

**CONCEPTO TÉCNICO N° 4314****1. GENERALIDADES**

<b>ENTIDAD SOLICITANTE:</b>	D.A.P.D.
<b>LOCALIDAD:</b>	SAN CRISTÓBAL
<b>BARRIO:</b>	TRIÁNGULO ALTO
<b>UPZ:</b>	32 – San Blas
<b>ÁREA (Ha):</b>	1.68
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	04 de mayo de 2006
<b>TIPO DE RIESGO:</b>	Por remoción en masa.
<b>VIGENCIA:</b>	Temporal, mientras no se modifiquen significativamente las condiciones físicas del sector o se realicen obras de mitigación.

Este documento está dirigido al DAPD para el Programa de Legalización de Barrios como un instrumento para la reglamentación del mismo y como tal, busca establecer restricciones y/o condicionamientos para la ocupación del suelo y recomendaciones para el uso de las zonas de alta amenaza. Debe tomarse como una herramienta para la planificación del territorio y toma de decisiones sobre el uso del suelo.

Para la elaboración del concepto se empleó la base del barrio **Triángulo Alto** suministrada por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital – DAPD, según la cual el desarrollo cuenta con 136 predios y 4 zonas verdes.

**2. LOCALIZACIÓN Y LÍMITES**

El área del desarrollo **Triángulo Alto** se encuentra ubicada al suroriente del Distrito Capital; al barrio se ingresa por la avenida de los Cerros (antigua vía al llano) a la altura de la Calle 15 A Sur. El desarrollo se ubica entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá (Figura 1):

Norte:	99115	a	99360
Este:	100080	a	100230
Altitud:	2547	a	2620

El barrio **Triángulo Alto** limita al norte con el desarrollo El Triángulo, al oriente con el desarrollo El Manantial, al sur con el desarrollo Corinto y al occidente lo cierra la divisoria de aguas.

Del plano entregado por el DAPD, es importante registrar que tiene algunas diferencias con lo que es la conformación real del desarrollo, pero sobre todo llama la atención las cotas de las que se puede asegurar que no corresponden con la topografía encontrada en el terreno.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

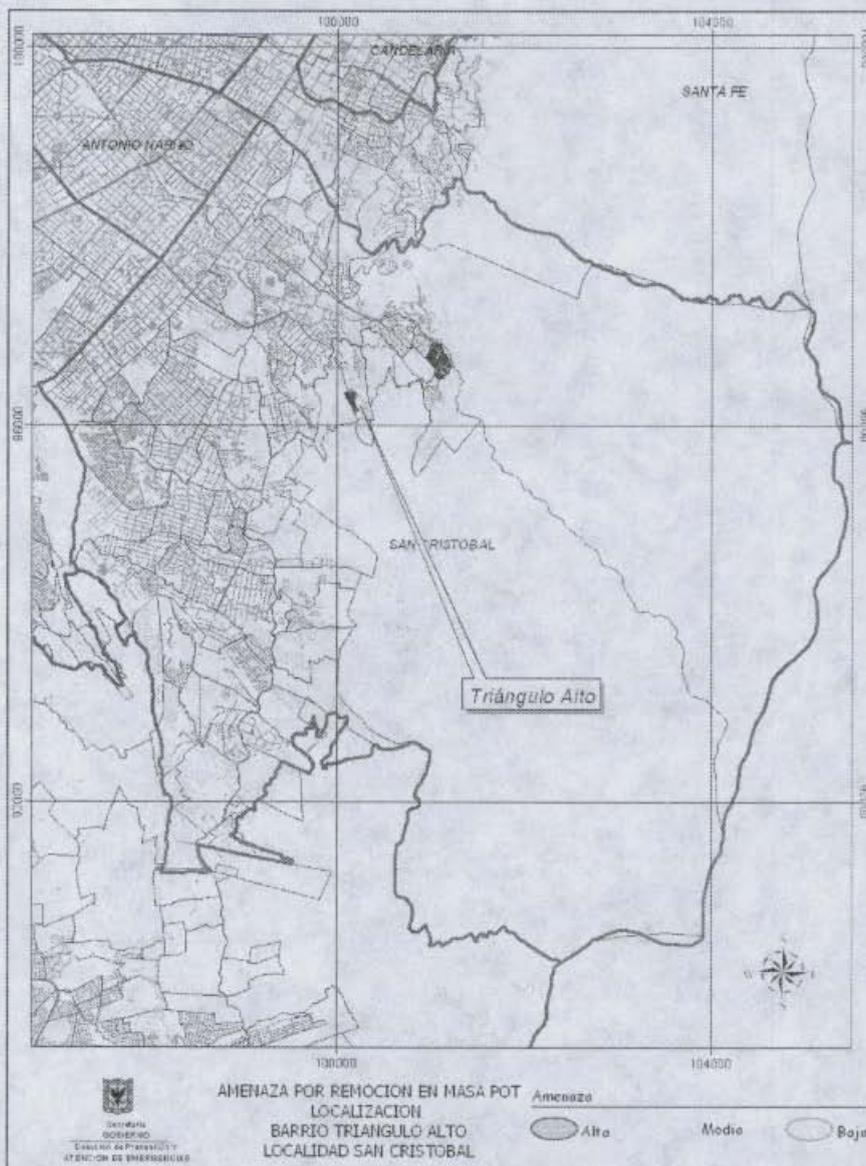


Figura 1. Localización general del barrio Triángulo Alto y zonificación de amenaza por FRM, según Mapa Normativo N° 3 del POT



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

### 3. ANTECEDENTES

Como fuente directa de consulta se han empleado los documentos correspondientes a los siguientes estudios realizados para el FOPAE:

- Estudio Geológico y geotécnico de algunos sitios críticos en los barrios Gran Colombia, El Triángulo, Corinto y Ramajal, realizado por la firma IFCAYA LTDA., Abril de 1988.
- Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno Para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C., a través de la firma Ingeocim Ltda., 1998.
- Estudios y diseños de estabilidad geotécnica, control de erosión y manejo de aguas para la estabilización de taludes. Grupo 2 (Localidad de Santa Fe) y Grupo 4 (Localidad de San Cristóbal y Usme) - Sitio "Corinto"; Informe de diagnóstico realizado por Ingeocim Ltda., Abril de 1998.
- Estudio de zonificación de riesgos por remoción en masa en los barrios El Triángulo, Triángulo Alto y Corinto de la localidad de San Cristóbal, realizado por la firma Hidrogeología y Geotecnia Ambiental Ltda., Abril de 2000.
- Contratos de geofrenciación de predios reubicados realizados por Geos E.U. (1999) y Wilches, G (2000).

Según el estudio de Ingeocim Ltda., en el barrio Triángulo Alto se presentan laderas de pendientes fuertes, constituidas por materiales residuales y coluviales, y modeladas por procesos de inestabilidad y por una alta influencia antrópica.

El estudio de IFCAYA LTDA. recomendaba desde 1988, y de manera general la construcción de redes de acueducto y alcantarillado, el manejo técnico de cortes y rellenos en la construcción de viviendas, la construcción de escaleras a lo largo de las vías más pendientes y la revegetalización de taludes.

