

CDU: 624.131.43 (729.16)

COMPORTAMIENTO Y PROPIEDADES FISICO MECANICAS
DE LOS SEDIMENTOS CUATERNARIOS
EN LA CIUDAD
DE SANTIAGO DE CUBA

Ing. Rafael Guardado Lacaba, Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN

Los sedimentos cuaternarios en la ciudad de Santiago de Cuba abarcan toda su periferia; en el presente artículo se describen los diferentes tipos genéticos de rocas y suelos que componen los sedimentos cuaternarios. Según la clasificación ingeniero-geológica e ingeniero-petrológica estos suelos pueden quedar divididos en rocas semiduras del grupo II (calizas costeras) y rocas del grupo III y IV (suelos arenosos y arcillosos).

En el trabajo se brinda una valoración del comportamiento de los suelos antes mencionados, y se valoran las propiedades físico-mecánicas de las rocas, evaluándose estos como base natural para las futuras obras ingenieriles.

ABSTRACT

The quaternary sediments in Santiago de Cuba city include all its periphery; in this paper we describe the different rock genetic types and soils that compose the quaternary sediments. As the engineering-geological and engineering-petrologic dosage these soils can be divided into, half hard rocks from the group II (outward limestones) and rocks from the group III and IV (clayey and sandy soils).

In this paper we bring an appraisal of the soils behaviour mentioned above and value the rock physical-mechanical properties, appraising these as a natural basis for the future engineering works.

6. La ausencia de contacto entre la Fm. La Picota y la Fm. Sierra del Purial.
7. La yacencia del nappe Sierra Cristal, sobre diversas formaciones (Sierra del Purial, Anfibolitas Macambo, Santo Domingo, etc.).
8. La génesis de la Fm. La Picota.
10. La correlación entre la Sierra Cristal y Sierra del Purial con las áreas caribeñas cercanas.
9. CORDOVES, R.: "Geología del área Toa-Duaba-Baracoa". Trabajo de Diploma. Facultad de Geología ISMM, 1978.
10. DIETZ, R. S.: "Alpine serpentinites as oceanic rim fragments". Geological Society of American Bulletin. Vol. 74, 1963.
11. HATTEN, C., W.: "Principal features of Cuban Geology". Discusión A.A.P.G. Bulletin 51, No. 5, 1967.
12. HESS, H., H.: "Serpentinites, orogeny and epeirogeny". Geological Society of American Spec. Paper 62. 1955.
13. HESS, H., H.: "History of ocean basins in petrologic studies". Geological Society of American. Vol. 73, No. 3, New York, 1962.
14. KNIPPER, A. y CABRERA R.: "Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y el eugeosinclinal y del cinturón hiperbásico de Cuba". Publicado en "Contribución a la Geología de Cuba" Pub esp. No. 2, A.C., Instituto de Geología, 1974.
15. KESSLER, S.: "Petrology of the Terre-Neuve igneous Province Northern Haiti". The Geological Society of America. Memoir 130, 1971.
16. P., J., KRIJNEN: "Geology of Northern, Central and South Eastern of Blue Mountains, Jamaica, with a provisional compilation map of the entire inlier". Geologie en Mijnbouw. Vol 57, No. 2.
17. MATTSON, P.: "Estructura de nappe de las ofiolitas del Cretácico Medio de Puerto Rico y su relación con la evolución tectónica de las Antillas Mayores". Traducción en la Facultad de Geología. ISMM, 1972.
18. QUINTAS, F.: "Nuevos datos facio-estructurales de la provincia Guantánamo". Manuscrito Facultad de Geología. ISMM, 1979.
19. SOMIN, M., L. y G., MILLAN: "Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas". Serie Geológica No. 27. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.
20. WADGE, G. y G., DAPER: "Structural Geology of the South eastern Blue Mountains, Jamaica". Geologie en Mijnbouw. Vol. 57. No. 2, 1978.

REFERENCIAS

1. ADAMOVICH, A. y V. CHEJOVICH: "Principales características de la geología y los minerales útiles de la región nordeste de la provincia de oriente". Rev. Tecnológica. Vol. 2 No. 1, 1964
2. BOWIN, C., O.: "Geology of Central Dominican Republic (A case history of part of island arc)". Geological Society of American Bulletin Memoir 98.
3. BAYANOV, I.; G. GORANOV, CABRERA R.: "Algunos nuevos datos sobre la geología de los complejos de anfibolitas y granitoides en la parte sur de Las Villas". Serie geológica No. 19, Academia de Ciencias de Cuba, 1975.
4. BUTTERLIN, J.: "Geologie générale et regionale de la République D' Haiti". Institut des Hautes Etudes de L'amerique Latine, 1960.
5. BUTTERLIN, J.: "Regards sur l'origine et l' evolution des unités structurales de la région del Caraibes". Extrait du Bulletin de la Societé Geologique de France 7^e Série, t x IV, 1972.
6. COBIELLA, J.; M. CAMPOS, y OTROS: "Geología del Flanco sur de la Sierra del Purial". La Minería en Cuba. Vol 3 No. 1 y 2, 1975.
7. COBIELLA, J., y OTROS: Geología de la región central y suroriental de la provincia de Guantánamo. Editorial Oriente (en prensa).
8. COBIELLA, J.: "Estratigrafía y paleografía del Paleógeno de Cuba oriental". Disertación para la obtención del grado científico de Cand. a Dr. en Ciencias Técnicas. Memoria. Fac. de Geología. ISMM, 1978.

