas construcciones, sobre todo para aquellas que se proyectan cerca de los taludes. Una gran parte de las obras de la ciudad de Santiago de Cuba están en taludes y es preciso tomar las medidas para que no ocurran desastres (obsérvese el deslizamiento del talud de la Escuela Formadora de Maestros "Frank País").

El tercer tipo de base está representado por una capa poco potente de arcilla margosa interestratificada con suelo calcáreo que transiciona a caliza.

Para la valoración ingeniero-geológica de tal base natural se requiere investigar las propiedades de las rocas más resistentes y más débiles, así como su potencia. Los suelos calcáreos que transicionan a calizas compactas presentan una potencia que sobrepasa los 100 m de profundidad (Informe Geológico Fábrica de Cemento de Santiago de Cuba). Análisis realizados al suelo calcáreo indican que este presenta valores promedio de 509 kg/cm². Las calizas aumentan su valor a más de 800 kg/cm². No puede pasarse por alto el agrietamiento aunque ya a 20-30 m las rocas están carsificadas, lo que se pone de manifiesto en algunas calas realizadas en la ciudad. Este nivel de carsificación, en algunos casos se relaciona con el nivel de las aguas subterráneas. No obstante hay que estudiar detalladamente las obras de la región para no dejar pasar por alto las posibles cavidades cárnicas.

El cuarto tipo de base natural es análogo al anterior y correspondió al segundo tipo del miembro Quintero. Sin embargo, esta base tiene cuestiones específicas debido a que los fragmentos predominantes en el conglomerado son más calcáreos que los del miembro Quintero y están más consolidados; su densidad oscila entre 2,65-2,71 g/cm³ y su humedad promedio es de 15-25 %. Son rocas más estables y resistentes.

III Región: Se desarrollan las calizas fragmentadas de la Fm. Ciudadamar que aparece al sur de la ciudad, formando una barrera que la protege. Estas calizas de edad cuaternaria son rocas sólidas y resistentes y constituyen buenas bases para la construcción. El relieve de la formación es de terraza, meseta, suave, poco ondulado. En esta área se encuentra el aeropuerto internacional "Antonio Maceo".

En la región se observan los fenómenos de abrasión marina y el desprendimiento de grandes bloques. El más interesante fenómeno es el carso, observándose el karren superficial y algunas formaciones cárnicas subterráneas.

IV Región: Donde se desarrollan ampliamente los depósitos cuaternarios, que coinciden con los valles del río San Juan, Paradas, Caimanes y Gascón, donde se distribuyen los sedimentos aluviales y en las partes bajas de los ríos Paradas, Caimanes y Gascón se forman los sedimentos deluviales proluviales. Los sedimentos antropogénicos son los formados por la actividad del hombre y se desarrollan en la zona costera (el puerto viejo y nuevo y la zona del basurero municipal).

Entre las zonas más importantes donde se desarrollan los sedimentos cuaternarios está la de San Juan, que ocupa una gran área al noreste de la ciudad. Esta zona sigue el cauce del río del mismo nombre hasta cerca de su desembocadura. La zona noroeste de Santiago de Cuba consiste en una faja que va bordeando toda la bahía hasta un poco antes de la refinería "Hermanos Díaz".

Los sedimentos eluviales no presentan un desarrollo tan grande como los anteriormente señalados. Los sedimentos eluviales poseen una formación poco potente, puede decirse que para la zona de construcción puede obtenerse la profundidad de desplante, desplantando la capa de suelo eluvial y construyendo sobre las bases de rocas semiduras de la Fm. El Cobre descritas anteriormente.

Una menor importancia desde el punto de vista ingeniero-geológico presentan los depósitos deluviales proluviales que se forman generalmente en la intersección de los taludes de la Fm. El Cobre y los cuaternarios. Estos sedimentos, además, han sido poco estudiados.

Es fundamental el análisis de los suelos artificiales o antropogénicos que se distribuyen en la zona portuaria y en la parte noroeste de la bahía.

