

# Evolución histórica, actualidad y tendencia de explotación del espacio subterráneo en Bogotá – Colombia

Lilián Andrea Riascos Navaja\* / Mayra Alexandra Rincón García\* /  
Diego Alejandro Torres Niño\* / Adolfo Camilo Torres Prada\*\*

## RESUMEN

El presente artículo consigna los resultados preliminares de la investigación en la que se concibe el futuro escenario del espacio subterráneo en Bogotá como elemento fundamental en la definición de un adecuado sistema urbano. Los procesos científicos de investigación se fundamentan en el método histórico, éstos son para el caso particular: cronología de la evolución del aprovechamiento del subsuelo durante la historia urbanística de Bogotá, análisis de las causas del grado de desarrollo alcanzado de las obras subterráneas urbanas, análisis del estado actual de espacios subterráneos urbanos mediante un inventario ordenado y una clasificación particular de las estructuras, comparación con los procesos evolutivos de otras ciudades del mundo con un conocido apro-

vechamiento de su espacio subterráneo, generando mediante su análisis un modelo idealizado de explotación del subsuelo durante el crecimiento de las ciudades. Finalmente se presenta un planteamiento de la utilización del espacio subterráneo como solución a los problemas de espacio y movilidad y se presentan las tendencias de Bogotá para una optimización en su uso.

**Palabras clave:** espacio subterráneo urbano, método histórico, clasificación, Bogotá, Colombia.

\* Estudiante Ingeniería Civil, Universidad de La Salle. Correo electrónico: liliandrea4@hotmail.com

\*\* Ingeniero Civil – Universidad Nacional de Colombia. Ph.D. en Ciencias Técnicas. Especialidad en diseño y construcción de caminos, aeródromos, puentes, metropolitanos y túneles de transporte – Universidad Estatal de Vías de Comunicación de San Petersburgo – Federación Rusa. Profesor, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle. Correo electrónico: camtopa@yandex.ru

Fecha de envío: 2 de marzo de 2007

Fecha de aceptación: 9 de abril de 2007

## **HISTORICAL EVOLUTION, ACTUAL CONDITIONS AND TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE URBAN UNDERGROUND SPACE IN BOGOTÁ – COLOMBIA**

### **ABSTRACT**

This article presents the preliminary results from the investigation that conceives the creation of a future model of underground space in Bogota - Colombia as a fundamental element to define an adequate urban system. The scientific processes of investigation are based on the historical method, and in particular on the chronology of the evolution of use of underground space through urban history of Bogotá, analysis of the causes of the level of development of the urban underground structures, analysis of current conditions of the existing urban underground structures by an ordered inventory and a specific classification of structures, comparison with

the evolution processes of other cities of the world having a well known usage of underground space. With this analysis, a perfect exploitation model of underground space is generated during the growth of major cities. Finally, this article presents a proposal of usage of underground space as a solution to the problems of space and mobility and the tendencies in Bogotá to optimize its use.

**Key words:** urban underground space, historical method, classification, Bogotá, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

El espacio subterráneo es en la actualidad una alternativa para muchas megapolis que poseen problemas relacionados con su crecimiento y densidad poblacional; por ejemplo, la falta de espacio superficial para la construcción de nuevas obras civiles, problemas ambientales y de movilidad de sus habitantes, entre otros.

La ciudad de Bogotá no está excluida de dichos problemas, adicionalmente, no se tiene un conocimiento completo acerca de las características y ubicación de las estructuras emplazadas en su espacio subterráneo, además la ausencia de políticas para usarlo de manera óptima en pro de alcanzar un desarrollo urbano integrado. Dicho desconocimiento genera inseguridad a la hora de construir nuevos espacios subterráneos, en la construcción de las cimentaciones para las obras superficiales y, en ocasiones, en simples procesos de excavación, pues no siempre se han tenido en cuenta la zona de influencia de otras estructuras existentes en el subsuelo.

En las entidades públicas dedicadas a la definición de directrices y control del desarrollo urbano de la capital colombiana no existe actualmente una base de datos donde estén registradas las obras subterráneas construidas en la ciudad, por ende no se puede generar un control de riesgo a la hora de proyectar y construir nuevas obras en cercanías de ellas.

Cuando en el espacio subterráneo se construye una estructura, se produce una zona de influencia en el subsuelo alrededor de la obra, en el cual se genera un cambio del estado esfuerzo – deformación de la masa de suelo, conceptos básicos que han sido desconocidos por muchos proyectistas y constructores, generando problemas en el momento de construcción de las obras, que no se prevén y que, obviamente,

afectan tanto a la estructura existente, como también a la nueva.

Bogotá necesita proyectar un futuro escenario donde se le de un máximo y óptimo aprovechamiento al espacio subterráneo. El presente trabajo es una herramienta para poder acometer éste desafío y además constituye un paso más para que, en un futuro, se generen algunas recomendaciones en los procesos de construcción en el subsuelo teniendo en consideración que debe existir una distancia de seguridad entre las estructuras subterráneas.

## MARCO TEÓRICO

Es necesario informarse acerca del tema de la infraestructura subterránea, conocer sus beneficios al utilizar el subsuelo y el importante desarrollo que puede alcanzar una ciudad como Bogotá, que crece constantemente y a grandes pasos.

Según Cornejo (2006) “con frecuencia, la problemática es de tal magnitud que es necesario adoptar medidas contundentes, capaces de reinventar un modelo urbanístico que permita un desarrollo armónico de las urbes. Estas medidas contundentes obligan con frecuencia a pensar en utilizar el subsuelo de las grandes ciudades para proyectar y construir en este redes de tráfico”.

