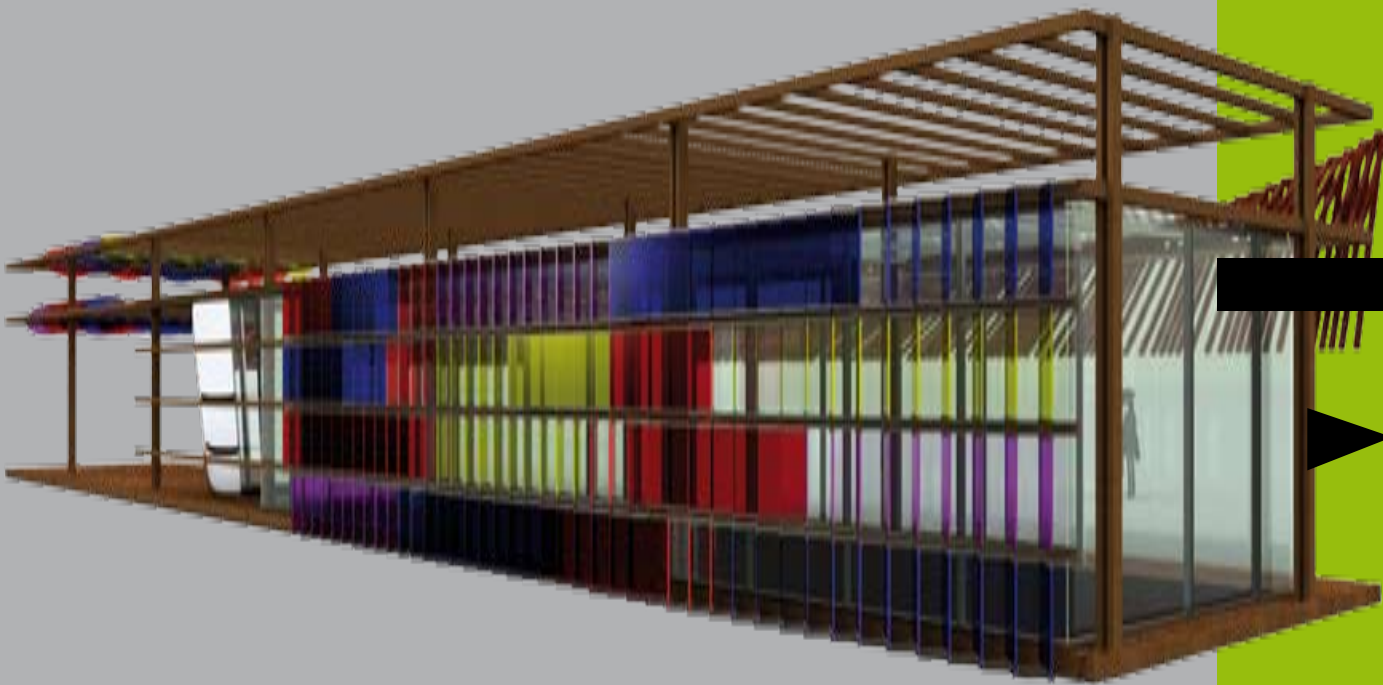


# 11

Vol.

REVISTA DE ARQUITECTURA



# Arquitecturo



UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia



FACULTAD DE ARQUITECTURA

## A ORIENTACIÓN EDITORIAL

La *Revista de Arquitectura* es una publicación seriada editada por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Colombia, dirigida a la comunidad académica y profesional de las áreas afines a la disciplina (Ciencias sociales aplicadas, Arquitectura y Urbanismo), en donde se presentan resultados originales de investigación. El primer número se publicó en 1999 y continúa con una periodicidad anual. Se estructura en tres secciones correspondientes a las líneas de investigación aprobadas por la institución, a saber:

**CULTURA Y ESPACIO URBANO.** En esta sección se publican los artículos que se refieran a fenómenos sociales en relación con el espacio y el territorio urbano.

**PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO.** Esta sección presenta artículos sobre el concepto de proyecto, entendido como elemento que define y orienta las condiciones proyectuales que devienen en los hechos arquitectónicos o urbanos, y la forma como éstos se convierten en un proceso de investigación y de producción nuevo de conocimiento. También se presentan proyectos que sean resultados de investigación, que se validan a través de la ejecución y transformación en obra construida del proceso investigativo.

**TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD.** En esta sección se presentan artículos acerca de sistemas estructurales, materiales y procesos constructivos, medio ambiente y gestión, relacionados con el entorno social, cultural y ecológico.

La *Revista de Arquitectura*, recibe de manera permanente artículos, por lo cual no existen fechas de apertura y cierre de convocatorias.

El idioma principal es el español y como segundo, está definido el inglés, los textos pueden ser escritos y presentados en cualquiera de los dos.

### A Imagen base de la portada:

Aplicaciones arquitectónicas del sistema de láminas articuladas en fachadas móviles.

Ricardo Franco Medina - Grupo Estructuras Adaptables (GEA)

### A El editor y los autores son responsables de los artículos aquí publicados.

Los autores son los responsables del material gráfico publicado.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se haga la solicitud formal y se cite la fuente y el autor.

### A Universidad Católica de Colombia. (2009, enero-diciembre). *Revista de Arquitectura*, 11. 1-120. ISSN 1657-0308

Especificaciones:

Formato: 34 x 24 cm

Papel: Mate 115g

Tintas: Negro y Policromía

Periodicidad: Anual



## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE  
Édgar Gómez Betancourt

VICEPRESIDENTE - RECTOR  
Francisco José Gómez Ortiz

VICERRECTOR  
Édgar Gómez Ortiz

DECANA ACADÉMICA  
Lucía Chaves Correal

DIRECTORA DE INVESTIGACIONES  
María Eugenia Guerrero Useda

DIRECTORA DE EDICIONES  
Stella Valbuena García

## FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO  
Werner Gómez Benítez

DIRECTOR DE DOCENCIA  
Jorge Gutiérrez Martínez

DIRECTOR DE EXTENSIÓN  
Carlos Beltrán Peinado

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN  
Juan Carlos Pérgolis

DIRECTOR DE GESTIÓN DE CALIDAD  
Augusto Forero La Rotta

COMITÉ ASESOR EXTERNO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA:  
Álvaro Botero Escobar  
Alberto Miani Uribe  
Octavio Moreno  
Samuel Ricardo Vélez



REVISTA DE ARQUITECTURA

# Arquitectura

REVISTA INDEXADA



## REVISTA DE ARQUITECTURA

DIRECTOR  
Werner Gómez Benítez

EDITOR  
César Andrés Eligio Triana

CONSEJO EDITORIAL  
Werner Gómez Benítez  
Jorge Gutiérrez Martínez  
César Andrés Eligio Triana  
Carlos Beltrán Peinado  
Hernando Verdugo Reyes

## COMITÉ EDITORIAL

Sonia Berjman, Ph.D.  
ICOMOS, Buenos Aires, Argentina

Hugo Modragón López, Ph.D.  
Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Luis Gabriel Gómez Azpeitia, Ph.D.  
Universidad de Colima. Colima, México

Beatriz García Moreno, Ph.D.  
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Juan Pablo Duque Cañas, Msc.  
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

René Julio Castillo, Msc.  
Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia

Juan Carlos Pérgolis, Msc.  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Germán Darío Correal Pachón, Msc.  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

## SUSCRIPCIONES, ADQUISICIONES Y COMENTARIOS

DIAG. 46A N° 15B-10 CUARTO PISO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA -  
CENTRO DE INVESTIGACIONES CIFAR  
3277300 EXT 3109 - 5146  
revistadearquitectura@ucatolica.edu.co  
cifar@ucatolica.edu.co  
ediciones@ucatolica.edu.co  
www.ucatolica.edu.co

## IMPRESIÓN:

ESCALA Taller Litográfico  
Calle 30 N° 17-52 - (057 1) 2320482  
Diciembre de 2009

## IMAGEN & DISEÑO

DISEÑO CARÁTULA  
Óscar Mauricio Pérez  
César Andrés Eligio Triana

DISEÑO Y MONTAJE INTERIOR  
César Andrés Eligio Triana

TRADUCTOR TÉCNICO  
Carlos Álvarez de la Roche

CORRECTORA DE ESTILO  
María José Díaz Granados M.

## COMITÉ CIENTÍFICO

Jorge Grané del Castillo, Msc.  
Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica

Javier Peinado Pontón, Msc.  
Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

Jorge Alberto Villamizar Hernández  
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia

Augusto Forero La Rotta, Msc.  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Luis Álvaro Flórez Millán, Msc.  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

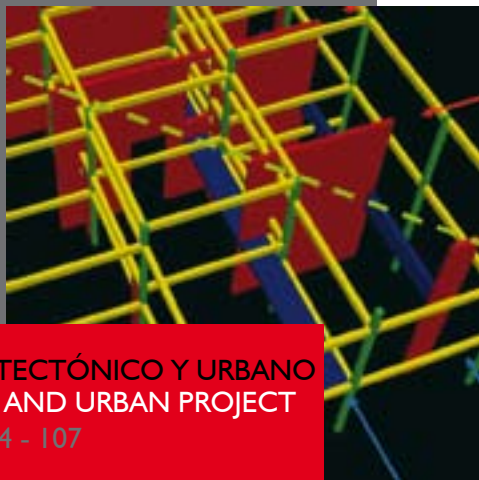
Elvia Isabel Casas Matiz, Msc.  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia



# CONTENIDO



**CULTURA Y ESPACIO URBANO**  
**CULTURE AND URBAN SPACE**  
4 - 73



**PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO**  
**ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT**  
74 - 107



**TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**  
**TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY**  
108 - 120

## VIVIENDA, MEDIOAMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL

DERECHOS COLECTIVOS FUNDAMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA EQUIDAD SOCIAL. APORTES DE LA CONSTITUCIÓN DE 1991

