

# INTRODUCCION

---

## I. ANTECEDENTES

**S**antafé de Bogotá está localizada en un ambiente sismotectónico que demuestra, desde el punto de vista geológico, actividad sísmica reciente aunque desde el punto de vista histórico no se tenga la percepción clara de dicha actividad, debido a la baja frecuencia relativa de eventos importantes. Esta aparente contradicción debe tomarse con extrema cautela dado que no es correcto suponer que como en los últimos años no ha ocurrido un sismo fuerte, así han de seguir las cosas. El sismo del 19 de enero de 1995, de magnitud 6.5 grados Richter que ocurrió a 120 Km al noreste de Santafé de Bogotá, tuvo una aceleración 7 veces más pequeña que el valor máximo probable esperado para el cual se deben diseñar los edificios en la ciudad; no obstante este evento causó 5 víctimas, 28 heridos, daños en 40 edificios, crisis en los sistemas de comunicaciones, 30 accidentes de tránsito y 2 incendios en la capital.

Las particularidades de la amenaza sísmica a la cual está expuesta la ciudad de Santafé de Bogotá se vienen tratando a nivel de especialistas desde finales de la década del 80. El terremoto que afectó a ciudad de México en 1985, cuyos daños se concentraron en una zona construida sobre depósitos de suelos blandos, de geometría y estratigrafía particular, fué un campanazo de alerta, ya que Santafé de Bogotá posee características similares a ésta.

Las autoridades distritales responsables del planeamiento físico de la ciudad, han tratado este tema desde finales de 1991 en el contexto de la elaboración de la reglamentación del Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá (Acuerdo 6 de 1990) y específicamente en el proceso de formulación del Plan de Gestión Ambiental - PGA. Resultado de lo anterior fué la inclusión en dicho Plan de la "Estrategia para la Prevención y Atención de Desastres por Riesgo Sísmico" que tiene como base la elaboración de los estudios necesarios para efectuar una microzonificación sísmica de la ciudad. El PGA fué aprobado por la Junta de Planeación Distrital en abril de 1992.

Por su parte, el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - INGEOMINAS y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, conscientes con anterioridad de las condiciones de amenaza sísmica que presenta la ciudad y con la experiencia adquirida por ambas entidades en la ejecución del proyecto de la evaluación de amenaza sísmica y microzonificación del territorio de la ciudad de Popayán, presentaron a la Administración Distrital, en octubre de 1992, una propuesta técnica y económica para la realización del "Estudio de la Respuesta Sísmica del Subsuelo de Santafé de Bogotá y de los efectos de un terremoto sobre la Ciudad". La presentación de dicha propuesta estuvo precedida de una reunión convocada en noviembre de 1991, para que los promotores del estudio ilustraran a funcionarios del Departamento Nacional de Planeación y la Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias - UPES (anteriormente llamada Oficina para la Prevención de Emergencias de Santafé de Bogotá - OPES), sobre su conveniencia, así como de una propuesta preliminar sobre dicho estudio dirigida al Alcalde Mayor de la Ciudad en diciembre del mismo año.

En septiembre de 1992, la UPES presentó al Concejo Distrital el Plan Integral de Prevención y Atención de Desastres de Santafé de Bogotá (PAD), en el cual incluye la ejecución del proyecto propuesto por INGEOMINAS y la Universidad de los Andes. Dicho Plan fue aprobado como parte integrante del Plan General de Desarrollo de la ciudad, mediante el Acuerdo 31 de 1992. Posteriormente, la UPES inicia gestiones ante la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DNPAD), el Departamento Administrativo de Planeación Distrital y la Secretaría de Obras Públicas para estructurar acuerdos interinstitucionales que permitieran la pronta ejecución del proyecto.

---

Finalmente, en Diciembre de 1993 se firmó un Convenio para el desarrollo del proyecto "Microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá", entre la Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias - UPES, como la entidad distrital responsable de la ejecución del Proyecto, la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres - DNPAD, como la entidad nacional cabeza del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química -INGEOMINAS, como la Institución directora de las actividades técnicas previstas. Como entidades ejecutoras participaron el INGEOMINAS y la Universidad de los Andes. La duración de dicho Convenio fué de 28 meses

El documento aquí presentado, se constituye en el resumen técnico de los resultados obtenidos en el Proyecto.

