

KOBR, M.: *Poder de resolución de los métodos geofísicos en las calas hidrogeológicas e ingeniero geológicas*, 134 pp. Ed. IMTA, México, 1992.

KOBR, M.; S. MARES y Z. ANTONIN: «Testificaciones geofísicas no convencionales aplicadas a la hidrodinámica de acuíferos», *Tecnología del agua*, pp. 62-71, febrero, 1993.

MARES, S.: *Interpretación compleja de carotaje en las investigaciones hidrogeológicas e ingeniero geológicas*, Texto de posgrado, 110 pp., Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Carlos, Praga, 1985.

MOLZ, F. y S.C. YOUNG: «Development and applications of borehole flowmeters for environmental assessment», *The log analyst*, pp. 13-23, enero-febrero, 1993.

PÉREZ, F.D.: *Hidráulica subterránea*, 424 pp., Ed. Científico Técnica, Ciudad de La Habana, 1982.

VALCARCE, R.: *Métodos geofísicos en pozo para el estudio de acuíferos cársicos*, Tesis de maestría, 74 pp., Dpto. de Geofísica, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1995.

VALCARCE, R. y W. RODRÍGUEZ: *Manual del usuario del sistema HIDROG*, 30 pp., Dpto. de Geofísica, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1992.

Consideraciones para la evaluación de las condiciones geoambientales de la Ciudad de Moa

Dr. Rafael Guardado Lacaba Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Los trabajos de ordenamiento ambiental requieren de la evaluación de los factores ambientales, es decir de la capacidad del terreno, de su estabilidad, del grado de riesgos ambientales, y de los recursos naturales que posee. Estos elementos se han tomado en cuenta para la evaluación y modelación del territorio.

El trabajo expone un método para inventariar y evaluar las componentes ambientales más importantes aplicadas en los estudios ingeniero geológicos de áreas urbanas y suburbanas. Puede emplearse en las actividades de planificación física de terrenos, minas, agricultura, y otros. Se ofrecen tablas que ayudan en la evaluación del terreno.

ABSTRACT: Environment array works require certain evaluation test of the terrain stability and capacity. The environment hazard degree and its natural resources are considered also as main features of this system work, mainly to unfold the terrain modeling.

This paper shows a method designed to stock and quantify the main environmental components, found to be applied in geological engineering research of urban and suburban areas.

Con la introducción de la exigencia de evaluación de impacto ambiental, las actividades de minería, construcción, agricultura y otros sectores están sujetas a un nuevo modelo de planificación urbana que ubica en un mismo nivel criterios técnicos, económicos y ambientales en la toma de decisiones respecto a nuevas inversiones.

La evaluación de impactos ambientales es, en la actualidad, no sólo una actividad obligada y exigible, sino necesaria; viene impuesta por un criterio de racionalidad y de respeto al entorno dentro de la tónica de responsabilidad colectiva al tomar conciencia de la integración armónica de la obra en su enclave, esencial no sólo en un buen proyecto sino en el objetivo de lograr acrecentar el patrimonio de la colectividad. Esto es valioso para los trabajos de planeamiento y desarrollo urbano. Planear es conocer las necesidades, buscar un fin, reconocer las limitaciones del medio; es la voluntad de un grupo social de solucionar y organizar su mundo y sus relaciones; es saber encontrar la dirección adecuada para responder a un fin en un orden de sostenibilidad en la calidad de vida.

En el Programa de Acción de la Comunidad Económica Europea en materia de medio ambiente (1982-1986) puede leerse: «La evaluación de impactos ambientales debería ser introducida progresivamente en la preparación de todas las actividades humanas susceptibles de causar efectos significativos en el ambiente, como pueden ser, obras públicas y privadas, planes de ordenamiento del territorio...».

En Cuba, en 1992, fue modificada la Constitución de la República y recientemente el Parlamento Cubano aprobó la Ley del Medio Ambiente. El desarrollo y el incremento productivo de la industria minera metalúrgica y del sector agrícola y forestal, el crecimiento económico del territorio y del país, la apertura comercial y los programas de alimentación, turismo y otras, son elementos que presionan fuertemente la explotación de los georrecursos en el territorio de Moa. El período especial que vivimos en los últimos años, unido a estos problemas, van dejando atrás las normativas y legislaciones burocráticas que regulan el desarrollo económico y social de los años ochenta. En la última década se ha dado una relación proporcional entre crecimiento de la economía del territorio y deterioro del medio ambiente. Este deterioro se fundamenta en la ausencia de una adecuada y correcta planificación y ordenamiento ecológico del territorio y sus recursos naturales. ¿Cómo hablar de sostenibilidad y mucho menos de desarrollo sustentable sin tener en consideración el uso racional y equilibrado de los recursos?