La construcción de obras subterráneas resulta de las demandas de la población, en búsqueda de una mejor calidad de vida con formas más sencillas de llevar agua a las viviendas, almacenar comida, protegerse en la guerra y transportarse, entre otras necesidades que se mantienen hoy pero adicionándole a éstas el problema de la falta de espacio (Torres, 2006).

No pueden obviarse los tres sistemas que deben existir en una ciudad para que ésta tenga un buen funcionamiento (Tabla 1).

**TABLA 1. SISTEMAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE UNA CIUDAD (FROLOV ET AL., 2001)**

Sistemas para el buen funcionamiento de una ciudad.	• Sistema superficial de la ciudad
	• Sistema subterráneo
	• Sistema geológico e hidrogeológico

También es importante la ordenación de las edificaciones del futuro; esta ordenación podrá hacerse en tres categorías, acordes con la influencia del medio en las actividades a desarrollar.

**TABLA 2. UTILIZACIÓN DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO EN LA ESTRUCTURACIÓN URBANÍSTICA**

Edificación en superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficinas.</li> <li>• Comercio al detal.</li> <li>• Instalaciones deportivas.</li> <li>• Residencia familiar.</li> </ul>
Edificación Semienterrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejos comerciales.</li> <li>• Complejos educativos.</li> <li>• Complejos culturales y cívicos.</li> <li>• Industria manufacturada.</li> <li>• Agricultura selectiva.</li> </ul>
Edificación subterránea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejos comerciales.</li> <li>• Complejos culturales y cívicos.</li> <li>• Instalaciones deportivas.</li> <li>• Instalaciones manufacturadas.</li> <li>• Almacén víveres.</li> <li>• Almacén agua.</li> </ul>

Una de las formas de clasificar el espacio subterráneo es a partir de los usos finales que se le va a dar a dicho espacio; así, por ejemplo, se puede hablar de espacio para uso público, espacio subterráneo para el tráfico y transporte, instalaciones de mantenimiento técnico, instalaciones industriales y de producción.

Es una realidad que en muchos países actualmente las construcciones desarrolladas en superficie tienen prioridad sobre la construcción subterránea. Dentro de la estructura urbanística, el espacio superficial está asignado a funciones que se consideran de ma-

yor importancia como vivienda y oficinas de trabajo, funciones que difícilmente se podrían llevar en el espacio subterráneo.

El espacio subterráneo se podría considerar en cierta forma como un espacio útil para conseguir un incremento de la seguridad de las ciudades. Por ejemplo, los túneles subterráneos pueden ser empleados para el transporte de agua potable y aguas residuales, servicios de electricidad y comunicaciones de datos y así mejorar la confiabilidad en la prestación de dichos servicios.

Otro de los servicios que pueden prestar las obras subterráneas es con respecto a protección de espacios medioambientales urbanos de gran valor para el entorno histórico de la ciudad donde la utilización del subsuelo para el tráfico y estacionamiento de vehículos es extremadamente útil.

El hecho de desplazar algunas actividades urbanas al espacio subterráneo permite obtener una estructura urbana más compacta y dejar disponible el terreno superficial para usos recreativos. La opción de desplazamiento subterráneo con sistemas de transporte masivos como el metro, debe ser seriamente considerada cuando existe cierta limitación en el espacio superficial o cuando supone una solución económicamente viable.

## METODOLOGÍA

Para el diseño metodológico de la presente investigación se utilizó el método histórico de carácter científico, cuyo objetivo es: “aplicar los métodos de pensar reflexivo a los problemas sociales, todavía sin resolver, por medio del descubrimiento de tendencias pretéritas de acontecimientos, hechos y actitudes” (López, 2003). En la Figura 1 se presenta el diagrama metodológico que resume las actividades desarrolladas en la investigación.

## **EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS EN BOGOTÁ Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE LA CIUDAD**

En la actualidad la ciudad de Bogotá enfrenta problemas poblacionales no sólo por la densidad demográfica, sino también a causa de las tasas de crecimiento, lo que origina la falta de espacio para el desenvolvimiento de dicha población. Según el estudio demográfico espacial para Bogotá, realizado por la Alcaldía Mayor y presentado en el trabajo de Martínez (1997) “desde el punto de vista espacial, la ciudad se acerca a un punto de saturación en la medida en que los espacios disponibles, los procesos de redensificación y las condiciones de mercado van agotando las posibilidades efectivas de ocupación de las áreas vacantes del perímetro urbano de la ciudad”. En ese análisis, realizado en el año de 1997, ya eran notables los problemas que la ciudad tendría que afrontar referentes al espacio.

Analizando estos resultados con los del censo de 1993, en donde la ciudad de Bogotá alcanzaba una población de 5´484.200 habitantes, se puede ver como el crecimiento poblacional es notable, producto tanto del desarrollo mismo de la ciudad, como también de la migración interna resultado de la violencia interna que vive el país (CINEP, 1998). Ya para el año 2005, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, Bogotá contaba con una población de 7´881.156 habitantes, que indica que en la capital está ubicada el 15% de la población total de Colombia. La Figura 2 muestra el crecimiento demográfico a lo largo de la historia de la ciudad. Adicionalmente, las figuras 3 y 4 muestran la densidad y crecimiento poblacional por cada localidad de la ciudad en la actualidad (Riascos *et al.*, 2007).

Como resultado del trabajo de análisis bibliográfico y de la búsqueda en los archivos distritales de la capital se elaboró una aproximación cronológica de

la historia del desarrollo del espacio subterráneo en Bogotá; la Tabla 4 muestra algunos de los episodios más importantes de ésta evolución.

