Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TÉCNICO No. CT – 4343 de 2006

Revisión de Estudio Particular de Amenaza y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa Artículo 112 – 4 Decreto 469 de 2003

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Dra. Gloria Ramírez Cortés Curaduría Urbana No. 4
LOCALIDAD:	11 SUBA
BARRIO:	CLUB DE LOS LAGARTOS
PROYECTO:	**ARAGÓN**
DIRECCIÓN:	Diagonal 120 No. 62 A – 20
UPZ:	24 Niza
ÁREA (Ha):	1.2 Ha.
TIPO DE RIESGO:	Remoción en masa
FECHA DE EMISIÓN:	Marzo 30 de de 2006

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con el artículo 112 del Decreto 469 de 2003 (que modifica el Decreto 619 de 2000, Plan de Ordenamiento Territorial – POT), para los futuros desarrollos urbanísticos que se localicen en zonas de amenaza alta y media por remoción en masa, se debe anexar el estudio detallado de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para la solicitud de licencias de urbanismo. Adicionalmente establece que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias realizará la verificación y emitirá concepto sobre el cumplimiento de los términos de referencia establecidos para la ejecución de dichos estudios.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá Distrito Capital – FOPAE – y la Sociedad Colombiana de Geotecnia – SCG – han celebrado un convenio de cooperación que tiene por objeto realizar la asesoría técnica al FOPAE en la Revisión de Estudios y Metodologías de Evaluación de Riesgo Sísmico y por Fenómenos de Remoción en Masa.

La Sociedad Colombiana de Geotecnia realizó la **tercera revisión** del estudio particular de Amenaza y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa del proyecto urbanístico ARAGÓN de la localidad de SUBA realizado por la firma ESPINOSA Y RESTREPO Y CÍA. LTDA., denominado EVALUACIÓN DE RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA PARA EL PROYECTO ARAGÓN a construirse en la Diagonal 120 No. 62 A–20 de Bogotá, el cual tiene fecha Noviembre 18 de 2005, con las observaciones y complementaciones recibidas el 24 de marzo por la SCG y sobre el que se emite el presente concepto técnico.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO ARAGÓN

En el estudio entregado a esta entidad se menciona que le proyecto ubicado sobre zonas de ladera de los cerros nor–occidentales de la ciudad de Bogotá comprende un lote con un área total de 12000 m^2 en el cual se construirán cinco (5) torres entre cuatro (4) y ocho (8) pisos con sótano, en pórticos de concreto reforzado.

De acuerdo con el informe, el proyecto se construirá en el lote ubicado en la dirección Diagonal 120 No. 62 A–20 (Figura 1).

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

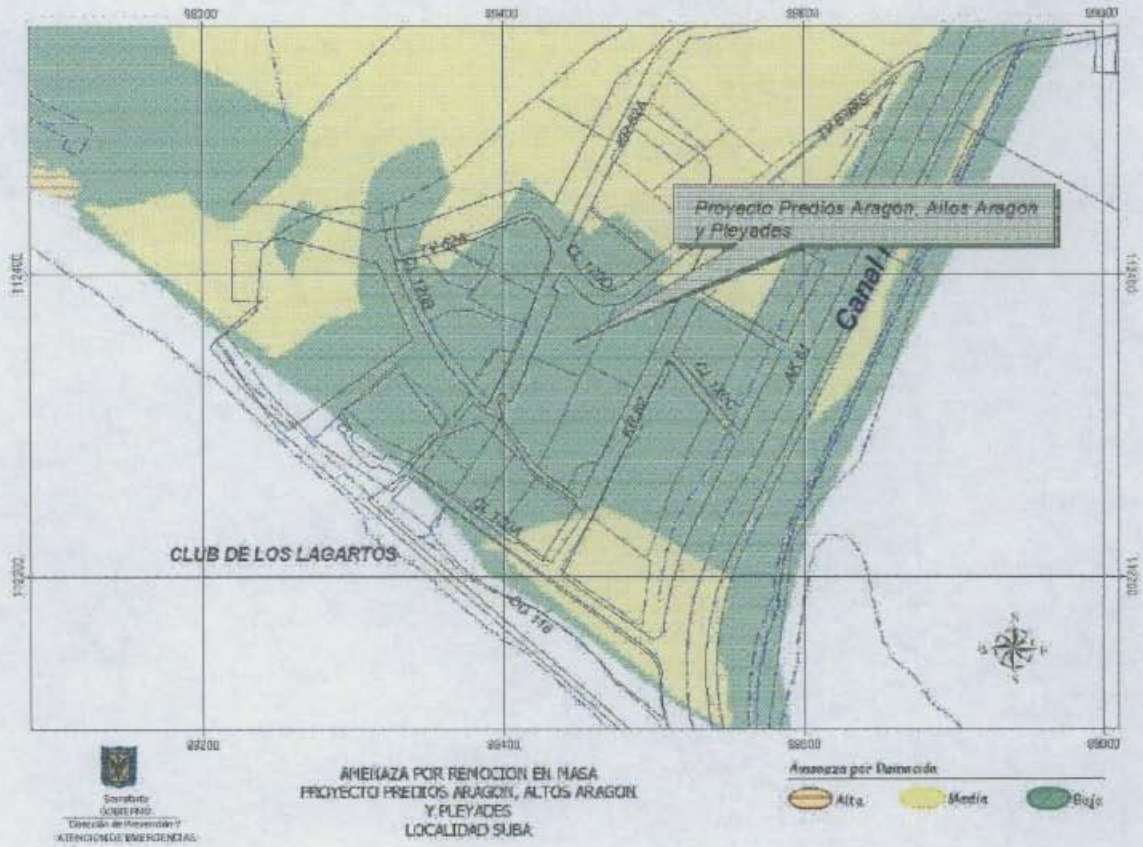


Figura 1 Localización General del Predio Aragón

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA NOVIEMBRE 15 DE 2005

El Artículo 2 de la Resolución 364 de octubre de 2000 establece los términos de referencia y requisitos mínimos que deben ser cumplidos por los estudios detallados de amenaza y riesgo. El Numeral 1 del mismo establece que el alcance de los estudios es el de **"Determinar los daños esperados en las edificaciones del proyecto durante su vida útil por fenómenos de remoción en masa y diseñar un plan de mitigación para evitar que**

estos daños se presenten y para garantizar la estabilidad, funcionalidad y habitabilidad de las edificaciones que conforman el proyecto", lo cual implica llevar a cabo análisis detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para las condiciones actuales y futuras del proyecto, así como de su entorno.