El programa de ordenamiento territorial y de planificación integral es una tarea extensa y compleja, pero sobre todo multidisciplinaria, requiere de la participación de casi todas las disciplinas técnicas, científicas y sociales.

Dentro de esta perspectiva, la ingeniería geológica debe transformar su objeto de trabajo y tiene la responsabilidad de aportar la información necesaria sobre el medio ambiente y su dinámica, integrar los niveles básicos de información para su adecuado ordenamiento territorial. La ingeniería geológica debe entonces contribuir con la caracterización de las rocas y suelos, su valor potencial, su estructura, sus propiedades físico-mecánicas, la presencia de aguas subterráneas y su potencial, los procesos y fenómenos geológicos, y las nuevas metodologías para su estudio y evaluación. Esta información estará complementada con datos de otros niveles como son los meteorológicos, hidrológicos, geográficos, agrícolas, biológicos, sociales, etc. que permitan determinar y planificar el uso de los recursos en el futuro.



En los programas de ordenamiento territorial la ingeniería geológica contribuye a:

- Mapeo y perfilaje ingeniero geológico.
- Evaluación y diagnóstico de los georrecursos.
- El análisis hidrogeológico.
- La evaluación de las condiciones ingeniero geológicas y el análisis de aptitud del terreno para diferentes usos.
- La evaluación de la vulnerabilidad a las amenazas naturales, tales como: deslizamientos, procesos de erosión y sedimentación, sismos, actividad costera, inundaciones y otros procesos y fenómenos geológicos.

Las condiciones ingeniero geológicas del territorio hacen que este sea más vulnerable al efecto de una serie de amenazas naturales: erosión, deslizamientos, terremotos, inundaciones, penetración del mar, etc. En este campo la experiencia ha demostrado que el mejor trabajo para disminuir los efectos catastróficos de estos fenómenos geológicos es su prevención. Las evaluaciones de la vulnerabilidad de los peligros y riesgos geológicos corresponden a una fase muy importante de los programas de ordenamiento territorial y el planeamiento urbano, que hasta el momento se ha considerado poco en la elaboración de los Planes Directores.

La confección de mapas ingeniero geoambientales permite desarrollar una importante base de datos, sobre la cual se pueden hacer estudios específicos, los análisis geotécnicos y la aptitud del terreno para usos determinados. Estos estudios son de gran utilidad para planificar adecuadamente el uso de los terrenos. También son útiles para otros tipos de obras de infraestructura de gran envergadura, la futura explotación de los campos de minas, etcétera.

Caracterización de los paisajes

Moa, con una población con 76 000 habitantes, es un exponente del desarrollo minero metalúrgico del país. Precisamente este desarrollo es el que a su vez provoca cambios en los factores ambientales del terreno, de los elementos físicos. El medio geológico es el componente natural directo de la actividad humana y el de mayor impacto ambiental en el territorio. Representa la capacidad del terreno, su estabilidad, los recursos y peligros naturales; de ahí que cada área sea evaluada tomando en consideración las variables que dentro de ellos inciden en la alteración y degradación de los sistemas ambientales.

El desarrollo minero metalúrgico se proyecta en dirección de lograr un desarrollo sostenible; entiéndase productividad y eficiencia en la actividad minero metalúrgica.

El paisaje es un elemento geológico que debe contemplarse como recurso y patrimonio cultural del hombre. En Moa, el mismo está adquiriendo una consideración creciente en el conjunto de valores ambientales que demanda la sociedad. El paisaje se define como el con-

junto del medio, animales y hombres, y su estudio requiere la previa consideración y análisis de cada uno de dichos elementos; presenta diversa complejidad y contiene varios tipos de formas y elementos. Las cualidades visuales del paisaje (Ramos, 1987) son el resultado de la integración de varios componentes:

- Tierra: aspectos exteriores de la superficie terrestre, relieve y forma del terreno.
- Agua: forma y geometría de las aguas superficiales.
- Vegetación: distintas formas de vida vegetal, su distribución y densidad.
- Estructuras: elementos artificiales introducidos por la actividad humana.

Existen criterios que establecen que las formas del paisaje están diseñadas por procesos tectónicos de profundidad (estructural). La erosión y otros procesos exógenos tienden a actuar de manera concordante con la teoría de las placas. La orientación de las formas erosionales tiende a alinearse con la dirección preferencial del esfuerzo del campo de tensiones neotectónico. Esto se manifiesta claramente en el yacimiento Punta Gorda. Se puede demostrar que las orientaciones de los diferentes valles son afectadas en gran medida por los procesos neotectónicos. Un análisis similar puede realizarse para los movimientos verticales.

