

## ASPECTOS MODERNOS DEL PLANEAMIENTO CONSTRUCTIVO BASADO EN DATOS INGENIERO-GEOLÓGICOS

### RESUMEN

En este trabajo se muestra la necesidad del estudio de las condiciones ingeniero-geológicas para el planeamiento de las ciudades.

Se ofrecen las características generales de la metodología para realizar las investigaciones y aspectos de la tipificación ingeniero-geológica, elaboradas ambas por el Profesor Dr. en Ciencias, V.D. Lomtadze, del Instituto de Minas de Leningrado.

Se aplica esta metodología general a las condiciones de la ciudad de Santiago de Cuba.

### Аннотация

В статье показывается необходимость учёта инженерно-геологических условий при планировании городов.

Приведется основные характеристики, методика по реализации исследования и аспекты инженерно-геологической типификации, разработанные д.т.н., проф. В.Д. Ломтадзе в Ленинградском горном институте.

Приведены основные положения применения методики в условиях города Сантьяго де Куба.

ASPECTOS MODERNOS DEL PLANEAMIENTO CONSTRUCTIVO  
BASADO EN DATOS INGENIERO-GEOLOGICOS

Rafael Guardado Lacaba  
Ingeniero Geólogo, Asistente  
Departamento de Ciencias Geológicas Aplicadas del ISMMMOA

PROBLEMATICA GENERAL

Uno de los problemas actuales del planeamiento constructivo de las ciudades de nuestro país es el insuficiente estudio de las condiciones ingeniero-geológicas para la confección del plan director.

En el planeamiento de una ciudad intervienen diversos especialistas, que analizan diferentes aspectos de la futura población. Los aspectos geológicos e ingeniero-geológicos deben ser tomados en consideración, tanto por la incidencia que tienen sobre las construcciones, como por la influencia de estas sobre el medio geológico.

La edificación del socialismo en Cuba abre nuevas posibilidades al desarrollo constructivo de las ciudades. Actualmente se construyen nuevos distritos, se remodelan centros urbanos, se crean nuevas fábricas y complejos industriales. En Santiago de Cuba se amplía el distrito "José Martí"; crece la zona industrial del este de la bahía; se remodela el centro urbano; en la provincia de Camagüey se produce un acelerado desarrollo urbano e industrial; en Cienfuegos tiene lugar un gigantesco plan de construcciones; en la zona de desarrollo minero-metalúrgico del nordeste de la provincia de Holguín se plantean enormes inversiones y en muchos otros puntos del país se ejecutan planes de construcción.

Todos los proyectos presentados para la confección del plan director de las ciudades y obras industriales plan-

tean interrogantes, a las que debe dar respuesta la ingeniería geológica.

El plan director indica el empleo del territorio dentro de los límites de la ciudad. El planeamiento de las ciudades se realiza con determinada consecutividad a diferencia de los estadios de los proyectos de los distintos edificios y obras.

El plan director confeccionado por especialistas de Planificación Física de Santiago de Cuba está concebido hasta el año 2000, con una etapa intermedia en 1990. El área total de estudio abarca 7 620 ha, con una población urbana total de 310 868 habitantes aproximadamente; actualmente se trabaja en una variante definitiva.

LA REGIONALIZACION INGENIERO-GEOLOGICA  
PARA EL PLANEAMIENTO DE LAS CIUDADES

El problema fundamental de la ingeniería geológica de las ciudades es el estudio de las condiciones del medio geológico, para lograr el empleo racional de las características ingeniero-geológicas. La valoración ingeniero-geológica para fundamentar el plan director comprende el estudio, descripción y mapeo ingeniero-geológico del territorio. La solución al problema fundamental de la ingeniería geológica de las ciudades está en la regionalización ingeniero-geológica.

Dentro de los problemas de la regionalización ingeniero-geológica, ocupa el primer lugar la selección de las bases naturales, que brindará la fundamentación geológica y geotécnica de las cimentaciones.