MAYERLY ROSA VILLAR LOZANO PÁG. 4

## ARQUITECTURA Y VIDA BARRIAL EN LA CIUDADELA COLSUBSIDIO

EL PROYECTO IMAGINADO Y EL PROYECTO HABITADO

MAURICIO TÉLLEZ VERA PÁG. 12

## LA RESTITUCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DEL BARRIO PRIMERO DE MAYO

PROPUESTA PARA LA RECUPERACIÓN DEL HÁBITAT Y LA SOSTENIBILIDAD URBANA

ROLANDO ARTURO CUBILLOS GONZÁLEZ PÁG. 30

## EL CASO DE LAS CIUDADES INTERMEDIAS PATRIMONIALES EN COLOMBIA

UNA VISIÓN A PARTIR DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

LIDA BUITRAGO CAMPOS PÁG. 41

## CARTOGRAFÍA DE PASTO 1800-2006. CORPUS DOCUMENTAL

CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA

JAIME ALBERTO FONSECA GONZÁLEZ PÁG. 57

## LA CAPACIDAD COMUNICANTE DEL ESPACIO

JUAN CARLOS PÉRGOLIS

DANILO MORENO HERNÁNDEZ PÁG. 68

## EL PROYECTO CLÁSICO EN ARQUITECTURA

APROXIMACIÓN A UNA ESTRATEGIA PROYECTUAL

CÉSAR ANDRÉS ELIGIO TRIANA

HERNANDO VERDUGO REYES PÁG. 74

## PANORAMA URBANO DE LOS EQUIPAMIENTOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EES) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

OSWALDO LÓPEZ BERNAL

LUIS CÉSAR MARTÍNEZ OSPINA PÁG. 83

## OBRAS SUBTERRÁNEAS EN CONURBACIONES

SOLUCIONES DEBAJO DE LA SUPERFICIE PARA PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE

LUDGER SUÁREZ-BURGOA PÁG. 97

## ESTRUCTURAS ADAPTABLES

RICARDO FRANCO MEDINA

PÁG. 108



# OBRAS SUBTERRÁNEAS EN CONURBACIONES

## SOLUCIONES DEBAJO DE LA SUPERFICIE PARA PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE

### LUDGER SUÁREZ-BURGOA

Universidad Nacional de Colombia, Medellín - Universidade de Brasília, Brasil

Suárez-Burgoa, L. (2009). Obras subterráneas en conurbaciones. Soluciones debajo de la superficie para problemas en la superficie. *Revista de Arquitectura*, 11, 97-107.

Ingeniero civil, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, La Paz, Bolivia.

Maestría en ingeniería geotécnica, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Candidato a doctor en geotecnia, Universidad de Brasilia (Becario CAPES/CNPq-IEL Nacional-Brasil).

Trabajó como investigador y consultor durante ocho años en el campo de la geotecnia.

Sus campos de interés son la caracterización y estimación del comportamiento mecánico de los macizos rocosos aplicado a excavaciones subterráneas.

Ha escrito diversos artículos científicos, relacionados con la mecánica de rocas y suelos, presentados en congresos internacionales y periódicos locales.

### RESUMEN

Las afectaciones ambientales en las que el uso del espacio subterráneo puede incurrir son principalmente la modificación de las condiciones del agua subterránea y la perturbación de la superficie por el mismo proceso constructivo y por la disposición final del material excavado. Asimismo, la construcción de las obras subterráneas es una actividad riesgosa por sí sola. Todos estos factores han causado en el pasado el no poder considerar algunas soluciones subterráneas para solucionar problemas en la superficie. No obstante, en los últimos veinte años, la ingeniería subterránea tuvo importantes desarrollos en tecnología y métodos constructivos, que permiten hoy en día la ejecución de soluciones interesantes, seguras y ambientales en muchas conurbaciones. El presente artículo presenta algunos argumentos y muestra el estado actual de conocimiento y tecnología en este campo, con el fin de promover un mayor e intensivo uso del espacio subterráneo para resolver diversos y comunes problemas en la superficie. Finalmente, se resaltan aspectos sociales, culturales y de tecnología que deben cumplirse para que a corto plazo las conurbaciones colombianas puedan beneficiarse de soluciones dentro del espacio subterráneo para los problemas actuales de superficie.

**PALABRAS CLAVE:** espacio subterráneo, planeación, medioambiente.

UNDERGROUND WORKS IN CONURBATIONS  
SOLUTIONS UNDER THE SURFACE FOR PROBLEMS ON THE  
SURFACE

### ABSTRACT

The environmental affectations in which the use of the underground space can incur are mainly the modification of the underground water conditions and the perturbation of the surface by the same construction process and by the final disposal of the excavated material. Also, the construction of underground works is a risky activity by itself. All these factors have been causes in not considering certain underground solutions to solve problems at the surface. Nevertheless, in the last twenty years, the underground engineering has reached important developments in technology and construction methods, which allow nowadays the execution of interesting, secure and environmental solutions in many big conurbations. The present article presents some arguments and shows the actual state of the art and technology in this field, in order to promote a more intensively underground space usage for solving diverse and common problems on the surface.

**KEY WORDS:** Underground space, planning, environment.

### INTRODUCCIÓN

El presente artículo es resultado de un proyecto de investigación desarrollado en la Universidad Nacional de Colombia y en la Universidad de Brasilia, titulado "Estimación del comportamiento mecánico del macizo rocoso de la central hidroeléctrica de Porce III, Colombia", cuyos resultados indujeron al autor a divulgarlos bajo el enfoque descriptivo de aplicación en algunas realidades urbano arquitectónicas en función a los fenómenos actuales de conurbaciones.

En este artículo se describen, en forma general, los avances tecnológicos, beneficios, factores limitantes e impacto en el medioambiente de las obras subterráneas aplicadas a zonas urbanas. Tiene por objeto persuadir a los lectores a la reflexión acerca de las diversas posibilidades que actualmente se están desarrollando en el mundo, para plantear soluciones de algunos de los grandes problemas presentes en las conurbaciones (por ejemplo, obras viales expeditas, zonas de almacenamiento). Con este texto se desea incentivar el uso del espacio subterráneo, teniendo en cuenta el actual estado del conocimiento y de práctica de la ingeniería de obras subterráneas. El texto se desarrolla en nueve partes, donde se comenta sobre los actuales problemas urbanos en superficie y el uso actual del espacio subterráneo. Posteriormente se muestran los avances tecnológicos, los beneficios y factores que limitan la materialización de las obras subterráneas en general. En la séptima parte se describe sucintamente los impactos ambientales de las obras subterráneas. En la octava, se describen varias obras subterráneas innovadoras en operación, construcción, planeación en el mundo, y finalmente se discuten todos los temas expuestos con anterioridad.

El término conurbación fue planteado inicialmente para describir las regiones de la ciudad a gran escala, sin embargo no es un concepto basado en las estadísticas de su población, normalmente se refiere a una ciudad o un conglomerado de ciudades muy grandes rodeado de extensos suburbios, que forman un continuo entorno edificado, urbano e industrial. Los términos alternativos para conurbación son aglomeraciones urbanas o áreas metropolitanas.

## PROBLEMAS URBANOS

Para el año 2006 se proyectó que más de la mitad de la población mundial viviría en las ciudades, situación que indujo a que en varias de éstas se implementasen programas y esquemas innovadores de recuperación de terrenos (i.e. land reclamation). Ejemplos notables son, los proyectos de ganarle terreno al mar de la ciudad de Singapur y de los Países Bajos.

A primera vista se cree que el subsuelo es una reserva ilimitada de un espacio aún no completamente utilizado, que ofrece soluciones interesantes para los inconvenientes y problemas que se presentan en la superficie. No obstante, el espacio subterráneo es parte del medioambiente, debido a que es el soporte de la vida que se desarrolla en la superficie, por lo que la planificación del uso de éste es una tarea importante dentro de las mismas actividades ambientales de superficie, y dentro de los proyectos de expansión de las conurbaciones.

Los problemas ambientales en los que la ocupación del espacio subterráneo puede incurrir son principalmente la modificación de las condiciones del agua subsuperficial y la disposición final del material excavado. Asimismo, la construcción de las obras subterráneas es una tarea de riesgo y puede causar daños sobre las obras construidas en la superficie. Todos estos factores han sido, en principio, argumentos para no pensar en soluciones subterráneas como alternativas para los diversos problemas que se presentan en el espacio superficial de las conurbaciones.

No obstante, en los últimos 20 años, la ingeniería de obras subterráneas ha dado pasos importantes en cuanto a tecnología, métodos de construcción y normatividad. En cuanto a la tecnología se tiene por ejemplo el desarrollo de las tuneladoras de sección completa y escudo de presión de frente de excavación (i. e. EPB-TBM: Earth Pressure Balanced Tunnel Boring Machine). Estas máquinas, conjuntamente con el método observacional acompañado de los nuevos sistemas de instrumentación en tiempo real, permiten hoy en día pensar en la posibilidad de que las obras subterráneas sean una solución interesante desde todo punto de vista, ante los problemas que se pretende solucionar en la superficie, problemas tales como desvalorización del precio del terreno, congestión del tráfico, segregación de las ciudades, deterioración ambiental, expansión de barrios pobres, sistemas con insuficiencia hidráulica en los drenajes de aguas pluviales y estructuras civiles superficiales expuestas a amenazas geológicas. De la misma manera, los logros de diversas obras subterráneas en el mundo en ambientes subterráneos relacionados con diferentes ambientes superficiales, muestran que la tendencia al uso del espacio subterráneo se incrementará en el futuro con mucho éxito. Al respecto existen varios ejemplos, los cuales algunos se describen resumidamente en el capítulo de "obras subterráneas innovadoras" del presente texto.

Actualmente, los costos de las obras en el espacio superficial se han elevado en las ciudades, y cada día con mayores demandas de seguridad y comodidad. También es notable que los impactos durante la construcción de las obras superficiales sean más significativos y en algunos casos impracticables.

Nakajima y Ohta (2000) resumieron cuatro principales problemas en las conurbaciones: incremento del precio del terreno, congestión del tráfico, deterioro ambiental (i. e. contaminación del aire y del agua) y expansión de barrios pobres. Adicionalmente a estos problemas comunes, se pueden añadir problemas como la existencia de sistemas con insuficiencia hidráulica en los drenajes de aguas pluviales, y estructuras civiles superficiales —por ejemplo, ductos (oleoductos, poliductos, acueductos), vías de transporte— expuestas a amenazas geológicas como movimientos en masa y socavación de cimentaciones.