El paisaje es el elemento básico de la evaluación de las condiciones ingeniero geoambientales del terreno. En Moa el paisaje está muy deteriorado no sólo por la actividad del minado de los grandes yacimientos lateríticos de níquel y cobalto, sino por la actividad constructiva y agrícola. Mucho se pudiera hablar del impacto de la minería del níquel sobre el paisaje, pero la actividad constructiva ha provocado un gran impacto ambiental; no sólo en las primeras etapas de las construcciones donde se realizan grandes movimientos de tierra, sino durante la propia construcción y su explotación. Las diferentes construcciones crean toda una gama de obras estructurales que generan y multiplican los impactos ambientales no sólo al paisaje ya deteriorado y alterado, sino a otros elementos de los ecosistemas. Las obras construidas en la ciudad de Moa: edificios, aeropuerto, viales, los nuevos complejos hidrotécnicos creados, las ampliaciones portuarias, etc., son elementos tan impactantes como la actividad minera.

Las estructuras mineras y el paisaje lunar (cráteres) originados por la explotación a cielo abierto se ha convertido en muchos casos en el eje principal de la región y en la característica determinativa del paisaje. Así, el paisaje en el territorio de Moa es uno de los componentes ambientales más deteriorados y en ello la actividad minera juega un papel preponderante. A la magnitud de esta alteración contribuye el agravante del determinismo geográfico en la ubicación de las minas. El impacto paisajístico puede ser suavizado por la acción de ordenamiento ecológico y por el diseño de la explotación

sostenible del minado y la correcta rehabilitación del terreno.

Parte importante de la descripción de las áreas es la regionalización geoambiental, que nos permite ubicar geográficamente el territorio de manera más precisa dentro de alguna de las grandes zonas ecológicas en las que se encuentra dividido el territorio nacional.

La regionalización geoambiental es un proceso que dentro de la planeación nos permite subdividir el terreno en áreas más o menos homogéneas. En la actualidad la regionalización geoambiental se efectúa tomando en cuenta un enfoque paisajístico o morfológico, basado en estudios de diferentes componentes del medio ambiente. Al evaluar terrenos para estudiar el impacto ambiental se deben tomar en consideración los elementos ingeniero geoambientales básicos: la petrología, la intensidad tectónica, y geomorfología.

Las propiedades ingenieriles de las rocas juegan un importante papel en el control y desarrollo de los paisajes. El comportamiento de las rocas depende, desde el punto de vista ingeniero geológico, de su origen y se clasifican en:

1. Duras
2. Semiduras
3. Friables cohesivas
4. Friables no cohesivas
5. De propiedades y características particulares y especiales.

Así cada tipo de roca refleja un estado y un comportamiento geomecánico y geotécnico que está en dependencia de su historia geológica y su desarrollo.

El segundo elemento que se toma en consideración es el grado de intensidad tectónica. Hoy en Geomecánica la evaluación de la intensidad tectónica tiene una gran importancia al caracterizar el macizo rocoso. Este factor geológico guarda una estrecha relación con la litología y la caracterización ingeniero geológica de la roca y es el elemento geológico principal en la evaluación del terreno.

Los diferentes tipos de rocas y sus asociaciones con la intensidad tectónica y el relieve pueden ser elementos de combinación (Tabla 1).

TABLA 1. Categorización del terreno de acuerdo con las características litológicas, la intensidad tectónica, y el relieve

Tipo Ingeniero Petroológico de Rocas	Intensidad de la tectónica del terreno			Categoría del relieve		
	Débil 1	Moderado 2	Alto 3	Llano 1	Collinas 2	Montañoso 3
Igneas ácidas [1]	111	112	113	1 111 1 121 1 131	1 112 1 122 1 132	1 113 1 123 1 133
Medias [2]	121	122	123	1 211 1 221 1 231	1 212 1 222 1 232	1 213 1 223 1 233
Básicas [3]	131	132	133	1 311 1 321 1 331	1 312 1 322 1 332	1 313 1 323 1 333
Rocas friables no cohesivas [1]	211	212	213	2 111 2 121 2 131	2 112 2 122 2 132	2 113 2 123 2 133
Rocas friables cohesivas [2]	221	222	223	2 211 2 221 2 231	2 212 2 222 2 232	2 213 2 223 2 233
Rocas carbonatadas [3]	231	232	233	2 311 2 321 2 331	2 312 2 322 2 332	2 313 2 323 2 333
Metamórficas masivas [1]	311	312	313	3 111 3 121 3 131	3 112 3 122 3 132	3 113 3 123 3 133
Metamórficas esquistosas [2]	321	322	323	3 211 3 221 3 231	3 212 3 222 3 233	3 213 3 223 3 233

Como se puede observar las deformaciones y las fracturas componen 24 tipos de combinaciones. La tectónica se subdivide en grados de 1-3 representados según sus variaciones de la intensidad. El relieve del paisaje, el tercer componente básico, se ha dividido en: llano (1), premontañoso o colinoso (2), y montañoso (3). En la Tabla 1 el relieve queda categorizado en 72 combinaciones que a su vez representa el medio geológico específico y que está en dependencia de su desarrollo geológico. Esta categorización es de gran ayuda a proyectistas y planificadores ambientales. De las 72 combinaciones, 24 son de cada una de las manifestaciones del relieve, tipo plano, premontañoso y montañoso.

