3. ESCENARIO DE DESASTRES

3.1 Sismo

1) Escenario de los Sismos

(1) Parámetros de las fallas

El Estudio tomó tres escenarios sísmicos como enfoque específico y realista, debido a las siguientes razones:

- Se toma en cuenta una distribución no uniforme de la aceleración en el lecho rocoso, debido a la gran extensión espacial del Área de Estudio.
- Tomar en cuenta el terremoto más probable, la falla con mayor actividad y mayor magnitud en el escenario de desastres.
- Aceleración base en de 0.2 g en el centro de Bogotá
- La distancia más cercana desde el centro de Bogotá a un segmento de ruptura de una falla es de 20 Km, de acuerdo con la Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá 1997 (MZSB97).

Por lo tanto, se seleccionaron dos fallas como escenario sísmico, además del evento de subducción, que no se especifica. Los criterios para la selección de las fallas, son los siguientes:

- Fallas clasificadas como de “Alta Actividad”.
- La falla con la mayor “Magnitud Máxima Probable”.
- La falla que cumple el requisito de distancia especificado en la MZSB97.

Con respecto a los parámetros de las fallas, se toma la magnitud de MZSB97, estimada según las características de la falla, tal como el tipo. La longitud de ruptura de falla se toma como el segmento de longitud indicado como la “Longitud con rango neo-tectónico” en MZSB97. A continuación se muestran los escenarios de sismos:

Tabla 26 Sismos Tomados en el Estudio

Case	Fault name	Type	Magnitude	Total fault length (km)	Fault rupture length (km)	Distance (km) *
1	La Cajita	Near	6.4	35	10	20
2	Guayuriba	Regional	7.0	60	29	60
3	Subduction	Subduction	8.3	--	--	400

* La distancia más cercana de INGEOMINAS
Fuente: Micro zonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá, INGEOMINAS 1997

Caso-1: Según lo listado en el Estudio previo existente, hay dos fallas activas (No. 6 y 7) dentro de un radio de 50 Km de Bogotá las cuales poseen parámetros similares, tales como magnitud probable, longitud y tasa de actividad. No obstante, la falla No.6 contiene segmentos con mayor actividad que la falla No.7; por lo tanto, se seleccionó la falla No.6 para ser estudiada dentro del escenario de terremotos.

Caso-2: Existen fallas con mayor magnitud probable que la falla No.27, la cual fue seleccionada para el escenario de terremotos en el presente estudio ya que las otras fallas presentan menores aceleraciones en el basamento rocoso, dadas sus mayores distancias.

(2) Distribución de la aceleración en el basamento rocoso

Usando la magnitud y la distancia a cada falla, se calcula la aceleración en el lecho rocoso, en el centro de cada micro zona.

A. Caso - 1: Falla de La Cajita

La Falla de La Cajita está localizada al sur de Soacha, de forma que la aceleración en el basamento rocoso es de hasta 0.5 g en la parte sur del Área de Estudio, debido a cercanía de la falla. En la parte sur del Área Metropolitana de Bogotá, la aceleración en el basamento rocoso varía de 0.2 g a 0.3 g.

B. Caso - 2: Falla Guayuriba

En la mayor parte del Área del Estudio, la aceleración en el basamento rocoso está dentro de un rango de 0.1 g a 0.2 g. En la parte nororiental del Área de Estudio, la aceleración del basamento es menor de 0.1 g, debido a los efectos de atenuación.

C. Caso - 3: Subducción

La aceleración en el basamento es la misma para toda el Área del Estudio, debido a la distancia de 400 Km desde el epicentro.

(3) Geología de la superficie

Con base en la interpretación de fotografías aéreas y visitas de campo para verificar el mapa geológico existente, se preparó un mapa de zonificación geológica (Escala: 1/50,000), para el Área del Estudio, como la base del mapa de zonificación geotécnica del Estudio.

El mapa de zonificación geotécnica (1/50,000) se preparó con base en los datos de sondeos recogidos, el mapa topográfico y el mapa de zonificación geológica.