El estudio efectuado por HGA Ltda., determinó que el área correspondiente con el desarrollo Triángulo Alto, corresponde con una zona de amenaza media y alta por remoción en masa, por la diversidad de los procesos, la influencia antrópica destructiva, y condiciones geológicas particulares del sector que definen una alta susceptibilidad a fenómenos de inestabilidad y erosión. Con respecto a la vulnerabilidad el mismo estudio determinó un nivel alto de vulnerabilidad, por la alta exposición y la tipología de viviendas, en su mayoría de recuperación (resistencia baja). Ante estas condiciones dicho estudio recomendó un plan de acción destinado a la reducción de los niveles de riesgo, de acuerdo con tres componentes: el manejo del agua de escorrentía y la subsuperficial, las estructuras de contención y la reubicación; estas acciones se han adelantado parcialmente en el sector, mediante la construcción de un muro de contención en gaviones en la parte baja del desarrollo y la incorporación de varios predios al Programa de Reasentamiento de Familias en Zonas de Alto Riesgo.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Adicionalmente la DPAE ha atendido históricamente diferentes solicitudes de la comunidad y situaciones de emergencias en el barrio Triángulo Alto y sus alrededores, lo cual ha implicado la movilización de recursos por parte del FOPAE y la elaboración de los informes técnicos de soporte que se relacionan a continuación en la Tabla N° 1

**Tabla N° 1. Relación de antecedentes elaborados por la DPAE para el barrio Triángulo Alto**

INFORME	FECHA	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES
CT-3121	01-10-1998	Incluyó en reasentamiento una vivienda en el barrio Triángulo Alto y una en el barrio Manantial
CT-3747	20-06-2002	Con base en el estudio de HGA, se incluyen en reasentamiento 12 familias de El Triángulo, 19 familias de Triángulo Alto y 69 familias de Corinto
RO-09307	02-04-2003	Carrera 13 Este N° 14 - 24 sur (Manzana A1: lote 12), recomienda Implementar drenes en tubos de PVC (lloraderos) en el muro de cimentación y contención del predio vecino por el costado sur y la construcción de una cañuela en la pata del muro mencionado para que lleve el agua evacuada por los lloraderos al sifón que se encuentra en este sector de la vivienda. Efectuar una limpieza y sellado de grietas con un lechada de cemento; para posteriormente recalzar con mortero todo el piso de la vivienda.
RO-09328	05-2003	Carrera 16 C Este N° 21-36 Sur (Lote 10 de la Manzana 20), se localiza en una zona de amenaza baja y riesgo bajo por FRM.
RO-09462	12-05-2003	Carrera 13 Este N° 14-24 Sur Interior 8 (Manzana 1: lotes 19 y 20), daños en viviendas debidos a deficiencias estructurales y de cimentación de la construcción.
RO-09912	21-08-2003	Se ratifica el RO-09328
RO-11098	20-05-2004	Carrera 16A N° 21-56 Sur, se recomienda implementar medidas de protección y estabilización de los taludes
RO-11415	30-06-2004	Se ratifica el CT-3747 con respecto al predio en alto riesgo no mitigable localizado en la Carrera 13 Este N° 14A-24 Sur (Manzana 20, lote 9), por lo tanto el predio se incluyó por la DPAE en el programa de reasentamiento con prioridad 2.
RO-11982	03-09-2004	Carrera 13 Este N° 14-24 Sur Interior 84, en la ladera no se observan evidencias de inestabilidad por procesos de remoción en masa, se recomienda mejorar la calidad de la vivienda
RO-13688	07-03-2005	Carrera 13 Este N° 14-24 Sur Interior 79 (Manzana 10 Lote 23) y Carrera 13 Este N° 21-47 (Manzana 10 Lote 22), se encuentran en amenaza media a baja y riesgo medio por FRM.
RO-15531	17-08-2005	Carrera 13 Este N° 14-24 Sur Interior 13 (Manzana Z8: Lote 11); predio incluido en reasentamiento mediante el CT N° 3747 de Junio de 2002, con prioridad 2 la cual se ratifica, en la vivienda no se observaron daños que comprometan la habitabilidad de la vivienda.
DI-2332	19-02-2005	Identifica un deslizamiento en el barrio El Manantial por debajo de la vía que separa a éste con el barrio Triángulo Alto, recomienda la reubicación de dos predios en el barrio El Manantial.
DI-2537	22-11-2005	Recomienda reubicar 8 viviendas del barrio El Manantial de zona adyacente al barrio Triángulo Alto.
	14-12-2005	Recomienda reubicar 3 viviendas del barrio Triangulo Alto correspondientes con los predios 5, 6 y (20,21,22), de la manzana 9, debido a la ocurrencia de un deslizamiento en el barrio Manantial que afecto parte de la manzana 9 del barrio Triángulo Alto.



## ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

## DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Particularmente, el Concepto Técnico CT-3747 del 20 de Junio de 2002, se fundamenta en las recomendaciones del estudio de HGA Ltda., para definir la reubicación definitiva de 19 predios en el desarrollo Triángulo Alto, en aras de plantear un plan integral de reordenamiento urbano donde las zonas de alto riesgo se destinen exclusivamente a recreación pasiva.

En la Tabla N° 2 se presenta la relación de predios reubicados en el marco del Concepto Técnico CT-3747, así como en los otros informes citados anteriormente (Tabla N° 1); la referenciación de los predios en todos esos documentos está definida de acuerdo con la base topográfica y predial levantada por HGA Ltda., (abril de 2000); adicionalmente en la Tabla N° 2 se presenta la correspondencia entre la nomenclatura de HGA Ltda., y la del DAPD, utilizada para referenciar los predios en el presente concepto.

**Tabla N° 2. Relación de predios declarados hasta la fecha, en riesgo alto no mitigable por remoción en masa, en el barrio Triángulo Alto de la localidad de San Cristóbal.**

DAPD		HGA Ltda.		Dirección	Informe de Soporte
Mz	Lote	Mz	Lote		
20	9	8	9	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
20	12	8	19	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 53	CT-3747
20	11	8	21	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 51	CT-3747
Z8	1	9	4	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int.4	CT-3747
Z8	1	9	5	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int.5	CT-3747
Z8	2	9	6	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
Z8	3	9	7	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int.6	CT-3747
Z8	4	9	8	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 8	CT-3747
Z8	9	9	11	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 43	CT-3747
Z8	10	9	12	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 15	CT-3747
Z8	11	9	13	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 13	CT-3747
Z8	12	9	14	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
Z8	14	9	16	Cra 13 Este No. 14-24 Sur Int. 18	CT-3747
Z8	15	9	17	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
Z8	17	9	18	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
Z8	19	9	19	Cra 13 Este No. 14-24 Sur	CT-3747
Z8	19	9	20	Cra 20 No. 20-21	CT-3747 / DI-2588
Z8	19	9	21	Cra 20 No. 20-21	CT-3747 / DI-2588
Z8	20	9	22		DI-2588
Z8	21	9	23	Cra 20 No. 20-21	CT-3747
Zona Verde 1		9	24		Predios incorporados al programa de reasentamiento por la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias – UPES y fueron georeferenciados mediante el contrato entre ésta y Geos E.U (1999).
Zona Verde 1		9	25		
Zona Verde 1		9	26		



#### 4. PARÁMETROS VERIFICADOS

##### 4.1 MARCO FÍSICO DEL SECTOR

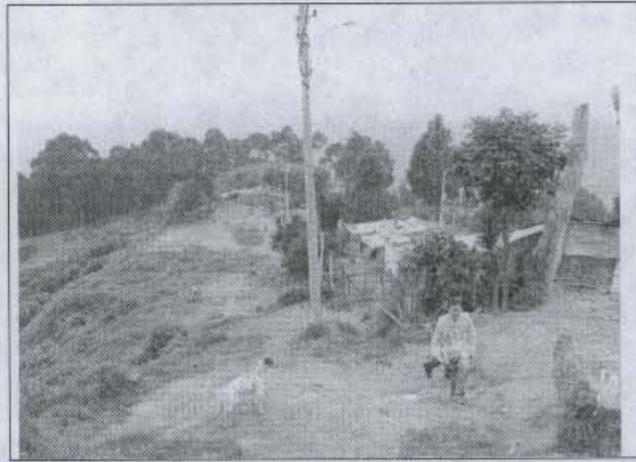
El barrio Triángulo Alto es un desarrollo consolidado, fundado sobre una ladera de pendiente predominantemente alta que hace parte de la vertiente occidental de la quebrada El Triángulo (pendientes superiores al 50% en más de un 80% del área) (Fotografía 1). El barrio está delimitado hacia aguas arriba de la quebrada El Triángulo, por una cima ondulada que define la divisoria de aguas entre dicha quebrada y la quebrada San Blas (Fotografía 2).