El fondo geológico puede indicarse con cuatro dígitos que se leen de derecha a izquierda. El primer dígito representa la roca como tal (en toda su magnitud). El segundo dígito expresa la litología y su clasificación. El tercero indica la intensidad tectónica. El cuarto indica las categorías del terreno.

Este enfoque de regionalización se adapta a las necesidades requeridas para el ordenamiento ecológico.

Modelos de evaluación de terrenos

Para evaluar los terrenos los especialistas de planificación y los proyectistas siempre toman como interés principal los relieves llanos que son los más favorables para la construcción, los movimientos de tierra, el transporte, la agricultura, el riego, drenaje, etc. Sin embargo, no todos los elementos geomorfológicos tienen capacidad y estabilidad que son dos elementos de análisis dentro de los factores ambientales. ¿Qué elementos se tomaron en cuenta para determinar la capacidad del terreno? Seis variables se han tomado en consideración: los taludes naturales, factor topográfico, accesibilidad del terreno, depósitos de residuales, el laboreo del terreno y la fertilidad natural.

El segundo factor de evaluación de terrenos es la estabilidad. Las variables a tomar en consideración son: los taludes naturales, los suelos y rocas, y los temblores de tierra. La estabilidad indica la capacidad de resistencia y estabilidad del terreno ante las acciones que se le imponen.

El tercer factor a tomar en consideración son los recursos, es decir, los recursos hídricos, aguas superficiales y subterráneas, los recursos minerales útiles (metálicos y no metálicos), los materiales de construcción, los recursos energéticos.

El último factor que se tiene en cuenta es la facilidad de riesgos. En ella intervienen la expansión de los suelos, los deslizamientos, la erosión, los terremotos, la subsidencia tectónica, los flujos, etcétera.

Al confeccionar una matriz donde intervengan las variables de los componentes ambientales antes señaladas con las combinaciones ya mencionadas (Tabla 1) de-

bemos tomar en cuenta las 24 combinaciones relacionadas con el terreno llano. El paisaje llano puede tener tres elementos importantes en dependencia de su intensidad tectónica. Los fuertemente agrietados pueden ser más sensibles a movimientos sísmicos que desencadenen peligros de terremotos. En estos casos la estabilidad es baja.

En el territorio de Moa los últimos reportes geodésicos indican movimientos diferenciales entre los distintos bloques tectónicos de la región. En abril de 1992 ocurrió un sismo fuerte de 6 grados en la escala MSK. El auge de urbanización y crecimiento integral de la ciudad son elementos que condicionan un aumento del riesgo sísmico en el territorio.

Los terrenos premontañosos y montañosos no poseen una incidencia directa en la urbanización e industrias dentro de la ciudad pero sí representan elementos importantes para la explotación de minerales, los complejos hidráulicos y la explotación de los recursos forestales y agrícolas de montaña. Estas transformaciones tienen una incidencia directa en el ordenamiento ambiental del terreno. La minería a cielo abierto es una de las principales fuentes de estrés ecológico de la región. En las últimas décadas esta actividad se ha triplicado perturbando los ecosistemas, los paisajes y deteriorando el ambiente.

Como se puede observar de las Tablas 2, 3, 4 y 5 cada factor depende del medio geológico del área en cuestión. De esta manera se impone clasificar para cada área los factores ambientales y ubicarlos dentro de un rango que mida el potencial ambiental del terreno. Así al agruparlos dentro de un rango que mida el potencial del grupo nos estaremos acercando a la evaluación del terreno y de su impacto. No más de seis rangos de valores deben de categorizar las áreas estudiadas. Los rangos son los siguientes:

5 - Muy alto

4 - Alto

3 - Moderado

2 - Bajo

1 - Muy bajo

0 - No adecuado

En las tablas (2-5) se muestra una evaluación preliminar para el planeamiento y la determinación de la evaluación del impacto ambiental (EIA). El máximo valor dentro del rango de valores es 100. Los rangos que representan la potencialidad del terreno son:

Capacidad muy alta 80 - 100

Capacidad alta 50 - 79

Capacidad moderada 35 - 49

Capacidad baja 18 - 34

Capacidad muy baja 0 - 17

TABLA 2. Valores posibles de la capacidad del terreno llano según los componentes ambientales principales: libertad de peligros y riesgos ambientales