En correspondencia con el tipo genético, los sedimentos cuaternarios de este tipo pueden ser divididos en cuatro zonas:

1. Zona donde las rocas sirven de base a las obras y que poseen una deformación aluvial deluvial.
2. Zona donde se desarrollan los sedimentos eluviales.
3. Zona de desarrollo de los sedimentos proluviales deluviales.
4. Zona donde se desarrollan los sedimentos artificiales o antropogénicos.

Los sedimentos cuaternarios aparecen en la menor cota topográfica de la ciudad. Las mayores cotas de los sedimentos cuaternarios están expresadas en el valle del río San Juan, con una cota de 10-40 m, y para los sedimentos del norte y noroeste de la bahía la cota máxima es de 20 m.

Hay que destacar que alrededor de un 20 % de las grandes industrias de Santiago de Cuba y del país están asentadas sobre estos sedimentos y en un mayor porcentaje viviendas de la población.

La diferencia en la cota absoluta de los sedimentos determina en algunos casos el estado y las propiedades físico-mecánicas de los depósitos descritos. Al mismo tiempo hay que señalar que las particularidades generales del perfil de los sedimentos aluviales forman un complejo de rocas interestratificadas que se diferencian entre sí por su composición granulométrica, estado físico, su relación con la humedad; ellas cambian no sólo en el perfil sino también en extensión.

Todos los depósitos aluviales poseen un significativo grado de irrigación. La diferencia de las distintas oscilaciones de los niveles de las aguas subterráneas es causada por los cambios que dependen de las precipitaciones atmosféricas y de la actividad económica y productiva del hombre. El nivel freático de las aguas subterráneas yace por lo general a 1 m de profundidad, en algunas zonas de la región pueden aparecer más profundas, pero su media está entre 1 y 1,5 m. Claro que en épocas de lluvia el nivel freático aumenta de tal manera que provoca zonas de inundación, como la que ocurre en el valle del río San Juan. El régimen de las aguas subterráneas del río Paradas y del río Caimanes depende en mayor medida del trabajo de las industrias que se distribuyen en la zona y de la explotación de los pozos que abastecen de agua a la refinería. El nivel freático en este territorio es alto, alrededor de 1 m, pero se diferencia por la composición química. Se observa un aumento de la mineralización, un incremento del contenido de iones SO_4^{--} , de nitratos y nitritos que influyen en los cambios del tipo de aguas subterráneas, haciéndolas de una u otra forma agresivas. En muchos casos encontramos que las aguas están salinizadas, que es el resultado de la composición química de las aguas y de la explotación indiscriminada de los pozos de la cuenca.

Las cimentaciones que se proyecten en la zona de Paradas e Caimanes deben realizarse tomando en consideración la oscilación de los niveles freáticos y además la composición química de las aguas.

Como ya se señaló, en el perfil aparecen bases de las obras, refiriéndonos a los depósitos aluviales, suelos con distinto grado de arcillificación, es decir, desde arcilla típica hasta suelos arenoso-arcillosos y también suelos friables no cohesivos, arenas con distinto grado de

granulometría hasta llegar a gravas. Por esta razón puede hacerse una división de los depósitos aluviales, según el perfil de las bases:

1. Alternancia de capas poco potentes (hasta 1,5 m) de suelos arcillosos con arenas; para esto la capa soportante puede ser la de los suelos arcillosos.
2. Alternancia de capas poco potentes de suelos arcillosos con arenas, pero la capa soportante o de apoyo puede ser el suelo arenoso.
3. Interestratificación de una potente capa de suelo arcilloso con una capa de suelo friable no cohesivo.
4. Una base relativamente arcillosa (para una profundidad dada yacen sedimentos arenosos).