Adicionalmente, el crecimiento de una ciudad demanda mayores estructuras de servicios públicos (por ejemplo, plantas de tratamiento de aguas residuales, depósitos de residuos sólidos domiciliarios e industriales, depósitos de residuos de construcción [escombreras]), que de por sí necesitan de grandes extensiones de terreno, y que en muchos casos son muy costosos por el alto precio del terreno y las tasas de expropiación.

Las infraestructuras en superficie traen hoy en día problemas antes, durante y después de su construcción. Antes de la construcción: los cada vez más altos costos de expropiación de los espacios de superficie en medios urbanos. Durante la construcción: las elevadas indemnizaciones por perjuicios comerciales y daños de las viviendas en la comunidad local afectada e influenciada, los costos por desvíos de las utilidades públicas, los perjuicios al tráfico durante la ejecución de la obra, y las posibles acciones judiciales que puedan generarse por este impacto, que retrasarían la misma obra. Después de la construcción: los daños permanentes por el cambio visual y sonoro en las proximidades de la infraestructura construida que resultan a mediano y largo plazo en la desvalorización inmobiliaria de la región y en la segregación de los espacios urbanos. La figura 1 A y B muestra en primer lugar el estado de una de las principales arterias de transporte de Boston Massachusetts-Estados Unidos, donde se observa la segregación del espacio urbano, y luego se observa el estado en el que quedara el mismo sitio, cuando la misma avenida sea trasladada bajo la superficie del terreno. Este es el denominado Gran Túnel de Boston, que marcó el llamado "End of the Boston Big Dig", que se comenta brevemente en el capítulo "obras subterráneas innovadoras"

Por estas razones, la tendencia actual en la planeación de las conurbaciones es la demolición de las grandes vías y estructuras superficiales de los años cincuenta, con la respectiva recuperación de

estos espacios para actividades más nobles como vivienda y áreas de esparcimiento, acompañado necesariamente con el uso mayor del espacio subterráneo.

Por ejemplo, en el ámbito de la movilidad en las ciudades y conurbaciones: ¿cuánto le cuesta a cada ciudad los congestionamientos vehiculares en términos de consumo de combustible, contaminación del aire, productividad de las personas, sin mencionar los atrasos de entregas de mercancías, por ejemplo?, ¿cuánto le cuesta a los municipios, en términos de impuestos para la región, las desvalorizaciones de las áreas residenciales y comerciales próximas a los distribuidores de tráfico? Solo para ejemplificar, en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, el costo por la existencia de los congestionamientos vehiculares, considerando únicamente los tiempos parados y los gastos en combustible, es del orden de 0,5 billones de dólares anuales. En contraste, el metro subterráneo de São Paulo ahorra a la sociedad 0,5 a 0,8 billones de dólares anuales (Assis, 2008).

En este sentido, la decisión final entre las obras de infraestructura en superficie o subterránea no deben ser hechas únicamente con base en los costos de construcción, sino que se deben considerar también los costos de mantenimiento a lo largo de toda la vida útil, economía de energía, impactos ambientales, afectaciones durante la construcción y la prioridad del uso de los espacio de superficie.

El crecimiento acelerado de la población en las conurbaciones presiona sus más importantes principios de funcionalidad: su capacidad de movilidad y de almacenamiento, donde la eficiente funcionalidad depende de la eficiente adecuación de su infraestructura de movilidad con los diversos tipos de estructuras de almacenamiento (Assis, 2008).

Por tales razones, en las últimas décadas las obras subterráneas están emergiendo como una solución eficaz a los problemas urbanos, sin descartar que las obras subterráneas son complejas y requieren patrones elevados de calidad e ingeniería en todas sus fases, desde la concepción, el proyecto, la contratación, la construcción y la operación. Esta exigencia de patrones elevados se debe principalmente a la necesaria conservación e inalteración del espacio superficial de las zonas urbanas durante la construcción de las obras subterráneas.

**USO DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO**

El desarrollo de las conurbaciones era identificado inicialmente por el número de habitantes que éstas poseían, lo cual puede ser todavía un parámetro de medida. Por ejemplo, la conurbación más grande del mundo corresponde al área metropolitana de Tokio en Japón con 34,5 millones de habitantes, y paralelamente Tokio es



Antes de la construcción del túnel.



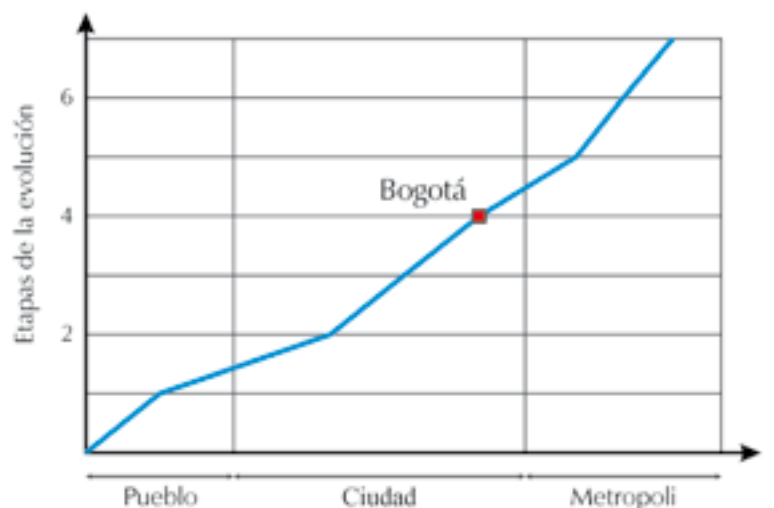
Después de la construcción de túnel.

▲ Figura 1 A y B.  
Dos aspectos de una arteria principal de transporte antes y después de una obra subterránea. (Assis, 2008).

Conurbación	Habitantes (millones)
Área Metropolitana de Tokio	34,5
Área Capital Nacional de Seúl	24,5
Zona metropolitana de México D.F.	19,7
La gran São Paulo	18,8
Nueva York- Norte de Nueva Jersey- Long Island	18,7
La Gran Buenos Aires	11,4
Área Metropolitana de Bogotá	8,7
Gran Santiago	5,4
Área Metropolitana del Valle de Aburrá	3,3

▲ Tabla 1  
Número de habitantes de diferentes conurbaciones del mundo.

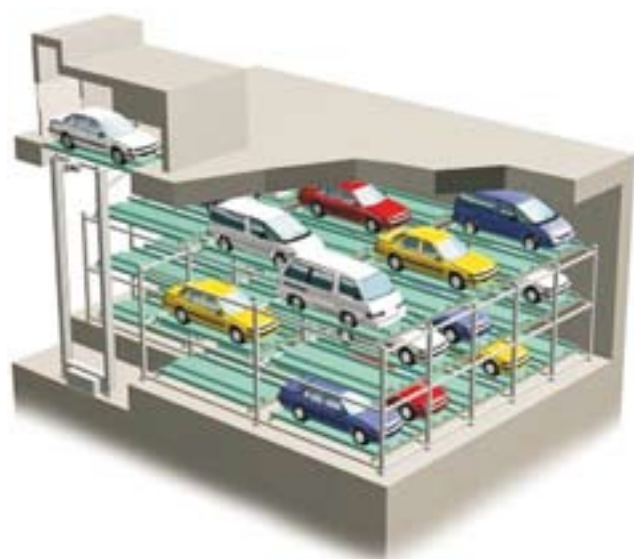
▼ Figura 2  
Tipo de conurbación en función del uso del espacio subterráneo. (Riascos et ál., 2007, p. 7).







Etapa 3: paso a desnivel para transporte pesado.



Etapa 4: parqueadero subterráneo de alta capacidad.



Etapa 7: uso del espacio subterráneo para complejos multi-funcionales.

Figura 3  
Obras subterráneas en diferentes etapas.

una de las ciudades más avanzadas, si no lo es la más avanzada. La tabla 1 muestra algunas de las conurbaciones con sus respectivos números de habitantes, a manera de referencia.

Hoy en día, el desarrollo de las conurbaciones puede también identificarse a través del volumen de uso de su espacio subterráneo. Se han definido siete etapas de desarrollo del uso del espacio subterráneo, que están ligadas a la dimensión y el desarrollo de las zonas urbanas: etapa inicial, donde el uso del espacio subterráneo es para sistemas de servicios básicos (de 0,5 m a 2 m) (i. e. aducciones de agua y gas, alcantarillado, energía); segunda etapa, donde el uso del espacio subterráneo es para cimentaciones profundas (hasta aprox. 10 m); tercera etapa, cuando el uso del espacio subterráneo está destinado para intersecciones a desnivel o pasos deprimidos (hasta aprox. 10 m); cuarta etapa, cuando el uso del espacio subterráneo se destina también para parqueaderos y bodegas; quinta etapa, en la cual el uso del espacio subterráneo es para grandes complejos mono-funcionales (i.e. bibliotecas, cines, teatros, centros comerciales); sexta etapa, donde el espacio subterráneo se usa para subsistemas de transporte masivo (i. e. líneas y estaciones de trenes metropolitanos, "metro", transporte de aguas residuales o de crecidas); y séptima etapa donde el uso del espacio subterráneo es para complejos o sistemas multifuncionales (i. e. bibliotecas, cines, teatros, centros comerciales combinados en un mismo sitio con sistemas de transporte subterráneos, etc.). La figura 2 muestra la relación que puede existir entre la etapa actual de cada aglomeración urbana en función del uso del espacio subterráneo, y la figura 3 muestra algunos ejemplos de las obras subterráneas según las etapas.

Ya para el año 1977, la región metropolitana de Estocolmo, Suecia, poseía un volumen de diez millones de metros cúbicos de excavaciones subterráneas que atendían múltiples necesidades tales como bodegas de vino, licores, alimentos refrigerados y depósitos de residuos industriales (Fujimura, 1982). En el estado de São Paulo, Brasil, se han construido depósitos de agua potable subterráneos, con una capacidad de 110.000 m<sup>3</sup> para el reservorio subterráneo de Santa Tereza, Voturuá en Santos, y el reservorio subterráneo de Guaraú en la Gran São Paulo, con una capacidad inicial de 400.000 m<sup>3</sup> de volumen pudiendo ser ampliada a 1'000.000 m<sup>3</sup>. Para estas obras subterráneas, se concluyó, al compararlas con las unidades de almacenamiento de las mismas capacidades en concreto reforzado sobre la superficie, que los costos de almacenamiento por metro cúbico se reducen en un orden del 57% debido a la disminución solo de los costos en las obras civiles (Fujimura, 1982).