### **BOGOTÁ ACTUAL**

Para realizar un análisis del estado actual del espacio subterráneo y su utilización en la ciudad de Bogotá y como actividad básica del método histórico, que establece la opción de generar registros ordenados como complemento a la investigación, en el presente trabajo se planteó la creación de una base de datos en donde se concentra la información de las estructuras subterráneas de la ciudad que fueron inventariadas con algunas de sus características.

“Bogotá subterránea”, nombre asignado a la base de datos, contiene actualmente 121 obras que pueden ser consultadas y, adicionalmente, cuenta con la opción de ser ampliada con la adición al registro de nuevas obras subterráneas. Se puede consultar la ficha de la obra específica de la estructura de interés como se muestra en la Figura 5 (Riascos *et al.*, 2007).

Adicionalmente, la creación del inventario ordenado de información del espacio subterráneo de Bogotá, permitió generar una división propia y particular para la ciudad de acuerdo a los parámetros de clasificación de las estructuras subterráneas y de acuerdo a los usos que actualmente se le da al subsuelo en la ciudad.

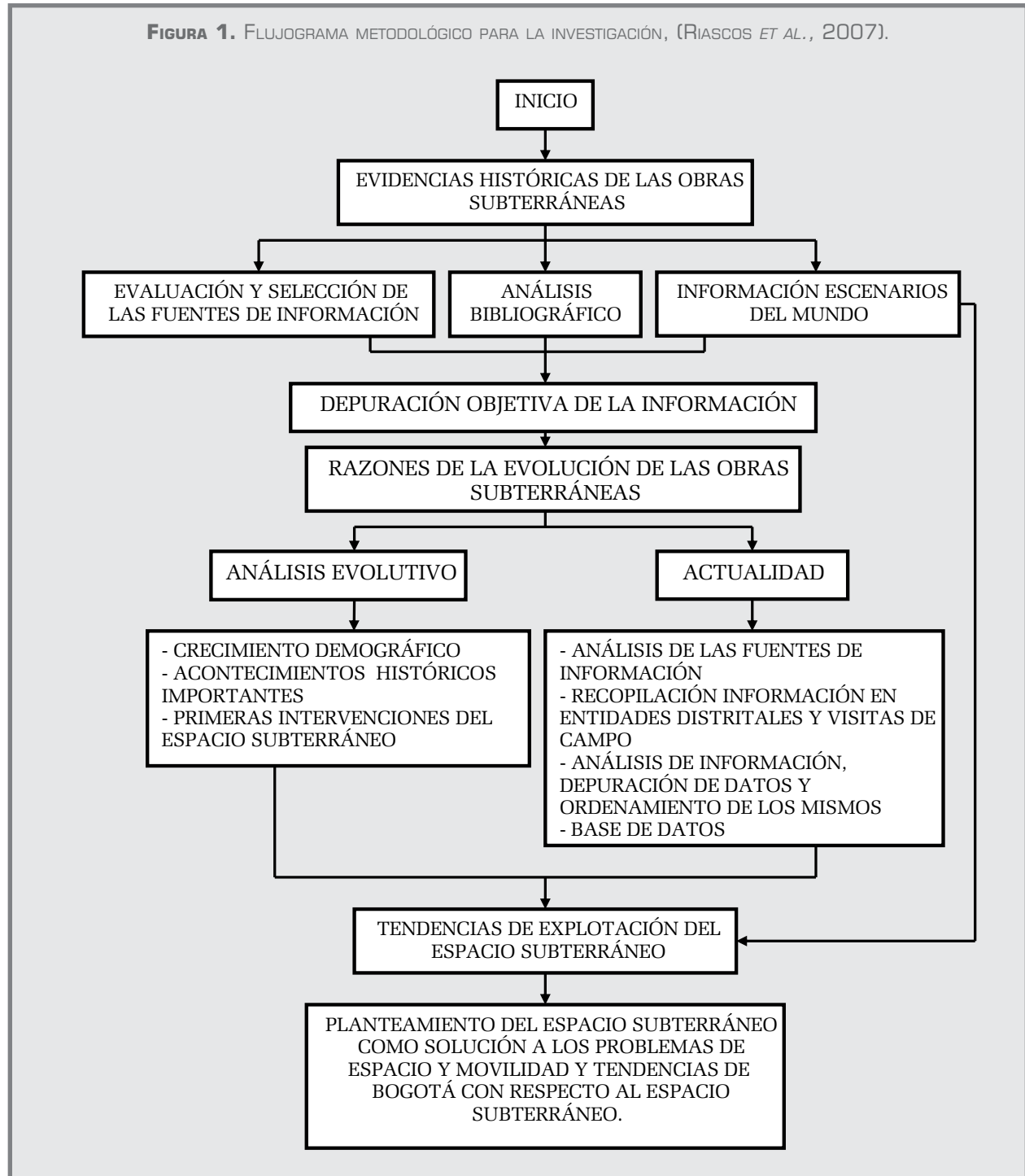
Según la muestra de obras tomadas y analizados los datos, en la actualidad la utilización del espacio subterráneo en Bogotá se clasifica en las categorías registradas en la Figura 6 que además presenta la participación por cada una de ellas.

La Figura 7 presenta los resultados obtenidos en cuanto a la participación en metros cuadrados de cada tipo de obra de los datos analizados del espacio subterráneo de Bogotá.