No.	Códigos	Erosión	Deslizamiento	Sismos	Mov. tectónico	Flujos	Sifones de aguas	Total
		1	2	3	4	5	6	
1	1111	5	5	4	5	0-3	3	20-25
	1121	4-5	4-5	2-4	3	1-3	3	17-20
	1131	3-4	3-4	0-3	0	2-3	2-	11-17
2	1211	5	5	4	5	0-3	4	23-26
	1221	4-5	4-5	2-4	3	1-3	4	18-24
	1231	3-4	3-4	0-3	0	2-3	4	12-13
3	1311	5	5	4	5	0-3	4	23-26
	1321	4-5	4-5	2-4	3	1-3	4	18-24
	1331	3-4	3-4	0-3	0	2-3	4	12-19
4	2111	3-4	3-4	2-3	3	0-2	0-	13-17
	2121	2-3	2-3	1-3	2	1-3	0-	8-15
	2131	1-2	1-2	0-2	0	1-2	0-	3-11
5	2211	3-4	3-4	2-3	3	0-3	3	14-20
	2221	2-4	2-3	1-3	2	1-3	3	11-18
	2231	1-3	1-2	0-2	0	2-3	3	7-18
6	2311	3-4	3-4	2-3	3	0-2	4	15-20
	2321	2-4	2-3	1-3	2	1-2	4	12-20
	2331	1-3	1-2	0-2	0	1-3	4	7-51
7	3111	4	4-5	2-4	4	0-2	4	18-23
	3121	3-4	3-4	2-3	3	1-2	4	16-20
	3131	2-3	2-3	0-2	0	1-3	4	9-17
8	3211	3-4	3-4	2-4	3	0-3	2-	1-22
	3221	2-4	1-3	1-3	2	1-3	2-	10-19
	3231	1-3	1-2	0-2	0	2-3	2-	6-15

TABLA 3. Valores posibles de la capacidad del terreno llano según los componentes ambientales principales: recursos

No.	Códigos	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Yac. mín. útil.	Materiales Ma construcción	Total
		1	2	3	4	
1	1111	1-2	0-2	0-2	1-2	2-8
	1121	1-3	1-2	1-2	1-3	4-10
	1131	2-3	1-3	1-3	2-5	6-14
2	1211	1-2	0-2	1-3	1-2	3-9
	1221	1-3	1-2	2-3	1-3	5-11
	1231	2-3	1-3	2-4	2-5	7-11
3	1311	1-2	0-2	1-3	1-2	3-9
	1321	1-3	1-2	2-3	1-3	5-
	1331	2-3	1-3	2-4	2-5	7-15
4	2111	0-2	0-1	0-2	0	0-5
	2121	1-2	0-2	1-2	0	2-6
	2131	1-2	1-2	1-3	0	3-7
5	2211	1-3	2-3	0-2	0-1	3-9
	2221	2-4	2-4	1-2	1-2	6-12
	2231	3-4	3-4	1-3	1-3	8-14
6	2311	0-2	0-1	1-3	0-1	1-7
	2321	1-2	0-2	2-3	2-3	5-10
	2331	1-2	1-3	2-4	2-3	6-12
7	3111	1-2	0-2	0-2	1-2	2-8
	3121	1-3	1-2	1-2	1-3	4-10
	3131	1-3	1-3	1-3	2-4	5-12
8	3211	1-3	1-3	0-2	1-2	3-10
	3221	2-3	1-4	1-3	1-3	5-13
	3231	2-4	2-4	2-3	2-4	8-25

TABLA 4. Valores posibles de la capacidad del terreno llano según los componentes ambientales principales: capacidad

No.	Códigos	Pendientes	Acceso	Depósito residual	Excavación Laboreo	Fertilidad natural de suelos	Total
		1	2	3	4	5	6
1	1111	4-5	5	4	1-3	0-2	14-19
	1121	4-5	4	3	1-3	0-2	10-17
	1131	3-4	3	2	1-4	0-2	9-15
2	1211	4-5	5	5	2-4	3-5	20-24
	1221	4-5	4	4	2-4	4-5	16-22
	1231	3-4	3	3	2-5	4-5	15-20
3	1311	4-5	4	5	2-4	3-5	18-23
	1321	4-5	3	4	3-4	4-5	18-21
	1331	3-4	2	3	4-5	4-5	16-19
4	2111	4-5	4	5	4-5	1-2	18-21
	2121	4-5	3	4	4-5	2-3	17-21
	2131	3-4	2	3	4-5	2-3	17-21
5	2211	4-5	4	3	3-4	0-5	14-21
	2221	4-5	3	2	3-4	1-5	14-21
	2231	3-4	2	3	4-5	2-5	14-17
6	2311	4-5	4	3	1-3	1-2	13-17
	2321	4-5	3	2	2-3	1-3	12-16
	2331	3-4	2	1	3-4	1-3	9-14
7	3111	4-5	4	4	1-3	0-2	13-18
	3121	4-5	3	2	2-3	0-2	12-16
	3131	3-4	2	2	3-4	0-2	10-14
8	3211	4-5	4	3	1-3	1-3	13-18
	3221	4-5	3	2	2-3	1-4	12-17
	3231	3-4	2	1	3-4	1-5	10-16

