ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de prevención y
Atención a Emergencias

CLASIFICADO

ESTUDIO DE RIESGOS SOCIO-NATURALES Y ANTRÓPICO NO INTENCIONAL Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA EL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA DE LA LOCALIDAD DE SANTA FE, EN BOGOTÁ D.C.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Diagonal 47 Nº 77B-09 Interior 11

PBX: 4297414

Bogotá D.C., Colombia

GIA - 063- 10

CONTRATO No. Cons. 448 - 2010

INFORME FINAL

PARTE 1 (pp. 1 – 200) DE 6 PARTES

ORIGINAL - TEXTO

ABRIL DE 2011

De acuerdo con el artículo 20 de la Ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE.

INGERCIVIL LTDA

CONSORCIO GIA - INGERCIVIL

Carrera 16 A No. 86 A – 02 Of. 202

Bogotá D.C., Colombia

GIA CONSULTORES LTDA

FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
FOPAE

TÍTULO Y SUBTITULO: ESTUDIO DE RIESGOS SOCIO-NATURALES Y ANTRÓPICO NO INTENCIONAL Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA EL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA DE LA LOCALIDAD DE SANTA FE, EN BOGOTÁ D.C.

AUTOR: CONSORCIO GIA - INGERCIVIL

RESUMEN:

El desordenado y complejo crecimiento de Bogotá, rector del sur del distrito capital, se acentúa en el barrio Santa Rosa de Lima, inmerso en jurisdicción de la localidad de Santa Fe. Las laderas, antaño retrabajadas por chircales y frentes de explotación, son testigos mudos del errático desarrollo urbanístico carente de planificación, matizado por vías vehiculares sinuosas y de alta pendiente, y peatonales prolongados y por espacios laberínticos, descifrados en escaleras, entre las que se abren paso no sólo los procesos de inestabilidad sino las edificaciones irregulares en madera o concreto, de entre uno y cuatro pisos. Construcciones que dejan en evidencia su limitada funcionalidad (i.e su marcada vulnerabilidad funcional). El barrio nace en el año 1962, gracias a la ocupación ilegal que 40 familias hacen con sus humildes viviendas de paroy; y crece, rápidamente, hasta llegar hoy día a cerca de 4.000 personas (UNMG, 2007, citando a la JAC, 2006), asentadas entre la calle 1C Bis y la calle 2A Bis, y desde la carrera 8 Este hasta la carrera 5 Este; 5.77 Ha., y en coexistencia con múltiples y progresivos trastornos sociales. Males personificados, entre otros, por la violencia, la delincuencia común, la desatención institucional, la vulnerabilidad sísmica, las quemas, la pobreza (en parte artífice de la forma y sistema estructural de los inmuebles) y las amenazas biológicas.

La inaplazable necesidad de conocer y diagnosticar los fenómenos amenazantes y de mitigar sus consecuencias (o impactos), y la búsqueda de una ciudad más justa, segura e igualitaria, o tal vez menos inequitativa (como parte del marco de reducción de la vulnerabilidad social), motivaron a El FOPAE, a través de su designado el Consorcio Gia-Ingercivil, para adelantar el estudio de riesgos socio naturales y antrópicos no intencionales. Tarea forjada gracias a la recopilación y el procesamiento de la información social y técnica; a la diagramación del panorama de los procesos catastróficos y la selección de los más relevantes; a la evaluación de las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos, no sólo desde la perspectiva de los eventos atribuibles a fenómenos de naturales, sino involucrando los panoramas en que el hombre, y las instituciones distritales son activos participantes, accionando sobre los niveles: epidemiológicos que tienen efecto sobre la población, de seguridad, de asistencia institucional ante eventos de emergencia como incendios, fallas eléctricas, fugas de gas, rotura de redes de acueducto y alcantarillado, y de cobertura de servicios públicos, entre otros. Este estudio busca, pues, definir el mejor plan de acción aplicable a Santa Rosa deLima.

PALABRAS CLAVES:
Evaluación de amenaza socio natural y antrópica no intencional, Análisis de vulnerabilidad, Evento amenazante, Amenaza, Amenaza funcional, Amenaza por sismo, Amenaza por FRM, Remoción en masa, Colapso.

TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE:
Evaluación de amenaza socio natural y antrópica no intencional, Análisis de vulnerabilidad y riesgo.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD: Clasificado	**CONTRATO:** No. Cons-448 DE 2010	**IDIOMA:** Español	**NÚMERO DE PÁGINAS**: 1187	**NÚMERO DE COPIAS**: 3

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO 23
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS 27
INFORME EJECUTIVO 29
1 CAPÍTULO 1 - GENERALIDADES 37
1.1 INTRODUCCIÓN 37
1.2 LOCALIZACIÓN 38
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 38
1.4 ANTECEDENTES 40
1.5 ALCANCES 40
1.6 LIMITACIONES 40
1.7 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES 41
1.7.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 41
1.7.1.1 INFORMACIÓN ESPECÍFICA 41
1.7.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA 43
1.7.2.1 BIBLIOGRAFÍA 43
1.7.3 VISITA DE RECONOCIMIENTO 45
1.7.4 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE Y TEMÁTICA 46
1.7.4.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 46
1.7.4.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS 46
1.7.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO BÁSICO 46
1.7.5.1 INVENTARIO DE PROCESOS DE INESTABILIDAD 46
1.7.5.2 PROGRAMACIÓN DE EXPLORACIÓN DE SUBSUELO 46
1.7.6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO 47
1.7.6.1 MODELO GEOTÉCNICO 47
1.7.6.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 47
1.7.6.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 47

1.7.7 FENÓMENOS SOCIO-NATURALES 47
1.7.8 FENÓMENOS ANTRÓPICOS NO INTENCIONALES: TECNOLÓGICOS, FUNCIONALES Y EN EDIFICACIONES 48
1.7.9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO 49
1.7.10 EVALUACIÓN DE MITIGABILIDAD 49
1.7.11 ORGANIZACIÓN DEL INFORME 50
2 CAPÍTULO 2 - DIAGNÓSTICO 53
2.1 INTRODUCCIÓN 53
2.1.1 MARCO DE REFERENCIA: CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA Y SOCIO-ECONÓMICA 53
2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS 56
2.1.3 DIAGNÓSTICO: CONCEPTUALIZACIÓN PRELIMINAR DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO 58
3 CAPÍTULO 3 - TOPOGRAFÍA 61
3.1 ALCANCE 61
3.2 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN 61
3.2.1 TRABAJO DE CAMPO 61
3.2.2 LOCALIZACIÓN CARTOGRÁFICA 62
3.2.3 AMARRE DE COORDENADAS 62
3.2.4 POLIGONAL DE CIERRE 64
3.2.5 AJUSTES DEL LEVANTAMIENTO 65
3.2.6 AMOJONAMIENTO DE REFERENCIA 66
3.2.7 CONDENSACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO 66
3.2.8 TRABAJO DE OFICINA 66
3.3 EQUIPO 67
4 CAPÍTULO 4 – GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 69
4.1 MÉTODO DE TRABAJO 69
4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 70
4.3 GEOLOGÍA GENERAL 74
4.3.1 ESTRATIGRAFÍA 74

4.3.1.1 CRETÁCICO 75
4.3.1.2 CRETÁCEO - TERCIARIO 76
4.3.1.3 TERCIARIO 77
4.3.1.4 CUATERNARIO 79
4.3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 81
4.4 GEOLOGÍA LOCAL 82
4.4.1 ESTRATIGRAFÍA 82
4.4.1.1 UNIDADES DE SUELO 82
4.4.1.2 UNIDADES DE ROCA 85
4.4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 87
4.4.2.1 DISCONTINUIDADES 87
4.4.2.2 ZONAS DE FALLA 88
4.4.2.3 LINEAMIENTOS FOTOGEOLÓGICOS 89
4.5 GEOMORFOLOGÍA LOCAL 89
4.5.1 MORFOESTRUCTURAL (FORMAS) 89
4.5.1.1 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN LODOLITAS (CEI-LL) 89
4.5.1.2 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN ARENISCAS (CEI-LA) 90
4.5.1.3 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - LADERA EN SUELOS RESIDUALES LODOSOS (CEI-LSRL) 90
4.5.1.4 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - EXPLANACIÓN EN SUELOS RESIDUALES PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (CEI-ESRDU) 90
4.5.1.5 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - EXPLANACIÓN EN RELLENOS ANTRÓPICOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (CEI-ERADU) 90
4.5.1.6 CONTRAPENDIENTE ESTRUTURAL INTERVENIDA - TALUDES DE RELLENO ANTRÓPICO TRASLOCADO (CEI-TRAT) 90
4.5.1.7 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN ARENISCAS (LEI-LA) 91
4.5.1.8 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – LADERAS EN SUELO RESIDUAL ARENOSO (LEI-LSRA) 91
4.5.1.9 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – LADERAS EN SUELO RESIDUAL LODOSO (LEI-LSRL) 91
4.5.1.10 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN ARENISCA PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-EADU) 92
4.5.1.11 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN SUELOS RESIDUALES ARENOSOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-ESRDU) 93