Los sedimentos cuaternarios en la ciudad de Santiago de Cuba abarcan todo su territorio y las zonas periféricas, estos tipos de rocas son de origen marino (calizas costeras de la Fm. Ciudadamar Q₁₋₃) y del tipo continental (suelos eluviales, preluviales-deluviales, aluviales y tecnogénicos). Pueden quedar ubicados según la clasificación ingeniería geológica [14] en el grupo II para las calizas costeras y III; IV y V para los suelos del tipo continental.

Rocas de origen marino-calizas costeras de la Fm. Ciudadamar (Q₁₋₃)

Las calizas costeras de la Fm. Ciudadamar están formadas por corales y son denominadas como calizas coralinas. Estas rocas según su edad, grado de compactación y recristalización se dividen en dos secuencias. Las primeras son las calizas recristalizadas, cavernosas y densas del pleistoceno inferior y medio Q₁₋₂, las segundas son las calizas organo detriticas no recristalizadas y cavernosas del Plioceno superior Q₃. En general el tamaño de los clastos que conforman estas rocas no es mayor de 3 cm, y su composición química es de CaCO₃ hasta 90-96%. Las rocas de la Fm. Ciudadamar aparecen en la zona litoral al sur de la ciudad, y se extienden de este a oeste desarrollándose hacia el este su potencia y desarrollo.

Estos sedimentos indican el movimiento ascendente en algunas decenas de metros sobre el nivel del mar y están compuestos por tres niveles de terrazas en las zonas del

aeropuerto, Aguadores y Sardinero. Ellos coinciden con las zonas de sedimentos costeros, donde son continuas en las estructuras monoclinales y continuadoras de los movimientos de ascenso contemporáneos.

Las rocas del Pleistoceno inferior-medio de la Fm. Ciudadamar comprenden las rocas arrecifales, tienen color blanco y rosado. Son rocas recristalizadas de textura masiva, densas y cavernosas, alcanzan una potencia de 12 - 18 m y más. Ellas yacen concordantemente con los estratos superiores. Según las observaciones en el microscopio estas rocas presentan una estructura organógena con una matriz pelitomórfica, en la cual se encuentran frecuentemente residuos de restos fósiles rellenos con calcita recristalizada.

Estos sedimentos, en las zonas de Sardinero y Aguadores, poseen características muy particulares como son: yacencia subhorizontal, no se observa un sistema de agrietamiento definido, poseen forma de bloques y son carcificados en los que se pueden observar las diferentes formas del carso superficial, las cuales en algunos casos están rellenas de material arcilloso. Desde el punto de vista ingeniero-geológico las rocas pueden ser agrupadas en el grupo II de las rocas semiduras.

Las rocas de la Fm. Ciudadamar del Pleistoceno superior son cavernosas, organodetríticas, no cristalizadas. Poseen un color blanco, blanco amarillento a rosado, aparecen en la primera terraza con una potencia de 6 a 10 m y algunas ve-

ces mayor. Algunos geólogos tratan estos estratos como rocas de la Fm. Jaimanitas [24].

Estas rocas yacen horizontalmente, y en algunos casos poseen una inclinación de 6 - 9°, en el microscopio se observa una estructura organo detritica con poros, en algunas muestras se encuentran fósiles recristalizados de calcita. Presentan un alto grado de carcificación, en algunas zonas los karren están bien marcados, los embu-

dos cársicos aparecen rellenos de material arcilloso. Estas rocas las podemos clasificar en el segundo grupo de rocas semiduras. Los resultados de las investigaciones experimentales de las propiedades físico-mecánicas y su generalización se muestran en la tabla 1.

En la figura 1 se muestra un perfil esquemático de la distribución de las rocas de la Fm. Ciudadamar en la ciudad de Santiago de Cuba.