TABLA 5. Valores posibles de la capacidad del terreno llano según los componentes ambientales principales: estabilidad

No.	Códigos terrenos llanos	Talud Natural	Suelos/terrenos	Temblores de tierra	Total
		1	2	3	4
1	1111	4-5	5	4	13-14
	1121	3-4	4	3	10-11
	1131	1-4	1-3	2	4-5
2	1211	4-5	5	4	13-14
	1221	3-4	4	3	10-11
	1231	2-4	5	4	13-14
3	1311	4-5	5	4	13-14
	1321	4-5	4	3	10-11
	1331	2-4	1-3	2	5-9
4	2111	2-4	1-2	2	5-8
	2121	0-3	0-2	1	1-6
	2131	0-1	0-1	0	0-2
5	2211	2-4	1-4	2-4	2-4
	2221	1-2	1-3	1-3	3-8
	2231	0-1	1-2	1-2	2-5
6	2311	2-4	1-4	3	6-11
	2321	1-2	0-4	2	3-8
	2331	0-1	0-2	1	1-4
7	3111	3-4	1-4	3	7-11
	3121	2-4	0-4	2	4-10
	3131	1-3	0-3	1	2-6
8	3211	1-4	1-4	3	5-11
	3221	1-3	0-4	2	3-9
	3231	1-2	0-3	1	2-6

Los cálculos se hacen necesario para evaluar integralmente el terreno y definir bien su reordenamiento. El siguiente ejemplo representa los rangos de la capacidad del terreno llanos con rocas serpentínicas:

Código del terreno	Rango	Capacidad del área
3 211	52-70	Alta
3 221	46-61	Moderada - Alta
3 231	28-52	Baja - Alta

Para terrenos llanos con suelos lateríticos:

Código del terreno	Rango	Capacidad del área
2 211	34-51	Moderada
2 221	24-48	Moderada
2 231	20-37	Baja - Moderada

De esta manera podemos evaluar cualitativa y cuantitativamente el terreno, y brindarle a los proyectistas y planificadores datos más reales, más precisos, para tomar decisiones.

Generalmente los terrenos de rocas serpentínicas del tipo 3 211 representan las áreas con mejores perspectivas para el desarrollo urbano e industrial, sin embargo, deben tomarse con cautela los problemas de la sismicidad y analizar los factores ambientales que incidan directamente en él. Los terrenos del tipo 2 231 no deben ser catalogados de adecuados en las decisiones del planeamiento urbano.

En cada terreno tienen un peso fundamental las peculiaridades a que se destinará su desarrollo sostenible: minería, forestal, hidráulico, portuario, urbano industrial, etc. En la práctica, dentro de los cuatro factores ambientales, las variables más importantes son: el factor topográfico, la vegetación, los suelos y rocas, los recursos, y los riesgos del área analizada. Al conjugar todos los elementos de la EIA del terreno pudiéramos acercarnos a un rango más cómodo de valoración del terreno que permita una decisión más rápida:

1 - 48	Muy baja
50 - 79	Moderada
80 - 100	Alto

Los peligros geológicos desencadenados por la construcción o el minado son impactos que deben ser evaluados. Una vía alternativa puede ser la siguiente:

- Evaluación del riesgo social de acuerdo con la fórmula general de Riesgo de vidas perdidas/año. Si el Riesgo resulta ser superior al de otras actividades de alto riesgo, debe de ser admitida para el análisis de corrección.
- Evaluación de riesgo económico en pesos perdidas/año a nivel de las distintas obras ingenieriles y mineras. Comparación con los beneficios obtenidos del costo de reducción a un nivel admisible.

CONCLUSIONES

Las actuaciones urbanísticas puede provocar procesos y fenómenos geoambientales tales como: inundaciones y deslizamientos que afectan el terreno. Son de especial utilidad para la ingeniería geológica y el planeamiento urbanístico, la identificación y caracterización de los peligros naturales: los mapas de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgos y otros.

El dominio geológico puede claramente explicar el medio geológico del terreno, el cual queda estrechamente relacionado con los factores que puedan ser usados para el planeamiento y ordenamiento de los territorios. Una evaluación preliminar, basada en la ingeniería petrológica de las rocas y unida a la tectónica y el relieve, permite determinar el potencial del terreno. Los terrenos pueden ser así codificados en cuatro dígitos.

