

8. KRIMOV, F. : "Mineralización estratiforme piritosa polimetálica", en La Minería en Cuba. No. 3, 1976.
9. LORD CHARLES : "A selective and precise method for pyrite determination in sedimentary material". in Journal Sedimentary Petrology , No. 2, 1982.
10. MILNER, R. , S. y N. ZIMINA S. : Determination of the amount of free and finely disseminated galena in pyrite ores", in Obogasch Rud.
11. OKSENGOIT E., A. y S. BRUCK B.: "Choice of optimal conditions for determining the total of oxidized lead forms using mathematical experiment design", in Zhurnal Analiticheski Khimi. p. 728-733, No. 4.
12. SUVOROVA M. V. y A. DIKOVA S. : "Determination of finely disseminated galena in ores". Zavod Lab. p. 300. No. 4 , 1980.
13. TEREKHOVA T. , A. y N. MASIENITSKII N. : Determination of oxidized compounds of lead using chemical methods", in Obogasch Rud, p. 26-29, No. 3, 1982.
14. ZHIDKOV, A. : "Papel de la materia orgánica en la formación del yacimiento Santa Lucía", en La Minería en Cuba. No. 2, 1975.

CDU: 624.131.25

PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS ROCAS

DE LA FORMACION

LA CRUZ EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

C.Dr. Rafael Guardado Lacaba, Instituto Superior Minero Metalúrgico

Iguala o sobrepasa en calidad a las otras formas económicas de níquel primario. Su bajo contenido de carbono permite un mayor uso de ferrocromo de alto carbono, significando esto un menor costo en la producción de aceros inoxidables y una ventaja sobre los ferroníqueles.

Por encontrarse el fósforo sólo a niveles de trazas, también representa una ventaja sobre los ferroníqueles ya que reduce los costos en los otros materiales de carga.

Su contenido de azufre es menor que las de la mayoría de los ferroníqueles. Su contenido de cobalto es menor que las de la mayoría de los ferroníqueles, y se encuentra dentro de los límites aceptables para todos los productos de aceros aleados, salvo en el caso de los aceros para la industria nuclear.

OXIDO DE NIQUEL NODULAR



Empresa Cubana Exportadora
de Minerales y Metales
Calle 23 No 55 Vedado,
La Habana, Cuba.
Apartado 6128 .

OXIDO DE NIQUEL NODULAR NODULAR NICKEL OXIDE		
ELEMENT ELEMENTO	GUARANTEED ANALYSIS AS PER NC 44-04 ANALISIS GARANTIZADO SEGUN NC 44-04	TYPICAL ANALYSIS ANALISIS TIPICO
	%	%
Ni	76,00 Min	77,00
Co	1,30 Max	0,90
Fe	0,70 Max	0,30
S	0,03 Max	0,02
C	—	0,015
Cu	—	0,02

RESUMEN

Las rocas de la Fm. La Cruz resultan de gran interés para el estudio geológico de la ciudad de Santiago de Cuba con fines constructivos, pues sobre ellas se asienta más del 70 % de la ciudad y sus particularidades, composición, constitución, textura y propiedades geotécnicas son de gran importancia para los proyectistas.

En el trabajo se realiza un estudio de las propiedades físico mecánicas de las rocas de la Fm. La Cruz (N₁₋₂) y de sus dos miembros, Quintero y Versalles, de los que se hace la valoración ingenieril geológica, así como los valores de los índices de clasificación y cálculo.

ABSTRACT

The rocks from La Cruz Formation are highly important for the geological survey of Santiago de Cuba city for construction purposes, since they are overlain by more than 70 percent of Santiago de Cuba city and also because their peculiarities, composition, texture and geotechnical properties are very important for designers.

In this paper, it is presented a study of physico-mechanical properties of rocks from La Cruz Formation (N₁₋₂) and its two members - Quintero and Versalles, which are engineering geologically evaluated. The value of classification and evaluation indexes are also presented.