El barrio cuenta con laderas desprovistas de vegetación o de cobertura que protejan de la erosión al terreno natural; en gran parte del área, el desarrollo Triángulo Alto dispone de vías perimetrales en afirmado y senderos peatonales muy deteriorados por la acción del agua de escorrentía y de vertimientos.

El desarrollo Triángulo Alto se enmarca dentro de una estructura desordenada, donde los predios están dispuestos siguiendo la pendiente de la ladera sin ningún criterio de planeamiento urbanístico. Los índices de ocupación son altos presentando una alta densidad de construcción y una cobertura deficiente de los servicios públicos básicos.



Fotografía 1. Panorámica del desarrollo Triángulo Alto localizado sobre una ladera de pendiente media y alta sobre rocas de la Formación Bogotá, en la vertiente occidental de la quebrada El Triángulo



Fotografía 2. Cima ondulada de suelos residuales que define la divisoria de aguas occidental de la quebrada El Triángulo y el límite occidental del desarrollo Triángulo Alto.

#### 4.2 ESTRATIGRAFÍA

Según el estudio de HGA Ltda. (2000), y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, el desarrollo Triangulo Alto se encuentra emplazado sobre una ladera en contrapendiente estructural, enmarcada en el flanco oriental del Sinclinal de Usme, una estructura con rumbo aproximado Norte – Sur, que afecta rocas de edad Cretácico y Terciario.

En el área de estudio se presentan las rocas de la Formación Bogotá, de edad Terciario, cubiertas parcialmente por depósitos de ladera recientes de origen coluvial de edad Cuaternario, y por depósitos de escombros, conformados por materiales de excavación y materiales de construcción acumulados anti-técnicamente, en las laderas aledañas a las vías existentes y en puntos dispersos sobre la zona urbanizada.

La Formación Bogota, en el sector del desarrollo, se presenta como un conjunto de arcillolitas abigarradas (colores variados y contrastantes), con intercalaciones de areniscas arcillosas en capas de 1 a 20 metros de espesor (Fotografía 3).



**Fotografía 3. Escarpe en contrapendiente estructural, conformado por arcillolitas y limolitas de la Formación Bogota, en la parte alta del desarrollo Triángulo Alto.**

Los depósitos de ladera aparecen dispersos irregularmente sobre la ladera coluvial; están conformados por bloques grandes y fragmentos angulares de arenitas embebidos en una matriz limo-arcillosa; estos depósitos configuran la superficie marginal del terreno, son materiales regularmente consolidados y con espesor que alcanza hasta tres metros; en general presentan una resistencia moderada a la erosión.

### 4.3 GEOMORFOLOGÍA

Según el estudio de HGA Ltda. (2000), y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, en el área del desarrollo Triángulo Alto se encuentran geoformas escarpadas, correspondientes con los taludes de rocas resistentes (areniscas) y zonas de cantera, acompañadas por geoformas moderadamente inclinadas sobre las laderas de rocas arcillosas y depósitos recientes de origen coluvial y geoformas semiplanas a planas en algunas zonas cercanas a la quebrada El Triángulo.

Las unidades geomorfológicas presentes tal como se describen a continuación, son el producto de la compleja evolución tectónica del Terciario, los procesos de erosión y acumulación, los fenómenos de remoción en masa y la intervención antrópica (explotación de materiales rocosos, taludes de corte y conformación de rellenos).

- **Unidad Ladera de Suelo Residual (LSR);** morfológicamente se caracteriza por una zona de pendiente suave a moderadamente inclinada, constituida por suelo residual de la Formación Bogotá, que suprayace una alternancia de arcillolitas y areniscas arcillosas, intensamente fracturadas y meteorizadas. En el área del desarrollo Triángulo Alto esta unidad se presenta en el sector occidental, donde actualmente no se evidencian procesos activos de inestabilidad (Fotografía 2).



- **Ladera Cóncava de Suelo Residual (LCSR);** Unidad de morfología suave a moderadamente inclinada; tiene una longitud promedio de 110 metros en la parte más estrecha y 140 metros en el sector más amplio. Esta unidad está conformada por suelo residual de carácter arcillo-arenoso, donde se aprecian procesos incipientes de remoción en masa causados por excavación y rellenos inadecuados para la reconformación del terreno durante la construcción de las viviendas.
- **Ladera Estructural de Roca (LER);** Esta unidad se caracteriza por una topografía con pendiente fuertemente inclinada, localizada en el costado oriental del desarrollo Triángulo Alto, donde está conformada por una secuencia de areniscas arcillosas, laminadas, de color amarillo a morado, grano fino, friables y meteorizadas. Estas laderas estructurales en roca se caracterizan por la presencia de caída de bloques de los niveles de areniscas con alto grado de fracturamiento y un avanzado deterioro de los taludes; los bloques movilizados son principalmente de tamaño mediano a grande. Los procesos existentes están bastante desarrollados y consisten en surcos que cumplen la función de drenaje.
- **Unidad Ladera Coluvial Reciente (LC1);** Unidad caracterizada por pendientes moderadamente inclinadas, constituida por materiales heterogéneos de tamaño variado (gravas y cantos). En esta unidad aparecen procesos de reptamiento y deslizamientos traslacionales a lo largo del contacto roca-coluvión, producto de la acción del agua (infiltración y lluvias) y la acción de las excavaciones y rellenos. La acción denudativa más clara, la ejerce la escorrentía superficial proveniente de las viviendas aledañas a esta unidad.
- **Unidad Ladera Coluvial Intermedia (LC2);** Esta unidad se presenta en el extremo más bajo (norte) del desarrollo Triángulo Alto, donde presenta una morfología de pendientes moderadas a fuertemente inclinadas. El proceso morfodinámico más relevante es el reptamiento y los principales agentes modeladores son la infiltración subsuperficial de aguas lluvias y la escorrentía superficial.
- **Ladera de Flujo de Suelos (LFL);** Zona de intensa actividad morfodinámica que se ha desarrollado sobre la ladera coluvial en el extremo oriental del desarrollo y se extiende abarcando sectores de los barrios Corinto y Manantial. Esta unidad se presenta con planos rugosos e irregulares, con lóbulos frontales escarpados, de pendiente suave a moderadamente inclinada; cubriendo una longitud de 300 metros. Esta unidad se encuentra constituida por cantos y gravas subangulares embebidos en una matriz arcillo arenosa de color gris amarillento, con un alto nivel de humedad, y disposición caótica.



#### 4.4 PROCESOS MORFODINÁMICOS

De acuerdo con lo anterior en el desarrollo Triángulo Alto se presentan procesos de inestabilidad menores relacionados a procesos de corte y rellenos inadecuados en las zonas de ladera de suelo residual y laderas coluviales.

Adicionalmente se presentan algunos fenómenos locales de reptamiento en las zonas verdes dentro de las laderas coluviales y un proceso de reptamiento de mayor longitud en el borde inferior (norte del desarrollo), también desarrollado sobre una ladera coluvial.

El principal fenómeno de inestabilidad en la zona del desarrollo Triángulo Alto, se presenta en el borde oriental del desarrollo y de acuerdo con los antecedentes revisados y con las observaciones de campo, se trata de un proceso complejo, que incluye zonas con reptación acelerada y flujo de tierras, así como una componente traslacional en el mecanismo de falla (Fotografía 4).