Como se observa de los distintos tipos de bases, representan un gran rol en la estabilidad de las obras las formaciones arcillosas. Los depósitos arenosos pueden servir de capa soportante sólo en el distrito "José Martí", cerca de los ríos Caimanes y Paradas. En el mayor de los casos estos suelos son saturados, sólo en los límites del valle del río San Juan los sedimentos arcillosos son más densos, menos húmedos, con una consistencia viscoso-plástica o semirrígida.

Los suelos aluviales arcillosos del río Paradas y Caimanes son menos densos, más húmedos, su consistencia es débilmente plástica, raras veces es fuertemente plástica. En las condiciones donde las aguas subterráneas son más altas, tales como los sedimentos deltaicos, se presenta una consistencia de fluida plástica a fluida. Esta formación representa un tipo único de suelo débilmente salinizado, con un alto contenido de material orgánico y con distintos grados de composición.

Debe destacarse que la determinación del territorio para la valoración de las condiciones constructivas en los

sedimentos aluviales puede hallarse en relación con el contenido del suelo de diferentes tipos de material gravoso o fragmentario. Cuantitativamente esto sirve para caracterizar en las bases de las obras todo lo que puede estar relacionado con las deformaciones diferenciales.

En resumen, hay que tener en cuenta que en la región en que se desarrollan los depósitos aluviales del río Paradas y del Caimanes, donde se construye y proyecta la zona industrial de la ciudad, existen condiciones desfavorables desde el punto de vista ingeniero-geológico. En la región se encuentran las rocas más débiles, las menos consolidadas, los niveles freáticos altos, las aguas tienen una mineralización alta y las aguas subterráneas una mayor agresividad.

Las bases de los edificios, al levantar las obras en arcillas sobresaturadas, establecen el carácter de corrección del proceso de consolidación bajo la influencia de toda la obra. Sobre la base de los datos de la posibilidad de compactación de los suelos arcillosos, pueden seleccionarse y determinarse los parámetros que pronostican la deformabilidad de los suelos, puntualizándose de acuerdo a los esquemas de cálculo de la estabilidad de la obra.

Los estudios realizados en la región arrojan que los cuaternarios del norte y noroeste de la bahía son más desfavorables que los que conforman el río San Juan.

El empleo del esquema de regionalización ingeniero-geológico y la zonalidad de los factores naturales climáticos que presenta la región, ayudarán grandemente a una mejor tipificación del medio geológico, para realizar un correcto planeamiento de la ciudad y buscar soluciones prácticas para los distintos tipos de obras que se construyen en la ciudad de Santiago de Cuba.

REFERENCIAS

1. DASHKO, R. E. y A. A. Kagán: Mecánica de suelos en la práctica de la geología aplicada a la ingeniería. Ed. Mir, Moscú, 1980.
2. KOTLOV, F. V.: Variaciones del medio geológico bajo la influencia de la actividad humana. Ed. Nedra, Moscú, 1980 (en ruso).
3. LOMTADZE, V. D.: Ingeniería geológica, Ingeniería petrológica. Ed. Nedra, Moscú, 1980 (en ruso).
4. ZAJAROV, P. S.: "El medio geológico y la ingeniería geológica regional". Revista Ingeniería Geológica, Academia de Ciencias de la URSS, no. 6, 1980 (en ruso).

CDU 550.812.2:553.48 (729.16

© Revista Minería y Geología, Cuba

MÉTODOS GRÁFICOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE ALGUNOS PARÁMETROS GEOLOGO-INDUSTRIALES Y LA CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES GEOLOGICOS EN EL YACIMIENTO MOA

RESUMEN

En el trabajo se muestra la conveniencia de la utilización de sencillos métodos gráficos para el análisis del carácter y el grado de variabilidad de los parámetros geólogo-industriales, potencia del cuerpo mineral y contenido de níquel en los mismos.

Se muestra en el gráfico la interrelación existente entre estos indicadores. Se recomienda la utilización del método para la división del yacimiento en bloques geológicos.

У.Д.К. 550.812.2:553.48/729.16)

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОА

Резюме

В работе показывается целесообразность использования простых графических методов для анализа характера и степени изменчивос-