Debe subrayarse que la cuestión básica de la ingeniería geológica en la construcción masiva y planificada de una

ciudad, es resolver los aspectos relacionados con las condiciones geológicas para la construcción de cimientos.

Las ciudades, y en particular, las grandes ciudades, ocupan áreas considerables, y por lo general, están divididas en zonas, repartos, distritos, microdistritos, etcétera.

Dentro de la regionalización ingeniero-geológica debe realizarse la tipificación, es decir, la generalización de la valoración de las condiciones ingeniero-geológicas. Es conveniente realizar la tipificación según grupos de zonas con características o índices de características muy similares.

Para el planeamiento de la ciudad de Santiago de Cuba, la tipificación permite aplicar determinadas medidas ingenieriles ante los variados procesos y fenómenos a que se desarrollan, elegir las bases y tipos de cimientos a aplicar para las diferentes construcciones y a la vez ofrece soluciones relacionadas con la construcción de las cimentaciones.

Los problemas de la tipificación ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba están dados por el relieve difícil y complejo que presenta, donde existen rocas y suelos de distinta composición y estado: complejo vulcánico-sedimentario, complejo de rocas calizo-margosas, complejo de suelos arenoso-arcillosos. Estos complejos de suelos y rocas producen fenómenos geodinámicos como son: desprendimiento de rocas, deslizamiento de tierra, difusión y terremotos, estos últimos presentan una periodicidad aproximada de 80 años.

Pero además en Cuba hay otras ciudades con características ingeniero-geológicas complejas, que evidencian la necesidad de un estudio en este sentido. Es el caso de Moa,

caracterizada por un suelo eluvial, asentado en una serpentinita muy alterada. En esta zona se hace necesario definir los espesores de los estratos que componen los suelos lateríticos y los fenómenos geológicos que afectan a las obras ingenieriles.

La base del estudio de regionalización del territorio es el levantamiento ingeniero-geológico, el cual va acompañado de otros trabajos geológicos. La tarea del mapeo ingeniero-geológico es la representación, en el plano, de las condiciones ingeniero-geológicas del territorio. La regionalización ingeniero-geológica no es el mapeo geológico solamente; es un material complementario del mapa geológico y tiene su propio contenido.

La regionalización ingeniero-geológica es la conclusión del estudio, descripción, objetivamente expresado en el mapa, de las condiciones ingeniero-geológicas de uno u otro territorio [1].

El Profesor Valeri D. Lomtadze plantea que las cuestiones inmediatas a realizar para los trabajos ingeniero-geológicos y el planeamiento de las ciudades son las siguientes:

- a. Estudio ingeniero-geológico regional del territorio y su regionalización, con el objetivo de fundamentar el proyecto del planeamiento urbano y suburbano de la ciudad.
- b. Tipificación ingeniero-geológica con el objetivo de establecer los principios de construcción de los distintos grupos de edificios y obras, los tipos de bases naturales, los tipos de cimentaciones y sus esquemas de

cálculo, así como brindar las medidas ingenieriles a tomar.

- c. Fundamentar los proyectos de cimentaciones de los edificios y obras en las rocas y suelos, que se relacionan con los distintos grupos y variedades, su estabilidad y las condiciones de su normal explotación.
- ch. Estudio, valoración y pronóstico de los procesos y fenómenos geológicos que influyen en las condiciones constructivas, para la conservación del territorio, edificios y obras, y disminuir la peligrosidad a la población.
- d. Fundamentación de los proyectos de las obras variadas y especiales (puentes, aeropuertos y otros).
- e. Realizar búsqueda y exploración de los yacimientos de materiales de construcción, de las fuentes de aguas subterráneas y de la ubicación de presas para el abasto de agua a la ciudad.
- f. Fundamentar los proyectos de los distintos trabajos ingenieriles con el objetivo de brindar estabilidad y conservar el medio geológico y natural. [1]

Cuando analizamos el planeamiento de la ciudad de Santiago de Cuba y constatamos la variedad y masividad de los distintos tipos de obras y lo complejo de las condiciones ingeniero-geológicas, pensamos lo necesario que resulta cumplir las tareas a través de una regionalización ingeniero-geológica especial.