Tabla 1 Generalización de las propiedades físico-mecánicas de los sedimentos marinos de la Fm. Ciudadamar (Q₁₋₃)

Propiedades físico-mecánicas	Rocas de la Fm. Ciudadamar	
	Sedimentos Pleistoceno inferior medio (Q ₁₋₂)	Sedimentos Pleistoceno superior (Q ₃)
Densidad de la parte mineral g/cm ³	2,66 - 2,71 (54) 2,68	2,60 - 2,64 (48) 2,63
Densidad de la roca g/cm ³	2,64 - 2,69 (48) 2,66	2,53 - 2,64 (48) 2,60
Saturación	1,70 - 1,91 (68)	14,4 - 22,6 (48) 21,3
Resistencia temporal a la compresión Rt, MPa	160 (seca) 82 (saturada)	12-42 (seca) 8-30 (saturada)
Módulo general de la deformación. E ₀ ; MPa	-	10 - 120* 105 (32)
Coefficiente de ablandamiento.	0,71	0,78 - 0,96

Menor - Mayor (Número de muestras)
Promedio (X̄)

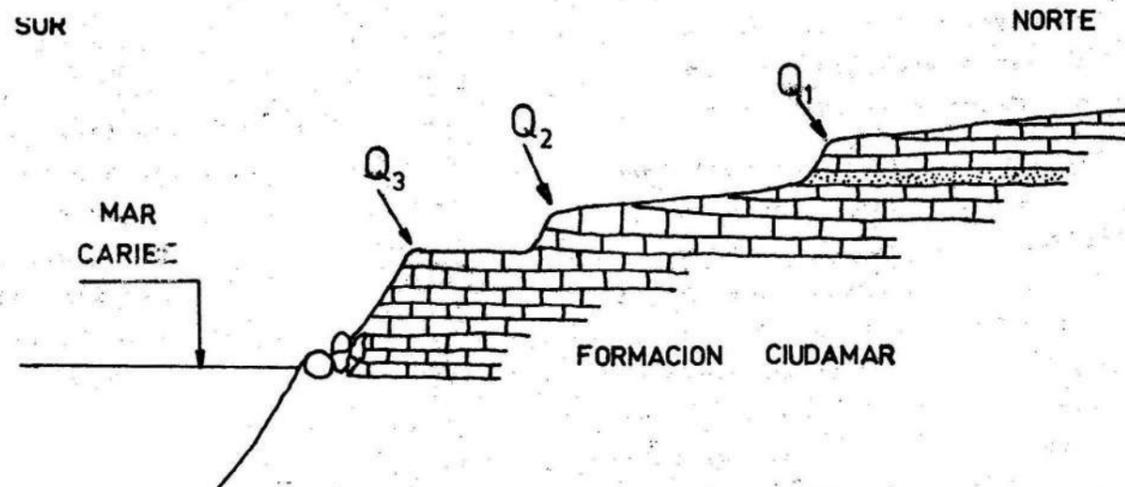


Figura 1

Las rocas cuaternarias de la Fm. Ciudadamar pueden ser evaluadas desde el punto de vista ingeniero geológico como rocas de una alta resistencia y de poca deformación pudiendo ser empleadas, como bases naturales de cimentaciones de obras civiles, y como materiales de construcción. Además, estas rocas pueden ser usadas como material ornamental en construcciones.

Sedimentos de origen continental

Sedimentos eluviales el Q. : Estos suelos en el territorio de Santiago de Cuba tienen una amplia distribución, se encuentran en las cotas inferiores donde yacen las rocas de la Fm. El Cobre, afloran con poca potencia, sin embargo para la construcción de obras ingenieriles pesadas deben ser analizados desde el aspecto geotécnico. En la práctica estas rocas se emplean frecuentemente como bases de cimentaciones de edificaciones. Sobre ellas se han construido algunos objetos industriales y se han empleado como materiales de construcción, por ejemplo; en la

construcción del terraplen de la autopista Santiago de Cuba - San Luis.

Los sedimentos eluviales de la ciudad de Santiago de Cuba son variados, ellos están en dependencia de las rocas madres de las Fm. El Cobre, La Cruz y Ciudadamar. Su potencia por lo tanto es variable pero en muchas zonas supera los 15 m.

Características de las rocas eluviales del miembro Caney Pg₁₋₂ : poseen una granulometría muy heterogénea, dependen de la composición de la roca original y del grado de desarrollo alcanzado por el proceso de la meteorización. Los datos de campo y laboratorio indican los cambios de las propiedades físicas y mecánicas, en particular la resistencia al cortante de los complejos de rocas de este miembro.

La composición y propiedades de los sedimentos eluviales varían con la altura. En dependencia de la coincidencia con los distintos tipos de relieve se pueden diferenciar las

Tabla 2 Propiedades físico-mecánicas de los sedimentos eluviales de las rocas en la ciudad de Santiago de Cuba.