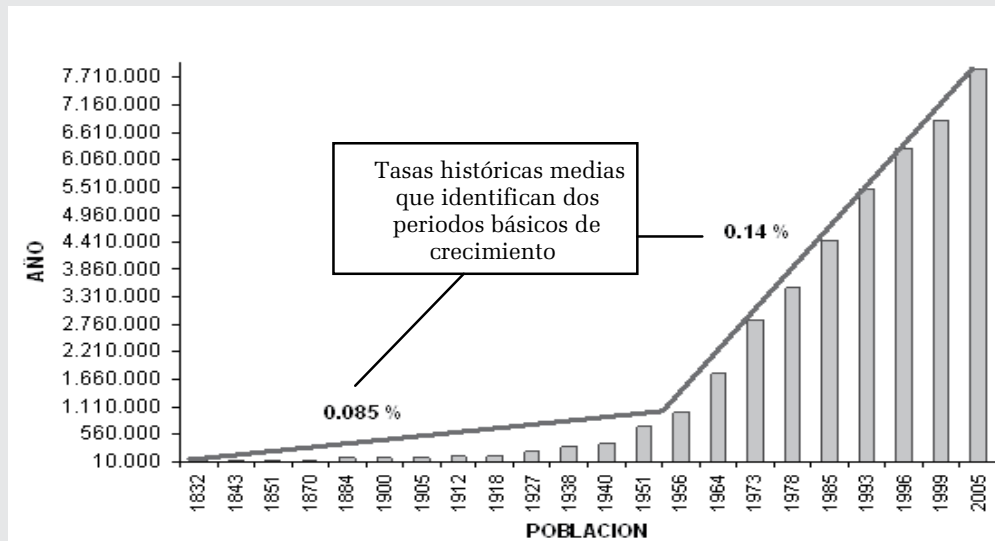
Por otra parte, un aspecto importante en el presente análisis es la altura de los espacios que actualmente existen en el subsuelo (Figura 8). Esto debido, en gran manera, a las posibles tendencias en el ordena-

miento del uso del espacio subterráneo en Bogotá y el diseño de nuevas estructuras subterráneas que no interfieran con las existentes.

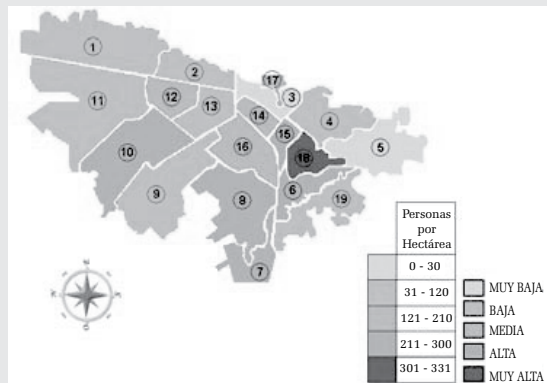
**FIGURA 1.** FLUJOGRAMA METODOLÓGICO PARA LA INVESTIGACIÓN, (RIASCOS ET AL., 2007).



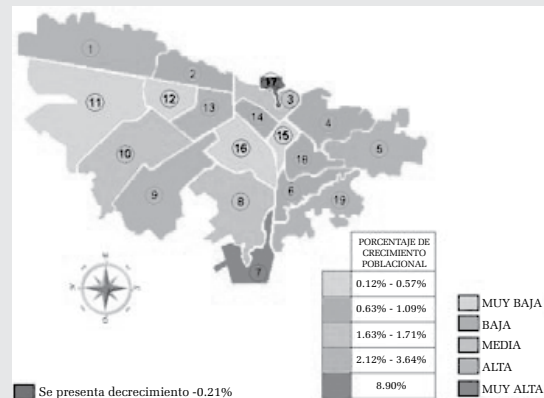
**FIGURA 2.** CRECIMIENTO POBLACIONAL DE BOGOTÁ, (RIASCOS ET AL., 2007).



**FIGURA 3.** MAPA DE DENSIDAD POBLACIONAL POR LOCALIDAD.



**FIGURA 4.** MAPA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL POR LOCALIDAD.



**CUADRO 4.** CRONOLOGÍA DE LOS PRINCIPALES EPISODIOS EN LA HISTORIA DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO DE BOGOTÁ.

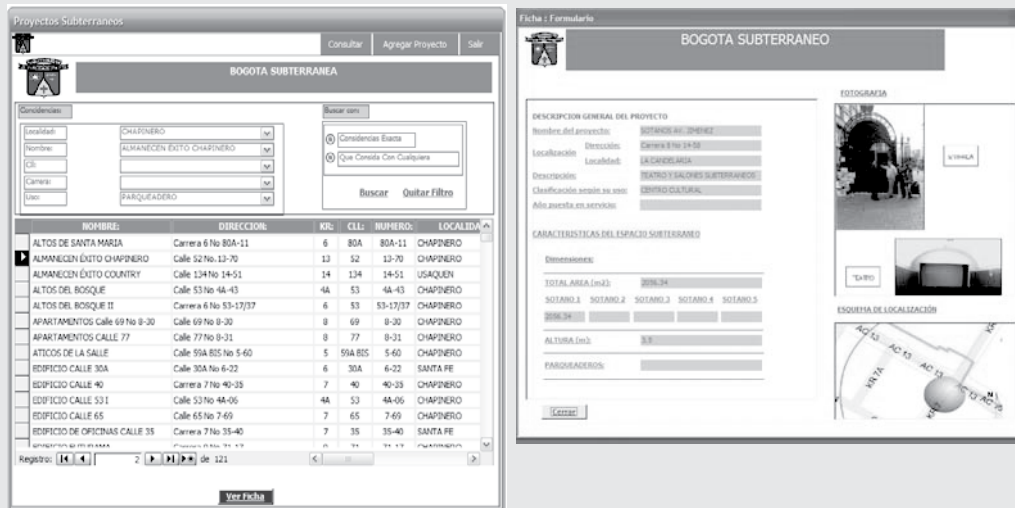
PERÍODO	DESCRIPCIÓN
<b>Siglo XVI</b>	Para mediados del siglo se empezó un período de desarrollo urbano que marcó las características arquitectónicas de la ciudad, construcciones en su gran mayoría religiosas como iglesias, conventos y monasterios. La participación del espacio subterráneo era mínima.
<b>Siglo XVII</b>	Fue hasta mitad del siglo que se dio un incremento de construcciones. En este período continuaba la tendencia de las edificaciones religiosas pero también se construían edificaciones civiles, pero comparadas con las religiosas, eran pocas.