Para el caso local, y comparando con el escenario mundial, el uso del espacio subterráneo en las áreas metropolitanas colombianas es bastante reducido o casi mínimo. En Bogotá, una conurbación capital, el uso de este espacio es solo de



características de una ciudad mediana, situación que no es concordante con el número de habitantes que posee (tabla 2). Sin embargo, se resalta que Bogotá es la única ciudad de Colombia que tiene (a través de un proyecto de investigación) un inventario del uso del espacio subterráneo (Riascos et ál., 2007), mas no tiene el mismo espacio planificado ni considerado para su uso en los planes de desarrollo de los siguientes años. Cabe comentar que el proceso de diseño del metro de Bogotá es un paso hacia encontrar el equilibrio entre grado de desarrollo y volúmenes de obras subterráneas dentro de la conurbación.

Por lo general, el espacio subterráneo en las ciudades ha sido usado para vías férreas y vías vehiculares. El primer uso global del espacio subterráneo en una ciudad fue también el primer metro del mundo, la vía férrea metropolitana de Londres (Metropolitan Railway of London), inaugurada en 1863, con seis kilómetros de longitud.

La primera ciudad latinoamericana y del hemisferio sur que construyó su propia línea de metro subterráneo fue Buenos Aires en el año de 1913, llamado por los pobladores como “el subte”. En ese entonces no existía una proporcionalidad —como de las que hoy se cree debe tener— entre el número de habitantes y el volumen del espacio subterráneo por ocupar. Actualmente, la red de trenes subterráneos de Buenos Aires tiene 52,3 km de vías, siendo todavía subterránea la totalidad de la red. Desde entonces a la fecha, en Sudamérica se tienen sistemas de trenes metropolitanos, muchos de los cuales tienen tramos subterráneos combinados con tramos elevados y de superficie, a excepción de los metros de Medellín en Colombia, Lima en Perú, Porto Alegre en Brasil y Concepción en Chile, entre otros, que tienen toda la red elevada o sobre la superficie.

En la actualidad existen cerca de 160 ciudades en el mundo con habitantes superiores a 0,5 millones, donde los sistemas de transporte de masa son predominantemente subterráneos, lo cual indica que no necesariamente las grandes conurbaciones exigen el uso del espacio subterráneo para el transporte. Por ejemplo, la capital de Brasil, Brasilia, con alrededor de 2 millones de habitantes, tiene construido 7,2 km de metro subterráneo, dando una razón de 3,6 km de túnel de metro por millón de habitantes y São Paulo posee alrededor de 60 km de líneas de metro subterráneo, dando una razón de 3,2 km por millón de habitantes; ciudades como París, Londres, Moscú, Nueva York, Tokio, Pequín, Shangai y Seúl poseen redes de trenes metropolitanos de alrededor de 300 km, que para el caso de Tokio daría una razón de 8,7 km por millón de habitantes.

En los últimos años, la tendencia del uso del espacio subterráneo en las conurbaciones no sólo es para sistemas viales. El espacio subterráneo está siendo empleado en estos sitios para túneles-canal, depósitos de residuos sólidos, depósitos de gasolina y gas, depósitos de alimentos, teatros,

Uso del espacio subterráneo	Cantidad	Área (m <sup>2</sup> )
Centro comercial	2	3 142
Centro cultural	2	5 536
Centro de recreación	2	10 086
Parqueadero	103	423 702
Paso peatonal	10	6 916
Restaurantes	2	140

▲ Tabla 2

Uso del espacio subterráneo en Bogotá.  
(Riascos et ál., 2007, p. 5).

▼ Tabla 3

Soluciones de subsuperficie para problemas de superficie.

Problema	Solución con el uso del espacio subterráneo
Incremento del precio del terreno	Mayores obras de servicios públicos subterráneos: plantas de tratamiento, bodegas de almacenamiento, parqueaderos, teatros, centros comerciales, pasajes pedestres, museos, etc.
Congestión del tráfico	Trenes Metropolitanos subterráneos, Arterias viales subterráneas con control de velocidad.
Segregación de las ciudades	Recuperación de espacios usados por las redes viales de superficie, y diseño de nuevos barrios residenciales.
Deterioro ambiental	Túneles viales con sistemas de purificación de aire.
Expansión de barrios pobres	Recuperación de cauces y áreas de retiro de quebradas y recuperación de zonas no aptas para la construcción amenazadas por procesos geológicos; a través de la reubicación de los habitantes de los barrios pobres a terrenos mejores dotados que hayan sido recuperados tras haber implementado las redes viales principales en el espacio subterráneo.
Sistemas con insuficiencia hidráulica en los drenajes de aguas pluviales	Sistemas de drenaje compuestos por grandes bóvedas con suficiente capacidad hidráulica para cubrir la demanda a largo plazo (por ejemplo, mayor a 100 años) y soportar eventos de lluvia extraordinarios con mayores periodos de retorno.
Estructuras civiles superficiales expuestas a amenazas geológicas	Captaciones y ductos subterráneos, túneles para eludir terrenos geológicamente inestables.

parqueaderos, bibliotecas y centros comerciales. Es decir, que se está empleando el espacio subterráneo para la solución de otros problemas que se presentan en la superficie. La tabla 3 muestra las posibles soluciones a los problemas de las ciudades mediante el uso del espacio subterráneo, a partir de diversas obras que ya se han realizado en otras ciudades del mundo.

A pesar de esa gran demanda de estructuras subterráneas en los medios urbanos, los dos mayores mitos en contra de la concepción de estas obras son: los riesgos asociados durante su proceso constructivo y el aparente elevado costo del proyecto, si solo se evalúan los costos inmediatos sin considerar los beneficios a largo plazo.

## AVANCES TECNOLÓGICOS EN OBRAS SUBTERRÁNEAS

El desarrollo de los sistemas de instrumentación en tiempo real y de alta precisión han permitido el empleo del método observacional para el diseño y la construcción de obras subterráneas en forma más controlada, permitiendo conocer el desarrollo de los esfuerzos y las deformaciones en el macizo de suelo / roca que alberga la cavidad subterránea casi en tiempo real.

También, el desarrollo de diversos eficientes equipos de perforación de sección completa como las tuneladoras de presión de frente de excavación —que permiten excavar en suelos permeables y no cohesivos—, y las tuneladoras de sección todo terreno —estas últimas permiten hacer modificaciones en su frente de corte para perforar desde suelos hasta rocas— han permitido obtener mayor confiabilidad en los procesos constructivos. La combinación de las técnicas de construcción (i. e. sistemas de instrumentación y método observacional), con los nuevos equipos de perforación, permiten la mínima alteración del terreno en superficie, protegiendo las edificaciones y estructuras allí construidas.

Esta situación permitió que las obras subterráneas entren al campo urbano, debido a que una de las muchas diferencias entre el desarrollo de las obras subterráneas urbanas y rurales, está relacionada con el grado de alteración que esta actividad de construcción causa sobre la superficie.

Paralelamente, existen técnicas de construcción y propuestas de diseño que reducen al mínimo la pérdida y alteración de las aguas subterráneas durante la construcción y el uso de una obra subterránea. Actualmente se propone incluso aislar la cavidad subterránea mediante membranas gruesas impermeables, que logran un aislamiento total y se evita la infiltración de las aguas provenientes del macizo rocoso o de suelo que alberga la cavidad.

Las nuevas prácticas y recomendaciones de seguridad dispuestas durante y después de la construcción de las obras subterráneas han permitido que las obras subterráneas sean seguras y con poca accidentalidad. Estas están acompañadas por la continua elaboración y actualización de políticas y normas de gestión de riesgo durante la construcción de obras subterráneas, obtenidas de la experiencia de las mismas.

Todas estas mejoras tecnológicas y de gestión hacen hoy en día que las obras subterráneas sean más económicas a largo plazo, además de más seguras, y que sean construidas en un menor tiempo, en comparación con hace 20 años. Actualmente, se puede afirmar que existen los métodos y la tecnología para construir obras subterráneas en cualquier medio geológico y, sobre todo, en ambientes urbanos bajo requerimientos exigentes.

## BENEFICIOS DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

Los beneficios de las obras subterráneas se resumen en una mejora en el medioambiente, y son:

- Menor trastorno en la superficie durante la construcción y uso, ya que eluden muchos de los problemas que coexisten en la superficie, y protegen sitios ambientalmente sensibles y culturales (Admiraal, 2006).
- En túneles viales se producen menos afectaciones de ruido y mejor calidad de aire (túneles con sistemas purificadores de aire).
- Mayor seguridad en la viabilidad (por ejemplo, sistemas viales con velocidad controlada).
- Menor impacto ambiental con soluciones definitivas (por ejemplo, menor impacto visual).
- Mayor aprovechamiento del espacio superficial para actividades más nobles del ser humano (por ejemplo, vivienda, trabajo, recreación y esparcimiento).
- Mayor conservación del calor, menor variación de humedad, menor consumo de energía en regiones en climas extremos (Chow et ál., 2002), así como menor deterioro de las cosas.
- Mayor protección y mejor respuesta ante eventos sísmicos, debido a que la estructura subterránea está confinada en el medio (i.e. suelo o roca) y no podrá moverse independientemente de éste, y es menos susceptible a que presente amplificación de las ondas sísmicas.
- Menor amenaza geológica de superficie (por ejemplo deslizamientos, inundaciones).
- Menor amenaza por fenómenos climáticos (por ejemplo huracanes, tifones).

Sin embargo hay que mencionar que el incendio es una de las mayores amenazas dentro de la etapa de servicio de las obras subterráneas, y por otro lado se encuentran problemas acerca del tratamiento y manejo dinámico del aire, y problemas de adaptabilidad del ser humano cuando está dentro de las cavidades subterráneas por largo tiempo (i.e. aspectos psicológicos). De estos tres, el primero es el más crítico.

## FACTORES QUE LIMITAN LA MATERIALIZACIÓN DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

Los factores que limitan la materialización de las obras subterráneas son:

- Los riesgos asociados durante su construcción.
- Las inversiones altas durante la fase de materialización de la obra, y dificultades para cumplir el cronograma de ejecución debido a las altas incertidumbres geológico-geotécnicas que se tienen.
- La inexistencia de nuevos tipos de contratos que faciliten manejar la incertidumbre geológico-geotécnica del medio.