INTRODUCCION

Los suelos constituyen gran parte de la superficie utilizable para las obras de ingeniería. Como no siempre pueden excavarlos hasta la roca viva, esta problemática es tal vez más importante en lo que a bases y cimentaciones se refiere. Los problemas que ocurren en la estabilidad de las construcciones, durante su ejecución o su explotación se deben con frecuencia a la forma en que se ha trabajado el suelo. De aquí la importancia de un serio estudio de los mismos.

En los últimos años se han estudiado los suelos y rocas de la ciudad de Santiago de Cuba, como base para las construcciones.

Para realizar este trabajo en el proceso de búsqueda ingeniero geológica, el autor hizo la generalización de los resultados de los trabajos de laboratorio y de campo del área donde se distribuyen las rocas de la Fm. La Cruz (N₁₋₂).

A consecuencia de los trabajos realizados se determinó:

- La composición granulométrica de los suelos.
- Las particularidades petrográficas de las rocas, en lo fundamental mediante el estudio microscópico (estructura, textura, grado de redondeamiento de los granos, composición mineralógica y otras)
- Estudio de la solubilidad de las rocas, resultado de los análisis de aguas subterráneas y de las rocas brindados por el Instituto de Hidroeconomía de Santiago de Cuba.

- Los índices de clasificación (plasticidad, porosidad y consistencia)

Todos estos parámetros se tomaron para realizar la regionalización ingeniero geológica del territorio y determinar los tipos ingeniero geológicos de rocas.

Las rocas y suelos de la Fm. La Cruz sirven de base natural a la ciudad de Santiago de Cuba, fundamentalmente en la parte oriental de la bahía. Según la variante sureste del Plan Director de la ciudad en el año 2 000 la ciudad estará asentada sobre estas rocas y suelos.

Las rocas están localizadas al sur del territorio y mantienen una franja que se extiende más de 12 km de este a oeste.

La Fm. La Cruz yace discordantemente sobre las rocas de la Fm. El Cobre y a cotas más bajas que las rocas de esta Fm.; (menos de 100 m). Como es conocido, la Fm. La Cruz se divide en dos miembros, Quintero (N₁) y Versailles (N₂). Por sus propiedades físico mecánicas estas rocas se relacionan con los grupos de rocas semiduras o semiestables, según la clasificación ingeniero geológica de Savarenski-Lomtadze [1] Las rocas del miembro Versailles se caracterizan por poseer mayor resistencia (2,5-10 Mpa) que los sedimentos del miembro Quintero (menos del 2,5 Mpa)

Propiedades físico mecánicas de las rocas del miembro Quintero (N₁): Las rocas del miembro Quintero aparecen en los horizontes inferiores

de las rocas del Neógeno, y están representadas por conglomerados que poseen un cemento carbonatado arcilloso de color blanco, amarillento blanuzco, grisáceo.

Los clastos de los sedimentos del miembro Quintero están formados por fragmentos de rocas vulcanógenas y piroclásticas de la Fm. El Cobre, los cuales poseen un tamaño de 40 a 200 mm. Los conglomerados del miembro Quintero son las rocas más débiles dentro del grupo de las rocas semiestables, lo cual se explica por la presencia del cemento arcilloso carbonatado, que posee un alto valor de humedad y comparativamente una baja densidad.

Los datos de las propiedades físico mecánicas del miembro Quintero se expresan en la Tabla 1.

En la práctica de las construcciones estos conglomerados son empleados como base para distintos tipos de cimentaciones, área de Quintero, Becas de la Universidad de Oriente, Motel el Rancho, edificios de la Universidad de Oriente, etc.

Los sondeos dinámicos nos permiten orientarnos en la evaluación de su comprensibilidad en los distintos puntos de la región. En la Fig.1 se muestran los resultados de estos ensayos.