PERÍODO	DESCRIPCIÓN
<p><b>Siglo XVIII</b></p> <p>1753</p>	<p>Para comienzos del siglo se vivió una recesión económica que redujo en gran manera la construcción. Esta recesión duró hasta mediados del siglo.</p> <p>Construcción del primer acueducto de la ciudad, llamado Acueducto de Agua vieja, que conducía las aguas desde el boquerón de San Francisco hasta la Plaza Mayor. La participación del espacio subterráneo se reducía a una simple excavación superficial por donde corría el agua.</p>
<p><b>Siglo XIX</b></p> <p>1887</p>	<p>Con lo levantamientos y guerras civiles presentadas en este siglo la infraestructura de la ciudad fue gravemente afectada. Al finalizar la guerra, la ciudad se obligó en la primera década a la construcción de infraestructura para el ejercicio de la actividad del Estado central y del Gobierno municipal para empezar a dotar a la ciudad de edificaciones especializadas para la prestación de servicios básicos. El espacio subterráneo empezó a ser requisito en estas construcciones, pero no muy significativo.</p> <p>A finales del siglo el acueducto inicia la instalación de tuberías de hierro y la conducción sigue a la intemperie. Luego de un tiempo las tuberías fueron cubiertas de cal y piedra.</p>
<p><b>Siglo XX</b></p> <p>1923</p> <p>1933</p> <p>1941</p> <p>1947</p> <p>1951</p> <p>1958</p> <p>1961</p> <p>1972</p> <p>1994</p>	<p>Al comenzar el siglo Colombia tuvo que afrontar las consecuencias de la guerra de los Mil Días y de la pérdida de Panamá.</p> <p>Los 25 millones de dólares pagados por los Estados Unidos al gobierno colombiano como indemnización por su intervención en la separación de Panamá, trajo una bonanza que se reflejó en el desarrollo de infraestructura. Se da inicio a una profunda transformación arquitectónica y urbana con un significativo crecimiento de la producción industrial y artesanal. Es por esto que los comienzos del desarrollo urbanístico de la capital se suponen con el inicio del siglo XX.</p> <p>Con la construcción de la sede actual de la Biblioteca Nacional se continuó con la utilización del espacio subterráneo como una alternativa para albergar en dicho espacio actividades que no necesitaban estar en la superficie ocupando espacio valioso (bodegas de libros) para el desarrollo de otras actividades como la lectura o esparcimiento de la población.</p> <p>Se construyó la primera estación sismológica subterránea de la ciudad, ubicada en el Colegio San Bartolomé del barrio La Merced. Esta obra trascendió en la historia por los métodos y procesos con los que fue construida.</p> <p>La participación del espacio subterráneo se incrementó con la iniciación del plan de Ensanches del Acueducto, el cual involucraba una ampliación de la red de distribución de aguas por parte de la ya existente EAAB Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.</p> <p>Con la construcción del Centro Internacional de Bogotá y el hotel Tequendama, entre otros, se empezó a utilizar de forma más amplia el subsuelo, ya que el tamaño y el diseño de dichas edificaciones demandaba una gran profundidad de su cimentación.</p> <p>La biblioteca Publica Nacional Luís Ángel Arango utiliza el espacio subterráneo como bodega para sus libros y como parqueaderos.</p> <p>Con la construcción del aeropuerto se vió la necesidad de ampliar la ya existente Calle 26. Para realizar dicha ampliación se veían afectados dos parques, El parque Centenario y el parque de la Independencia optándose por hundir la vía y construir puentes en los cruces de las carreras séptima, décima, trece y de la avenida Caracas, creando uno de los primeros y sobre todo más importantes deprimidos de la ciudad, dándole un primer protagonismo a las ventajas del espacio del subsuelo, como solución al problema del transporte en zonas densamente construidas y protegiendo el patrimonio arquitectónico y ecológico de la ciudad.</p> <p>Creación del sistema financiero UPAC Unidad de Poder Adquisitivo Constante. Esto permitió la creación de nuevas compañías constructoras que empezaron a imponer los nuevos ritmos en cuanto a la construcción, innovando con construcciones más grandes en cuando área ocupada por la edificación y mayor participación del espacio subterráneo que en obras construidas hasta la fecha.</p> <p>Construcción de la glorieta de la calle 100 con carrera 15. Ésta demandó una intersección vial con manejo de tres niveles de calzada y aprovechamiento del espacio subterráneo.</p>