En la Tabla a continuación se describe la clasificación geológica definida en el Estudio:

Tabla 27 Clasificación Geotécnica Definida en el Estudio

Zone	Zone in MZSB97	Name	Characteristics
1	1	Sedimentary rock predominantly sandy	Sandstone of Guadalupe group, sandstone formation of Regadera, Cachi formation
2	1	Sedimentary rock predominantly clayey	Chipaque, Guaduas and Bogota formation
3	2	Residual soil	Product of meteorization from parental material
4	2	Piedmont soil	Deposit of slope or pending (located preferencially in the base of the hills in the form of cone or fan) Slopes, coluvions, and fluviogracial deposit.
5	5, 5A	Terrace and cone	Preconsolidated clay with intercalation of sandy soils. It can contain layers of peat of thickness less than 4m in the depth deeper than 30m.
6	3	Lake deposit A	Soft clay of high compressibility with thickness more than 50m.
7	4	Lake deposit B	Soft clay of higher compressibility, with thickness from 200m to 400m or more.
8	--	Riverbed and wetland	Clayey deposit of lacustrine origin or of alluvial type innundation. In this zone also exist the body of water such as river, quebrada, wet zone, old lakes and innudation zone.
--	--	Garbage fill	Filled by garbage
--	--	Excavation	Filled excavation

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El movimiento en la superficie del terreno es calculado utilizando tres tipos de ondas por escenario de desastre para tres niveles diferentes de entrada (0.05g, 0.10g, 0.20g) y la aceleración pico del terreno es calculada mediante la multiplicación de la aceleración en el basamento rocoso por un factor promedio de amplificación, definido por la clasificación geotécnica, como se muestra a continuación:

Tabla 28 Factores de Amplificación Promedio por Zona Geotécnica

Geotechnical Zone	Name	Scenario earthquake and base acceleration level								
		Case-1			Case-2			Case-3		
		0.05g	0.10g	0.20g	0.05g	0.10g	0.20g	0.05g	0.10g	0.20g
1	Sedimentary rocks	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	Residual, piedmont	2.60	2.38	2.12	2.49	2.40	2.25	2.42	2.37	2.29
3	Lake deposit A	1.69	1.27	0.81	3.17	2.69	2.05	3.28	2.84	2.26
4	Lake deposit B	1.32	0.99	0.66	2.54	2.18	1.67	2.84	2.46	2.00
5	Terrace and cone	2.05	1.73	1.34	2.71	2.58	2.27	2.85	2.58	2.32
6	Riverbed and wetland	1.33	1.01	0.62	1.81	1.67	1.44	2.26	1.89	1.45