Para valorar las propiedades físico-mecánicas de los conglomerados, es significativa la composición del cemento, su humedad y el contenido de los clastos. Su cemento admite una compresión insignificante El módulo de deformación general varía desde 10 hasta 19 MPa y su valor promedio es igual a 16 MPa,

Tabla 1 GENERALIZACION DE LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS ROCAS DEL MIEMBRO QUINTERO (tomada de 35 muestras)

Indices	Unidades	Min	Max	Media
- Densidad de la partícula mineral	t/m ³	2,56	2,78	2,68
- Densidad de la roca	t/m ³	1,74	2,02	1,91
- Densidad del esqueleto	t/m ³	1,40	1,60	1,50
- Coeficiente de porosidad	%	0,75	0,90	0,78
- Humedad	%	20	32	26
- Módulo de deformación general	MPa	12	24	23

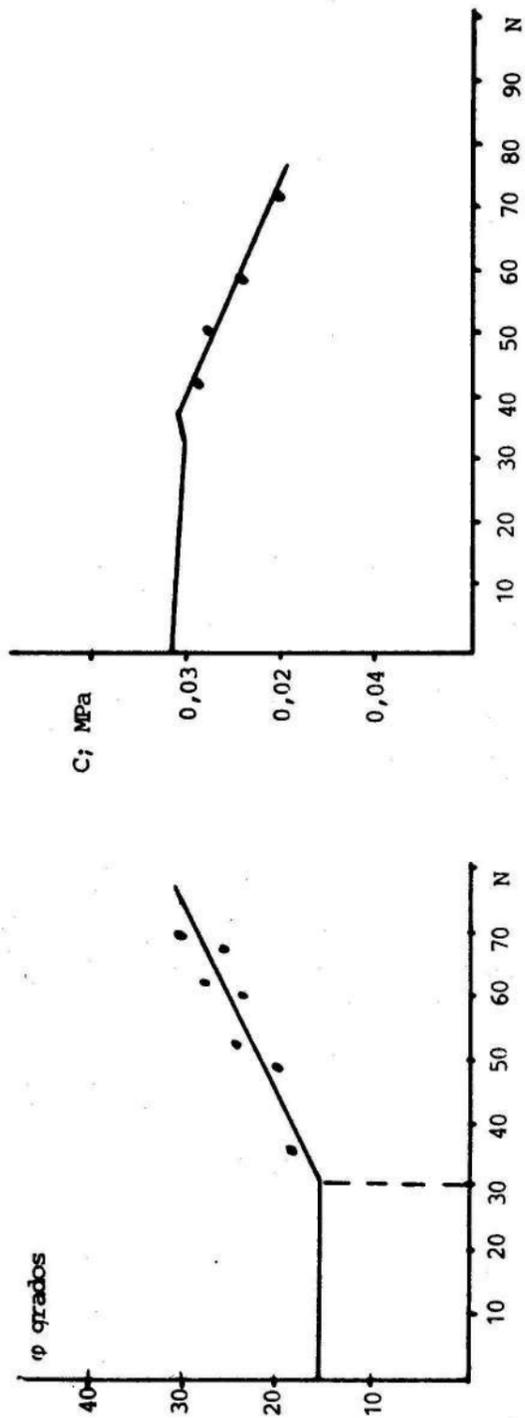


Fig. 1 Dependencia entre los índices de resistencia al corte C y ϕ y el contenido de fracciones clásticas en el miembro Quintero (N_1)

N	C MPa	ϕ Grados
32	0,297	15,4
43	0,265	18,5
53	0,214	22,3
65	0,160	26,3

posee un débil hinchamiento y son inestables ante el agua. La resistencia y su capacidad de deformarse dependen de la relación entre el cemento y los clastos. Para un contenido del material clástico menor del 30 %, sus propiedades se determinan sobre la base de las propiedades del cemento, a un aumento del contenido del material clástico desde 30 hasta el 70 % el valor ϕ y C se determina según una interpretación lineal, según la fórmula:

$$\phi = \phi_f + \frac{\phi_m - \phi_f}{70} (N - 30)$$

$$C = C_m + \frac{100 - N}{70} (C - C_m)$$

donde: ϕ_m = ángulo de fricción interna del cemento carbonatado arcilloso (en grados) .

ϕ_f = ángulo de fricción interna de las fracciones clásticas . (en grados)

ϕ = fricción interna de la roca.