Esta regionalización ingeniero-geológica especial hará más exacto el planeamiento de la ciudad, y ofrecerá la infor-

mación requerida para los proyectos constructivos. Para su ejecución habrá que considerar los elementos del relieve, la constitución geológica, los procesos y fenómenos geológicos, el grado de inundación del territorio, que conforman las condiciones ingeniero-geológicas de las áreas, para a partir de la aplicación de los elementos que se muestran en la Tabla 1 buscar los criterios de favorabilidad.

Para la realización de la regionalización, es necesario emplear los métodos geomorfológicos, además de la realización de divisiones de las condiciones geólogo-litológicas, la distribución de las aguas subterráneas y los procesos y fenómenos geológicos.

El esquema ingeniero-geológico de las ciudades contribuirá a una mejor proyección y desarrollo de las construcciones en nuestro país.

#### METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS INGENIERO-GEOLÓGICOS EN LAS CIUDADES

La metodología elaborada por el Profesor V.D. Lomtadze establece que los principales trabajos para la valoración ingeniero-geológica de la ciudad son:

1. El levantamiento ingeniero-geológico
2. El trabajo de búsqueda
3. Los trabajos experimentales de campo
4. Las observaciones estacionarias
5. Los trabajos de laboratorio

La realización de los trabajos de apoyo al plan director de las ciudades se fundamentará en el levantamiento ingeniero-geológico, que abarcará toda la ciudad y las zonas suburbanas, teniendo en cuenta los límites de desarrollo de la misma.

TABLA 1. Características de las condiciones ingeniero-geológicas del territorio por el grado de utilización y favorabilidad, para el planeamiento y construcción de las ciudades. (Profesor V.D. Lombadze, 1978.)

Elementos de las condiciones ingeniero-geológicas	Grado de utilidad del territorio		
	I. Util (favorable)	II. Util con limitaciones (favorable)	III. Inútil, desfavorable
a) Relieve	Llanuras con pendientes de 10 % (hasta 3°); elevación relativa (profundidad de erosión del relieve) hasta 10 m; débil denudación horizontal	Llanuras con más del 0,5 % y desde 10 hasta 20 % (hasta 11°), y en zonas montañosas hasta 30 % (desde 16-17°); elevación relativa 10-25 m; denudación horizontal media y significativa (0,5-2,0 km)	Llanuras fuertemente denudadas, pendientes mayores del 20 % mayor que 11°, y en zonas montañosas mayores de 30 % (más de 16-17°); elevación relativa 25 m; denudación horizontal fuerte (menor de 0,5 km)
b) Constitución geológica	Se distribuyen rocas homogéneas, utilizadas como bases naturales para distintos tipos de cimentaciones; estabilidad de los edificios y obras; se garantiza la normal explotación	Se distribuyen rocas con composición y propiedades que exigen observación con algunas limitaciones y cuidado para suministrar la estabilidad de las obras y edificios y las condiciones normales de su explotación	Se distribuyen rocas débiles; para suministrar la estabilidad a las obras se aplican tipos especiales de cimentos, mejoramiento de las propiedades de las rocas, medidas especiales; se observan determinadas condiciones para la protección de las obras
c) Aguas subterráneas	Profundidad de yacencia de las aguas subterráneas muy por debajo de la profundidad de desplante; no es necesario hacer medidas de defensa de su influencia	Son necesarias medidas especiales para cumplir las condiciones normales de la construcción, la estabilidad y la explotación de las obras (abatimiento del nivel freático, medidas antierosivas, secado, etcétera)	Se exige cumplir medidas especiales para la defensa bajo la influencia de las aguas subterráneas en la estabilidad de las obras, explotación y producción de los trabajos constructivos
ch) Procesos y fenómenos geológicos	No exigen cumplir cualquier medida especial para la defensa del territorio	Se exige cumplir medidas ingenieriles especiales para la defensa del territorio, edificio u obra, la vida y la acción del hombre, los daños y la peligrosidad de su influencia	Se exige cumplir medidas especiales complejas para la defensa bajo la influencia de los distintos procesos y fenómenos geológicos
d) Inundación del territorio	No se inunda en las crecidas el 1 % del abastecimiento de las aguas; reiteración una vez en 100 años	No se inunda en la crecida desde 1 hasta 4 % del suministro de las aguas; reiteración una vez en 25 años	Inundación por las crecidas más que el 4 % del suministro; reiteración más de una vez cada 25 años