Fotografía 4. Proceso de inestabilidad complejo, afectando el borde oriental del desarrollo Triángulo Alto y el borde occidental del desarrollo Manantial.

#### 4.5 FACTOR ANTRÓPICO

La actual conformación del barrio Triángulo Alto tiene una alta influencia de la actividad antrópica, desarrollada mediante la práctica selectiva de cortes y rellenos para la construcción de viviendas; la cobertura de servicios públicos es deficiente, particularmente en cuanto a redes de alcantarillado sanitario y pluvial, por lo que la descarga de las aguas residuales y la acción del agua de escorrentía, afectan directamente el terreno natural; este grado de intervención ha deteriorado de manera significativa las condiciones de estabilidad geotécnica del sector, lo que se evidencia por la presencia de procesos de inestabilidad activos o potenciales.



#### 4.6 HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA

La quebrada o zanjón El Triángulo es un cauce de carácter permanente que drena un área superior a 30 Ha con una longitud de 1.3 kilómetros, recorriendo los barrios de Corinto, El Manantial, Triángulo Alto y El Triángulo.

La quebrada El Triángulo corresponde a una superficie libre de origen natural, en la que sus orillas se han convertido en lugar para la disposición de basuras; este cauce recoge las aguas superficiales (pluviales y domésticas) provenientes de la ladera y las conduce hasta el río San Cristóbal. Su régimen es torrencial.

Esta subcuenca presenta un alto grado de deterioro ambiental debido al inadecuado vertimiento de aguas residuales. La disposición de rellenos y material sobre la quebrada ha cambiado la sección transversal de la misma disminuyendo su capacidad hidráulica.

De igual manera, hay superficies libres de origen artificial representados por los diferentes zanjones y canales construidos, cuya función es la de coleccionar y conducir las aguas residuales domésticas y pluviales, hasta la quebrada El Triángulo, estos canales se distribuyen principalmente a los lados de la vía de acceso, actuando como cunetas laterales, sin ningún tipo de revestimiento, con dimensiones irregulares a lo largo del recorrido y sin ninguna estructura de disipación de energía, condiciones que favorecen el proceso de infiltración e inestabilidad.

#### Lluvias y Análisis hidrológico

Este análisis de acuerdo como fue realizado por HGA Ltda. (2000), tiene como objetivos: i) caracterizar temporal y espacialmente el régimen de precipitaciones medias anuales, ii) determinar los aguaceros de corta duración, iii) determinar la influencia de la precipitación como agente detonante de FRM y iv) determinar la magnitud de la lluvia crítica y su período de retorno que dispara deslizamientos.

El régimen de precipitación se caracteriza por su mediana intensidad y larga duración. La precipitación total anual registrada por la Estación Venado de Oro, sobrepasa los 1093.5 mm en promedio con comportamiento bimodal y la "Lluvia Crítica" posible se presentaría para periodos de recurrencia ( $T_r$ ) de 25 años (probabilidad de ocurrencia de 4%) y magnitud de precipitación acumulada (crítica) de 407.28 mm con una duración de 20 días.

De acuerdo con estos resultados HGA Ltda. (2000), concluye que los fenómenos de remoción en masa que ocurren en el sector no tienen como factor detonante principal la precipitación (dado que la probabilidad de ocurrencia de la lluvia crítica es muy baja).



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

## 5. EVALUACIÓN DE AMENAZA

### 5.1 DESCRIPCIÓN, EVOLUCIÓN Y MECANISMO DE FALLA

De acuerdo con el estudio elaborado por HGA Ltda, en la zona del desarrollo Triángulo Alto y sus alrededores, se presentan predominantemente flujos de tierra y algunas áreas más pequeñas, serían afectadas por caída de rocas.

Los procesos de inestabilidad en general involucran espesores de material no superiores a 4 metros con magnitudes de daño consideradas como moderadas y de velocidad lenta, no catastrófica que permitirían poner en marcha sistemas de atención de emergencias.

### 5.2 NATURALEZA DE LA AMENAZA

El barrio Triángulo Alto ocupa un área de laderas residuales y coluviales con alta pendiente topográfica e intervención antrópica acentuada por la alta densidad de viviendas. Para la construcción de las mismas se han desarrollado actividades de corte de la parte posterior y relleno en la parte frontal de los lotes, sin una adecuada reconformación de los taludes así formados, este proceso ayudado por el vertimiento de aguas lluvias, sanitarias y de acueducto, han originado pequeños flujos de suelo y deslizamientos (activo uno de ellos) en las franjas intervenidas.

La inminente amenaza existente en el sector, esta asociada, entonces, a la intervención practicada (exposición de cortes altos y empinados), al debilitamiento y generación de presiones hidrostáticas en los materiales de las laderas por aportes de aguas sanitarias y de escorrentía y finalmente por la ausencia de obras de estabilización geotécnica. Esto es especialmente notorio en los últimos años en la ladera de la manzana Z8.

### 5.3 EVALUACIÓN DE AMENAZA

Para la evaluación de amenaza se tomó como base el estudio elaborado por HGA Ltda., en el que inicialmente se realizó una zonificación geotécnica (define zonas homogéneas de susceptibilidad), partiendo de las zonas geomorfológicas, la delimitación se estableció con la determinación de propiedades físico-mecánicas de los materiales con la determinación de los parámetros de resistencia al corte determinados a partir de pruebas de laboratorio y análisis retrospectivos de estabilidad en los principales cuerpos de deslizamientos. En el barrio **Triángulo Alto** resultaron 8 unidades geotécnicas.

Como paso posterior HGA Ltda., procedió a hacer los respectivos análisis de estabilidad mediante análisis cinemático y en una segunda etapa, modeló a través del método del equilibrio límite para cada zona homogénea de acuerdo con los mecanismos de falla identificados en campo.

Posteriormente, para la determinación en sí de la amenaza HGA Ltda., siguió los lineamientos de probabilidad de falla para lo cual se apoyó en el planteamiento de Montecarlo y en la aproximación probabilística que proporciona el PEM (Método de



Estimación de Punto) propuesta por Rosenblueth (1975), este último como sistema de verificación.

Finalmente se verificó la calificación del estudio de HGA Ltda., con base en el estado actual del desarrollo verificado en las visitas técnicas de campo y se realizaron los ajustes pertinentes.

#### 5.4 CALIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Con la aplicación de la metodología descrita, el reconocimiento de antecedentes, y como se mencionó anteriormente con base en el reconocimiento durante las visitas de campo se obtuvo la siguiente zonificación:

- **Zona de Amenaza Alta**, Corresponde a los predios relacionados en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Predios en Alta Amenaza por Remoción en Masa

MANZANA	PREDIO
20	9, 11 y 12
Y2	11 y 18
Z8	Todos (1 a 21)
	Zona Verde N° 1

- **Zona de Amenaza Media**, Corresponde al resto del barrio.