C_m = cohesión del cemento MPa

C = cohesión

PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS ROCAS DEL MIEMBRO VERSALLES (N_{1-2})

El miembro Versalles está formado por rocas carbonatadas-arcillosas semiestables, entre las cuales predominan las calizas y las margas, por esta razón poseen un gran interés práctico con relación a la ingeniería geológica de la ciudad. Las

rocas carbonatadas del Neógeno, margas, calizas-margosas y calizas se distribuyen ampliamente por toda Cuba. Además en la región se encuentran mezclas de transición de calizas-margosas y calizas se distribuyen ampliamente por toda Cuba. Además en la región se encuentran mezclas de transición de calizas hasta arcillas y calizas arenosas.

Las margas en la región de Santiago de Cuba presentan un color blanco, amarillento y en algunos casos gris, su estructura es psamítica y aleurítica. En los sedimentos de fliash ellas se intercalan con areniscas y arcillas, que aparecen en zonas cercanas a la Fábrica de Cemento.

El contenido de partículas arcillosas en las margas varía desde 28 hasta 44 %. Por este índice se puede clasificar como marga cuando el contenido de este rango es de 28 a 44 % y marga arcillosa de 44 a 70 % .

Las rocas carbonatadas arcillosas en la región de Santiago de Cuba son de origen marino, según los datos de las investigaciones realizadas en el área de la Fábrica de Cemento, contienen $CaCO_3$ desde 20 hasta 40 % . Las propiedades físico mecánicas de las rocas carbonatadas arcillosas del miembro Versalles dependen de su composición y humedad. La práctica nos indica que estas rocas en estado seco son resistentes y estables en los taludes, pero con el humedecimiento del contenido de partículas arcillosas y el aumento de la humedad, estas rocas se convierten en inestables al agua, particularmente en época de lluvia, mostrándose esto

TABLA 2 INDICES DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS ROCAS DE LA FORMACION LA CRUZ (N₁₋₂)

ROCAS	No. Deter- minación	Densidad de la parte mi- neral $\gamma_m ; t/m^3$	Densidad de la ro- ca. $\gamma ; t/m^3$	Humedad	Resis- tencia a la compre- sión $\bar{\sigma}$, MPa	Módulo general de la deforma- ción E, MPa
Miembro Quintero (N ₁) Conglomerados	24	$\frac{2,56-2,78}{2,68}$	$\frac{1,74-2,02}{1,91}$	$\frac{12-19}{14}$	$\frac{12-24}{23}$	
Miembro Versa- lles. Margas	48	$\frac{2,69-2,78}{2,72}$	$\frac{1,96-2,20}{2,02}$	$\frac{19,3-23,8}{20,0}$	$\frac{40-98}{64}$	$\frac{2,3-4,5}{2,5}$
Arcilla margo- sa	51	$\frac{2,64-2,71}{2,68}$	$\frac{1,82-1,90}{1,86}$	$\frac{20-31}{24}$	$\frac{14-18}{15}$	$\frac{2,3-4,5}{3,0}$
Arcilla calcá- rea	32	$\frac{2,64-2,72}{2,68}$	$\frac{1,83-1,96}{1,91}$	$\frac{21-27}{24}$	$\frac{13-19}{17}$	