Denominación de las rocas	Densidad de la roca t/m ³	Humedad nat.		Índice plasticidad IP. %	Módulo de deformac. Gener. E ₀		Cohesión C MPa	Ángulo de fricción interna, grados
		W %	W _p %		Gener. E ₀	C		
Rocas eluviales de la Fm. El Cobre: Suelo arcilloso arenoso.	1,78 - 1,97	24 - 32	14 - 16	17,19	0,027	15 - 20		
Arcilla	1,74 - 1,96	20 - 32	23 - 30	14 - 18	0,044	14 - 19		
Rocas eluviales Fm. La Cruz	164 - 192	21 - 32	18 - 30	16 - 20	0,030 - 0,043	14 - 7		
Miembro Quintero. Arcillas	1,78 - 1,93	21 - 28	13 - 16	19 - 34	0,036 - 0,041	19 - 32		
Miembro Versalles. Suelo arcilloso arenoso	1,76 - 1,97	22 - 35	18 - 31	15 - 22	0,034 - 0,041	11 - 18		

cortezas de meteorización de las rocas en la zona premontañosa, hasta la cota absoluta de 550 m en la zona de Boniato y en las áreas inferiores, cota absoluta desde 50 hasta 220 m.

La potencia de la corteza de meteorización disminuye desde las colinas hacia las zonas montañosas, la causa de este fenómeno se encuentra en el drenaje de las aguas superficiales y subterráneas, y a su fuerza erosiva que es mayor en las regiones montañosas. Otro aspecto que tiene relación es el incremento de las pendientes de las laderas, las zonas con una gran pendiente presentan poca potencia o ninguna de meteorización; sin embargo en las de poca inclinación ésta es grande. En las zonas pre-montañosas las rocas se encuentran en distintos grados de desintegración.

En las zonas bajas, de colinas y pre-montañosas se crea un medio ácido, el que se manifiesta en los procesos de cloritización y seritización de las rocas, en los límites de las zonas con cambios del relieve se forman unas reacciones alcalinas. El exceso de elementos alcalinos contribuye a la formación de minerales del grupo de la montmorillonita.

Las rocas eluviales de la Fm. La Cruz se forman como resultado de la meteorización química. Como se observa en el perfil ingeniero-geológico esquemático la potencia de las rocas eluviales en el centro de Santiago de Cuba alcanza valores entre 13 y 18 m. En el desarrollo de la

meteorización química tienen gran influencia las oscilaciones de los niveles freáticos y las condiciones geomorfológicas del territorio. Las condiciones más favorables para su formación se aprecian en el centro de la ciudad en las zonas de Versailles, Altamira y el 30 de Noviembre, en las laderas donde la erosión y el lavado superficial aumenta la potencia del eluvio disminuye.

Los sedimentos eluviales de la Fm. La Cruz están representados por arcillas, suelos arcillosos arenosos y rocas que yacen sobre las arcillas carbonatadas. La composición de las rocas de estos sedimentos depende de las rocas madres, que aparecen en las laderas y las divisorias de las aguas. Según datos de 65 determinaciones en las arcillas margosas, el contenido de fracciones arenosas varía desde 12 hasta el 20 %, la parte fundamental de las rocas la componen las fracciones arcillosas (64 - 82 %), el porcentaje de material arcilloso varía de 10 a 24 %.

Las calizas arcillosas de los eluvios contienen de 22 a 38 % de fracciones arenosas, 18 a 32 % de material arcilloso arenoso y de 38 - 49 % de arcilla.

Las arcillas plásticas contienen las fracciones de arena desde 30 - 42 %; material arcilloso arenoso de 10 a 24 % y arcilla de 38 a 62 %. Como se desprende de los datos anteriores, las reacciones arcillosas componen la mayor parte de los sedimentos eluviales.

La generalización de los parámetros de las rocas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3 Generalización de los valores de las propiedades físicas de las rocas eluviales de la Fm. La Cruz