La revisión inicial del ESTUDIO EVALUACIÓN DE RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA PARA EL PROYECTO ARAGON A CONSTRUIRSE EN LA DIAGONAL 120 No. 62 A–20 DE BOGOTA, por parte de la Sociedad Colombiana de Geotecnia, se hizo a la luz de los requerimientos consignados en la Resolución No. 364 de 2000 para este tipo de estudios. El concepto técnico No. CT- 4249 de Noviembre 15 de 2005, relacionado con el estudio de Amenaza y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa se transcribe a continuación, con referencia a los requerimientos pertinentes de la resolución antes mencionada.

4.1 El Numeral 2.1, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, establece los Estudios Básicos a ser incluidos en el estudio, los cuales se describen a continuación con las observaciones realizadas por la Sociedad Colombiana de Geotecnia:

a. Levantamiento geológico, utilizando una base cartográfica escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o con mayor detalle; la descripción geológica debe incluir información sobre la estratigrafía y la geología estructural.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geológico general, donde se consignan en forma esquemática las formaciones y suelos presentes en el área de afectación de los predios, donde se destacan la Formación Guaduas (Tg), el Suelo Residual sobre formación Guaduas (Qsr/Tg), el Depósito Coluvial (Qcl) y los Depósitos Antrópicos (Qr). La caracterización y descripción geológica incluye información sobre la estratigrafía y la geología estructural, con fotos que detallan el tipo de suelos residuales que predominan en el sector.

No se incluyen cortes geológicos que permitan establecer la distribución espacial con profundidad de los materiales geológicos presentes.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se debe entregar el Plano Geológico con las características descritas en el enunciado de este literal, es decir a escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o con mayor detalle. Los mapas deben ir firmados por los profesionales que participaron en el estudio y se solicita independizar el mapa

geológico del geomorfológico ya que los aspectos que se deben evidenciar en cada uno son sensiblemente diferentes.

b. Descripción Geomorfológica del sitio de estudio, que debe incluir una caracterización morfométrica, morfológica y morfodinámica.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geomorfológico general, compartido con el mapa geológico, donde se consignan en forma esquemática las áreas de los lotes y sus formas predominantes; se incluye una caracterización morfodinámica y una zonificación morfológica describiendo con algún grado detalle cada uno de los tres predios presentes en la zona de estudio.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se debe entregar el Plano Geomorfológico con las características descritas en el enunciado de este literal, es decir a escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o con mayor detalle. Los mapas deben ir firmados por los profesionales que participaron en el estudio.

c. Clima, Hidrología, Hidráulica o Hidrogeología, los cuales deben incluir aspectos relacionados con histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes naturales y artificiales existentes, y características de las aguas subsuperficiales que puedan tener influencia en las condiciones de estabilidad del sitio del proyecto.

El estudio presentado por el Consultor reporta aspectos asociados al clima e hidrología, entre otros: precipitación, evapotranspiración y humedad relativa, así como condiciones hidrogeológicas y comportamiento de las aguas superficiales en la ladera residual y de infiltración en la ladera coluvial, las cuales aparentemente tienen poca influencia en la estabilidad general del sector. Los niveles freáticos son reportados a profundidades medias de 3.0 m para el caso de Aragón, mientras que en los otros lotes no se reportan niveles freáticos.

Se indica que no hay fuentes de inestabilidad por escorrentía superficial ni de carácter erosivo ni del tipo avenidas o crecientes súbitas, aún por eventuales represamientos de una quebrada presente en el sitio, la cual se dice ha sido adecuadamente manejada. Se menciona que hay recarga en la parte baja de la Formación Sabana por flujos de aguas subterráneas, pero esta condición no se tiene en cuenta en los análisis de estabilidad que posteriormente se reportan.

NO CUMPLE

d. Emplear la información sísmica requerida, con base en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, la cual fue reglamentada por medio del Decreto 074 de 2001.

El estudio presentado por el Consultor reporta que el sitio corresponde a la zona 1B (Cerros de Suba) de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, con un nivel de aceleración máxima de 0.24 y nominal de 0.30. También indica que según el D. 33/98 (NSR – 98) el sitio corresponde a un perfil tipo S1 y $A_a = 0.20$.

CUMPLE

e. Realizar el levantamiento de la cobertura del suelo, descripción de la vegetación existente, teniendo en cuenta las unidades de vegetación (si aplica).

Este aspecto no se reporta en el estudio presentado.

NO CUMPLE

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

4.2 El Numeral 2.2, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 requiere la recopilación y descripción de los antecedentes históricos de remoción en masa que se han presentado en el área de influencia del proyecto.

El estudio presentado por el Consultor informa que en el sitio y especialmente en los alrededores se han presentados varios procesos de remoción en masa, mencionando en forma particular los que tuvieron lugar durante la construcción del Tanque del Acueducto, incluyendo una falla planar de grandes proporciones. Se presenta una fotografía aérea donde se muestra la zona del proyecto y se resaltan igualmente procesos erosivos que se presentan relativamente cerca al sitio del proyecto.

Aunque se mencionan y se muestran en la fotografía aérea una diversidad de procesos en los alrededores de los predios y otros que tienen lugar en los mismos predios (caso caída de rocas en el predio ARAGÓN), no se realiza una conexión directa con éstos y los que se podrían inducir o reactivar cuando se implanten las estructuras del proyecto.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se deben precisar las fuentes de información donde específicamente se indica porque el sitio fue clasificado como de amenaza media. También se debe establecer una conexión más clara respecto de la probable inestabilidad inherente que se puede deducir de los reportes presentados en el informe.