En la Figura N° 2, se presenta la zonificación de amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

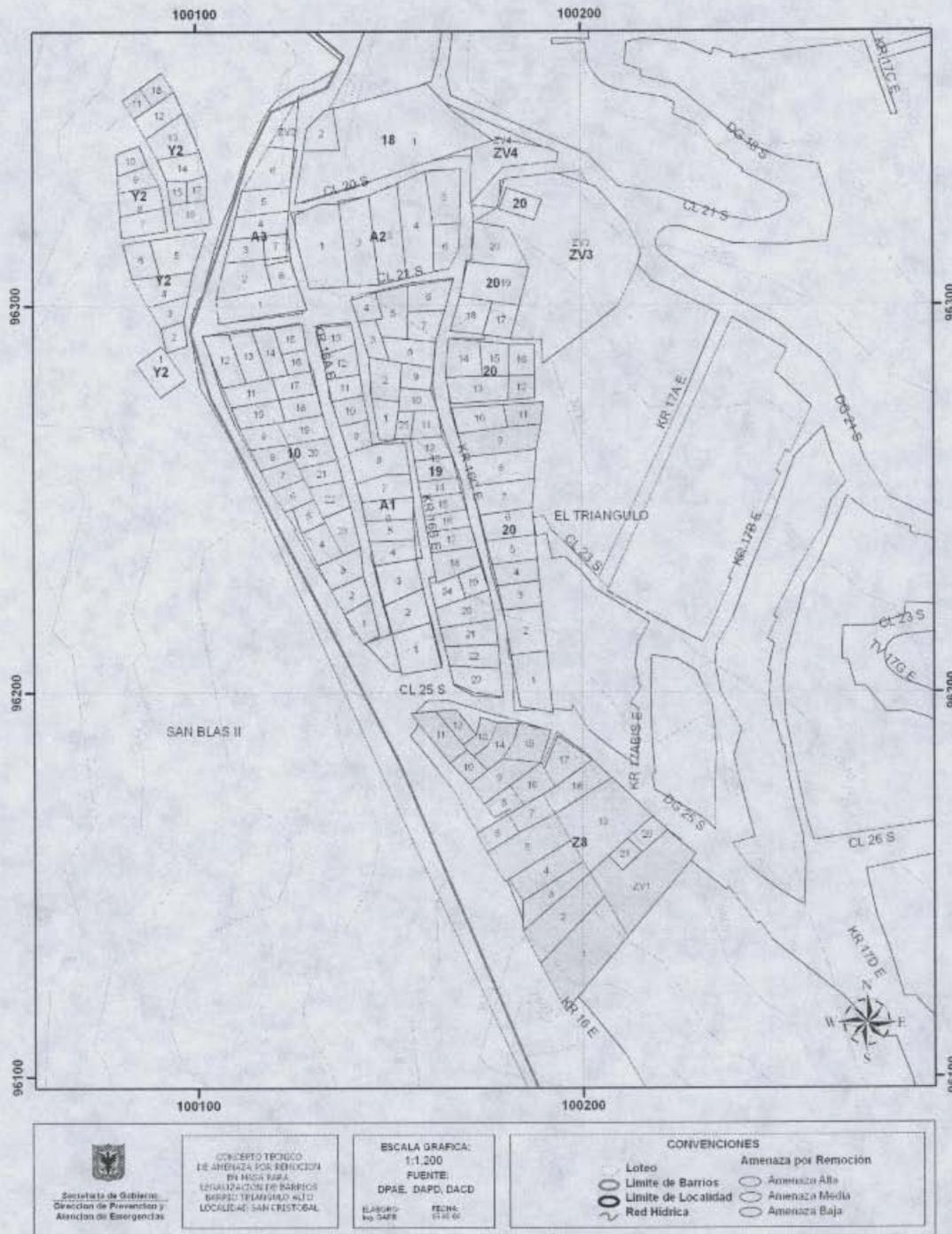
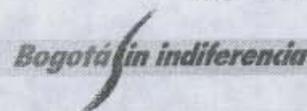


Figura N° 2. Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa del barrio Triángulo Alto





## 6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

La evaluación de la vulnerabilidad se basó en el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para tal efecto la metodología propuesta por Leone y modificada por Soler et al (INGEOCIM, 1998). Esta evaluación incluye los siguientes aspectos:

- ⊙ Determinación de la sollicitación característica para cada vivienda
- ⊙ Clasificación de la tipología de vivienda existente. Esta información se obtuvo inventario de viviendas.
- ⊙ Cálculo de los índices de vulnerabilidad física (IVF) para cada unidad de vivienda, dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las sollicitaciones y las características del elemento expuesto (viviendas).
- ⊙ Zonificación por Vulnerabilidad Física ante fenómenos de remoción en masa.

### 6.1 TIPIFICACIÓN DE VIVIENDAS

Para la determinación de la resistencia del elemento expuesto, se obtuvo la tipificación de las viviendas según el criterio de Leone<sup>1</sup> (Tabla No. 4) teniendo en cuenta los criterios de resistencia de la estructura expuestos en la Tabla No. 5.

**Tabla No. 4. Clasificación utilizada en el sector para determinar la tipología de vivienda**

TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
LV	Corresponde a lotes vacíos
B1	Construcciones de muy mala calidad, sin fundación ni ligazón estructural. En nuestro medio se les denomina tugurios o ranchos.
B2	Construcciones de calidad regular o mala. No tienen refuerzo estructural ni fundación adecuados. Para la zona de estudio, se pueden catalogar dentro de este grupo las casas en mampostería no reforzada o prefabricadas simples.
B3	Construcciones de calidad regular o buena, realizadas con materiales tradicionales (concreto, mampostería, hierro, etc.), de hasta tres niveles.
B4	Construcciones de muy buena calidad, con refuerzo estructural y adecuada cimentación, de más de dos niveles.

Teniendo en consideración la clasificación propuesta en esta tabla y la revisión de campo, el desarrollo **Triángulo Alto**, se encuentra en un estado de consolidación avanzado, con 9 manzanas, 136 predios, 4 zonas verdes, predominantemente construidos con viviendas de calidad constructiva regular a deficiente (tipo B2 = 88% y tipo B1 = 12%, de las viviendas construidas), esto se evidencia por el predominio de tipología mixta, a saber:

<sup>1</sup> LEONE F., 1996. — Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Thèse de doctorat, Université J. F. Fourier, Grenoble et Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 286 p.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

mampostería semiconfinada por elementos estructurales con viviendas en mampostería simple o prefabricada, en algunas viviendas la mampostería se encuentra combinada con elementos de madera. y se presenta un 9 % del total de los predios del desarrollo, que corresponde a lotes vacíos. Es importante mencionar, que en la Manzana Z8 se identifica buena cantidad de predios en material de recuperación mezclado con vivienda prefabricada.

Para el desarrollo la densidad de loteo es alta (83.3 lotes/Ha), en tanto que la de construcción es algo menor, indicador que ha descendido levemente por algunos predios que se han reubicado.

Las viviendas se disponen de manera irregular corresponden con unidades residenciales predominantemente de un piso (90%) y en menor medida se encuentran construcciones de (12%) dos pisos, inclusive en láminas de zinc (Fotografía 5).



Fotografía 5. Se aprecia la vivienda en material de recuperación de 2 pisos y una vivienda que evidencia las técnicas constructivas deficientes.

En el desarrollo las cuatro zonas verdes se encuentran cubiertas por vegetación de pastos, caracterizada por una morfología de pendiente media alta, las cuales se ubican como se indica en el plano de loteo suministrado por DAPD.



**Tabla No. 5. Criterios de resistencia de las estructuras según el tipo de sollicitación o evento al que podrían estar expuestas las viviendas (Tomada de INGEOCIM,1998)**

Tipo de sollicitación	Modos de daño	Criterio de resistencia de la estructura
Desplazamientos laterales	Transporte Deformación Asentamientos Ruptura	Profundidad de la cimentación Arrostramiento de la estructura
Empujes laterales	Deformación Ruptura	Altura de la estructura Profundidad de la cimentación Refuerzo
Impactos	Deformación Ruptura	Refuerzo

De acuerdo con los parámetros verificados y las características del sector, las sollicitaciones son altas por desplazamientos (deformaciones) laterales, por empujes laterales y por impactos en la manzana Z8 y los predios 11 y 12 de la manzana 20. Para el resto de manzanas del desarrollo se evidencia que las sollicitaciones son de magnitudes medias por desplazamientos (deformaciones) laterales y por empujes laterales y bajas por impactos.

## 6.2 CALIFICACIÓN DE LOS DAÑOS

Para calificar los daños se siguió el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, tal como se indica en la Tabla No. 6.