Propiedades físicas	Arcilla margosa N = 19	Arcilla plástica N = 13	Suelo arcilloso arenoso y arcilla N = 18	Arcilla carbonatada N = 19
Densidad de la parte mineral g/cm ³	<u>2,64 - 2,71</u> 2,67	<u>2,68 - 2,73</u> 2,71	<u>2,74 - 2,70</u> 2,66	<u>2,64 - 2,72</u> 2,68
Densidad de la roca g/cm ³	<u>1,82 - 1,90</u> 1,86	<u>1,91 - 1,90</u> 1,93	<u>1,83 - 1,90</u> 1,83	<u>1,83 - 1,96</u> 1,91
Densidad de la roca seca g/cm ³	<u>1,44 - 1,56</u> 1,50	<u>1,48 - 1,57</u> 1,52	<u>1,44 - 1,53</u> 1,50	<u>1,46 - 1,52</u> 1,49
Coefficiente de porosidad	<u>0,75 - 0,02</u> 0,79	<u>0,73 - 0,86</u> 0,74	<u>0,74 - 0,80</u> 0,78	<u>0,67 - 0,78</u> 0,78
Humedad %	<u>22 - 31</u> 25	<u>22 - 32</u> 24	<u>24 - 27</u> 26	<u>21 - 34</u> 26
Límite líquido	<u>41 - 58</u> 46	<u>44 - 57</u> 53	<u>46 - 55</u> 45	-
Límite plástico	<u>18 - 22</u> 21	<u>19 - 29</u> 23	<u>14 - 34</u> 19	-
Índice plasticidad	<u>16 - 28</u> 33	<u>21 - 40</u> 31	<u>14 - 24</u> 20	-
Coefficiente de saturación	<u>0,76 - 0,97</u> 0,86	<u>0,73 - 0,90</u> 0,87	<u>0,79 - 0,98</u> 0,89	<u>0,73 - 0,90</u> 0,73

desde - hasta
promedio

Las propiedades mecánicas fueron estudiadas a través de la generalización de los resultados de laboratorio y de campo de la ENIA de Santiago de Cuba. Estos resultados se muestran en la tabla 4.

Como se puede observar en las tablas anteriores las arcillas carbonatadas son las que poseen los valores mayores del módulo de deformación general (16,8 - 24,6 MPa), y los valores inferiores las arcillas margosas (E_0 igual a 12 MPa). La densidad de la parte mineral de las rocas varía con intervalos muy estrechos; en las arcillas margosas desde 2,68 a 2,71 t/m³ en las arcillas carbonatadas desde 2,64 a 2,72 t/m³ y en las arcillas desde 2,68 a 2,76 t/m³ y los suelos arcillosos-arenosos desde 2,64 a 2,70 t/m³, los valores promedios para las arcillas margosas son 2,67 t/m³, para las arcillas 2,71 t/m³ los suelos arcillosos arenosos de 2,66 t/m³ y las arcillas carbonatadas de 2,68 t/m³.

La densidad de la roca y su densidad seca aumenta con el incremento del contenido de fracciones arcillosas. Las arcillas plásticas y carbonatadas poseen mayor densidad que las arcillas margosas y los suelos arcillosos-arenosos.

El coeficiente de poros que caracteriza, también, su densidad es alto. Su valor promedio es en las arcillas margosas de 0,79; en las arcillas plásticas de 0,79; en las arcillas carbonatadas de 0,73 y los suelos arcilloso-arenosos de 0,78.

La humedad de las rocas se relaciona con los cambios de las propiedades de ésta. Conocemos que las propiedades como la consistencia, el hinchamiento, la compresibilidad, la resistencia al corte en un grado significativo dependen de la humedad de las rocas. La humedad de estos tipos de rocas no supera los valores de 25 - 28 %.

Sedimentos deluviales-preluviales (dl-pre Q): Los sedimentos deluviales preluviales se distribuyen fundamentalmente al norte y este en los alrededores de la ciudad, y han sido poco estudiados; abarcan alrededor de un 5 % de toda el área analizada. Ellos se encuentran fundamentalmente en las laderas de pequeñas elevaciones; yacen sobre las rocas del Paleogeno y del Neogeno; su potencia es variada. Estos sedimentos se desarrollan en las laderas que conforman las elevaciones de las rocas de la Fm. El Cobre.

Los sedimentos deluviales-preluviales son rocas friables formadas por suelos de composición arenosa, arenosa-arcillosa y suelos arcillosos. La fuente de estos materiales son los depósitos eluviales, es decir las cortezas de meteorización de las rocas efusivas y vulcánicas sedimentarias. La potencia en general varía de 3 - 8 m en algunas zonas alcanzaron los 12 m, su edad es muy difícil de determinar, por su composición, densidad y otras características. Estos sedimentos pueden ubicarse como del

Tabla 4 Tabla de generalidades de los valores del módulo de deformación según los resultados de laboratorio y de campo

Tipos de rocas	Módulo de deformación general E_c		
	Según laboratorio Mpa	Según datos de investigación de campo	Según materiales del instituto de proy. de cimentac. URSS
1. Arcilla margosa	11 - 14,4 12,8	14,8 - 25 18,4	85,4 - 42,1 38,4
2. Suelo arcilloso fuertemente carbonatado	14 - 18 15,4	13,1 - 24,0 15	42,1 - 53,6 45
3. Arcilla carbonatada	13 - 19,4 16,8	21,8 - 27,1 24,6	-

desde - hasta
promedio

cuaternario superior Q_{III} y contemporáneo Q_{IV} .