4.3 El Numeral 2.3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 solicita la evaluación de procesos de inestabilidad que incluyan la identificación y descripción de procesos regionales y locales, junto con el análisis de factores que pueden incidir en el desencadenamiento de los mismos; adicionalmente, establece los requerimientos para la exploración geotécnica.

El estudio presentado por el Consultor indica que en el sitio no se evidencian procesos activos o potenciales; igualmente en las visitas de campo tampoco se observan rasgos de movimientos en masa que puedan comprometer la zona del proyecto, sin embargo se mencionan aspectos de inestabilidad inherentes como los plegamientos en los predios ALTOS DE ARAGÓN y PLÉYADES, además de focos de caídas de rocas o escarpes en el predio ARAGÓN. Estos procesos no son evaluados mediante técnicas convencionales de estabilidad y simplemente se indica que el afloramiento masivo de las rocas manifiesta condición de estabilidad en estas laderas.

Con respecto a la exploración geotécnica, el informe reporta la realización de 12 perforaciones (sondeos y apiques) distribuidos así: Predio ARAGÓN (12000 m^2 – 4

sondeos entre 8 y 10 m), Predio ALTOS DE ARAGÓN (7000 m² – 4 sondeos entre 4 y 10 m) y Predio PLÉYADES (1500 m² – 5 apiques entre 1.2 y 1.5 m); las perforaciones fueron realizadas con equipo roto–percutor realizando al mismo tiempo el ensayo SPT. También se tomaron muestras para ensayos de clasificación. Se presentan los perfiles promedio para cada uno de los predios en estudio.

No se adjuntan los resultados de los ensayos de laboratorio y tampoco la determinación de los parámetros de resistencia de los suelos que se utilizaron para elaborar los análisis de estabilidad. A pesar que la implantación de las estructuras implicará cortes de 3 y 6 m, la profundidad de exploración se refiere desde la superficie del terreno y no desde el nivel inferior de las excavaciones, como lo prescriben las normas.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se deben reportar los resultados de los ensayos de laboratorio y la determinación de parámetros de resistencia incorporados a los métodos de análisis de estabilidad que se hayan adoptado.

4.4 El Numeral 2.4, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere la evaluación de la amenaza por procesos de movimientos en masa mediante la utilización de un método de análisis y cálculo de reconocida validez. Adicionalmente, los análisis de amenaza se deben hacer para las condiciones presentes a las que está y puede estar expuesto el proyecto durante su vida útil, y para la amenaza inducida por las obras (cortes, excavaciones, rellenos, sobrecargas y otros), durante y después de su ejecución, tanto en el área del proyecto como en el área de influencia.

El estudio presentado por el Consultor NO reporta análisis de estabilidad para la condición actual, los cuales deben realizarse a partir de la elaboración de los cortes más críticos que incluyan las laderas completas para cada predio por separado. Igualmente solo presenta la condición del corte durante el proyecto, sin que quede claro cuáles cargas se están aplicando a cada modelo y asumiendo como posible mecanismo de falla los deslizamientos rotacionales que afectarían tanto el horizonte de suelo residual como a la parte del macizo rocoso que aflore en cada caso, lo cual es imposible de evaluar ya que no se identifican por donde se están realizando los cortes respecto de la topografía de cada predio.

Con el resultado de los análisis el Consultor reporta que los FS varían entre 1.89 y 2.26 para Aragón Zona Alta, 3.16 y 3.77 para Aragón Zona Baja y 3.11 a 3.50 para Altos de Aragón, en condición con Sismo y sin sismo, respectivamente, para la condición con proyecto.

La SCG considera que dado el desconocimiento asociado a la determinación de los parámetros de resistencia, la condición actual y las cargas que eventualmente se aplicarían sobre el material, el Consultor debe realizar análisis adicionales que representen situaciones verdaderamente críticas y de esta manera garantizar la estabilidad de las laderas después de realizar las obras.

El Consultor presenta un mapa de amenaza para la condición actual (plano esquemático), considerando en forma visual solo dos zonas de amenaza, baja que incluye a los tres predios (ARAGÓN, ALTOS DE ARAGÓN y PLÉYADES) y otras de amenaza media que incluye solamente dos predios (ARAGÓN y PLÉYADES).

NO CUMPLE

4.5 El Numeral 2.5, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita el análisis de vulnerabilidad de todos los elementos del proyecto frente a la magnitud máxima probable de la amenaza. Este análisis debe hacerse para la condición actual, y la del proyecto una vez terminado para todo el término de la vida útil.

El estudio presentado por el Consultor NO revisa este aspecto.

NO CUMPLE

4.6 El Numeral 2.6, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere de la explicación y descripción detallada de los criterios establecidos por el consultor en la evaluación del riesgo, el cual debe ser presentado como una zonificación sobre una base cartográfica a escala 1:1000. Adicionalmente, el Numeral 2.8 solicita la presentación de la evaluación de riesgo incorporando el efecto de los beneficios de las medidas de mitigación propuestas.

El estudio presentado por el Consultor NO revisa este aspecto.

NO CUMPLE

4.7 El Numeral 2.7, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación, las cuales incluyen restricciones en el aprovechamiento y ocupación

del área, obras de ingeniería, o las que el analista considere necesarias para lograr la reducción del riesgo.

El Consultor reporta una serie de "Medidas Preventivas" a manera de recomendaciones de construcción que se deben tener presente al momento de realizar las obras.

CUMPLE PARCIALMENTE: En concordancia con las observaciones 4.5 y 4.6.

4.8 El Numeral 3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, especifica los requisitos que deben tener los profesionales que evalúan los diferentes aspectos técnicos consignados en el estudio de amenaza por remoción en masa.

El informe presentado por el Consultor NO incluye las hojas de vida de los profesionales (Geólogo y Geotecnista) que participan en el estudio.