En la ciudad de Santiago de Cuba el levantamiento ha sido realizado en la escala 1:25 000 y 1:10 000, en las zonas más complejas. La escala del levantamiento depende del grado de estudio geológico y de las complejidades de las condiciones presentes, en este caso la ciudad de Santiago de Cuba.

En general, la escala más apropiada está en el rango de 1:10 000-1:25 000.

En ocasiones el trabajo de levantamiento ingeniero-geológico de las ciudades es muy difícil debido a la falta de afloramiento, densidad de construcciones y carencia de datos.

Estas dificultades pueden quedar resueltas a través de la aplicación de los métodos de búsqueda y exploración geofísica, los trabajos de perforación y el empleo de los sondeos dinámicos y estáticos.

La valoración ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba la hemos subdividido según las condiciones naturales existentes y el objetivo de estudio, sea la ciudad, el distrito o la obra en tres etapas fundamentales:

Para la ciudad:

- Tareas del proyecto
- Proyecto técnico
- Proyecto ejecutivo

Para el distrito:

- Proyecto técnico
- Proyecto ejecutivo

Para la obra:

• Una etapa de investigación que dependerá de la categoría de las obras que se construyan.

Esta subdivisión responde al planeamiento elaborado para la ciudad hasta el año 2000.

Para ciudades con una población menor de 250 000 habitantes se pueden realizar las investigaciones en una o dos etapas, según las condiciones de desarrollo planteadas a la ciudad y la complejidad de las condiciones ingeniero-geológicas.

Como aspectos principales de la valoración ingeniero-geológica de las ciudades se incluyen, en primer lugar, las rocas y/o suelo, que sirven de base a las futuras construcciones, las aguas subterráneas que actúan agresivamente en la destrucción de los cimientos de las obras y debilitan sus bases naturales, que influyen en el incremento de la intensidad sísmica del territorio y los procesos y fenómenos geológicos (fenómenos geodinámicos). Ver Tabla 2.

Además de esos componentes principales aparecen otros que podemos considerar complementarios, que influyen directa o indirectamente sobre los principales, como son el relieve, la red hidrográfica, el clima (tomando en consideración que en Santiago de Cuba existe un microclima, dentro del clima tropical de Cuba).

El clima, en las condiciones de Cuba tropical, no influye grandemente en las construcciones de las ciudades.

TABLA 2. Factores principales para la determinación de las condiciones ingeniero-geológicas para las diferentes etapas de investigación. (Ingeniero R. Guardado.)