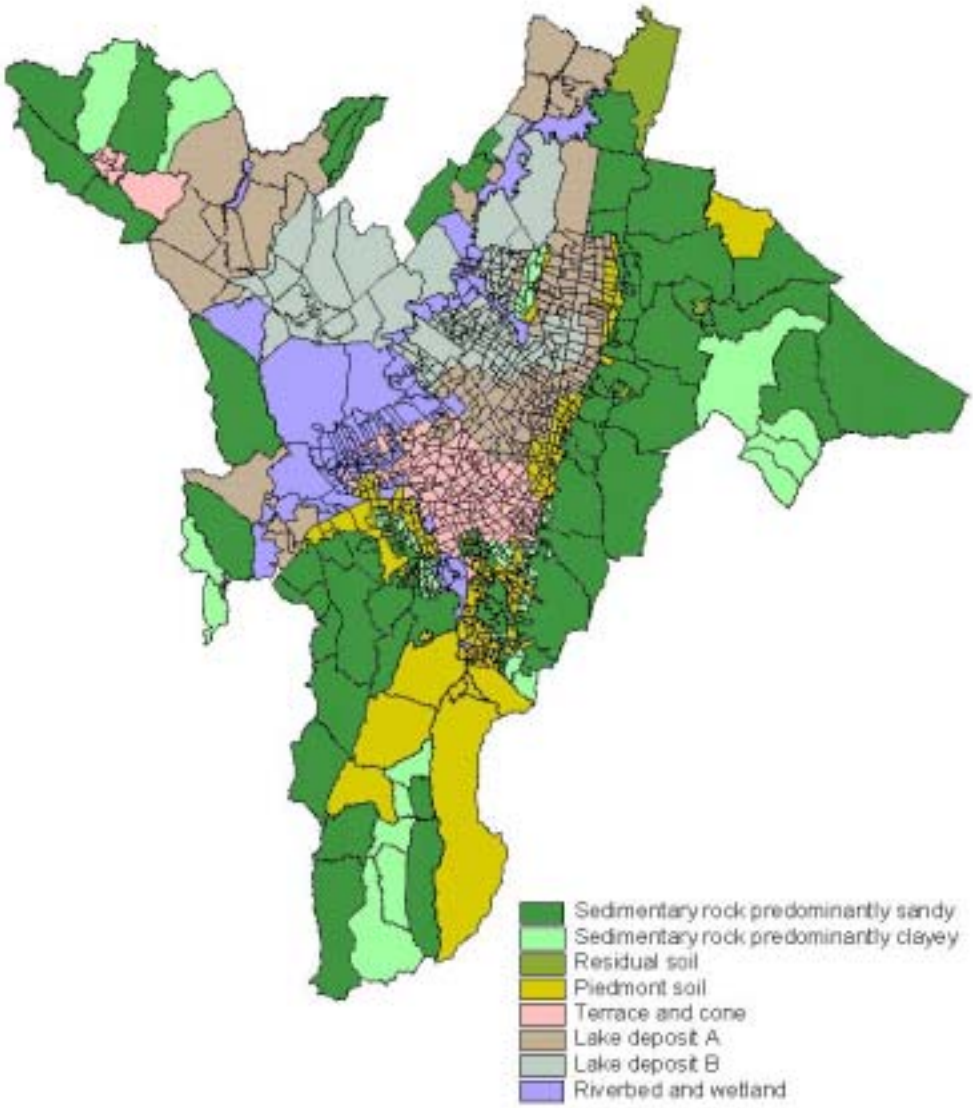


Figura 5 Clasificación Geotécnica por Microzona

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(4) Aceleración pico del suelo e intensidad sísmica

	Peak Ground Acceleration (g)	Seismic Intensity (MMI)
Case-1: La Cajita Fault	0.1- 1.0	VII- X
Case-2: Guayuriba Fault	0.1- 0.5	V- IX
Case-3: Subduction	0.1- 0.2	V- VII

Nota: MMI=(Log(PGA)-0.014)/0.3

Las Intensidades Sísmicas son mostradas en la Figura 6.

A. Caso - 1: Falla de La Cajita

En la parte sur del Área del Estudio, cercana a la falla, la MMI (Intensidad Mercalli Modificada) varía de IX a X. Mientras que en la mayor parte del Área del Estudio la MMI es VII, en algunas zonas distantes de la falla la MMI es VIII, debido a la amplificación que producen las condiciones del sitio.

B. Caso - 2: Falla Guayuriba

En la mayor parte del Área del Estudio, gran parte de Bogotá y la parte Noroccidental del Área del Estudio, la MMI es VIII. Para el resto del área, la MMI es VII, con excepción del extremo nororiental del Área del Estudio, que tiene una MMI de V, y una micro zona en el borde Suroriental que muestra una MMI de IX.

C. Caso - 3: Subducción

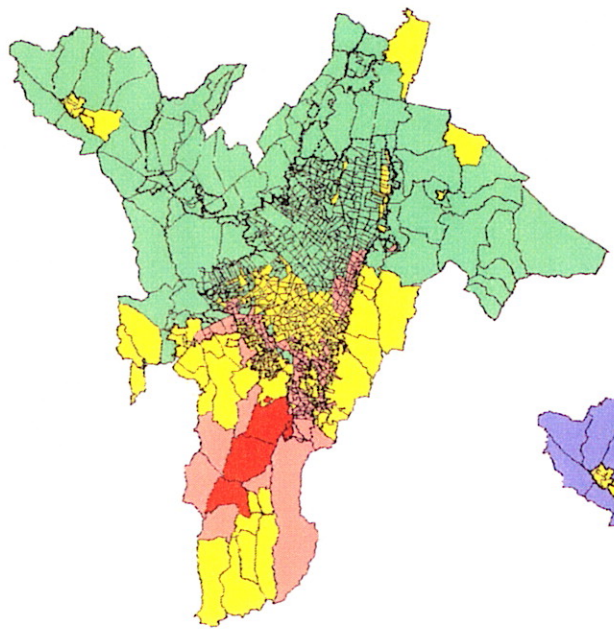
Las microzonas con MMI de VII aparecen en el centro de Bogotá y en la parte Noroccidental del Área del Estudio, debido a la amplificación producida por el profundo depósito lacustre. La MMI del área montañosa en los suburbios del Área del Estudio, permanece en V.