NO CUMPLE

4.9 El Artículo Tercero de la Resolución 364 de 2000, requiere que se anexe al estudio una carta de responsabilidad por parte del analista de riesgo, al igual que la debida firma de todos los planos por parte de los profesionales matriculados y facultados para tal fin.

El informe presentado por el Consultor NO incluye las cartas de responsabilidad.

NO CUMPLE

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA DICIEMBRE 16 DE 2005

5.1 El Numeral 2.1, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, establece los Estudios Básicos a ser incluidos en el estudio, los cuales se describen a continuación con las observaciones realizadas por la Sociedad Colombiana de Geotecnia:

a. Levantamiento geológico, utilizando una base cartográfica escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o con mayor detalle; la descripción geológica debe incluir información sobre la estratigrafía y la geología estructural.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geológico a escala 1:1000, donde se consignan en forma esquemática las formaciones y suelos presentes en el área de afectación del predio, destacándose la Formación Guaduas (Tg) y el Depósito Coluvial (Qcl) que cubre la mayor parte del área del lote. La caracterización y descripción geológica incluye información sobre Geología Regional (cerros plegados de la Cordillera Oriental – Formación Guaduas) indicando que los agentes geológicos han desarrollado depósitos de coluviones, caídas de bloques y flujos de tierra; la Geología Local (incluye la Formación Guaduas – K-Tg, los Suelos Residuales de la Formación Guaduas – Qsr/Tg, La Formación Sabana – Qs, los Depósitos Coluvio-aluviales – Qcl+al y los Depósitos Coluviales – Qcl) y la Geología estructural. Se incluyen fotografías que detallan el tipo de suelos y formaciones que predominan en el sector.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se debe entregar el Plano Geológico con la firma del profesional acreditado para este fin. El plano geológico no es consistente con la descripción geológica local; no se incluyen todos los depósitos y falta detallar la estratigrafía del sector. Tampoco se identifican las cotas correspondientes a las curvas de nivel. Se sugiere independizar el plano Geológico del Geomorfológico ya que los aspectos que se deben evidenciar en cada uno son sensiblemente diferentes.

b. Descripción Geomorfológica del sitio de estudio, que debe incluir una caracterización morfométrica, morfológica y morfodinámica.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geomorfológico general, compartido con el mapa geológico, donde se consignan en forma esquemática las áreas del lote y sus formas predominantes; se incluye una caracterización morfodinámica y una zonificación morfológica describiendo con algún grado de detalle cada una de las dos zonas de materiales que predominan en el predio de estudio.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se debe entregar el Plano Geomorfológico con las características descritas en el enunciado de este literal. Los mapas deben ir firmados por los profesionales que participaron en el estudio.

c. Clima, Hidrología, Hidráulica o Hidrogeología, los cuales deben incluir aspectos relacionados con histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes naturales y artificiales existentes, y características de las aguas subsuperficiales que

puedan tener influencia en las condiciones de estabilidad del sitio del proyecto.

El estudio presentado por el Consultor reporta aspectos asociados al clima e hidrología, entre otros: precipitación, evapotranspiración y humedad relativa, así como condiciones hidrogeológicas y comportamiento de las aguas superficiales en la ladera residual y de infiltración en la ladera coluvial, las cuales aparentemente tienen poca influencia en la estabilidad general del sector. Los niveles freáticos son reportados a profundidades entre 2.8 y 3.0 m.

Se indica que no hay fuentes de inestabilidad por escorrentía superficial ni de carácter erosivo ni del tipo avenidas o crecientes súbitas, aún por eventuales represamientos de una quebrada presente en el sitio, la cual se dice ha sido adecuadamente manejada. Se menciona que hay recarga en la parte baja de la Formación Sabana por flujos de aguas subterráneas, pero esta condición no se tiene en cuenta en los análisis de estabilidad que posteriormente se reportan.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se debe precisar el efecto erosivo e inestabilizante de las aguas de escorrentía y subsuperficiales y tenerse presente al momento de los análisis

d. Emplear la información sísmica requerida, con base en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, la cual fue reglamentada por medio del Decreto 074 de 2001.

El estudio presentado por el Consultor reporta que el sitio corresponde a la zona 1B (Cerros de Suba) de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, con un nivel de aceleración máxima de 0.24 y nominal de 0.30. También indica que según el D. 33/98 (NSR – 98) el sitio corresponde a un perfil tipo S1 y $A_a = 0.20$.

CUMPLE

e. Realizar el levantamiento de la cobertura del suelo, descripción de la vegetación existente, teniendo en cuenta las unidades de vegetación (si aplica).

Este aspecto no se reporta en el estudio presentado.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

NO CUMPLE

5.2 El Numeral 2.2, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 requiere la recopilación y descripción de los antecedentes históricos de remoción en masa que se han presentado en el área de influencia del proyecto.

El estudio presentado por el Consultor informa que en el sitio y especialmente en los alrededores se han presentados varios procesos de remoción en masa, mencionando en forma particular los que tuvieron lugar durante la construcción del Tanque del Acueducto, incluyendo una falla planar de grandes proporciones. Se presenta una fotografía aérea donde se muestra la zona de proyecto y se resaltan igualmente procesos erosivos que se presentan relativamente cerca al sitio del Proyecto.

Aunque se mencionan y se muestran en la fotografía aérea una diversidad de procesos en los alrededores del predio y otros que tienen lugar en el mismo predio (caso caída de rocas o escarpes), no se realiza una conexión directa con estos y los que se podrían inducir o reactivar cuando se implanten las estructuras del proyecto.

CUMPLE PARCIALMENTE: Se deben precisar las fuentes de información donde específicamente se indica porque el sitio fue clasificado como de amenaza media. También se debería establecer una conexión más clara respecto de la probable inestabilidad inherente que se puede deducir de los reportes presentados en el informe.

5.3 El Numeral 2.3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 solicita la evaluación de procesos de inestabilidad que incluyan la identificación y descripción de procesos regionales y locales, junto con el análisis de factores que pueden incidir en el desencadenamiento de los mismos; adicionalmente, establece los requerimientos para la exploración geotécnica.