desde - hasta
promedio

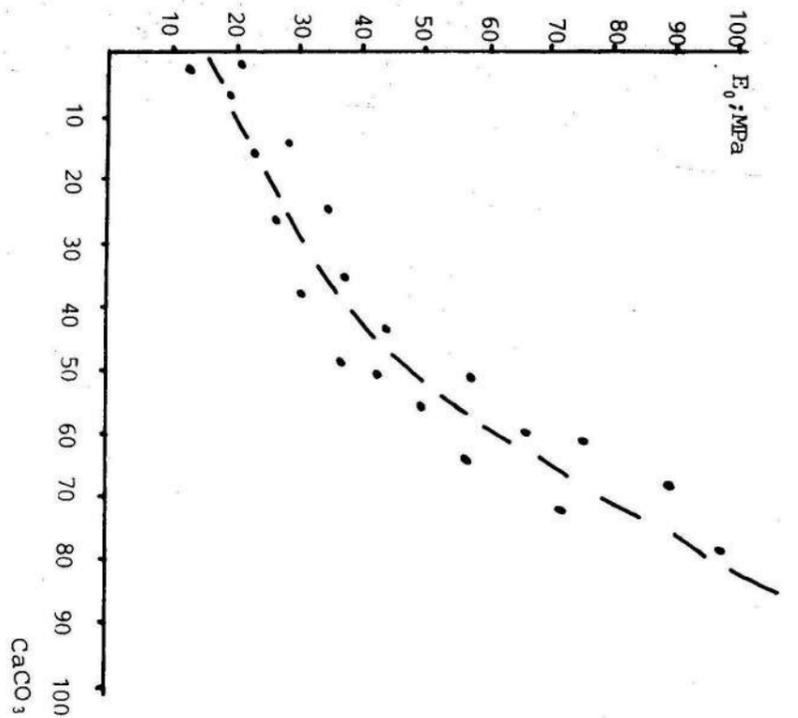


Fig. 2A Influencia del contenido de $CaCO_3$ en las margas arcillosas y el módulo de deformación.

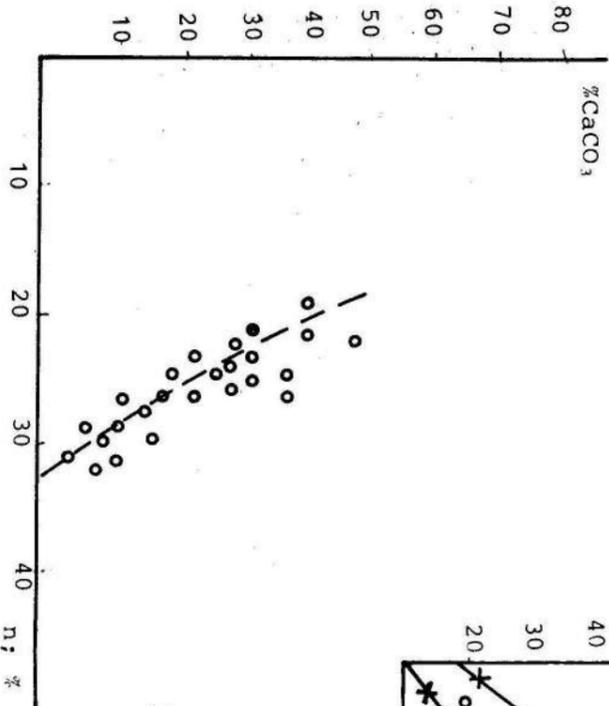


Fig. 2B Influencia del contenido de $CaCO_3$ y $MgCO_3$ en las margas arcillosas con su resistencia.

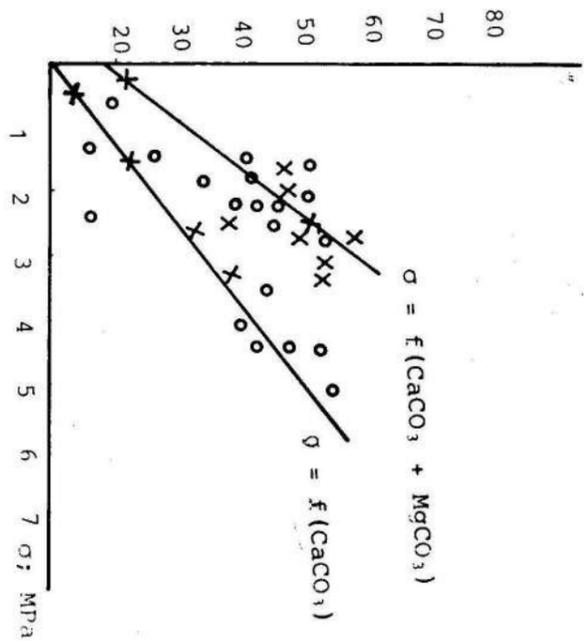


Fig. 2C Influencia del contenido de carbonatos $CaCO_3$ en los cambios de la porosidad de las margas arcillosas.

en los taludes, provocando deslizamientos de tierra. La influencia del contenido de CaCO_3 y MgCO_3 en la resistencia, la porosidad y el módulo de deformación se observa en la Fig. 2. Con el incremento de carbonatos su resistencia aumenta y también disminuye su porosidad, por tanto aumenta el módulo general de deformación E_0 .