- La falta de conocimiento sobre los avances y la tecnología en materia de obras subterráneas por parte de los tomadores de decisiones y planificadores.
- La existencia de mitos que desvirtúan las bondades de los proyectos subterráneos.
- La falta de la existencia de una cultura de obras subterráneas.
- La ausencia de visión futurista que permita adoptar medidas presentes preliminares: bases de datos geotécnicos e inventarios de uso del espacio subterráneo, por ejemplo.
- La carencia local de políticas de manejo del espacio subterráneo en temas de la perturbación del subsuelo, perturbación sobre el agua subterránea y disposición de material excavado.
- La carencia local de normatividad de manejo de riesgos en proyectos subterráneos.
- La tendencia a evaluar solo los costos de construcción en la toma de decisiones.

#### IMPACTO AMBIENTAL DE OBRAS SUBTERRÁNEAS

Como se mencionó con anterioridad, los dos principales impactos ambientales que genera la presencia de las obras subterráneas son la perturbación del subsuelo y del agua subterránea, y la disposición de material excavado.

Respecto a la perturbación del subsuelo y del agua subterránea, si bien estos impactos son actualmente reales, dado que se siguen practicando obras subterráneas con tecnologías antiguas y medidas de gestión inapropiadas, hoy en día los sistemas constructivos, equipos y materiales de construcción permiten tener la mínima perturbación del espacio subterráneo, y la exigencia al cumplimiento de una normatividad estricta permitiría minimizar aún más dicho impacto.

Respecto a la disposición de material excavado se comenta que este problema aún no está completamente superado debido a que depende de la buena gestión de espacios superficiales destinados a la disposición del material excavado. No obstante, la disposición de este material debe manejarse con creatividad y rentabilidad. Por ejemplo, se puede crear un sistema de almacenaje de residuos sólidos subterráneo y el espacio de superficie que se pensaba destinar a esos residuos emplearlo para la disposición de material excavado (debido a que el material obtenido de las excavaciones subterráneas casi siempre es de muy buena calidad para soportar otro tipo de estructuras o para el uso en la construcción de materiales). Otra alternativa es que el material excavado de los grandes proyectos subterráneos sea trasladado a la costa para ganarle terreno al mar —por ejemplo, el nuevo Aeropuerto de Honk-Kong (donde

las islas Chek Lap Kok y Lam Chau fueron aplañadas, interconectadas y en sus alrededores se le ganó tierra al mar), y obras en los países bajos—. Igualmente, una adecuada “simbiosis” entre las actividades superficiales como la explotación de canteras de materiales no-metálicos para el uso en la construcción (factor importante en el desarrollo de las conurbaciones), con la disposición de los materiales de excavación de las obras subterráneas, puede llegar a solucionar dos aparentes problemas ambientales en las conurbaciones.

#### OBRAS SUBTERRÁNEAS INNOVADORAS

El uso del espacio subterráneo no solo está orientado a resolver los problemas de la limitación del espacio en superficie como ocurre en las conurbaciones. En las zonas rurales el uso del espacio subterráneo se orienta a plantas de generación de energía, túneles de vías férreas, vías carreteras, ductos de transporte (por ejemplo, ductos de agua, petróleo, gas), depósitos de almacenamiento, centros de investigaciones científicas, entre otros.

A continuación se describen brevemente algunas obras subterráneas en el espacio rural y algunas del espacio urbano en uso actual, en expansión, en construcción o en concertación, con el objeto de incentivar aún más el uso de las obras subterráneas.

El mayor uso que se le ha dado al espacio subterráneo en las zonas rurales es para albergar cavernas de máquinas y de transformadores de centrales hidroeléctricas. Hasta finales de 2006 se tenían construidos en el mundo 562 complejos subterráneos para albergar los equipos de generación de energía eléctrica (Hönish, 2006).

Con respecto a túneles rurales, se tienen por ejemplo los túneles de Saint Gotthard (en construcción), que contemplan túneles que atravesarán Los Alpes y se constituirán en los más largos del mundo (un total de 153 km, con su tramo continuo más largo de 53 km). Estos túneles permitirían la circulación de trenes de carga que viajarán a 160 km/h, y trenes de pasajeros que viajarán a 248 km/h. En Sudamérica, se tienen dos proyectos importantes, el Tren de alta Velocidad entre São Paulo y Río de Janeiro (actualmente en diseño), y el tren de alta velocidad de Córdoba- Buenos Aires-Rosario, todavía en concertación, donde ambos tendrán varios tramos en túneles.

El túnel Transatlántico (en concertación), si bien no es subterráneo sino un túnel submarino flotante, nos ayuda a pensar en los límites de la imaginación de los proyectos concertados debajo del medioambiente del hombre. El proyecto del túnel Transatlántico piensa unir Nueva York con Londres para permitir el paso de un tren suspendido magnéticamente que alcanzará 8.000 km/h, permitiendo hacer este viaje en 54 minutos.



Respecto a túneles debajo de las zonas urbanas, se tienen varios construidos en el mundo. Solo para nombrar algunos, por ejemplo, el Gran Túnel de Boston (en operación), considerado el mayor proyecto de construcción urbana en la historia moderna, que conllevó una inversión de 14,6 billones de dólares (figura 1B). Está conformado por una autopista de ocho carriles toda subterránea que reemplaza a la arteria elevada Interestatal Central Boston (I-93) sin detener el tráfico diario durante su construcción. La obra aumentó la capacidad de tráfico de 80.000 a 250.000 vehículos por día, disminuyó el tiempo de retención de diez a dos horas, y reduce la contaminación del aire en 12%, ahorra 0,5 billones de dólares americanos por año en combustibles y congestión vehicular, y brindó 75% de su espacio recuperado de superficie a áreas de esparcimiento (Assis, 2008).

También similares beneficios se obtendrán con los diversos túneles de líneas de metro (por ejemplo, Línea 4 del Metro de São Paulo, en construcción; líneas de ampliación del Metro de Nueva York, en proyecto; el proyecto de transporte masivo rápido de Yakarta-Indonesia, en diseño).

Respecto a otros usos del espacio subterráneo en zonas urbanas, se tiene como obra ejemplar el complejo comercial subterráneo de Toronto (en uso y expansión), que es el más grande del mundo, que actualmente alberga diariamente 100.000 personas entre trabajadores, visitantes y turistas, y cubre una extensión equivalente a seis bloques urbanos de ancho y diez de largo con un pasaje central de 3 km de extremo a extremo (Bélanger, 2007). Otros complejos subterráneos semejantes son el Edmonton Mall en Canadá y el Mall of America en Estados Unidos. Asimismo, el salón de Juegos Olímpicos de Hielo en Gjøvik (en actual servicio) con capacidad para 5100 espectadores fue construido en 1991 para los Juegos Olímpicos de Invierno de 1994 en Noruega. La caverna posee 62 m de ancho y 20 m de altura, con solo de 25 a 50 m de sobrecapa (Barton et ál., 1994). Actualmente se usa también el mismo espacio para presentación de diversos conciertos y obras de teatro. Otros ejemplos son: el salón de opera en Hong Kong (en servicio), el parqueadero de la Casa de Operas de Sydney, Australia (en servicio), el depósito de bienes del Puerto de Rotterdam, Holanda (en concertación) (Admiraal, 2006), el Túnel Multi-Funcional en Kuala Lumpur en Malasia, la expansión subterránea de la biblioteca Real de Suecia, el museo de Le Grand Luvre y el centro urbano La Defense en París, Francia, la estación de metro Iidabashi en Tokio, Japón, el parque recreacional Santa Claus Village en Finnish Lapland, Finlandia, la Piscina olímpica subterránea en Finlandia, etc.

Asimismo, los túneles sumergidos han empezado a mostrar sus ventajas en ciudades costeras. Por ejemplo, el Eurotúnel (en uso), es uno

de los más ejemplares proyectos binacionales de aprovechamiento del espacio subterráneo. Los sitios de Busan y Jungjuk-do en Honk-Kong están separados por mar abierto y sujetos a fuertes vientos, desarrollo de grandes olas y fuertes variaciones de marea. Actualmente se construye un túnel sumergido que une estos dos sitios, que será el más profundo de su tipo, con un máximo de 50 m de profundidad, excavado en una arcilla marina muy suave (Lee, 2008). Otro ejemplo será el sistema de túneles sumergidos que conectará la península de Corea con China y Japón (en concertación), o la vía subterránea de alta velocidad en Incheon, Corea (en proyecto).

El espacio subterráneo también se usa para depósitos de almacenamiento de hidrocarburos. Estos proyectos derivaron de políticas estratégicas gubernamentales para el almacenaje y la protección de las reservas del petróleo crudo. Por ejemplo, desde 1977 solo en Corea se habían construido once cavernas de almacenamiento de petróleo, con una capacidad de 1,5 millones de BBL cada una. Desde 1984 se están construyendo cavernas de almacenaje de gas butano y propano incluso por empresas privadas. Como ejemplo se nombra la caverna de almacenamiento de hidrocarburos de Harare, Zimbabue, que entró en operación en 1995 (Sturk y Stille, 1995).

Igualmente, el espacio subterráneo profundo ha sido el único sitio pensado para la construcción de depósitos de desechos radiactivos. Canadá, Estados Unidos, Noruega, Finlandia, Francia, Suiza, Japón, Alemania, China, Rusia y otros países que usan la energía atómica, se han beneficiado de las investigaciones desarrolladas en los diversos laboratorios de investigaciones subterráneas. Están, por ejemplo, el Laboratorio de Investigaciones Subterráneas (URL) en Manitota, Canadá (construido y proyecto finalizado), y el Laboratorio Sueco de Rocas Duras Äspö (construido y proyecto finalizado); ambos aportaron con grandes conocimientos a la mecánica de rocas, tectónica, disposición de residuos radiactivos y excavaciones subterráneas profundas. El Laboratorio de Investigaciones Subterráneas de Mizunami- Japón (en construcción) será construido para el desarrollo de la tecnología de la disposición de residuos radiactivos de alto nivel. Consiste en dos pozos excavados hasta una profundidad de 1.000 m debajo de la superficie conectados por túneles horizontales a diferentes profundidades (Sato et ál., 2005). El Laboratorio de Investigaciones Subterráneas de Horonobe, Japón, con la misma misión al anterior, está en actual construcción (segunda fase del proyecto) y entrará en operación hasta el año 2020 (Nakayama, 2005).