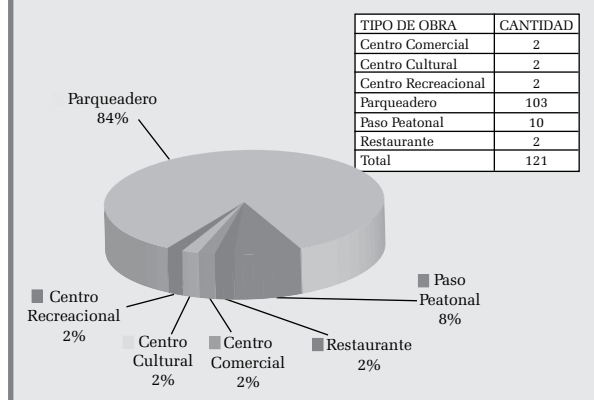


PERÍODO	DESCRIPCIÓN
<b>Siglo XXI</b>	Ampliación de redes de servicios empleando nuevas tecnologías en los procesos de excavación subterránea, intenso aprovechamiento del subsuelo para áreas de parqueadero en todos los lugares con importante generación de público como centros comerciales, culturales y habitacionales.
2001	Transmilenio ampliaría el uso del espacio subterráneo como solución vial e interconexiones como es el caso de la calle 80 con Carrera 30 o el de la Calle 80 con Avenida Caracas, entre otros, donde Transmilenio habilitó pasos deprimidos para conectar vías importantes sin intervenir con el tráfico particular de éstas.
2003	Construcción de la glorieta semi-elevada de la Calle 63 con Carrera 68 con un nivel en emplazamiento deprimido.

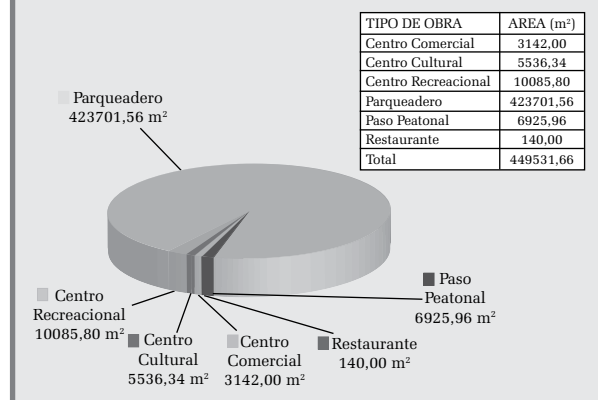
**FIGURA 5.** IMAGEN DE LAS VENTANAS DE ACCESO DE LA BASE DE DATOS “BOGOTÁ SUBTERRÁNEA” (RIASCOS ET AL., 2007).

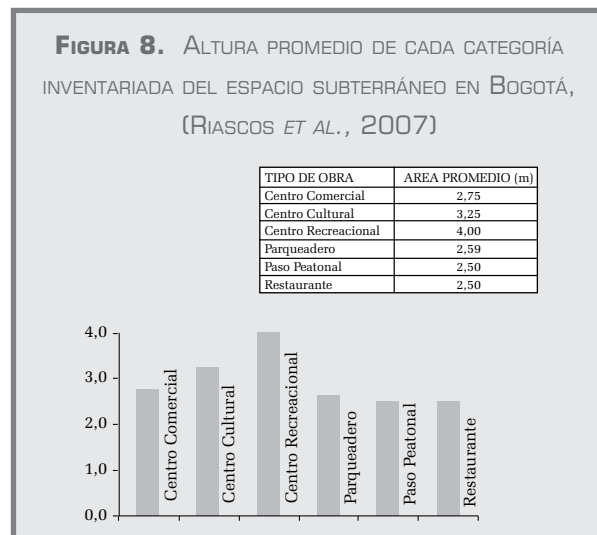


**FIGURA 6.** PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO EN BOGOTÁ POR CATEGORÍA (RIASCOS ET AL., 2007)



**FIGURA 7.** PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN POR CATEGORÍA EN M<sup>2</sup> DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO (RIASCOS ET AL., 2007)





## RAZONES DE LA EVOLUCIÓN DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS DE BOGOTÁ

La primera participación importante del espacio subterráneo se dio con la construcción del acueducto y alcantarillado de la ciudad. El ambiente desagradable y la propagación de enfermedades que dejaba como resultado los caños de aguas residuales que corrían a cielo abierto entre las calles de Bogotá hicieron que se utilizara el subsuelo como una adecuada opción para solucionar el problema.

En cuanto a la demás infraestructura de la ciudad y el porcentaje de participación del subsuelo, se puede decir que la evolución de las obras subterráneas fue consecutiva al desarrollo urbano de Bogotá pero claramente en proporciones mucho menores. En el subsuelo se redescubrieron nuevos usos al emprenderse la construcción de grandes edificaciones que se salían del estilo colonial y requerían de este espacio para su cimentación.

Las razones por las cuales actualmente la ciudad no es una megapolis que utiliza ampliamente el subsuelo para darse paso a un mayor desarrollo urbano se debe a factores tanto sociales como políticos, económicos y técnicos.

En Bogotá se presentaron acelerados crecimientos demográficos que influyeron en el desbordamiento urbano de la ciudad, ya que esta nueva población demandaba la construcción de nueva infraestructura, pero más para cubrir las necesidades básicas de vivienda y subsistencia de dicha población que por proyectos planificados por las administraciones en donde el espacio subterráneo estuviera involucrado.

Por otra parte, algunas de las decisiones tomadas en cuanto al desarrollo de infraestructura de la ciudad no respondían a las necesidades de ésta basándose en conceptos técnicos y evaluaciones reales de su entorno sino más bien eran basadas en intereses políticos y administrativos de carácter lucrativo.

Al mismo tiempo, la inversión tanto económica como el modelo educativo ha llevado a un retraso no sólo de la ciudad sino del país, en cuanto a la tecnología, pues no se posee la suficiente investigación y mucho menos apropiación de las experiencias en cuanto al tema de construcción de infraestructura subterránea.

Todo lo anterior trae como consecuencia un vacío legal y normativo del uso correcto del subsuelo. La falta de cultura en cuanto a su uso trae desconfianza considerándolo peligroso.

La deficiencia en aspectos administrativos y las restricciones con los presupuestos, se ven reflejados en los problemas de limitación tecnológica que esté a la vanguardia y que ayude en los procesos de construcción de infraestructura bajo la superficie de Bogotá.