En el campo de la geología las combinaciones 3 311, 3 321, 3 331 representan rocas ígneas básicas (serpentinicas) en un terreno llano con diversa intensidad tectónica. Para terrenos llanos con suelos lateríticos de los tipos 2 211, 2 221 y 2 231 se observan diferentes variantes de terreno, desde moderada a baja.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMONTE, NARCISO: «Deterioro de las costas dominicanas», *Bull. Inst. Geol. Bassin d'aquitaine, Cours International d'Océanologie Cotiere en Región Caribe*, no. 45, 1989.
- «Aplicación de métodos estadísticos uni y multivariantes a estudios de contaminación. El caso de la cubeta de la Llagosta», *Boletín Geológico Minero de España*, vol. 102, no. 5, pp. 685-705, 1991.
- AYALA, F.J.: «Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y su aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos», *Boletín Geológico Minero*, ITGE, Madrid, 1990.
- CAPEL MOLINA, J.J.: «Riesgos Climáticos: Desertificación y fluctuación climática actual», *Boletín Geológico Minero*, vol. 101, no. 4, pp. 612-620, 1990.
- CASTANY, G.: *Impactes sur l'environnement des projets de développement des ressources en Eau. 27 th International Geological Congress*, pp. 160, agosto, Moscú, 1984.
- CUNHA MELO, CYRO: «Mineração e meio ambiente», *Revista Escola de Minas, REM (Brazil)*, vol. 43, no. 3, pp. 4-6, 1990.
- DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE: *Guías Metodológicas de Evaluación de Impactos Ambientales*, MOPU, Madrid, 1988.
- DONOSO, M.: «Consideraciones sobre el impacto ambiental del desarrollo de la Mina Cerro Colorado en el Golfo de Chiriqui (Panamá)», *Bull. Inst. Geol. Bassin d'aquitaine, Cours International d' Oceanologie Cotiere en Región Caribe*, no. 45, 1989.
- «El Medio Ambiente Natural: Sus características, aprovechamiento y conservación», *Revista Cultura*, vol. 24, no. 10, pp. 137-272, Environmental Geochemistry in Northern Europe, Proceeding of the First Symposium on Environmental Geochemistry in Northern Europe, 17-19 octubre, Finlandia, 1989.
- GIBBS, H. J.: *Stability Problems of Collapsing Soils*, Proc. Amer. Soc., Civil Engin, 93, 1986.

GONZÁLEZ, VICTOR: «La industria extractiva y el ambiente», Boletín de Minas, vol. 27, no. 3, Lisboa, 1990.

GONZÁLEZ OTERO, L.M.: *Rehabilitación funcional de áreas minadas a cielo abierto como premisa para la optimización del medio ambiente cubano*, II Activo de protección del Medio Ambiente del MINBAS, 1989.

GUARDADO LACABA, RAFAEL: *Ingeniería Geológica, Ingeniería Petrológica*, 2da ed., Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 1988.

———: *Guía Metodológica para la confección de Mapas Ingeniero Geológicos*, ISMMM, Moa, Cuba, 1986.

HENDRY, M. and P. BACÓN: *Hurricane Impacts on Caribbean beaches, the development of a data base and guidelines for coastal area planning and management*, 12 th. Caribbean Geological Conference, agosto, 1989.

HONTORIA GARCÍA, E.: «Establecimiento de un modelo de descontaminación por lavado de las calzadas urbanas», *Revista de Obras Públicas*, no. 13, pp. 247, 1986.

JOCKSON, R.E.: *La pollution et la prediction des formation aquifer. Nature et ressources*, UNESCO, vol. XVIII, no.3, jul.-sep., 1982.

JUÁREZ BADILLO, ALFONSO RICO: *Mecánica de Suelos*, t.I y II, 9na ed., México, 1986.

KOZLOVSKY, E.A.: *Geological Problems of Enviromental protection*, 27th International Geological Congress, pp. 162., agosto, Moscú, 1984.

MILLER, U.: *Elementos-sustancias contaminantes en sistemas ecológicos como objetivo de las investigaciones geográficas*, Colombia Geográfica, vol. 14, no. 2, pp. 7.

REICHE, R.H.: *Desertification in the Sahel: The exposing of the Old Erg of and Earlier Sahelian, Cattle-Breeding, Natural Recources and development*, vol. 30, pp. 104, 1989.