Se tiene también, el Laboratorio de Investigaciones Subterráneas Onkalo en Olkiluoto, al oeste de Finlandia, cuyos estudios permitirán construir un depósito subterráneo de desechos radiactivos (Johansson et ál., 2007). El proyecto Decovalex,

## DISCUSIÓN

de cooperación internacional, cuyo objeto es estudiar los modelos acoplados termo-hidro-mecánicos de las rocas con su validación experimental. Éste posee dos laboratorios subterráneos denominados Experimento Febex en Grimsel, Suiza, y Experimento DST en Yucca Mountain, Nevada, Estados Unidos (Tsang et ál., 2005). Asimismo, en Gyegju, Corea, por ejemplo, se están construyendo seis cavernas de depósitos radiactivos con una capacidad de almacenaje de 800.000 barriles de desechos de bajo nivel e intermedio, que cubrirán la demanda de almacenaje de toda Corea. Los silos están entre 80 a 130 m debajo del nivel del mar, dentro de la roca. Cada silo tiene 24,8 m de diámetro y 52,4 m de altura (Lee, 2008).

El espacio subterráneo está siendo usado para el almacenamiento de CO<sub>2</sub> producido en las diferentes industrias, después de un proceso de captura (CCS: Carbon Capture and Storage). Ésta es una de las variadas soluciones duraderas que se deberá implementar para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, un principal factor de los problemas del calentamiento global de la tierra. Por ejemplo, el Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies de Australia está estudiando detalladamente la forma de almacenar el CO<sub>2</sub> comprimido y líquido en formaciones geológicas porosas profundas. Esta es otra forma de almacenar gases y líquidos sin la necesidad imperiosa de crear un espacio excavado, sino aprovechando la porosidad de la formación geológica. El sitio de las investigaciones está localizado en la cuenca del río Otway en el estado de Victoria, Australia.

El espacio subterráneo se está empleando también para albergar las más altas investigaciones de la física. Por ejemplo, se tiene el Observatorio de Neutrinos de Sudbury, Canadá (en operación), y el Laboratorio Europeo de Física de las Partículas (CERN) (en operación) localizado en la frontera de Suiza y Francia, ésta última es una construcción subterránea que contiene un acelerador de partículas, entre otras obras (Sloan et ál., 1996).

Finalmente, el espacio subterráneo se emplea también para albergar bases militares como el Centro de Comando del Ejército de los Estados Unidos de Norteamérica en Rocky Mountain, y muchas otras bases militares y sitios de almacenamiento de armamento de diversos países que no son de conocimiento público.

Todas estas obras ya construidas o proyectadas en el espacio subterráneo deben adicionalmente incentivar la imaginación: ¿hasta dónde el hombre ha llegado y puede llegar con un apropiado empleo de este alternativo espacio que nos brinda el Planeta?

Actualmente, el desarrollo de la infraestructura, servicios y logística de las ciudades tiende a ubicarse subterráneamente, y en especial las obras viales. Muchas de las ciudades del mundo que han tenido su desarrollo vial a partir de la segunda década del siglo XX, están hoy en día ejecutando obras donde se están recuperando los extensos espacios destinados a la viabilidad de transporte de la ciudad a través de obras subterráneas (por ejemplo, Ciudad de Boston), transformando el espacio superficial en zonas residenciales sin la segregación de espacios urbanos. No obstante, se observa que los planes para los siguientes 25 años destinados al desarrollo vial de las principales conurbaciones de Colombia tienen el concepto de desarrollo vial de los años sesenta de aquellas ciudades que hoy en día están transformando su espacio subterráneo. En este sentido, los actuales planes de viabilidad de las conurbaciones colombianas gastarán gran proporción de recursos en expropiaciones, indemnizaciones, procesos legales, costos por el estrés de los usuarios durante la construcción y costos de congestiónamiento del tráfico, que con una planificación subterránea podrían evitarse. Parece ser que tanto los planificadores del desarrollo vial de las conurbaciones y los promotores de las obras subterráneas han errado en este aspecto, el primero por basarse en planes poco concordantes con el cambio actual de desarrollo vial de las grandes conurbaciones del mundo, y el segundo por no promover las ventajas de un desarrollo subterráneo.

Asimismo, la construcción de una obra subterránea con las actuales medidas de seguridad, procesos constructivos y propuestas de diseño, altera en un mínimo el desarrollo de toda actividad de superficie y todo medio de subsuperficie (por ejemplo, el agua subterránea). En este sentido, la comunidad ambientalista que se encarga del desarrollo sostenible en las conurbaciones debería promover este tipo de proyectos, más aún sabiendo que en el espacio subterráneo la sostenibilidad entre el medio natural de superficie y la actividad en subsuperficie son fáciles de percibir. El trabajo de abolir el mito de que una obra subterránea causa un gran daño ambiental al abatir el nivel freático se debe hacer con la buena práctica de ejecución de las obras subterráneas. De la misma manera, una buena planificación del uso y la disposición de los materiales excavados evitarán que una obra subterránea sea considerada como actividad contra-ambientalista.

Actualmente, en las conurbaciones desarrolladas del mundo se va incrementando la demanda de las obras subterráneas como soluciones de infraestructura en los medios urbanos. Esta demanda deberá estar presente en las conurbaciones y ciudades de Sudamérica, donde la viabilidad técnica-financiera de construcción deberá estar cada vez más fortalecida por el concepto de costo total a largo plazo, donde se consideren los beneficios indirectos de

Nombre	Dirección/ Barrio/ Municipio	Máxima profundidad desde la superficie (m)	Volumen del espacio subterráneo (m <sup>3</sup> )	Área de uso (m <sup>2</sup> )	Tipo de uso

Tabla 4  
Variables mínimas para el inventario del espacio subterráneo.

estas obras y los avances tecnológicos recientes presentes en la ingeniería de obras subterráneas. En este sentido, para el caso de Colombia, y solo por mencionar un tema actual, el no proyectar el tren metropolitano de la ciudad de Bogotá totalmente subterráneo pudo ser innegablemente un error y un fracaso en la gestión de convencimiento de la ingeniería de obras subterráneas a los tomadores de decisión, debido a que las ventajas de implementar un sistema netamente subterráneo para esta necesidad se aprecia notablemente.

Es importante hacer entender a los políticos, planeadores y a los tomadores de decisión, las ventajas directas e indirectas de las obras subterráneas bajo el concepto de costo total a largo plazo.

También es importante preparar y promover la cultura del uso del espacio subterráneo, donde los primeros pasos deben ser: realizar inventarios del uso actual del espacio subterráneo, capacitar personal en este tipo de obras, fomentar la realización de mapas geotécnicos municipales, y difundir con convencimiento las ventajas del uso del espacio subterráneo.

Asimismo, en las áreas urbanas los aspectos económicos, sociales y políticos dictan generalmente el alineamiento de las obras subterráneas y no así el aspecto geológico-geotécnico detalladamente geo-referenciados. Este hecho se debe tomar en cuenta en la planeación de cualquier proyecto subterráneo respecto a la financiación, debido a que el solo ámbito geológico-geotécnico de un proyecto de esta índole puede incrementar su costo.

Por otro lado, es importante hacer los inventarios de la actual ocupación del espacio subterráneo para futuras ocupaciones, debido a que en los primeros metros desde la superficie, éste está actualmente densamente ocupado por redes de sistemas de servicios públicos, y tienden a ocuparse más por parqueaderos y depósitos locales. Para este fin, y como primer paso, es necesario hacer un estudio del manejo de activos subterráneos (Underground Asset Management) donde se documente la localización y las condiciones de todos los servicios públicos, fundaciones, centros y complejos que existen debajo de la superficie de la ciudad o conurbación. En Bogotá se hizo un primer inventario del uso del espacio subterráneo denominado "Evolución histórica de las obras subterráneas en Bogotá y su influencia en el desarrollo de la ciudad" (Riascos et ál., 2007). En este sentido, es necesario que las demás conurbaciones como las áreas metropolitanas del Valle

de Aburrá, Cali y Barranquilla, y las demás ciudades de segundo orden empiecen a ejecutar un inventario del uso actual del espacio subterráneo. Es aún más importante que similar a la planeación del espacio de superficie se empiece a planear el espacio subterráneo a través de las Secretarías de Planeación de cada municipio. La tabla 4 muestra las variables mínimas que debe tener una base de datos de inventario del uso del espacio subterráneo.

Otro factor importante relacionado con el inventario de las obras subterráneas está relacionado con los mapas geotécnicos municipales, que ayudarán a disminuir la incertidumbre geológico-geotécnica en el espacio subterráneo. En las conurbaciones existe una notable contradicción debido a que pese a que es una región donde más se interviene el espacio de subsuperficie para cimentaciones, y donde generalmente el material de la misma está conformado por material retrabajado o llenos heterogéneos de calidad pobre, es donde menos información de suelo y/o roca se posee. La forma de superar esta falta de información de primera mano es desarrollar e implementar programas para guardar sistemáticamente y documentar todos los datos geotécnicos que se desarrollan en diversos proyectos públicos y privados. En cada proyecto de construcción se debe exigir la información geotécnica obtenida, la que debe ser centralizada en una base de datos global de toda la ciudad o conurbación. Esta recopilación de información es hecha generalmente por una agencia gubernamental (por ejemplo, INGEOMINAS) o una asociación profesional que puede beneficiarse con una base de datos completa de información geológica y geotécnica (por ejemplo, Sociedad Colombiana de Geotecnia, SCG). Toda ciudad, sin importar su tamaño, debería crear y mantener una base de datos geotécnica (Parker, 2008).

Debido a la incertidumbre geotécnica del espacio subterráneo, tanto los dueños como los diseñadores de obras subterráneas han empezado a tomar en cuenta cuidadosamente el riesgo en este tipo de obras con el fin de cuantificarlo en términos de costos y retrasos en los cronogramas, encontrar maneras de minimizar y gestionar dicho riesgo, así como explicar mejor éstos a los tomadores de decisión que tienen poca experiencia en obras subterráneas. Este aspecto ya fue ampliamente estudiado y normalizado por la Asociación Internacional de Túneles y Obras Subterráneas (ITA) que publicó *A code of practice for risk management of tunneling works* (ITIG, 2006), el cual se espera implementar en las normativas de las



regiones metropolitanas de las diversas ciudades de Colombia través de la adaptación o simplemente la implementación total de estas normas a través de la Asociación Colombiana de Túneles y Obras Subterráneas (ACTOS).