(5) Área de licuación

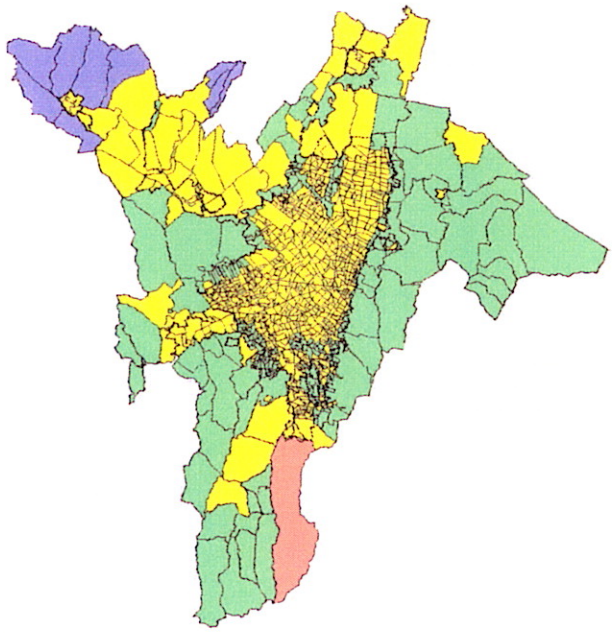
En general, la licuación ocurre donde existe arena fina suelta y un nivel freático alto, junto con un movimiento intenso del suelo; se sabe que la licuación se repite en el mismo sitio con diferentes sismos.

El área con potencial de licuación se mencionó en un estudio previo con base en la descripción que aparece en los registros históricos. Los depósitos del Río Tunjuelito contienen arena fina, mientras que los depósitos del Río Bogotá están compuestos principalmente de materiales arcillosos, que tienen menos posibilidad de licuación.

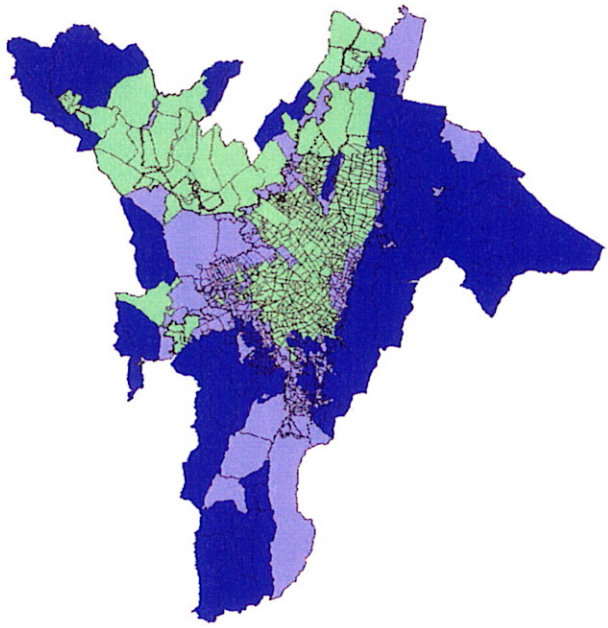
En el Estudio se han recogido nuevos datos de los sondeos en Bogotá, y se han usado para revisar el área con potencial de licuación, desde el punto de vista geotécnico. La posibilidad de licuación se evaluó así:



Falla de La Cajita



Falla Guayuriba



Subducción

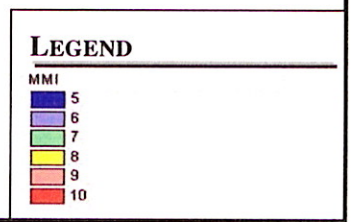


Figura 6	Intensidad Modificada de Mercalli (IMM)

Tabla 29 Criterios de la Evaluación de Licuación, Usados en este Estudio

Seismic Intensity (MMI)	Area		
	Liquefiable area defined by boring data	Zone 5	Others
Less than VII	None	None	None
VII	Possible	Possible	None
VIII or more	Probable	Possible	None

Source: JICA Study Team

Sin embargo, no es posible hacer una evaluación detallada del área de licuación, debido a la insuficiencia de datos tales como el tamaño del grano del suelo, los valores N de las pruebas de penetración estándar y el nivel freático. Por lo tanto, se empleó un método aproximativo de evaluación, usando la información existente.