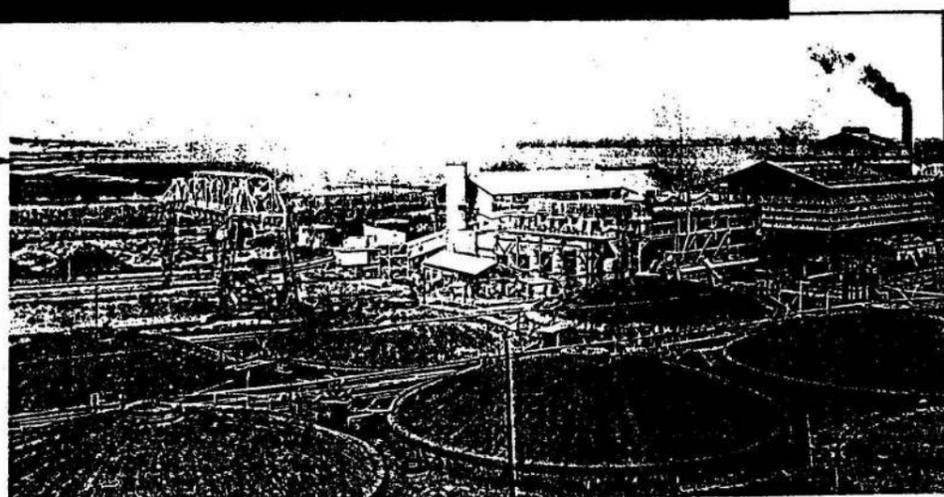
RIBERÓN ZALDIVAR, BEATRIZ: *Estudio de las particularidades ingeniero-geológicas del sector Playa La Vaca de Moa*, Informe Geotécnico, ISMM, 1991.

Saneamiento en barrios suburbanos: una necesidad, Politécnica, vol. 10, no. 31, Ecuador, 1985.

VENKATESH, S.: *Model simulations of the drif and spread of the Exxon Valdes Oil. Atmosfere Ocean*, vol. 28, no.1, 1990.

WALTHAM, T.: *Catastrophe. The Violent Earth*, Mc Millan, London, 1978.

**ACERO
PARA EL DESARROLLO**



Caracterización de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guam y su empleo en la fundición

Ing. José A. Pons Herrera
Ing. Oneysis Pérez Valdés
Ing. Beatriz Ramírez Serrano
María Caridad Ramírez Pérez

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Se ofrece la caracterización de esta materia prima con grandes posibilidades de aplicación como material refractario, lo cual queda demostrado al evaluarse su uso como mortero y hormigón en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.

ABSTRACT: A study of the ferrocaolinites-gibbsites clays from Cayo Guam zone is presented. The characterization of this raw material which possesses great possibility as refractory material are also shown. These possibilities were demonstrated with the evaluation as refractory mortar and concrete in the foundry workshop at the Mechanical Enterprise of Nickel.

Las plantas metalúrgicas, por sus características, constituyen una de las industrias que mayor cantidad de productos refractarios consumen, los cuales elevan considerablemente los costos de producción. La mayoría de estos materiales refractarios se adquieren en el extranjero con el consiguiente gasto de divisas. Sin embargo, en el país existen importantes recursos minerales con determinadas propiedades refractarias que pueden ser utilizados, preparándolos adecuadamente, en sustitución de gran parte de los productos refractarios que consumen las principales empresas del país.

En Cuba, la parte norte de la región oriental ha sido objeto de estudio por diferentes investigadores y se cuenta con importante información geológica sobre sus principales recursos minerales.

Específicamente, en la región de Moa existen importantes recursos minerales entre los que se encuentran las arcillas refractarias relacionadas con las cortezas de intemperismo bauxíticas, las cuales han sido investigadas por varios autores (Camacho y otros, 1993; Jeréz y otros, 1995; Pons y Leyva, 1996). Estas arcillas se localizan principalmente en las zonas de Centeno y Cayo Guam.

Las arcillas ferrocaolínicas gibbsíticas de la zona de Centeno se caracterizaron y evaluaron como material refractario en el taller de fundición de la Unión del Níquel de Moa, obteniéndose buenos resultados en el revestimiento de cazuelas de vertido y en algunas partes del horno de arco eléctrico (Pons y otros, 1996). Sin embargo, las reservas de arcilla refractaria localizadas en la zona de Cayo Guam no habían sido lo suficientemente estudiadas con vistas a su utilización en la industria como material refractario, aunque con los trabajos de Camacho y otros (1993) y de Jeréz y otros (1995) se amplió significativamente el conocimiento geológico sobre estas reservas.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las arcillas ferrocaolínicas gibbsíticas de la zona Cayo Guam, así como evaluarlas tecnológicamente con vistas a su utilización como mortero y hormigón refractario en los talleres de fundición.

Selección y preparación de la materia prima

Las muestras seleccionadas se tomaron de un afloramiento artificial de grandes taludes, situado en la zona de Cayo Guam, a un kilómetro aproximadamente de la carretera Moa-Baracoa. Posteriormente se sometieron a un proceso de homogeneización mediante el método del cono y el anillo, lo que permitió alcanzar la representatividad necesaria de las muestras que serían sometidas a diferentes análisis y pruebas experimentales.

Una vez homogeneizadas, las muestras se secaron a una temperatura de 300 °C y se les realizó un tratamiento mecánico con el objetivo de alcanzar la granulometría requerida para su empleo como mortero y hormigón refractario.

Antes y después del proceso de preparación mecánica de las muestras se realizó el análisis granulométrico para determinar el porcentaje obtenido en las clases de tamaño principales (Tablas 1 y 2).