El estudio presentado por el Consultor indica que en el sitio se presentan pequeños focos de caídas de rocas o escarpes pero que la roca está en buenas condiciones en afloramientos masivos. Estos procesos no son evaluados mediante técnicas convencionales de estabilidad y simplemente se indica que el afloramiento masivo de las rocas manifiesta condición de estabilidad en estas laderas.

Con respecto a la exploración geotécnica, el informe reporta la realización de 7 perforaciones (sondeos y apiques); las perforaciones fueron realizadas con equipo roto–percutor elaborando al mismo tiempo el ensayo SPT. También se tomaron muestras

para ensayos de clasificación. Se presenta el perfil promedio para el predio en estudio y se incluyen en el anexo 2 el plano de localización de las perforaciones así como los perfiles obtenidos para cada una.

En el anexo 3 se incluyen resultados de algunos ensayos de laboratorio (dos cortes directos a 1.8 y 3.5 m de profundidad); vale la pena comentar que aunque las perforaciones fueron realizadas en abril de 2003, los ensayos de corte tienen fecha de octubre de 2005. Igualmente los resultados de ensayos de límites de consistencia y granulometría fueron realizados sobre muestras obtenidas en abril de 2003.

La exploración geotécnica se complementó mediante la ejecución de una exploración geofísica consistente en una línea sísmica (ver anexo 5) de 50 m aproximadamente que ayudó a determinar un perfil estratigráfico donde se destacan con relativa claridad cuatro capas de materiales, con velocidades de onda que en profundidad. varían entre 195 y 1742 $^{m}/_{s}$,

CUMPLE PARCIALMENTE: Se deben evaluar en forma adecuada los procesos actuales identificados en el terreno. Se debería aclarar por parte del Consultor la eventual inconsistencia presentada respecto de la divergencia entre fechas de ejecución de ensayos de una misma perforación.

5.4 El Numeral 2.4, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere la evaluación de la amenaza por procesos de movimientos en masa mediante la utilización de un método de análisis y cálculo de reconocida validez. Adicionalmente, los análisis de amenaza se deben hacer para las condiciones presentes a las que está y puede estar expuesto el proyecto durante su vida útil, y para la amenaza inducida por las obras (cortes, excavaciones, rellenos, sobrecargas y otros), durante y después de su ejecución, tanto en el área del proyecto como en el área de influencia.

El estudio presentado por el Consultor reporta los análisis de estabilidad para la condición actual, los cuales se realizaron a partir de la elaboración de tres cortes por las zonas más críticas que incluyen la ladera completa para el predio en estudio. En el anexo 6 se presenta la localización de los cortes A, B y C, y en el anexo 7 los análisis de estabilidad para cada uno de estos cortes y para la condición actual y con proyecto; la variabilidad de los parámetros de resistencia mecánica se determina mediante el cálculo aproximado de valores del ángulo de fricción interna de los materiales a partir de una correlación empírica con los datos de SPT tomados en campo.

Con el resultado de los análisis de estabilidad, y para dos tipos posibles de falla (rotacional y traslacional) el Consultor reporta que los FS varían entre 1.09 y 1.84 para la condición actual, ubicando la zona en categoría media de amenaza. Para la condición con proyecto se obtienen valores del FS entre 0.0 y 1.1, ubicando la zona en categoría alta a muy alta de amenaza. También se indica que el nivel freático podría implicar una condición crítica en caso de falla.

El Consultor presenta el mapa de amenaza para la condición actual (plano esquemático), considerando en forma visual solo dos zonas de amenaza, media para la mayor parte del predio y baja para el resto. También se reporta un plano de amenaza con la implantación de las obras, destacándose que la mayor parte del predio está en zona alta y media. Para el caso durante la construcción, el Consultor presenta un plano de amenaza baja para todo el predio, al igual que la amenaza con obras de mitigación.

CUMPLE PARCIALMENTE, sujeto a aclarar las observaciones 5.1, 5.2 y 5.3

5.5 El Numeral 2.5, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita el análisis de vulnerabilidad de todos los elementos del proyecto frente a la magnitud máxima probable de la amenaza. Este análisis debe hacerse para la condición actual, y la del proyecto una vez terminado para todo el término de la vida útil.

El estudio presentado por el Consultor revisa este aspecto, encontrando que los daños potenciales están asociados a desplazamientos laterales (con velocidad aproximada de 0.30 m/min (VM2)), empujes laterales (PL3), determinando un Índice Potencial de Daño I para empujes laterales de tierra y IV para desplazamientos laterales (Criterio de Delegation aux Risques Majeurs).

También se espera que el Índice de Vulnerabilidad Física indicaría pérdidas inferiores al 75% para desplazamientos laterales y de 5% para empujes laterales. Estos se consideran altos y por tanto inadmisibles; según lo anterior se clasifica el proyecto como altamente vulnerable para la condición con obras y sin mitigación alguna, la cual se reduce a baja al implementar éstas últimas.

CUMPLE PARCIALMENTE, condicionado a aclarar las observaciones 5.1, 5.2 y 5.3

5.6 El Numeral 2.6, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere de la explicación y descripción detallada de los criterios establecidos por el consultor en la

evaluación del riesgo, el cual debe ser presentado como una zonificación sobre una base cartográfica a escala 1:1000. Adicionalmente, el Numeral 2.8 solicita la presentación de la evaluación de riesgo incorporando el efecto de los beneficios de las medidas de mitigación propuestas.

El Consultor reporta la evaluación del riesgo planteando como hipótesis de trabajo un tipo de probabilidad de excedencia específico, arrojando para el caso con obras de mitigación una PF inferior al 10% reflejando un Índice de Riesgo IR de 2.5% para los desplazamientos laterales y de 0.5% para los empujes laterales, por tanto el riesgo se clasifica como BAJO. Se anexan los planos de riesgo para el predio con proyecto, clasificándolo como alto y medio en su mayor parte, durante la construcción como bajo y con obras de mitigación como bajo. Se entiende que esto es válido siempre y cuando las obras de mitigación se adelanten previamente a la construcción del proyecto.