Los sedimentos deluviales-preliviales poseen un color carmelita y gris, pueden ser agrupados en el grupo III de la clasificación ingeniero geológica [4].

Desde el punto de vista geotécnico estas rocas han sido poco estudiadas. Los datos de la composición granulométrica muestran que estos sedimentos son fundamentalmente arcillosos y arenosos arcillosos. Según los resultados de 32 muestras, el contenido de fracciones arcillosas varía desde 17 - 28 % en el 30 % de las muestras, un 28 - 49 % de material arcilloso está contenido en el 40 % y la cantidad de material arcilloso de 50 hasta 70 % lo componen el 30 %, el valor promedio es de 58 % de material arcilloso, los limos o polvos varían desde 5 hasta 18,8 % pero los más representativos son de 8 a 14 % su valor medio es de 10 % en dependencia de la roca madre.

La densidad de los sedimentos arcillosos deluviales -preliviales pesen en los casos valores entre 1,80 - 1,96 t/m³ y un valor promedio de 1,86 t/m³. La densidad de las partículas minerales varían de 2,66 hasta 2,74 t/m³ y su valor promedio es de 2,70 t/m³. La humedad natural varía desde 17 % hasta el 27 % y su valor promedio es de 23 %. El coeficiente de porosidad es desde 0,54 hasta 0,83, disminuyendo con la profundidad. El módulo de deformación general según los datos de laboratorio poseen un

valor mínimo de 8,03 MPa, medio 10,45 MPa y máximo 21,2 MPa. Según los datos de campo su valor varía de 11,9 hasta 24,5 MPa y su valor promedio es de 16 MPa. La resistencia al cortante de las muestras en el laboratorio indican que el ángulo de fricción interna es de 18 - 24 ° y su valor promedio es de 20 °, la cohesión es algo superior y su valor promedio es de 0,043 MPa

Sedimentos aluviales (al Q) al norte de la bahía y en la parte este de la ciudad aparecen los depósitos aluviales, ellos ocupan aproximadamente un 70 % del área, es decir más de 20 - 25 km². Están compuestos por gravas, arenas, suelos arcillosos arenosos y arcillas con un contenido de materia orgánica. La potencia general de los sedimentos aluviales alcanza 54 m; en la zona de San Juana la potencia media es igual a 25 - 30 m. La región de Santa María en comparación con la de San Juan tiene la misma potencia. En la cuenca de los ríos Paradas, Gascon y Guaus la potencia se incrementa a más de 60 m.

El análisis de la composición de las arenas indica que la relación cuantitativa de las distintas fracciones varían en amplios límites.

Los suelos arenosos arcillosos son variados, ellos se distribuyen fundamentalmente en los valles de los ríos Gascon, Guaus, Paradas y San Juan. En el valle de los ríos Paradas y Guaus predominan los suelos arenosos arcillosos de color gris y gris oscuro, en el valle del río San Juan tienen el color carmelita

y amarillo claro, la coloración está en dependencia del material de arrastre, en San Juan predomina la influencia de las margas de las laderas vecinas. El contenido de fracciones arenosas y limos en las distintas zonas es variable y las arcillas se acercan al valor promedio. Los suelos arcillosos arenosos se representan por suelos pesados, medios y ligeros de color gris hasta carmelita. El contenido de partículas arenosas varía desde el 40 hasta el 60 %, las arcillas varían desde el 10 hasta el 30 % y el valor promedio es de 20 - 21 %. Como se puede observar el contenido de las distintas fracciones en la composición de los suelos arenosos arcillosos varían en amplios límites.

Los sedimentos arcillosos aluviales en la ciudad de Santiago de Cuba se desarrollan ampliamente en particular en los valles de los ríos Guaus y Gascon, precisamente donde se proyecta la zona industrial de la ciudad.

En el valle del río Gascon las arcillas son más heterogéneas en comparación con otras regiones. Las arcillas del valle del río Guaus según su composición granulométrica es más homogénea.

El contenido de las fracciones arcillosas (40 muestras), varía desde 30 hasta 58; areniscas de 25 a 52 % y limo de 15 a 20 %.

La densidad de la parte mineral de las arcillas en todas las zonas varían significativamente con un valor promedio de 2,67 t/m³. Como se

puede observar estas arcillas se diferencian por su composición y sus propiedades, lo que se explica por las condiciones de su formación. El coeficiente de porosidad en su valor promedio es igual a 0,80.

La plasticidad de las arcillas es comparativamente alta y depende del contenido de partículas arcillosas. Los sedimentos aluviales en el territorio de Santiago de Cuba según las normas soviéticas SNIP II, 15,74 pueden dividirse en arcillas ligeras (Ip 28,22 - 34 %).