En la siguiente figura se muestra el área identificada con potencial de licuación.

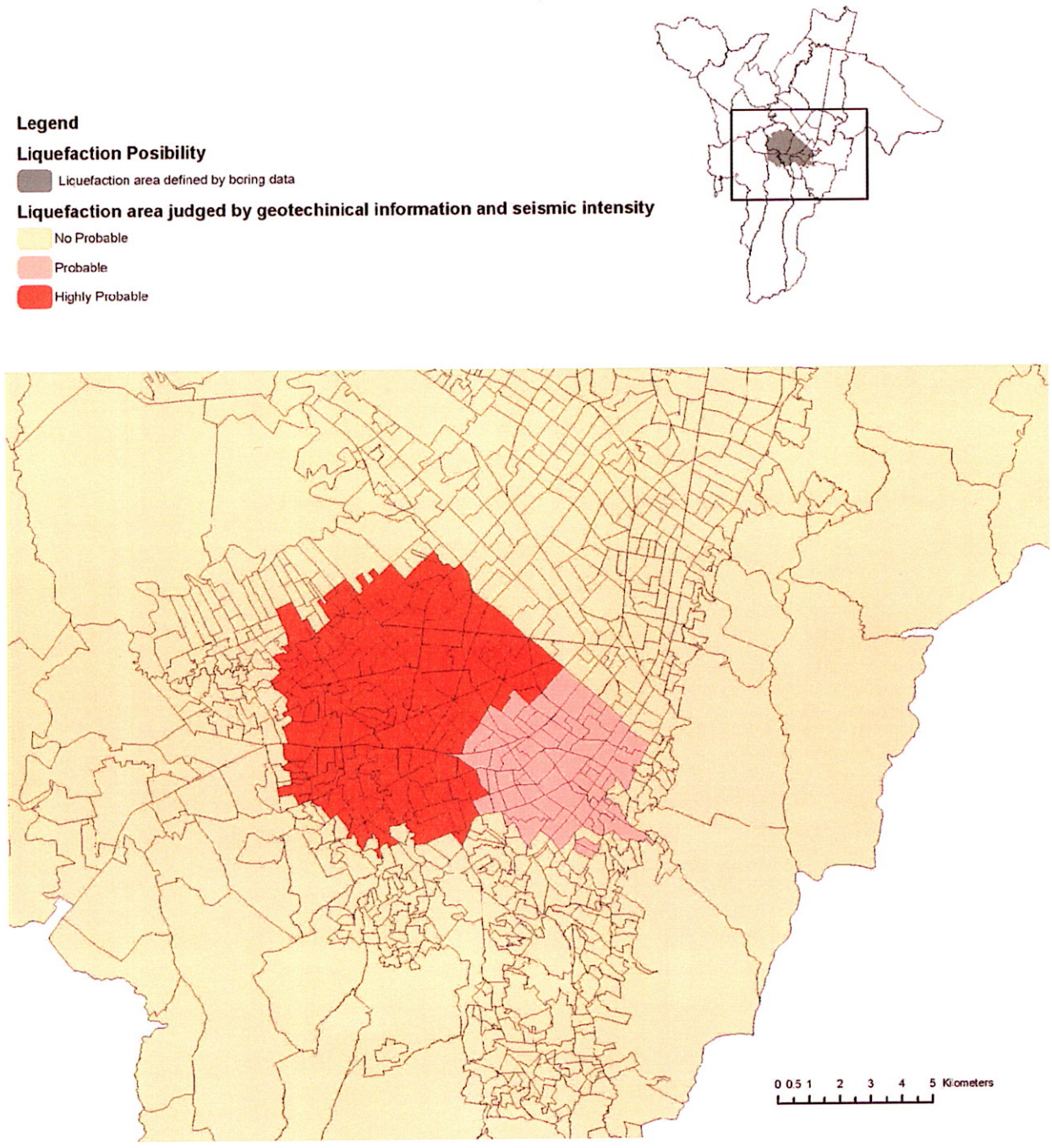


Figura 7 Área Potencial de Licuación