**Tabla No. 6. Clasificación de los daños según el DRM (Tomada de Leone, 1996)**

Índice de daño	Tipo de daño	Porcentaje de daño
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0.0 - 0.1
II	Fisuras en paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0.2 - 0.3
III	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0.4 - 0.6
IV	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0.7 - 0.8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0.9 - 1.0

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone (1996), como:

$$IP = \frac{(V_i - V_f)}{V_i}$$

Donde,

$V_i$  : Valor inicial del bien (antes del evento).

$V_f$  : Valor final del bien (después del evento).



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

### 6.3 CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las viviendas se determinaron dos índices de daño, a saber: Un Índice de Daño Potencial (IDp) y un Índice de Daño Actual (IDa). Se asocian los Índices de Daños Potenciales (IDp) ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de solicitud (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda (resistencia del elemento expuesto); en la Tabla No. 7 se presenta la matriz de daño utilizada.

Tabla No. 7. Matriz de daño utilizada (Tomada de INGEOCIM,1998).

	CLASE DE SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA DE VIVIENDA			
		B1	B2	B3	B4
IMPACTOS	EC1	V	V	V	IV
	EC2	V	V	IV	III
	EC3	V	IV	III	II
	EC4	IV	III	II	I
	EC5	III	II	II	I
DESPLAZAMIENTOS LATERALES	VM1	V	V	V	IV
	VM2	V	V	IV	IV
	VM3	V	IV	III	III
	VM4	IV	III	III	II
	VM5	III	II	I	I
EMPUJES LATERALES	PL1	V	IV	III	III
	PL2	V	IV	III	II
	PL3	IV	III	II	I

La probabilidad de ocurrencia de los procesos potenciales y su naturaleza demandan resistencias diferentes ante cada tipo de solicitud; como se mencionó las solicitudes por empujes laterales, por desplazamientos laterales y por impactos son altas en las viviendas construidas de la manzana Z8 y de los predios 11 y 12 de la manzana 20. Esto se debe a que las viviendas ubicadas en dichos predios por la calidad de la construcción ofrecen una moderada resistencia ante eventuales esfuerzos.

Para la cuantificación de los dos índices de daño (IDa y IDp) se utilizó la teoría de los conjuntos difusos, de esta forma se determina el porcentaje de daño o índice de pérdidas (IPa, asociado al IDa; y el IPP, asociado al IDp). Estos porcentajes de pérdidas se presentan en la Tabla No. 8.

Tabla No. 8. Valores de Índice de Pérdidas utilizados para valorar el Índice de Daño (Tomada de INGEOCIM,1998).

Índice de Daño	Índice de Pérdidas
I	0.00 - 0.15
II	0.15 - 0.35
III	0.35 - 0.65
IV	0.65 - 0.85
V	0.85 - 1.00



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Para cada una de las posibles solicitaciones asociadas a la amenaza (desplazamientos laterales, empujes laterales e impactos), se determinaron las viviendas afectadas determinando su Índice de Vulnerabilidad Física (IVF). Debido a que algunas de las viviendas pueden ser afectadas por más de un tipo de solicitación, se determinó que el IVF total sea el máximo de los dos anteriores, es decir:

$$IVF \text{ total} = \max(IVF \text{ desplazamientos}, IVF \text{ empujes}, IVF \text{ impactos})$$

La vulnerabilidad se categoriza según el valor de los IVF totales, según se precisa en la Tabla No. 9.

**Tabla No. 9. Criterios de categorización de la vulnerabilidad de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa (Tomada de INGEOCIM, 1998).**

CATEGORÍA VULNERABILIDAD	CRITERIO
MUY ALTA	$IVF \text{ total} \geq 0.85$
ALTA	$0.65 \leq IVF \text{ total} < 0.85$
MEDIA	$0.35 \leq IVF \text{ total} < 0.65$
BAJA	$0.15 \leq IVF \text{ total} < 0.35$
MUY BAJA	$IVF \text{ total} < 0.15$

#### 6.4 ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA

Dada las características de consolidación, tipología de las viviendas y grado de exposición, se considera que en términos generales las viviendas localizadas en el área de impacto o de influencia directa de los fenómenos de inestabilidad del barrio **Triángulo Alto**, de acuerdo con el Índice de Vulnerabilidad Física son de una vulnerabilidad alta ante procesos de remoción en masa (IVF varía entre 0.66 y 0.89) para las viviendas construidas y de los predios 11 y 12 de la manzana 20, para el resto del barrio de acuerdo con el Índice de Vulnerabilidad Física son de una vulnerabilidad media (IVF en general varía entre 0.41 y 0.46).

#### 7. EVALUACIÓN DE RIESGO

En su determinación se emplearon las dos variables previamente definidas: amenaza y vulnerabilidad. De la convolución de estas dos variables se obtuvo la calificación del riesgo; sin embargo, en esta operación se le asigna un mayor peso a la calificación de amenaza, entendiéndose que el riesgo puede ser de fácil reducción mediante la implementación de técnicas constructivas de sencilla aplicación.

##### 7.1 CRITERIOS EMPLEADOS

Para expresar el riesgo global (IRG) a definir en el área de estudio se combinó la probabilidad de ocurrencia del fenómeno (amenaza) con el índice de pérdidas potenciales (vulnerabilidad), obteniendo la categorización planteada en la Tabla No. 10.



**Tabla No. 10.** Categorías de Riesgo de acuerdo con el Índice Global de Riesgo (Tomada de INGEOCIM, 1998).

CATEGORÍA DEL RIESGO	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
Bajo	$0.001 \leq \text{IRG}_{\text{prom}} < 0.375$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, están entre el 1% y el 37,5%
Medio	$0.375 \leq \text{IRG}_{\text{prom}} < 0.625$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, están entre el 37,5% y el 62,5%
Alto	$\text{IRG}_{\text{prom}} \geq 0.625$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, son mayores al 62,5%

De acuerdo con el Índice de Riesgo Global los predios dentro del desarrollo presentan riesgo alto y medio ante procesos de remoción en masa (IRG oscila entre 0.40 y 0.61 para las viviendas calificadas con riesgo medio y entre 0.65 y 0.92 para las viviendas calificadas con riesgo alto).

**7.2 CALIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGO.** Como resultado del proceso metodológico aplicado y teniendo en cuenta que el riesgo está en función de la amenaza y la vulnerabilidad, y que éste solamente se puede determinar en los sectores en los que se encuentren elementos expuestos; se obtiene la siguiente zonificación:

- **Zona de Riesgo Alto**, corresponde a los siguientes predios:

**Tabla N° 11. Predios en Alto Riesgo por Remoción en Masa**

MANZANA	PREDIO
20	9, 11 y 12
Z8	1 a 21 (Todos)
	Zona Verde N° 1

- **Zona de Riesgo Medio**, corresponde al resto de predios del barrio.

**7.3** Desde el punto de riesgos, la DPAE considera factible la legalización de los predios que no están en amenaza alta y/o en riesgo alto y recomienda la implementación de obras para el mejoramiento del sector bajo adecuados lineamientos técnicos.



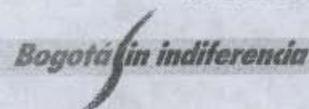
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



Figura N° 3. Zonificación de Riesgo por Remoción en Masa del barrio Triángulo Alto





ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

## 8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Proceder con la legalización del desarrollo, excluyendo los predios que se encuentran en la zona de amenaza alta y /o riesgo alto relacionados en la Tabla N° 12.

Por amenaza o riesgo se establece una restricción de uso y para propósito de la Resolución de Legalización se discriminan ambas condiciones; no obstante, en la Tabla 12 los predios incluidos en alto riesgo, aunque también se encuentran en amenaza alta, sólo lo están dentro de la categoría de riesgo.