Siendo la tecnología un componente de gran importancia en el proceso productivo de la infraestructura en especial infraestructura subterránea, es perfectamente claro que esto ha limitado su crecimiento en comparación a infraestructura en superficie.

## COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL USO DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO EN BOGOTÁ CON OTROS ESCENARIOS DEL MUNDO

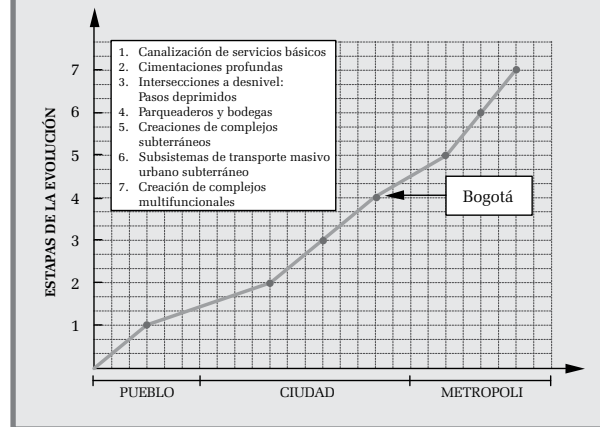
Para la presente etapa de investigación se realizó un análisis comparativo de la evolución del espacio subterráneo urbano entre las ciudades de Bogotá – Colombia, México D.F – México, Sao Paulo – Brasil, New York – U.S.A., San Petersburgo – Federación Rusa y Tokio – Japón. Como resultado del análisis comparativo de la evolución en la explotación del espacio subterráneo en las grandes ciudades, se han identificado rasgos característicos en cuanto a su desarrollo y caminos hacia la modernización.

Estos rasgos que marcan el proceso de modernización, son etapas para lograr en la ciudad un avanzado proceso de este tipo. Pero se sabe que cada una de estas etapas es definida con una problemática propia en función de su ambiente social, económico, cultural e histórico. Así puede decirse que este proceso no se adapta literalmente a todas las ciudades, pero es un modelo a seguir para el éxito en su transcurso a la modernización.

La Figura 9 ilustra, como sería la transformación modelo desde un pueblo a una metrópoli. Estas etapas dadas con la edad de la ciudad pueden ser consideradas como ideales en cuanto al desarrollo de la infraestructura subterránea.

Es evidente que el último paso evolutivo en el aprovechamiento del espacio subterráneo como elemento fundamental en el sistema urbanístico de las grandes ciudades caracteriza a una megapolis con políticas claras de desarrollo urbano sostenible.

**FIGURA 9.** IDEALIZACIÓN DEL DESARROLLO EN LA EXPLOTACIÓN DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO URBANO (RIASCOS ET AL., 2007).



Mundialmente existen en la actualidad dos principios para la construcción de los complejos multifuncionales subterráneos:

1. Construcción de edificios de 2 a 6 pisos. Construcciones debajo de las plazas y de grandes (anchas) avenidas. Estos espacios se pueden unir entre sí, y a las estaciones de metro subterráneas por medio de túneles de emplazamiento no profundo.
2. El segundo principio es la tendencia de construcciones con volúmenes más grandes con el fin de crear un sistema subterráneo de la ciudad. Edificios de 10 a 12 pisos con profundidades de 30 – 60m, líneas de metro que llegan directamente a estos edificios incluso llevando estructuras tradicionalmente emplazadas en la superficie al subsuelo.

En muchas capitales del mundo, la utilización del metro como elemento fundamental y ordenador del sistema urbano subterráneo ha desplazado diversas

actividades de la ciudad al subsuelo. Por ejemplo, con la implementación de túneles vehiculares con un control ordenado de estacionamientos con salida hacia las líneas de metro o alamedas peatonales comerciales subterráneas y a otros multicomplejos subterráneos.

## TENDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO DE BOGOTÁ

Una vez analizadas las evidencias históricas de las obras subterráneas, las razones de su evolución y las condiciones actuales, se puede establecer que Bogotá debe continuar explotando el subsuelo de una forma mucha más intensa dando solución a problemas ambientales, de saturación y movilidad que se experimentan algunas zonas de la ciudad.

Es por esto que para concebir adecuados planes de desarrollo para Bogotá, se debe reconocer el valor fundamental del espacio subterráneo, gerenciando una óptima explotación del subsuelo, que contribuya a solucionar los problemas actuales de la ciudad y que además ayude al desarrollo urbano y sostenible de ésta, aportando a la modernización y embellecimiento de la capital.

Los problemas de espacio que se evidencian en Bogotá, con los problemas del transporte en puntos claves como el centro de la ciudad. El problema radica en el hecho de movilizar el millonario número de pasajeros por las vías en superficie y que aún no se plantea en la construcción de corredores subterráneos para este fin.

Es por esto que la solución óptima para el actual problema de movilidad en la ciudad es la construcción de un medio de transporte subterráneo que considere las condiciones de espacio de ésta y satisfaga su aprovechamiento mejorando la calidad de vida de los capitalinos, integrando los tres escenarios espaciales de la ciudad: sistema subterráneo, sistema superficial y sistema geológico e hidrogeológico.

El espacio subterráneo no es solamente útil para la construcción de subsistemas de transporte, complementario a esto, la ciudad de Bogotá tendrá que contar con la construcción de complejos multifuncionales subterráneos. Como muestra se puede tomar el centro de la ciudad resaltando el poco espacio en superficie y el valor de las edificaciones históricas presentes allí, en donde centros comerciales o galerías de uso público en el subsuelo serían ideales, atrayendo más turismo y dinero a la ciudad, dando un entorno agradable y más opciones de esparcimiento para toda la población, liberando espacio y recuperando zonas verdes o dando la posibilidad de dedicar la superficie a otros usos.