## II. JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Santafé de Bogotá, capital de la República de Colombia, cuenta con aproximadamente seis millones de habitantes. Es aquí donde se concentra gran parte de la economía del país ya que se encuentran la mayoría de industrias de producción y las principales instituciones gubernamentales.

Es importante resaltar que existe inmigración continua hacia la ciudad por diversas causas (violencia, mejoramiento del status de vida y nuevas oportunidades de progreso) trayendo como consecuencia asentamientos humanos en zonas no aptas para la urbanización. Lo anterior conlleva a la presencia de edificaciones que no cuentan con los mínimos requerimientos de construcción sismo-resistente, así como de instalaciones eléctricas y sanitarias adecuadas, generando problemas de alto impacto ambiental. El crecimiento y la concentración de la población, el desarrollo de tecnologías peligrosas sin mínimas normas de seguridad y el deterioro del medio ambiente han dado como resultado que cada vez que se presentan fenómenos naturales intensos tales como terremotos, deslizamientos e inundaciones se produzcan graves efectos sobre la población y daños a sus bienes y su infraestructura causando enormes pérdidas que en ocasiones pueden llegar a afectar en forma muy severa el desarrollo económico y social del país.

En consideración a lo anterior se realizó el estudio de los efectos de un terremoto sobre la ciudad y de la respuesta sísmica del subsuelo de la misma. Este estudio se basa en las siguientes circunstancias técnicas

- La zona Andina Colombiana es considerada a nivel global como altamente propensa a la actividad sísmica, por cuanto está afectada por un complejo sistema de fuerzas tectónicas derivadas de la interacción de tres placas principales: la placa de Nazca, que se desplaza de occidente a oriente con una velocidad de 60 a 80 mm/año, la placa Suramericana desplazándose en sentido aproximadamente contrario a la anterior con una velocidad promedio de 30 mm/año y la placa del Caribe con menores desplazamientos relativos regionales (Figura I.1). Como consecuencia de estos movimientos, en la zona se desarrollan varios sistemas de falla en los cuales se acumula y libera energía potencial con recurrencia variable.
- La ciudad de Santafé de Bogotá está localizada en las inmediaciones de un ambiente sismotectónico de reconocida actividad histórica, en el cual la Zona de Subducción del Pacífico, la falla de Romeral y el sistema de falla de Piedemonte Llanero (Falla de Guaicáramo o Frontal de la Cordillera Oriental), son las fuentes sismogénicas que mayor efecto potencial tienen sobre la Sabana de Bogotá. Lo anterior sin destacar la acción de otras fallas de carácter menos regional, como las fallas de Salinas, Bucaramanga y Bogotá, que presentan evidencias de actividad reciente
- Según los datos históricos en los últimos quinientos años la sismicidad de Bogotá y su área cercana ha sido importante. En la capital, tres sismos han causado destrucción parcial de la ciudad (1785, 1827 y 1917) cuyos epicentros han sido localizados en el Páramo de Chingaza (Cundinamarca), Tibaná (Huila) y Páramo de Sumapaz (Cundinamarca), respectivamente.