**Tabla N° 12. Restricciones de Uso por Amenaza o Riesgo en el Barrio Triángulo Alto**

RESTRICCIÓN DE USO POR AMENAZA ALTA
Y2: predios 11 y 18 Zona Verde N° 1
RESTRICCIÓN DE USO POR ALTO RIESGO NO MITIGABLE
Manzana 20: predio 9 Manzana Z8: todos (1 a 21)

- 8.2 Iniciar en la DPAE, el trámite necesario para incluir en el programa de reasentamiento de familias en riesgo alto no mitigable, a los habitantes de los predios en alto riesgo que aún no se han incorporado tal como se presentan en la Tabla N° 13.

**Tabla N° 13. Relación de predios a incluir en el Programa de Reasentamiento de Familias en Zonas de Alto Riesgo No Mitigable, para el barrio Triángulo Alto.**

MANZANA	PREDIO
Z8	5, 6, 7, 8, 13 y 16

- 8.3 Continuar con el trámite en el programa de reasentamiento para los predios cuyas familias fueron o están siendo objeto de reasentamiento, tal como se enumeran en la Tabla N° 14. Adicionalmente para las familias que están siendo objeto de reasentamiento, dada la dinámica que ha adquirido el proceso de inestabilidad que afecta las manzanas 29, 30 y 31 del desarrollo El Manantial y que ha alcanzado la Manzana Z8 del desarrollo Triángulo Alto, se recomienda revisar la prioridad establecida en dicho programa.

**Tabla N° 14. Relación de predios que deben continuar con el trámite en el Programa de Reasentamiento de Familias en Zonas de Alto Riesgo No Mitigable, para el barrio Triángulo Alto.**

MANZANA	PREDIO
20	9,11 y 12
Z8	1,2,3,4,9,10,11,12,14,15,17,18,19,20 y 21



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría de Gobierno

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Para estos predios, se deberá adelantar por parte de la DPAE la adecuación preliminar, demarcación y señalización de los predios desocupados como medida para evitar – por parte de las autoridades locales y distritales - la nueva ocupación y garantizar la rehabilitación y cambio de uso en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 140 del Decreto Distrital 190 de 2004 (POT). Posterior a esto, se deberán incorporar tales predios como suelos de protección por riesgo, en cumplimiento del Parágrafo 2 del artículo 146 del mismo decreto.

- 8.4 Incorporar como espacio público al inventario distrital de predios desocupados para su manejo por parte de las entidades correspondientes (numeral 3 del artículo 140 del POT).
- 8.5 Dadas las condiciones intrínsecas de las laderas del sector, en particular su alta pendiente, estas pueden resultar muy sensibles a cualquier intervención o modificación del medio físico; por esto, se requiere que cualquier acción esté lo suficientemente soportada en estudios técnicos específicos y diseños adecuados. Se constituye, entonces, de la mayor importancia que - especialmente las entidades distritales - intervengan de manera pronta y adecuada para la implementación de obras de infraestructura y hacer un mejoramiento integral del sector en las zonas de amenaza media.
- 8.6 Implementar obras de infraestructura que contribuyan con el mejoramiento integral del sector, entre otras: dotación de adecuadas redes de acueducto y alcantarillado, obras de protección de laderas, pavimentación de vías, etc.
- 8.7 Articular con el Decreto Distrital 367 de 2005 para que en el marco del artículo 20 (Prevención y Control y Taller informativo y compromiso de la comunidad) se aprovechen los espacios de divulgación (talleres de información) del proceso para orientar a la comunidad y difundir material impreso que oriente las prácticas constructivas más adecuadas en el sector buscando la construcción de viviendas más seguras sin que afecten las condiciones del sector.
- 8.8 Efectuar los correspondientes estudios de suelos y geotécnicos en cumplimiento de la norma descrita en el título H de la Ley 400 de 1997 y el Decreto 33 de 1998

## 9. OBSERVACIONES

Los resultados y recomendaciones incluidas en el presente concepto se realizaron para la legalización del barrio y están basados en los resultados de los estudios mencionados y en las observaciones realizadas durante las visitas al barrio. Si por alguna circunstancia las condiciones aquí descritas y que sirvieron de base para establecer las zonas y recomendaciones son modificadas, se deberá realizar los ajustes y modificaciones que sean del caso.

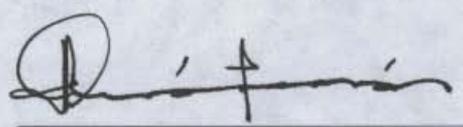
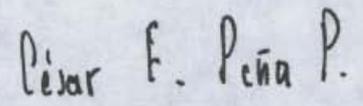
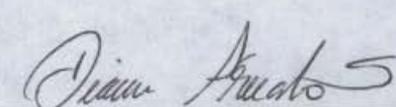
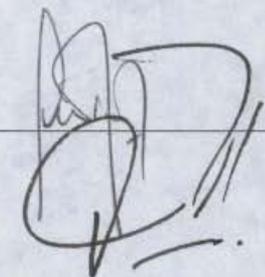
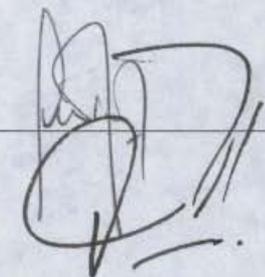
El concepto es de carácter temporal, ya que el factor antrópico es una variable muy