CUMPLE PARCIALMENTE, condicionado a aclarar las observaciones 5.1, 5.2 y 5.3

5.7 El Numeral 2.7, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación, las cuales incluyen restricciones en el aprovechamiento y ocupación del área, obras de ingeniería, o las que el analista considere necesarias para lograr la reducción del riesgo.

El estudio presentado incluye la descripción de obras de mitigación del riesgo actual (drenaje para manejo de aguas de escorrentía, estructuras de contención tipo muros en concreto reforzado) incluyendo además la construcción de taludes a 45º con lo cual se mejoran todos los FS, pasando de 1.8 a 2.8 y a 3.8 con obras de mitigación (esto para el corte A). Se anexa el plano de obras de mitigación en el cual se observan los alineamientos de las cañuelas y de los muros de contención, con sus respectivos cortes esquemáticos y algunos análisis básicos para su posterior diseño estructural. También se presenta una hoja de cálculo del drenaje superficial.

CUMPLE PARCIALMENTE, condicionado a aclarar las observaciones 5.1, 5.2 y 5.3

5.8 El Numeral 3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, especifica los requisitos que deben tener los profesionales que evalúan los diferentes aspectos técnicos consignados en el estudio de amenaza por remoción en masa.

El informe presentado por el Consultor incluye las hojas de vida de los profesionales (Geólogo y Geotecnista) que participan en el estudio.

CUMPLE

5.9 El Artículo Tercero de la Resolución 364 de 2000, requiere que se anexe al estudio una carta de responsabilidad por parte del analista de riesgo, al igual que la debida firma de todos los planos por parte de los profesionales matriculados y facultados para tal fin.

El informe presentado por el Consultor incluye la carta de responsabilidad del Analista de Riesgos mas no del Geólogo.

CUMPLE PARCIALMENTE: Falta Carta de Responsabilidad del Geólogo.

5.10 Conclusiones y Recomendaciones

La Sociedad Colombiana de Geotecnia se permite conceptuar que el estudio particular de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para el proyecto urbanístico ARAGÓN NO CUMPLE TOTALMENTE con los requerimientos de la resolución 364 de 2000, por las consideraciones estipuladas en cada uno de los puntos anteriormente revisados.

De acuerdo con esto, se solicita al Consultor aclarar y complementar la caracterización geológica local versus el plano, al igual que la geomorfología; también se debe precisar mejor el efecto de la alta escorrentía e infiltración en los análisis de estabilidad y procesos erosivos y no solo como un nivel estático, complementar la evaluación de la cobertura del suelo y de los procesos actuales de inestabilidad y adjuntar la carta de responsabilidad del Geólogo.

Se recomienda completar el estudio según las indicaciones del presente concepto técnico y se aclaren los aspectos señalados en cada uno de los numerales que presentan incumplimiento o cumplimiento parcial, garantizando así que la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sea la adecuada, siguiendo lo establecido en la normatividad.

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en la Resolución 364 de 2000.

6. TERCERA REVISIÓN ACTUAL DEL ESTUDIO DE FECHA MARZO 24 DE 2006

6.1 El Numeral 2.1, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, establece los Estudios Básicos a ser incluidos en el estudio, los cuales se describen a continuación con las observaciones realizadas por la Sociedad Colombiana de Geotecnia:

a. Levantamiento geológico, utilizando una base cartográfica escala 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o con mayor detalle; la descripción geológica debe incluir información sobre la estratigrafía y la geología estructural.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geológico a escala 1:1000, donde se consignan en forma esquemática las formaciones y suelos presentes en el área de afectación del predio, destacándose la Formación Guaduas (Tg) y el Depósito Coluvial (Qcl) que cubre la mayor parte del área del lote. La caracterización y descripción geológica incluye información sobre Geología Regional (cerros plegados de la Cordillera Oriental – Formación Guaduas) indicando que los agentes geológicos han desarrollado depósitos de coluviones, caídas de bloques y flujos de tierra; la Geología Local (incluye la Formación Guaduas – K-Tg, los Suelos Residuales de la Formación Guaduas – Qsr/Tg, La Formación Sabana – Qs, los Depósitos Coluvio-aluviales – Qcl+al y los Depósitos Coluviales – Qcl) y la Geología estructural. Se incluyen fotografías que detallan el tipo de suelos y formaciones que predominan en el sector.

CUMPLE: El Plano Geológico se completó con la geología local, con los depósitos y la estratigrafía del sector, además de las curvas de nivel. El plano incluye la firma del profesional responsable.

b. Descripción Geomorfológica del sitio de estudio, que debe incluir una caracterización morfométrica, morfológica y morfodinámica.

El estudio presentado por el Consultor incluye un mapa geomorfológico general, compartido con el mapa geológico, donde se consignan en forma esquemática las áreas del lote y sus formas predominantes; se incluye una caracterización

morfodinámica y una zonificación morfológica describiendo con algún grado de detalle cada una de las dos zonas de materiales que predominan en el predio de estudio.

CUMPLE: El Plano Geomorfológico se complementó adecuadamente y se firmó por parte del profesional responsable.

c. **Clima, Hidrología, Hidráulica o Hidrogeología, los cuales deben incluir aspectos relacionados con histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes naturales y artificiales existentes, y características de las aguas subsuperficiales que puedan tener influencia en las condiciones de estabilidad del sitio del proyecto.**

El estudio presentado por el Consultor reporta aspectos asociados al clima e hidrología, entre otros: precipitación, evapotranspiración y humedad relativa, así como condiciones hidrogeológicas y el comportamiento de las aguas superficiales en la ladera residual y de infiltración en la ladera coluvial, las cuales aparentemente tienen poca influencia en la estabilidad general del sector. Los niveles freáticos son reportados a profundidades entre 2.8 y 3.0 m.