El análisis de los resultados de generalización de las propiedades físico-mecánicas de los sedimentos aluviales, en todos los valles de los ríos es decir San Juan, Paradas, Gascon Guaus indican que los valores de estos son desiguales y es mejor analizarlos en conjunto. En la siguiente tabla (tabla 5) se muestran las propiedades físico mecánicas de los sedimentos cuaternarios. De esta manera los sedimentos aluviales se representan como un medio de una composición de varios componentes que pueden dividirse en arenas, suelos arenosos-arcillosos, suelos arcillosos-arenosos y arcillas. Por esta razón hemos de analizar las propiedades físico-mecánicas no por zonas sino por el tipo de suelos.

La compresibilidad, como otras de las características de las propiedades físico-mecánicas en el territorio de Santiago de Cuba varía en amplios límites, según los resultados de laboratorio, el módulo de deformación general varía en las arenas

Tabla 5 Indices de las propiedades físico-mecánicas de los sedimentos arcillosos aluviales

Rocas No.	Densidad de la parte mineral m t/m ³	Densidad de la roca t/m ³	Coefficiente de porosidad e	Humedad W; %	Indice de plasticidad IP	Módulo de deformación general Eoi Mpa	Cohesión C; Mpa	Angulo de fricción interna grad.
Suelo arenoso arcilloso 34	<u>2,64 - 2,72</u> 2,68	<u>1,84 - 1,92</u> 1,90	<u>0,66 - 0,72</u> 0,68	<u>16 - 28</u> 19	<u>3 - 8</u> 6	<u>18 - 24</u> 20	<u>0,01 - 0,013</u> 0,09	<u>18 - 24</u> 22
Suelo arcilloso arenoso 37	<u>2,64 - 2,68</u> 2,70	<u>1,84 - 2,10</u> 1,91	<u>1,64 - 0,78</u> 0,72	<u>16 - 28</u> 22	<u>10 - 16</u> 14	<u>17 - 20</u> 19	<u>0,022 - 0,07</u> 0,025	<u>19 - 22</u> 19
Arcilla 48	<u>2,64 - 2,78</u> 2,72	<u>1,85 - 1,97</u> 1,90	<u>0,70 - 0,90</u> 0,89	<u>20 - 34</u> 27	<u>21 - 34</u> 28	<u>14 - 19</u> 16	<u>0,022 - 0,034</u> 0,03	<u>14 - 18</u> 16

desde - hasta
promedio

28

Tabla 6 Valores de los indices de las propiedades de la resistencia al corte de los sedimentos aluviales

Lugar de selección de la muestra	Rocas	Angulo de fricción interna. O.	Cohesión C; Mpa
Valle del río Gascon	Arenas	30	0,008
	Suelos arenosos arcillosos-arenoso arcilla	18	0,010
	so. arcilla	10	0,065
Valle del río Gaus	Arenas	7	0,073
	Suelo arenoso-arcilloso	28	0,010
	so. suelo arcilloso arcilla	18	0,020
Valle del río	so. suelo arcilloso	12	0,068
	arcilla	6	0,068
	Arenas	32	0,006
Valle del río San Juan	Suelo arenoso-arcilloso	28	0,012
	so. suelo arcilloso arenoso arcilla	9	0,068
	so. Arcilla	8	0,072
Valle del río	Arenas	30	0,007
	Suelo arenoso-arcilloso arenoso	25	0,013
	Arcillas	12	0,054
		-	0,069

29

de 20 hasta 38 MPa, en los suelos arcillosos es de 10 a 16 MPa, en los suelos arenosos arcillosos es de 11 a 19 MPa y en las arcillas es de 14 a 19 MPa.

El módulo de deformación general según los datos de campo es mayor, su valor para las arenas es de 17-33 MPa, para los suelos arenosos arcillosos es de 18 - 23 MPa, para las arcillas arenosas es de 10 - 24 MPa y para las arcillas es de 17 - 23 MPa.

Una característica importante de las propiedades físico-mecánicas de los sedimentos de la región es la resistencia al corte. Esta varía en función del estado de la roca.

El ángulo de fricción interna de estas rocas, determinadas en el laboratorio, varía de acuerdo a amplios límites en dependencia de las oscilaciones de la humedad y de los cambios de las relaciones texturales y estructurales de estos suelos. En la tabla aparecen las características de la resistencia de las arcillas, los suelos arcillosos y los suelos arenosos arcillosos y de las areniscas aluviales en el territorio de la ciudad. Tabla 6.