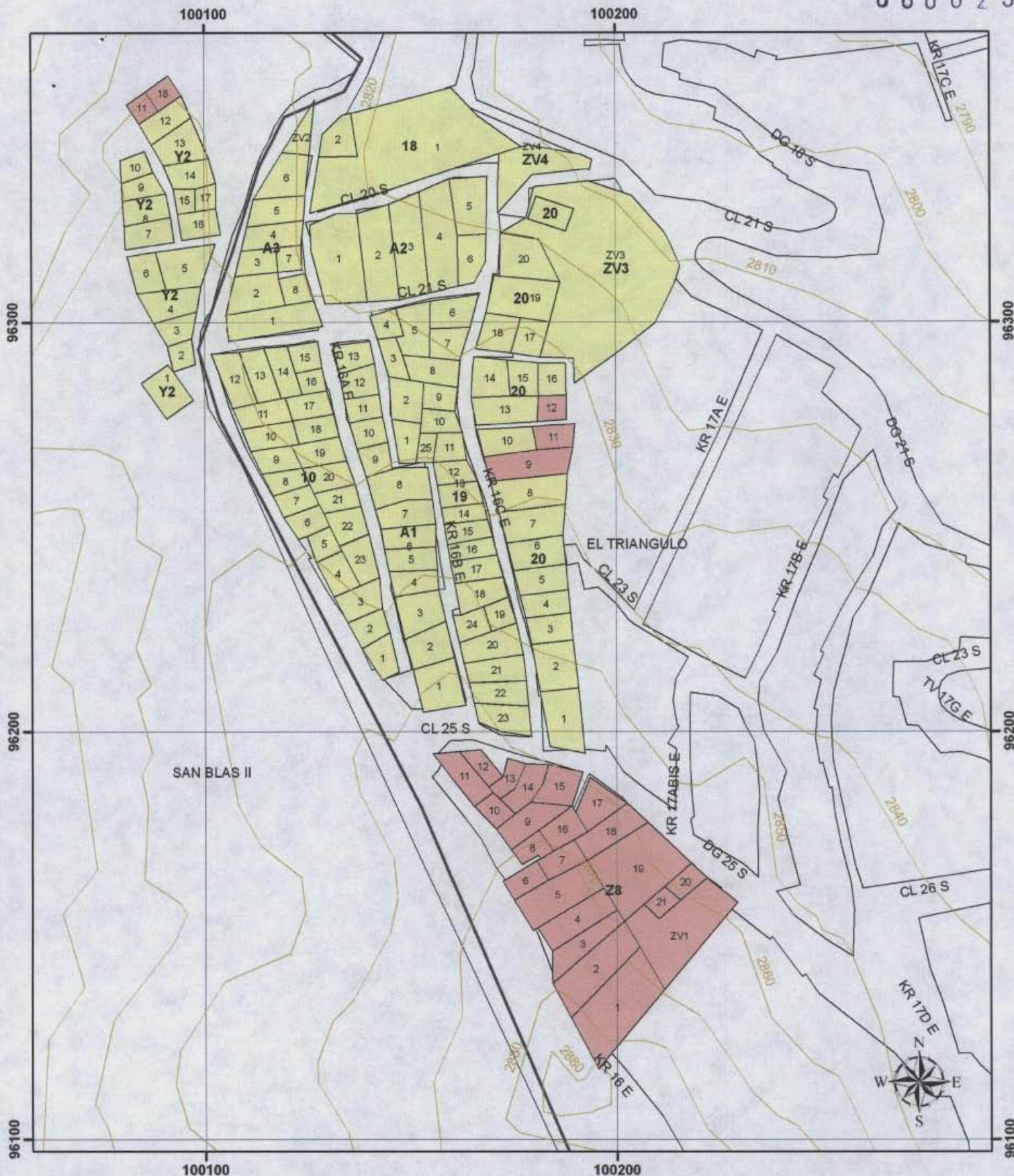


dinámica y es determinante en el sector y muy sensible al cambio, adicional a lo anterior en algunos sectores los procesos de urbanismo enmascara, los posibles procesos de remoción en masa.

## 10. ANEXOS

Planos de loteo del desarrollo **Triángulo Alto** (San Cristóbal) a escala 1:1200 con la identificación y delimitación de zonas de amenaza y riesgo.

Elaboró	<b>DUVÁN HERNÁN LÓPEZ MENESES</b> Geólogo M. P. 2119 CPG	
Elaboró	<b>CÉSAR FERNANDO PEÑA PINZÓN</b> Geólogo - Especialista en Geotecnia M. P. 1751 CPG	
Revisó	<b>DIANA PATRICIA ARÉVALO S.</b> Jefe Estudios Técnicos y Conceptos	
Aprobó	<b>GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ</b> Coordinador Área Investigación y Desarrollo	
Vo. Bo.	<b>FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS</b> Director	

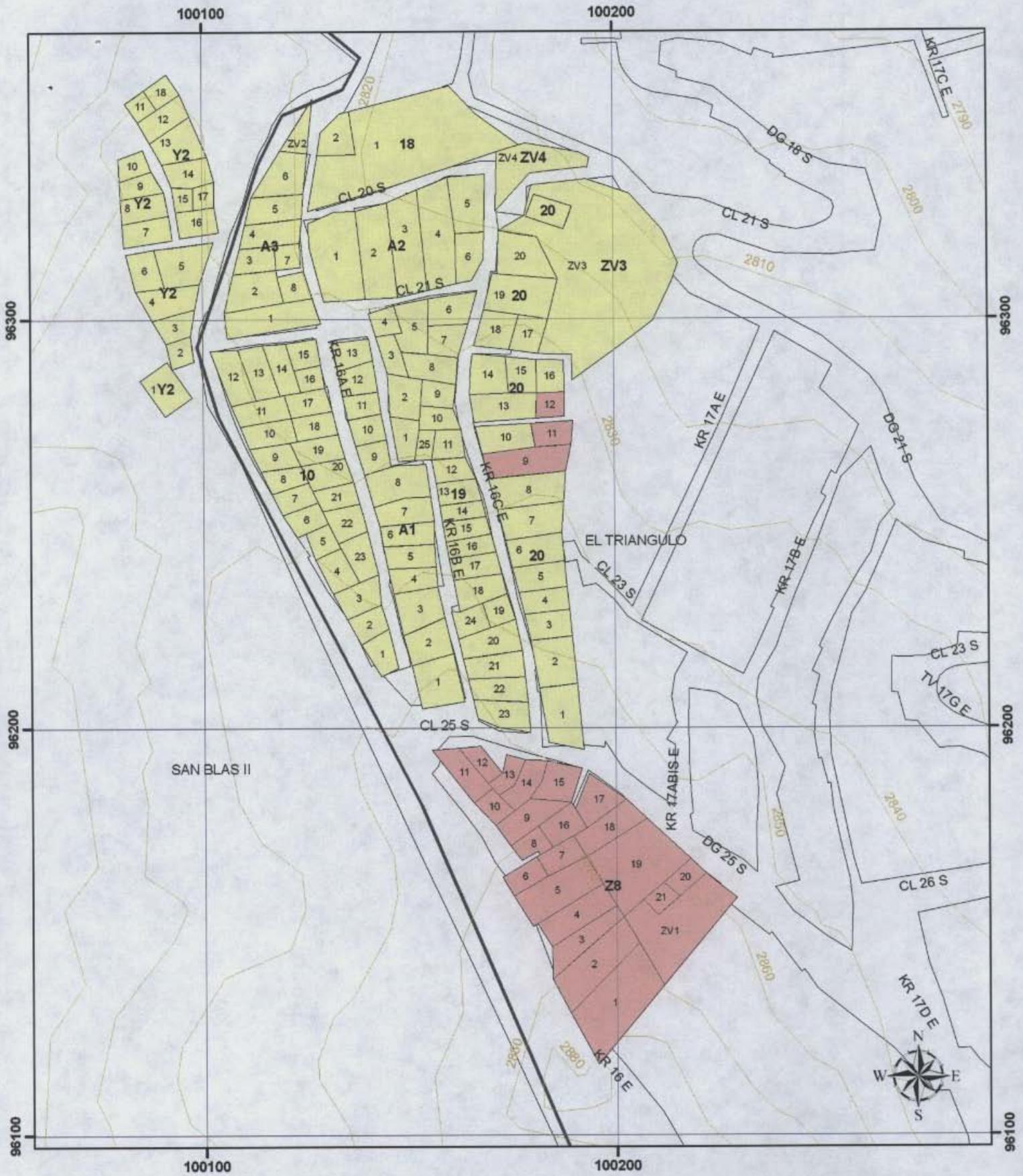


  
 Secretaría de Gobierno  
 Dirección de Prevención y  
 Atención de Emergencias

CONCEPTO TÉCNICO  
 DE AMENAZA POR REMOCIÓN  
 EN MASA PARA  
 LEGALIZACIÓN DE BARRIOS  
 BARRIO TRIANGULO ALTO  
 LOCALIDAD SAN CRISTOBAL

ESCALA GRÁFICA:  
 1:1.200  
 FUENTE:  
 DPAE, DAPD, DACD  
 ELABORO: Ing. GAFR      FECHA: 15 06 08

**CONVENCIONES**



  
**Secretaría de Gobierno**  
 Dirección de Prevención y  
 Atención de Emergencias

CONCEPTO TÉCNICO  
 DE RIESGO POR REMOCIÓN  
 EN NASA PARA  
 LEGALIZACIÓN DE BARRIOS  
 BARRIO TRIANGULO ALTO  
 LOCALIDAD SAN CRISTOBAL

**ESCALA GRÁFICA:**  
 1:1.200  
**FUENTE:**  
 DPAE, DAPD, DACD

ELABORO: Ing GARR  
 FECHA: 15 05 08

**CONVENCIONES**

- |   |  |
|---|--|
|  Loteo               |  Riesgo Alto  |
|  Limite de Barrios   |  Riesgo Medio |
|  Limite de Localidad |  Riesgo Bajo  |
|  Red Hidrica         |  |