La generalización de los índices de las propiedades físico mecánicas del miembro Versailles, según los datos de laboratorio aparecen en la tabla 2. La densidad de las margas varía desde 1,70 hasta 2,28 t/m^3 en el centro de la ciudad y desde 1,70 hasta 2,36 t/m^3 en la región de Versailles. Su valor promedio es 2,02 t/m^3 . En dependencia de su humedad varía desde 1,96 t/m^3 hasta 2,10-2,20 t/m^3 . La porosidad de las rocas margosas del miembro Versailles se caracteriza también por su densidad, poseen un valor promedio de 22 a 48 %. La humedad de las margas en el miembro Versailles varía de 19,3 - 23,8 % hasta 28 %.

La capacidad de hinchamiento de las rocas se caracteriza por dos parámetros: presión y magnitud de hinchamiento. Estos parámetros consideran tanto la humedad natural de las margas como su estado seco. El valor del hinchamiento para la humedad natural aumenta en la región de Versailles y Fábrica de Cemento de 0,7 - 3,2 %, por esta razón la humedad se incrementa en 2-8 % y la resistencia por la plasticidad disminuye de 20-30 veces.

Los límites de resistencia a la com

presión de las margas del miembro Versailles varían desde 0,23 hasta 0,25 MPa el módulo de deformación general desde 40 hasta 97,8 MPa, claro que este diapason tan ancho depende del contenido de CaCO_3 en la roca. Cuando las rocas aparecen con un alto contenido de material terrígeno, el módulo de deformación general disminuye. Cuando aumenta la cantidad de CaCO_3 y disminuye el contenido de material arcilloso, el módulo aumenta.

La clasificación ingeniero geológica de las margas se dificulta debido a la heterogeneidad de su composición, el grado de litificación y sus propiedades, y aún no ha podido elaborarse mundialmente, aunque se han hecho intentos de realizar clasificaciones regionales.

CONCLUSIONES

Las rocas de la Fm. La Cruz constituyen buenas bases naturales para la construcción de obras

Las rocas del miembro Quintero representan las bases naturales más débiles para la construcción y su resistencia está en dependencia del contenido de fragmentos de rocas.

Las rocas del miembro Versailles son las rocas más distribuidas en la ciudad, son buenas bases para la construcción, en estado seco presentan una gran estabilidad, sin embargo con el humedecimiento son inestables.

Su resistencia está en dependencia

del contenido del material CaCO_3 y arcilloso.

Se hace necesario seguir profundizando en esta problemática a fin de

establecer una mejor clasificación ingeniero geológica de las rocas margosas y terrígeno carbonatadas.

REFERENCIAS

1. BUGELSKII Y. A. : *Zanomersnosti formirovaniya kor bybetrivaniya blashnix tpopi - cheskix oblastei (Na primere , O Kyba)* Dokl M. 1975.
2. GLOSHTEIN M. N. : *Propiedades mecánicas de los suelos.* Cetroizdat, 1971.
3. GRAVE, N y A. B. KOMISSAROVA : *OPUST injenierno geologicheskix isledovanie territorii gorodov b zarubesshnik stranax. Injeniermaia geologia i gradostroitelstvo.* Moscú, Editorial Universitaria
4. DASHKO R. E. : *Mecánica de los suelos.* Moscú, Editorial Mir, 1980.
5. LOMTADZE V. D. : *Ingeniería Geológica,* Moscú, Editorial Nedra, 1972.
6. GUARDADO LACABA, RAFAEL : *Ingeniería geológica de la ciudad de Santiago de Cuba. Tesis de Candidatura.* (en ruso Instituto de Minas de Leningrado, URSS, 1984.