Sedimentos tecnogénicos: En Santiago de Cuba como en cualquier ciudad antigua posee zonas donde el hombre acumula materiales de desechos, los cuales con el tiempo conforman los suelos tecnogénicos. El estudio y clasificación de estos sedimentos tecnogénicos es pobre. Las características particulares de estos es que puede ser: distritales, loca-

les y o regionales según su desarrollo. Los sedimentos tecnogénicos aparecen desarrollados en la zona norte y noroeste de la bahía santiaguera.

La potencia de estos sedimentos alcanzan de 10 a 15 m y en algunas zonas de desagüe de los ríos Guaus y Gascon poseen una potencia de 20 - 25 m y hasta mayor.

Los suelos tecnogénicos en el territorio de Santiago de Cuba, están compuestos por mezclas de escombros, desperdicios, materiales de construcción, rocas compuestas de material de planeamiento por el movimiento de tierra y la erosión etc. Las perforaciones realizadas en esta zona indican un suelo arcilloso-arenoso los cuales poseen una humedad desde 29 hasta 34 % y el grado de saturación es de 1. La humedad tan alta está relacionada con el nivel freático que es elevado. La densidad de estos suelos es de 1,70 - 1,87 t/m³. El coeficiente de porosidad varía desde 0,64-0,89-0,94 y depende de su composición granulométrica y el módulo de deformación general tiene valores de 100 - 120 MPa.

REFERENCIAS

1. BELOKOLOSKII, A., I.: Organización Ingeniero-Geologicheskij Izysskaniana territori gorodov. en Klimat, Gorod, Chelovich. Moscú, Editorial Niedra, p. 15-24, 1976.
2. BISHOP, A., W.; et.al: Strength parameters for undisturbed remolded soil specimens. Stress-strain Behaviour of soil. Proc. of rocks, Symp. Foulis, London, p. 3 - 58, 1972.

3. BISHOP, A., W.; et.al: Some aspects of effective stress in saturated and partly saturated soils. Geotechnique No. 13, p. 117-197.
4. BONDARIK, G.; K.: Clasificación geológica de los cuerpos para el levantamiento ingeniero geológico. Razvedka y Ojrana, No. 10, Editorial Niedra, p. 45-51, 1973.
5. BUGELSKII, Y., A.: Sakanomernosti formirovaniia kor vyvetrivaniia vlijajnyj tropicheskij oblasti (na primere, Kuba) doklad, Moscú, Editorial Niedra, p. 28, 1975.
6. DASHKO, R., E.: Obras ingenieriles, manual para las especialidades de ingenieros geólogos para la construcción. Leningrado, p. 60, 1986.
7. DASHKO, R., E.: Mecánica de suelos, manual para especialidades de Ingeniería Geológica para la construcción. Moscú, Ed. Niedra, p. 237, 1977.
8. DASHKO, R., E.; et.al: Mecánica de suelos aplicada a la Geología Ingeniería, Moscú, Editorial Mir, p. 267, 1980.
9. FURRAZOLA, B., J.; et al: Geología de Cuba. La Habana, Ed. Nac. de Cuba, 1974.
10. GOLDSCHTEIN, M., N.: Propiedades mecánicas de los suelos. Ed. Mir, p. 367, 1971.
11. GUARDADO, L., R.: Ingeniería Geológica Ingeniería Petrológica, Folleto, Univ. de Ote, 1972.
12. GUARDADO, L., R.: Ingeniería Geológica de la ciudad de Santiago de Cuba. Jornada científico-técnica de la Academia de Ciencia, 1984.
13. GUARDADO, L., R.: Ingeniería Geológica goroda Santiago de Cuba. referat Instituto de Minas de Lenin grado, Leningrado, p. 23, 1983.
14. GUARDADO, L., R.; et.al: Valoración de las condiciones ingeniero geológicas de la ciudad de Santiago de Cuba con fines de la micro regionalización sísmica. Revista Ingeniería Civil, La Habana, 1973.
15. GUARDADO, L., R.: Ingeniería Geológica, Ingeniería Petrológica compilación, revisión y adaptación, ISMM, La Habana, Ed. Pueblo y Educación, p. 301, 1983.
16. Informe de la influencia de las condiciones ingeniero geológicas en el urbanismo. Moscú, Ed. Gidrometeorizdat, p. 91, 1973.
17. Informes Geotécnicos ENIA Santiago de Cuba. Archivos ENIA.
18. JUAREZ, B., E.; et al: Mecánica de suelos. Tomo I, Ed. Pueblo y Educación, 1972.
19. LOMTADZE, B., D.: Ingeniería Petrológica-Ingeniería Geológica, Moscú, Ed. Niedra, p. 178, 1971.
20. RICO, A.; et al: La ingeniería de los suelos. Vol. 1, México, Ed. Limusa S. A., 1974.