También, es necesario definir una normatividad sobre el manejo de los materiales de excavación no solo producto de las excavaciones subterráneas, sino de los diversos desechos de construcción de las obras de superficie, ya que el manejo de estos desechos es parte del desarrollo integral de una conurbación. Este trabajo de normativización debe ser realizado por las Secretarías de Medio Ambiente de los diversos municipios de las conurbaciones.

La cultura de obras subterráneas no solo debe llegar a los profesionales especializados, sino también a los trabajadores de base, ya que esta actividad requiere de personal entrenado y con sentido de pertenencia a las obras subterráneas. En este sentido, la ACTOS debería promover con sus profesionales asociados cursos de obras subterráneas en las universidades y cursos de entrenamiento a obreros en el Centro Nacional de Aprendizaje

(SENA) en las diferentes ciudades de Colombia. Las experiencias en países que han desarrollado en mayor proporción las obras subterráneas han concluido que todavía existe una demanda mundial importante de personal obrero capacitado para este tipo de construcciones. Igualmente, se observó que muchas de las propuestas de proyectos subterráneos no son elegidas porque el proceso de capacitación del personal obrero implica un tiempo adicional dentro del cronograma de ejecución. También, se tiene el mito de que una obra subterránea reduce la demanda de obreros, porque se cree que todas las actividades de este proceso son mecanizadas.

Actualmente se tienen los suficientes conocimientos y estado de la tecnología para afrontar los impactos ambientales producidos por la materialización de las obras subterráneas. En apariencia, el gran problema para poder pensar ampliamente en las soluciones subterráneas es todavía el aspecto legal, normativo y de la capacidad de convencimiento. Saber también que la industria de la construcción de obras subterráneas crecerá aún más en el futuro.

## REFERENCIAS

- Admiraal, J. B. M. (2006). A Bottom-up Approach to the Planning of Underground Space. Proceedings of the World Tunnel Congress and 32nd ITA Assembly, Seoul, Corea, 22-27 April 2006.
- Assis, A. (2008). Segundo Curso Internacional de Obras Subterráneas. Sociedad Antioqueña de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad de Medellín, Universidad de Brasilia. Del 28 al 31 de agosto de 2008, Medellín- Colombia.
- Barton, N., By, T. L., Chryssanthakis, P., Tunbridge, L., Kristiansen, J., Løset, F., Bhasin, R.K., Westerdahl, H., Vik, G. (1994). "Predicted and measured performance of the 62 m span Norwegian Olympic ice Hockey Cavern at Gjøvik". *Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr*, Vol. 31(6), pp. 617-641.
- Bélanger, P. (2007). "Underground landscape: the urbanism and infrastructure of Toronto's downtown pedestrian network". *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 22, pp. 272-292.
- Chow, F. C., Paul, T., Vähäaho, I. T., Sellberg, B., Lemos, L. J. L. (2002). Hidden Aspects of Urban Planning- Utilization of Underground Space. Proceedings 2nd International Conference on Soil. Structure Interaction in Urban Civil Engineering, Zürich.
- Fujimura, F. (1982). *Reservatorio subterráneo de água tratada: uma solução econômica e viável para abastecimento de grandes centros urbanos*. Primer Simposio Suramericano de Mecánica de Rocas, Sociedad Colombiana de Geotecnia (SGT), del 21 al 26 de noviembre, Bogotá, Colombia, Vol. 2, p. 23.
- Hönisch K. 2006. "The world's underground hydro power plants in 2006". pp 326-347. En: Carriann, D. (ed.). *Yearbook 2006*. London: International Water Power & Dam Construction.
- ITIG (2006). *A code of practice for risk management of tunneling works*. London: International Tunnelling Insurance Group.
- Johansson, E., Hudson, J. A., Hakala, M., Sjöberg, J., Riikonen, S., Syrjänen, P. (2007). "Rock mechanics research for radioactive waste disposal in Finland". En: Ribeiro e Sousa, Olalla & Grossmann (eds.), *11th Congress of the International Society for Rock Mechanics*, pp. 91-36. Lisbon: Taylor & Francis.
- Lee, I.-M. (2008). Korean experience on utilization of underground structures. 2° Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterráneas, 23 a 25 Junho 2008, São Paulo, Brasil. *Livro de Resumo Palestra*, pp. 76-83.
- Nakajima y Ohta (2000). *Review of urban problems in Japan*. Tokyo: Mineruba Books.
- Nakayama, M. (2005). "Current Status of the Horonobe Underground Research Laboratory Project". *Sikuru Kiko Giho*, Vol. 28, pp. 1-8 (in Japanese).
- Parker, H. W. (2008). Geotechnical issues for planning tunnels and underground space. 2° Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterráneas, 23 a 25 Junho 2008, São Paulo, Brasil. *Livro de Resumo Palestra*, pp. 71-75.
- Peck, R.B., 1969. Advances and limitations of the observational method in applied soil mechanics. *Geotechnique* 19(2), pp. 171-187.
- Pells, P. J. N., Best, R. J., Poulos, H. G. (1994). "Design of roof support of the Sydney opera house underground parking station". *Tunnelling & Underground Space Technology*, Vol. 9 (2), pp. 201-207.
- Riascos-Navaja, L. A., Rincón-García, M. A., Torres-Niño, D. A., Torres-Prada, A. C. (2007). "Evolución histórica de las obras subterráneas en Bogotá y su influencia en el desarrollo de la ciudad". *Revista Épsilon*, 8, pp. 61-70.
- Rigatti, D., Mainieri de Ugalde, C. (2007) "Parts and hole on metropolitan conurbation- the case of Porto Alegre metropolitan area-Brazil". En: Proceedings, 6th Int. Space Syntax Symposium, del 12 al 15 de junio, 2007, Istanbul, Turkiye. Disponible en: <http://www.spacesyntaxistanbul.itu.edu.tr/papers.htm> [Acceso: 15 enero de 2009].
- Sato, T. et ál. (2005). "Status of Japanese Underground Research Laboratory. Design and construction of 1.000 m deep shafts and research tunnels". En: Erdem & Solak, *Underground Space Use- Analysis of the past and lessons for the future*, pp. 335-341. London: Taylor & Francis Group.
- Sloan, A., Moy, D., Kidger, D. (1996). "3D modelling for underground excavation at Point 1, CERN. En: Barla (ed.), *Eurock '96*", pp. 957-963. Torino: Taylor & Francis.
- Sturk, R., Stille, H. (1995). "Design and excavation of rock caverns for fuel storage: a case study from Zimbabwe". *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 10 (2), pp. 193-201.
- Tsang, C.-F., Jing, L., Stephansson, O, Kautsky, F. (2005). "The Decovalex III project: A summary of activities and lessons learned". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 42 (5-6), pp. 593-610.

- Ⓐ Los artículos postulados deben corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación, ser originales e inéditos y sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Como punto de referencia se pueden tomar las tipologías y definiciones del Índice Bibliográfico Nacional, Publindex, para los artículos tipo 1, 2 y 3 que se describen la continuación:

- 1) Artículo de investigación científica y tecnológica: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- 2) Artículo de reflexión: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspec-

tiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo fuentes originales.

- 3) Artículo de revisión: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

También se pueden presentar otro tipo de documentos diferentes a los anteriormente descritos como pueden ser: artículo corto, reporte de caso, revisión de tema, documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, cartas al editor, traducción, documento de reflexión no derivado de investigación y reseña bibliográfica entre otros.

## Ⓐ INSTRUCCIONES PARA POSTULAR ARTÍCULOS

Presentar el artículo mediante comunicación escrita dirigida al Editor de la REVISTA DE ARQUITECTURA en soporte digital y dos copias impresas (si es local), adjuntando hoja de vida del autor (diligenciar el formato RevArq FP01 Hoja de Vida). En la comunicación escrita el autor debe expresar que conoce y acepta la política editorial de la Revista de Arquitectura, y cede todos los derechos de reproducción y distribución del artículo. (RevArq FP05 Carta de originalidad).

Los artículos deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En la primera página del documento se debe incluir

**TÍTULO:** en español e inglés y no exceder 15 palabras.

**SUBTÍTULO:** opcional, complementa el título o indica las principales subdivisiones del texto.

**DATOS DEL AUTOR O AUTORES:** nombres y apellidos completos, filiación institucional. Como nota al pie: formación académica, experiencia investigativa, publicaciones representativas y correo electrónico o dirección postal. El orden de los autores debe guardar relación con el aporte que cada uno hizo al trabajo.

**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** diligenciar el formato RevArq FP02 Info Proyectos de Investigación.

**RESUMEN, ANALÍTICO, DESCRIPTIVO O ANALÍTICO SINTÉTICO:** se redacta en un solo párrafo, da cuenta del tema, el objetivo, los puntos centrales y las conclusiones, no debe exceder las 150 palabras y se presenta español e inglés (Abstract). Si lo requiere la *Revista de Arquitectura* puede realizar la traducción.

**PALABRAS CLAVE:** cinco palabras o grupo de palabras, ordenadas alfabéticamente y que no se encuentren en el título o subtítulo, deben presentarse español e inglés (Key words), estas sirven para clasificar temáticamente al artículo. Se pueden emplear algunas de las palabras definidas en: <http://databases.unesco.org/thessp/>

- La segunda página y siguientes deben tener en cuenta estas recomendaciones:

El cuerpo del artículo generalmente se divide en: Introducción, Metodología, Desarrollo, Resultados y Discusión, y finalmente Conclusiones, luego se presen-

tan las Referencias bibliográficas, Tablas, Leyendas de las Figuras y Anexos. En la introducción se debe describir que tipo de artículo se está presentando.