Se indica que no hay fuentes de inestabilidad por escorrentía superficial ni de carácter erosivo ni del tipo avenidas o crecientes súbitas, aún por eventuales represamientos de una quebrada presente en el sitio, la cual se dice ha sido adecuadamente manejada. Se menciona que hay recarga en la parte baja de la Formación Sabana por flujos de aguas subterráneas, pero esta condición no se tiene en cuenta en los análisis de estabilidad que posteriormente se reportan.

CUMPLE: Se precisa el efecto erosivo e inestabilizante de las aguas de escorrentía y subsuperficiales y se aclara como se consideraron en el momento de los análisis.

d. **Emplear la información sísmica requerida, con base en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, la cual fue reglamentada por medio del Decreto 074 de 2001.**

El estudio presentado por el Consultor reporta que el sitio corresponde a la zona 1B (Cerros de Suba) de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, con un nivel de aceleración máxima de 0.24 y nominal de 0.30. También indica que según el D.

33/98 (NSR – 98) el sitio corresponde a un perfil tipo S1 y A_a = 0.20.

CUMPLE

e. Realizar el levantamiento de la cobertura del suelo, descripción de la vegetación existente, teniendo en cuenta las unidades de vegetación (si aplica).

Este aspecto no se reporta en el estudio presentado.

CUMPLE: Se incluyó el aparte respectivo en el capítulo de suelo y vegetación dentro del Estudio (Capítulo 5, página 14). Se mencionan diferentes documentos que han emitido las autoridades ambientales y se destaca que actualmente en el predio se evidencia la presencia de árboles cuya conservación se planteó dentro del inventario forestal, por considerarse de importancia paisajística.

6.2 El Numeral 2.2, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 requiere la recopilación y descripción de los antecedentes históricos de remoción en masa que se han presentado en el área de influencia del proyecto.

El estudio presentado por el Consultor informa que en el sitio y especialmente en los alrededores se han presentados varios procesos de remoción en masa, mencionando en forma particular los que tuvieron lugar durante la construcción del Tanque del Acueducto, incluyendo una falla planar de grandes proporciones. Se presenta una fotografía aérea donde se muestra la zona de proyecto y se resaltan igualmente procesos erosivos que se presentan relativamente cerca al sitio del Proyecto.

Aunque se mencionan y se muestran en la fotografía aérea una diversidad de procesos en los alrededores del predio y otros que tienen lugar en el mismo predio (caso caída de rocas o escarpes), no se realiza una conexión directa con estos y los que se podrían inducir o reactivar cuando se implanten las estructuras del proyecto.

CUMPLE: El Consultor precisa las fuentes de información donde se indica porqué el sitio fue clasificado como de amenaza media. También presenta una disertación acerca de las posibles conexiones entre los procesos actuales y potenciales cuando se ejecuten las obras.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

6.3 El Numeral 2.3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000 solicita la evaluación de procesos de inestabilidad que incluyan la identificación y descripción de procesos regionales y locales, junto con el análisis de factores que pueden incidir en el desencadenamiento de los mismos; adicionalmente, establece los requerimientos para la exploración geotécnica.

El estudio presentado por el Consultor indica que en el sitio se presentan pequeños focos de caídas de rocas o escarpes pero que la roca está en buenas condiciones en afloramientos masivos. Estos procesos no son evaluados mediante técnicas convencionales de estabilidad y simplemente se indica que el afloramiento masivo de las rocas manifiesta condición de estabilidad en estas laderas.

Con respecto a la exploración geotécnica, el informe reporta la realización de 7 perforaciones (sondeos y apiques); las perforaciones fueron realizadas con equipo roto–percutor elaborando al mismo tiempo el ensayo SPT. También se tomaron muestras para ensayos de clasificación. Se presenta el perfil promedio para el predio en estudio y se incluyen en el anexo 2 el plano de localización de las perforaciones así como los perfiles obtenidos para cada una.

En el anexo 3 se incluyen resultados de algunos ensayos de laboratorio (dos cortes directos a 1.8 y 3.5 m de profundidad); vale la pena comentar que aunque las perforaciones fueron realizadas en abril de 2003, los ensayos de corte tienen fecha de octubre de 2005. Igualmente los resultados de ensayos de límites de consistencia y granulometría fueron realizados sobre muestras obtenidas en abril de 2003.

La exploración geotécnica se complementó mediante la ejecución de una exploración geofísica consistente en una línea sísmica (ver anexo 5) de 50 m aproximadamente que ayudó a determinar un perfil estratigráfico donde se destacan con relativa claridad cuatro capas de materiales, con velocidades de onda que en profundidad. varían entre 195 y 1742 $^{m}/_{s}$.

CUMPLE: Se incluyó en el informe el numeral 3.4 Análisis Cinemático en donde mediante el Programa DIPS® se representaron los planos de la principales discontinuidades y la pendiente media del talud en un estereograma de proyección equiangular, hemisferio inferior, obteniendo como resultado que no se presentan procesos de falla en cuña, falla planar o falla por volteo.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

6.4 El Numeral 2.4, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere la evaluación de la amenaza por procesos de movimientos en masa mediante la utilización de un método de análisis y cálculo de reconocida validez. Adicionalmente, los análisis de amenaza se deben hacer para las condiciones presentes a las que está y puede estar expuesto el proyecto durante su vida útil, y para la amenaza inducida por las obras (cortes, excavaciones, rellenos, sobrecargas y otros), durante y después de su ejecución, tanto en el área del proyecto como en el área de influencia.

El estudio presentado por el Consultor reporta los análisis de estabilidad para la condición actual, los cuales se realizaron a partir de la elaboración de tres cortes por las zonas más críticas que incluyen la ladera completa para el predio en estudio. En el anexo 6 se presenta la localización de los cortes A, B y C, y en el anexo 7 los análisis de estabilidad para cada uno de estos cortes y para la condición actual y con proyecto; la variabilidad de los parámetros de resistencia mecánica se determina mediante el cálculo aproximado de valores del ángulo de fricción interna de los materiales a partir de una correlación empírica con los datos de SPT tomados en campo.