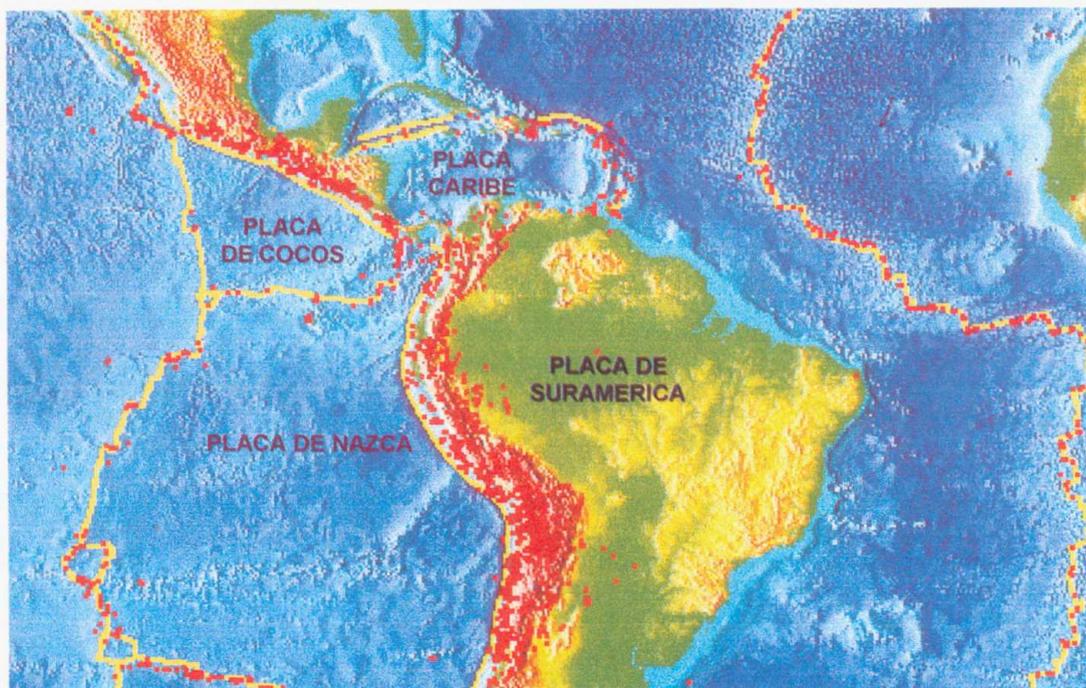


FIGURA I.1 LOCALIZACIÓN TECTÓNICA DE COLOMBIA

- En la actualidad, la ciudad se ha desarrollado hacia los terrenos de la Sabana, los cuales están conformados por suelos blandos de origen lacustre, que tienen propiedad de amplificar la respuesta del subsuelo cuando es afectado por un tren de ondas sísmicas, de tal manera que la intensidad de los daños que puede ocasionar un sismo a las construcciones localizadas en ellos puede ser considerablemente mayor a la que se registren en terrenos duros o rocosos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el nivel de agua se encuentra en algunas zonas a poca profundidad y la presencia de suelo saturado hace aún más complejo el comportamiento del suelo ante un evento sísmico.
- Gran parte de la extensión de la ciudad fué construida antes de la expedición del Decreto 1400 de junio de 1984 o Código de Construcciones Sismos Resistentes para Colombia. Además, si se tiene en cuenta que dicho Código no contempla especificaciones de respuesta local a las ondas sísmicas, como el caso de la amplificación de las ondas en suelos blandos o efectos topográficos, resulta necesario conocer el grado de vulnerabilidad de la ciudad ante la amenaza sísmica.

### III. OBJETIVOS Y MÉTODO DE TRABAJO

Los objetivos del proyecto se enmarcan en la política del PAD, que plantea la necesidad de estudiar y evaluar técnicamente las diferentes amenazas naturales, como requisito para implementar los correspondientes planes de mitigación y prevención.

#### Objetivos generales

- Realizar la microzonificación de la ciudad y sus áreas de futura expansión de acuerdo con la respuesta sísmica local del subsuelo, de tal manera que a partir de ella se puedan definir los parámetros específicos que debe cumplir el diseño estructural sismo resistente.
- Estudiar los efectos generales que el máximo sismo probable puede causar en Santafé de Bogotá y sus zonas de futura expansión.



### Objetivos específicos

- Revisar las características geológicas de la ciudad y de sus condiciones tectónicas e hidrogeológicas.
- Evaluar y revisar la amenaza sísmica a la cual está sometida la región y también de la posibilidad de actividad sísmica local.
- Caracterizar geofísica y geotécnicamente la cuenca sobre la cual está situada la ciudad.
- Evaluar la respuesta sísmica local de los suelos de la ciudad.
- Estimar los efectos potenciales sobre edificaciones vulnerables mediante la identificación y tipificación de áreas con construcciones de cierta homogeneidad.
- Estimar los efectos de un sismo sobre los sistemas matrices de abastecimiento de agua, eléctrico, teléfonos y gas.