Etapas de investigación	Condiciones geológicas	Propiedades físico-mecánicas	Condiciones hidrogeológicas	Procesos y fenómenos geológicos
I PTE Proyecto Técnico Económico	Estudiar las condiciones geológicas generales (estratigrafía, tectónica y neotectónica y sismicidad)	Determinar los tipos de rocas: 1. duras; 2. semiduras; 3. friables y cohesivas; 4. friables y no cohesivas; 5. rocas con particularidades especiales	Determinar los horizontes de las aguas subterráneas; posición de estas en el perfil geológico; composición química de las aguas subterráneas; particularidades hidrodinámicas	Determinar los tipos generales del desarrollo actual de los fenómenos geológicos (derrumbes, deslizamientos, carso, etcétera); sismicidad del territorio; actividad del hombre
II Proyecto Técnico	Determinar los tipos de rocas; dar la potencia de los sedimentos cuaternarios cuantitativamente y sus variaciones; estudiar la litología; detallar la tectónica y la neotectónica y la influencia de esta sobre la ciudad	Detallar los tipos de rocas anteriormente clasificadas; determinar el estado físico para cada tipo de sedimento cuaternario, el grado de agrietamiento, la dureza, su resistencia; hacer su clasificación según el grado de alternación	Detallar el nivel de los diferentes horizontes acuíferos, la influencia de las aguas subterráneas en las obras; determinar la relación entre las aguas superficiales y subterráneas; determinar el coeficiente de filtración Kf	Determinar los tipos fundamentales de fenómenos geológicos, sus límites, desarrollo, dinámica, las causas; hacer la clasificación de los tipos fundamentales
III Proyecto Ejecutivo (planos de trabajo o diseño)	Determinar los límites de las áreas donde se desarrollan ampliamente los sedimentos cuaternarios y detallar su potencia; dividir los elementos estratigráficos reales y dar la peligrosidad del área según la tectónica; concluir con el grado de favorabilidad desde el punto de vista constructivo	Determinar todos los índices directos o indirectos de los tipos fundamentales de suelos; determinar los límites de las áreas donde aparecen los suelos débiles y muy débiles que van a servir de base a los edificios; determinar la influencia de las construcciones en las propiedades físico-mecánicas de las rocas y suelos; determinar el grado de favorabilidad	Determinar los valores del coeficiente de filtración; determinar las variaciones de los niveles freáticos de las aguas subterráneas y su influencia sobre los cimientos; canalización de las aguas; confección de los niveles máximos y mínimos; modificación de las condiciones hidrogeológicas después de la construcción; determinar el grado de favorabilidad	Determinar cómo influyen los fenómenos geológicos en la estabilidad de los diferentes tipos de obras (fundamentalmente a la sismicidad); aumento de la sismicidad e intensidad sísmica; aumento de la intensidad del fenómeno geológico; su influencia en las construcciones; medidas ingenieriles; grado de peligrosidad de la zona

El relieve para las condiciones de la ciudad de Santiago es importante y por eso en la primera etapa es necesario determinar los tipos principales de las formas del relieve, el grado de erosión; para la segunda etapa se detallarán los tipos principales de formas de relieve y el grado de erosión (pendientes); en la tercera etapa se determinarán exactamente las áreas favorables, poco favorables y desfavorables prestando atención al factor del relieve.

Para las zonas llanas como Camagüey y Holguín, pueden unirse las tres etapas en una sola.

De esta forma quedará confeccionado el esquema de micro-regionalización ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba, que servirá para una mejor valoración constructiva de las áreas de la ciudad y un mayor aprovechamiento de las zonas que componen el plan director de la misma.

#### REFERENCIAS

1. LOMTADZE, V.D.: Ingeniernaia geologia. Ed. Nedra, 1978.

## INTERPRETACION DE PERFILES GRAVIMETRICOS DEL CARIBE Y CUBA ORIENTAL

#### RESUMEN

En el artículo se explican los fundamentos de una nueva metodología para la solución del problema inverso en gravimetría a través del problema directo, elaborada en el Instituto de Minas de Leningrado.

Sobre la base de dicha metodología se dan los resultados obtenidos en dos perfiles gravimétricos, uno de ellos a lo largo del mar Caribe y otro en la parte oriental de Cuba.

#### Аннотация

В статье объясняются основы новой методики разработанной в Ленинградском Горном Институте для решения обратной задачи гравиметрии, посредством прямой задачи.

Приводятся результаты применения этой методики для получения двух геологических профилей: одного вдоль карибского моря и второго по Восточной части Кубы.