Con el resultado de los análisis de estabilidad, y para dos tipos posibles de falla (rotacional y traslacional) el Consultor reporta que los FS varían entre 1.09 y 1.84 para la condición actual, ubicando la zona en categoría media de amenaza. Para la condición con proyecto se obtienen valores del FS entre 0.0 y 1.1, ubicando la zona en categoría alta a muy alta de amenaza. También se indica que el nivel freático podría implicar una condición crítica en caso de falla.

El Consultor presenta el mapa de amenaza para la condición actual (plano esquemático), considerando en forma visual solo dos zonas de amenaza, media para la mayor parte del predio y baja para el resto. También se reporta un plano de amenaza con la implantación de las obras, destacándose que la mayor parte del predio está en zona alta y media. Para el caso durante la construcción, el Consultor presenta un plano de amenaza baja para todo el predio, al igual que la amenaza con obras de mitigación.

CUMPLE: En consonancia con las observaciones 6.1, 6.2 y 6.3

6.5 El Numeral 2.5, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita el análisis de vulnerabilidad de todos los elementos del proyecto frente a la magnitud máxima probable de la amenaza. Este análisis debe hacerse para la condición actual, y la del proyecto una vez terminado para todo el término de la vida útil.

El estudio presentado por el Consultor revisa este aspecto, encontrando que los daños potenciales están asociados a desplazamientos laterales (con velocidad aproximada de 0.30 m/min (VM2)), empujes laterales (PL3), determinando un Índice Potencial de Daño I para empujes laterales de tierra y IV para desplazamientos laterales (Criterio de Delegation aux Risques Majeurs).

También se espera que el Índice de Vulnerabilidad Física indicará pérdidas inferiores al 75% para desplazamientos laterales y de 5% para empujes laterales. Estos se consideran altos y por tanto inadmisibles; según lo anterior se clasifica el proyecto como altamente vulnerable para la condición con obras y sin mitigación alguna, la cual se reduce a baja al implementar éstas últimas.

CUMPLE: En consonancia con las observaciones 6.1, 6.2 y 6.3

6.6 El Numeral 2.6, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, requiere de la explicación y descripción detallada de los criterios establecidos por el consultor en la evaluación del riesgo, el cual debe ser presentado como una zonificación sobre una base cartográfica a escala 1:1000. Adicionalmente, el Numeral 2.8 solicita la presentación de la evaluación de riesgo incorporando el efecto de los beneficios de las medidas de mitigación propuestas.

El Consultor reporta la evaluación del riesgo y plantea como hipótesis de trabajo un tipo de probabilidad de excedencia específico, el cual arrojó para el caso con obras de mitigación una PF inferior al 10% reflejando un Índice de Riesgo IR de 2.5% para los desplazamientos laterales y de 0.5% para los empujes laterales, por tanto el riesgo se clasifica como BAJO. Se anexan los planos de riesgo para el predio con proyecto, clasificándolo como alto y medio en su mayor parte, durante la construcción como bajo y con obras de mitigación como bajo. Se entiende que esto es válido siempre y cuando las obras de mitigación se adelanten previamente a la construcción del proyecto.

CUMPLE: En consonancia con las observaciones 6.1, 6.2 y 6.3

6.7 El Numeral 2.7, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, solicita las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación, las cuales incluyen restricciones en el aprovechamiento y ocupación

del área, obras de ingeniería, o las que el analista considere necesarias para lograr la reducción del riesgo.

El estudio presentado incluye la descripción de obras de mitigación del riesgo actual (drenaje para manejo de aguas de escorrentía, estructuras de contención tipo muros en concreto reforzado) incluyendo además la construcción de taludes a 45° con lo cual se mejoran todos los FS, pasando de 1.8 a 2.8 y a 3.8 con obras de mitigación (esto para el corte A). Se anexa el plano de obras de mitigación en el cual se observan los alineamientos de las cañuelas y de los muros de contención, con sus respectivos cortes esquemáticos y algunos análisis básicos para su posterior diseño estructural. También se presenta una hoja de cálculo del drenaje superficial.

CUMPLE: En consonancia con las observaciones 6.1, 6.2 y 6.3

6.8 **El Numeral 3, Artículo 2 de la Resolución 364 de 2000, especifica los requisitos que deben tener los profesionales que evalúan los diferentes aspectos técnicos consignados en el estudio de amenaza por remoción en masa.**

El informe presentado por el Consultor incluye las hojas de vida de los profesionales (Geólogo y Geotecnista) que participan en el estudio.

CUMPLE

6.9 El Artículo Tercero de la Resolución 364 de 2000, requiere que se anexe al estudio una carta de responsabilidad por parte del analista de riesgo, al igual que la debida firma de todos los planos por parte de los profesionales matriculados y facultados para tal fin.

El informe presentado por el Consultor incluye la carta de responsabilidad del Analista de Riesgos mas no del Geólogo.

CUMPLE: Se anexa Carta de Responsabilidad del Geólogo.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Sociedad Colombiana de Geotecnia se permite conceptuar que el estudio particular de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para el proyecto urbanístico ***ARAGÓN,*** *en su tercera versión* ***CUMPLE*** *con los requerimientos de la resolución 364 de 2000, por las consideraciones estipuladas en cada uno de los puntos anteriormente revisados.*

De acuerdo con esto, se recomienda a la DPAE emitir concepto ***FAVORABLE*** *sobre el estudio de la referencia.*

Revisó y Aprobó:

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

Revisó:	VoBo:
ING. OSCAR IVAN CHAPARRO FAJARDO Grupo de Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	**ING. DIANA AREVALO SANCHEZ** Jefe Estudios Técnicos y Conceptos Area de Investigación y Desarrollo DPAE

Aprobó:

ING. GUILLERMO AVILA ALVAREZ
Coordinador de Investigación y Desarrollo
DPAE