El método de trabajo se dividió en cuatro grandes actividades: amenaza sísmica regional, respuesta sísmica local, vulnerabilidad y sistema de información georreferenciado (SIG). En la figura I.2 se presenta el diagrama de procesos seguido para la ejecución del proyecto. En forma general, la parte superior contempla las actividades realizadas para la evaluación de la amenaza sísmica regional y la parte inferior las actividades para el análisis de la amenaza sísmica local y la vulnerabilidad. El SIG se llevó a cabo paralelamente con el desarrollo del proyecto.

El proyecto se dividió en 17 estudios interrelacionados uno con otro. El nombre de cada estudio y su ejecutor principal se indican en la Tabla I.1



FIGURA I.2 PROCESO GENERAL PARA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ

No. DEL SUBPROYECTO	NOMBRE DEL ESTUDIO	ENTIDAD EJECUTORA
1-13	Dirección Técnica	INGEOMINAS
2	Estudios Geológicos	INGEOMINAS
3	Estudios Tectónicos y Neotécnicos	INGEOMINAS - UNIANDES
4	Estudios Hidrogeológicos	INGEOMINAS
5	Estudios Sismológicos	INGEOMINAS
6	Microtrepidaciones	UNIANDES - INGEOMINAS
7	Estudios Geofísicos	INGEOMINAS
8	Recopilación de Información Geotécnica	INGEOMINAS
9	Ejecución de Sondeos	PS.I Ltda.
10	Ensayos de Laboratorio y de campo -Zonificación Geotécnica.	UNIANDES
11	Microzonificación Sísmica	UNIANDES
14	Amenaza Sísmica Regional	UNIANDES
15-16	Vulnerabilidad Sísmica	UNIANDES
12-17	Informes y Edición Final	INGEOMINAS

TABLA I.1 NOMBRE DE LOS SUBPROYECTOS Y EJECUTOR PRINCIPAL DE CADA UNO DE ELLOS

#### IV. AGRADECIMIENTOS

Tal como se ha mencionado este estudio fué preparado por un grupo interdisciplinario de trabajo conformado por ingenieros, geólogos, físicos, sismólogos y geofísicos, entre otros. La dirección general de los trabajos la adelantó la Subdirección de Ingeniería Geoambiental del INGEOMINAS y las actividades se ejecutaron coordinadamente entre INGEOMINAS y el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes. La ejecución de las perforaciones fué contratada con la firma PS I Ltda

Se agradece, especialmente, la colaboración del personal de INGEOMINAS y de la Universidad de los Andes, quienes trabajaron incansablemente durante el desarrollo de este estudio.

Igualmente, se resalta la participación que ha tenido la Comisión Asesora de Riesgo Sísmico y Volcánico del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, la cual aportó valiosas ideas para la realización del Proyecto.

Se hace un especial agradecimiento al ing Alberto Sarria Molina, ex-decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, al ing Omar Darío Cardona Arboleda, ex-director de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, al ing Juan Manuel Martínez Rodríguez, ex-subdirector del área de Ingeniería Geoambiental del INGEOMINAS y al Comunicador Bernardo Grau Arias ex-director de la Unidad para la Prevención de Emergencias del Distrito (UPES, antigua OPES), por la preparación de las propuestas iniciales de trabajo, por sus gestiones ante la Nación y ante el Distrito en el inicio del Proyecto y por el apoyo dado durante la ejecución del mismo. Igualmente se reconocen los valiosos aportes del Ing. Alvaro Jaime González García como asesor técnico permanente del proyecto.

Finalmente, se agradece a la Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital (UPES), la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DNPAD) y a las directivas del INGEOMINAS, ya que este proyecto no se hubiera podido llevar a cabo sin el gran esfuerzo realizado por ellos