Aunque ahora el uso del subsuelo está enfocado en la construcción de estacionamientos e infraestructura para transporte se llegará a un desarrollo integral de estructuras habitables en lo que se refiere al subsuelo de Bogotá tomando la experiencia dejada por las relativamente pequeñas construcciones de hoy.

Adicional al análisis de los indicadores poblacionales de Bogotá, figuras 3 y 4, que muestran las posibles necesidades de explotación del subsuelo, se suma la generación de la Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ). Estas UPZ ayudarán a conocer en donde se hace necesaria la ampliación de la infraestructura subterránea mostrando de forma más directa la necesidad de la localidad en estudio.

Bogotá seguirá creciendo y no sólo por factores sociales y políticos, sino también debido a la industrialización y globalización, razón por la cual debe empezar a explotar el espacio subterráneo que posee y darle un papel más protagonista en el desarrollo de la ciudad, ajustándose lo más rápido posible a las líneas de tendencias establecidas, posibilitando así una solución a los problemas de movilidad y espacio de la ciudad, teniendo en cuenta los conceptos técnicos y evaluaciones particulares del entorno de la capital.

## CONCLUSIONES

El constante crecimiento poblacional que ha experimentado Bogotá a lo largo de la historia ha generado problemas de espacio y orden en la capital, adicionando a esto la falta de planeación clara desde el inicio de la construcción de su infraestructura, incluidas en ella las obras subterráneas.

La utilización del espacio subterráneo en Bogotá podría considerarse bueno en redes de servicio, pero se subestima en otros aspectos como lo son la construcción de complejos multifuncionales subterráneos y el desarrollo de infraestructura vial.

Sin considerar las redes y canalizaciones de servicios, en Bogotá el uso del subsuelo como elemento de la estructura urbana está dado por: estacionamientos, túneles peatonales, centros comerciales, culturales, científicos, recreacionales y deportivos. La mayoría de los espacios urbanos corresponden a estacionamientos con el 84%. Con la implementación de las troncales para Transmilenio, la ciudad ha incrementado la construcción de intersecciones a desnivel o deprimidos y túneles peatonales.

En comparación con otras grandes ciudades del mundo, Bogotá presenta un atraso muy marcado en cuanto a la utilización del subsuelo para la conformación de complejos subterráneos, subsistemas de transporte masivo urbano subterráneo y complejos multifuncionales. Los anteriores elementos deben considerarse como fundamentales en los futuros planes de desarrollo urbano sostenible de la ciudad.

En la actualidad, la ciudad de Bogotá desconoce gran parte de la información detallada de su infraestructura subterránea construida. Las entidades distritales pueden manejar la base de datos "Bogotá Subterránea" para completar el sistema de almacenamiento de datos y así poder ejercer un mejor control de seguridad a la hora de construir nuevas obras subterráneas.

La falta de formación técnica y profesional, la relativa poca investigación sobre el tema y la reducida experiencia en la construcción de infraestructura bajo superficie llevan a una falta de normatividad y de aspectos legales en cuanto a su adecuada construcción, factor que debe resolverse con anterioridad al establecimiento de políticas de expansión subterránea de la capital.

El espacio subterráneo puede ser útil para el mejoramiento de las redes de alcantarillado de la ciudad con la construcción de colectores magistrales a grandes profundidades que ayuden al rendimiento de las redes existentes evitando así inundaciones.

Se debe continuar con la generación de la cultura del subsuelo para que la sociedad llegue a reconocer las ventajas en su uso en espacios densamente construidos y conciba planes para un mejor aprovechamiento del espacio subterráneo.

El desarrollo y bienestar de la ciudad están basados en la liberación de espacio en superficie, en unir la experiencia adquirida en la construcción de dicho espacio con la investigación, tecnología y desarrollo de la ingeniería, educándose así cada vez más con los resultados obtenidos. La ingeniería colombiana tiene que ofrecer a los capitalinos un entorno agradable para vivir, minimizar el impacto ambiental de las obras civiles realizadas y evitar la fragmentación de la ciudad explotando cada vez más el espacio subterráneo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al Ing. Andrés Alfaro por sus recomendaciones y revisión del artículo y a los alumnos de la asignatura Túneles y Obras Subterráneas de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de La Salle por su colaboración en el inventario de estructuras subterráneas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Bogotá [En línea] <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/pdf/cifrasdepoblacionporlocalidades.pdf> [citado en 2007 26 2].
- CINEP. "Los desplazados internos: El personaje del año". *Cien días vistos por Cinep*. 10.40. (1998).
- Cornejo. "Los Grandes Proyectos Internacionales de construcción de obras subterráneas, un reto tecnológico para el siglo XXI". *Revista de obras públicas*. (2006): 45 – 74.
- Frolov Y., D. Golisinski y A. Lediaev (2001) *Metro-politanos Morcu: Edit - IPK*. Vol 5.
- López, J. *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*. Madrid, 2006.
- Martínez, "Departamento Administrativo de Planeación. Población, estratificación y aspectos socioeconómicos de Bogotá". 1997.
- Riascos L, Rincón, M. y Torres, D. "Evolución histórica, actualidad y tendencias de explotación del espacio subterráneo en Bogotá". Trabajo de grado. Universidad de La Salle. Bogotá, 2007.
- Torres, C. "Fundamentos científicos del desarrollo del sistema metro como vía de solución al problema del transporte masivo en grandes ciudades". *Revista Épsilon* 7. (2006): 23 - 30.