**TEXTO:** las páginas deben venir numeradas, a interlineado doble en letra de 12 puntos, la extensión de los artículos debe estar alrededor de 5.000 palabras (Max. 20 páginas, incluyendo gráficos, tablas, etc.) y se debe seguir el estilo recomendado en el Manual para Publicación de la Asociación Americana de Psicología (APA), 6a edición. (Para mayor información puede visitar: <http://www.apastyle.org/>)

**CITAS Y NOTAS AL PIE:** las notas aclaratorias o notas al pie, no deben exceder más de cinco líneas o 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general. Cuando se realicen citas pueden ser, cita corta (con menos de 40 palabras) se incorpora al texto y puede ser: textual (se encierra entre dobles comillas), parafraseo o resumen (se escriben en sus propias palabras dentro del texto); cita textual extensa (mayor de 40 palabras) debe ser dispuesta en un renglón y un bloque independiente omitiendo las comillas, no olvidar en ningún caso la referencia del autor (Apellido, año, p. 00)

**REFERENCIAS:** como modelo para la construcción de referencias, se emplea el siguiente:

### Libro

Autor -Apellidos-, A.A. -Nombres- (año de la publicación). Título de la obra. (Edición). Ciudad, País: Editorial.

### Capítulo de un libro

Autor, A.A., y Autor, B.B. (Año de la publicación). Título del capítulo. En A.A. Editor y B.B. Editor (Eds.), Título del libro (páginas del capítulo). Ubicación: Editorial.

### Publicación seriada (Revista)

Autor, A.A., Autor, B.B., y Autor, C.C., (Año de la publicación, incluya el mes y día de la publicación para publicaciones diarias, semanales o mensuales). Título del artículo. *Título de la revista*, diario, semanario, *Volumen*, (Número), páginas.

### Leyes decretos resoluciones etc

Ley, decreto, resolución, etc, número (Año, incluya el mes y día de la publicación). Título de la ley, decreto, resolución, etc. Título de la publicación oficialmente. Ciudad, País.

## A CONTACTO

### DIRECCIÓN POSTAL:

Diag. 46a No 15b – 10. 4 piso. Bogotá-Colombia  
Universidad Católica de Colombia, Sede El Claustro. Centro de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura. CIFAR.  
Teléfonos: (057-1) 3277300 - 3277333 Ext. 3109 ó 5146

### CORREO ELECTRÓNICO:

revistadearquitectura@ucatolica.edu.co  
cifar@ucatolica.edu.co

### PÁGINA WEB:

www.ucatolica.edu.co  
<http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/arquitectura/pages.php/menu/319320363/id/2363/content/revista-de-arquitectura/>

## A CANJE

La Revista de Arquitectura, está interesada en establecer canje con publicaciones académicas, profesionales o científicas, del área de Arquitectura y Urbanismo.

Para establecer canje por favor diligenciar y enviar el formato: RevArq FP20 Canjes

## A PROCESO DE ARBITRAJE

## REVISTA DE ARQUITECTURA

Artículo que se encuentra en una revista publicada en internet

Autor, A.A. y Autor, B.B. (año – si se encuentra). Título del artículo. Título de la revista, volumen -si se encuentra, (número si se encuentra). Recuperado el día de mes de año, de URL.

**SIGLAS:** en el caso de emplear siglas en el texto, cuadros, gráficos y/o fotografías, se deben proporcionar las equivalencias completas de cada una de ellas en la primera vez que se empleen y encerrarlas entre corchetes [ ]. En el caso de citar personajes reconocidos se deben colocar nombres y/o apellidos completos, nunca emplear abreviaturas.

**GRÁFICOS:** las tablas, gráficos, figuras diagramas e ilustraciones y fotografías, deben contener el título o leyenda explicativa relacionada con el tema de investigación que no exceda las 15 palabras y la procedencia (autor y/o fuente, año, p.00). Se deben entregar en medio digital independiente del texto a una resolución mínima de 300 dpi (en cualquiera de los formatos descritos en la sección de fotografía), según la extensión del artículo, se debe incluir de 5 a 10 gráficos y su posición dentro del texto.

El autor es el responsable de adquirir los derechos y/o autorizaciones de reproducción a que haya lugar, para imágenes y/o gráficos tomados de otras fuentes.

**FOTOGRAFÍA:** pueden ser entregadas en original para ser digitalizadas, de lo contrario se deben digitalizar con una resolución igual o superior a 300 dpi para imágenes a color y 600 para escala de grises. Los formatos de las imágenes pueden ser TIFF, PSD o JPG.

**PLANIMETRÍA:** se debe entregar la planimetría original en medio digital en lo posible en formato CAD y sus respectivos archivos de plumas, de no ser posible se deben hacer impresiones en tamaño carta con las referencias de los espacios mediante numeración y una lista adjunta. Deben poseer escala gráfica, escala numérica, norte, coordenadas y localización. En lo posible no debe tener textos, achurados o tramas.

Para más detalles puede consultar el documento *RevArq Parámetros para Autores Descripción* en el portal web de la *Revista de Arquitectura*. ([www.ucatolica.edu.co](http://www.ucatolica.edu.co))

El Comité Editorial de la *Revista de Arquitectura* es la instancia que decide la aceptación de los artículos postulados, el editor y el Comité seleccionan y clasifican los artículos que cumplan con los requisitos establecidos:

- Afinidad temática y relevancia del tema.
- Respaldo investigativo.
- Cumplimiento de las normas para autores.

Después de esta preselección se asignan pares evaluadores especializados; del proceso se arbitraje (ciego o doble ciego) se emitirá alguno de estos conceptos que serán reportados al autor:

- Aceptar el artículo tal como fue entregado.
- Aceptar el artículo con algunas modificaciones: se podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación, para lo cual el autor puede o no aceptar las observaciones, de ser así cuenta con ocho días hábiles para realizar los ajustes pertinentes.
- Rechazar el artículo: en este caso se entregará al autor un comunicado, evidenciado la razón de la negación de publicación.

El Comité Editorial se reserva el derecho de aceptar o no la publicación del material recibido. También se reserva el derecho sugerir modificaciones de forma y de someterlo a de corrección de estilo.

Cuando un artículo es aceptado para su publicación, los derechos de reproducción y divulgación son de la Universidad Católica de Colombia, lo cual se hará mediante la firma de cesión de derechos. (RevArq FP03 Autorización reproducción artículo)

### NOTAS ACLARATORIAS:

Aunque la recepción del material se notificara de inmediato por medio correo electrónico, los procesos de evaluación, arbitraje, edición y publicación pueden tener un plazo máximo de doce meses.

El Editor de la *Revista de Arquitectura* es el encargado de establecer contacto entre los autores, árbitros, evaluadores y correctores, ya que estos procesos se realizan de manera anónima.

Aunque un artículo sea aceptado podrá quedar aplazado para ser publicado en una próxima edición.



**PÁG. 04** ● **VIVIENDA, MEDIOAMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL**  
DERECHOS COLECTIVOS FUNDAMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA EQUIDAD SOCIAL APORTES DE LA CONSTITUCIÓN DE 1991  
HOUSING, ENVIRONMENT AND TERRITORIAL DEVELOPMENT.  
FUNDAMENTAL COLLECTIVE RIGHTS FOR THE CONSTRUCTION OF THE SOCIAL JUSTICE. PROPOSAL TO THE CONSTITUTION OF 1991

**PÁG. 12** ● **ARQUITECTURA Y VIDA BARRIAL EN LA CIUDADELA COLSUBSIDIO**  
EL PROYECTO IMAGINADO Y EL PROYECTO HABITADO  
ARCHITECTURE AND NEIGHBORHOOD LIFE IN THE CITADEL COLSUBSIDIO  
PROJECT IMAGINED AND PROJECT INHABITED

**PÁG. 30** ● **LA RESTITUCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DEL BARRIO PRIMERO DE MAYO**  
PROPUESTA PARA LA RECUPERACIÓN DEL HÁBITAT Y LA SOSTENIBILIDAD URBANA  
RESTITUTION OF CULTURAL PATRIMONY IN BARRIO PRIMERO DE MAYO  
PROPOSAL FOR RECOVERY OF HABITAT AND URBAN SUSTAINABILITY

**PÁG. 41** ● **EL CASO DE LAS CIUDADES INTERMEDIAS PATRIMONIALES EN COLOMBIA**  
UNA VISIÓN A PARTIR DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS  
THE CASE OF THE PATRIMONIAL INTERMEDIATE CITIES IN COLOMBIA  
A VISION STARTING FROM THE POLICIES OF THE PUBLIC POLICY

**PÁG. 57** ● **CARTOGRAFÍA DE PASTO 1800-2006. CORPUS DOCUMENTAL**  
CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA  
MAPPING OF PASTO 1800-2006. DOCUMENTAL CORPUS  
CARTOGRAPHIC CHARACTERIZATION

**PÁG. 68** ● **LA CAPACIDAD COMUNICANTE DEL ESPACIO**  
THE COMMUNICATIVE CAPACITY OF SPACE

**PÁG. 74** ● **EL PROYECTO CLÁSICO EN ARQUITECTURA**  
APROXIMACIÓN A UNA ESTRATEGIA PROYECTUAL  
THE CLASSICAL PROJECT IN ARCHITECTURE  
APPROACH TO A PROJECTUAL STRATEGY

**PÁG. 83** ● **PANORAMA URBANO DE LOS EQUIPAMIENTOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EES) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**  
URBAN PANORAMA OF HIGH EDUCATION BUILDINGS (EES) IN THE CITY OF BOGOTÁ

**PÁG. 97** ● **OBRAS SUBTERRÁNEAS EN CONURBACIONES**  
SOLUCIONES DEBAJO DE LA SUPERFICIE PARA PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE  
UNDERGROUND WORKS IN CONURBATIONS  
SOLUTIONS UNDER THE SURFACE FOR PROBLEMS ON THE SURFACE

**PÁG. 108** ● **ESTRUCTURAS ADAPTABLES**  
ADAPTABLE STRUCTURES

**CULTURA Y ESPACIO URBANO**  
CULTURE AND URBAN SPACE

**PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO**  
ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT

**TECNOLOGÍA MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**  
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY

Universidad Católica de Colombia - Facultad de Arquitectura

Acreditación voluntaria de alta calidad otorgada al Programa de Arquitectura por el Ministerio de Educación Nacional. Resolución 5671 de septiembre 20 de 2006



Validación internacional del Programa de Arquitectura otorgada por el Royal Institute of British Architects, RIBA



Indexación de la Revista de Arquitectura por el Índice Bibliográfico Nacional (IBN-Publindex)