4.5.1.12 ZONAS DE BRECHA DE FALLA PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (EBFDU) 93
4.5.1.13 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN RELLENOS ANTRÓPICOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-ERADU) 93
4.5.1.14 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – TALUDES EN RELLENOS ANTRÓPICOS TRASLOCADOS (LEI-TRAT) 94
4.5.2 PROCESOS MORFODINÁMICOS 94
4.5.2.1 METEORIZACIÓN 95
4.5.2.2 PROCESOS DE EROSIÓN 95
4.5.2.3 PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM) 96
4.6 ANTECEDENTES DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA 97
4.6.1 AÑO 1943 (VUELO IGAC C-337 FOTOGRAFÍAS 736-740) 98
4.6.2 AÑO 1972 (VUELO IGAC C-1402 FOTOGRAFÍAS 062-064) 99
4.6.3 AÑO 1990 (VUELO IGAC R-1131 FOTOGRAFÍAS 635-639) 100
4.6.4 AÑO 2001 (FOTO SATELITAL GOOGLE EARTH) 100
4.6.5 AÑO 2010 (FOTO SATELITAL GOOGLE EARTH) 100
4.7 HIDROGEOLOGÍA 106
4.7.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS 106
4.7.2 RELEVAMIENTO DE PUNTOS DE AGUA 106
4.7.3 MOVIMIENTO DEL AGUA 106
4.8 AMENAZA SÍSMICA 107
4.8.1 FUENTES SISMOGÉNICAS 107
4.8.2 CUALIFICACIÓN DE AMENAZA LOCAL 108
4.8.3 RESPUESTA DINÁMICA DEL SUELO 109
5 CAPÍTULO 5 – ESTUDIO GEOTÉCNICO 115
5.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 115
5.1.1 MÉTODO DE TRABAJO 115
5.1.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 116
5.1.2.1 MÉTODOS DIRECTOS 116
5.1.2.2 MÉTODOS INDIRECTOS: REFRACCIÓN SÍSMICA 119
5.1.2.3 ENSAYOS DE CAMPO 121

5.1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 127
5.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA 129
5.2.1 SUELOS 129
5.2.1.1 MATERIALES 1 Y 2: RELLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS (QARM) Y DE BASURAS (QARB) 129
5.2.1.2 MATERIAL 3: DEPÓSITOS COLUVIALES (QCO) 133
5.2.1.3 MATERIAL 4: SUELOS RESIDUALES DE LAS LODOLITAS DE LA FORMACIÓN CACHO (QTPC-SR-L) 134
5.2.1.4 MATERIAL 5: SUELOS RESIDUALES DE LAS ARENISCAS DE LA FORMACIÓN CACHO (QTPC-SR-A) 134
5.2.2 MACIZO ROCOSO 135
5.2.2.1 MATERIAL ROCOSO 135
5.2.2.1.1 Material 6: Lodolitas de la Formación Cacho (Tpc-L) 135
5.2.2.1.2 Material 7: Areniscas de la Formación Cacho (Tpc-A1 y Tpc-A2) 136
5.2.2.1.3 Material 8: Formación Guaduas (Ktg) 137
5.2.2.2 DISCONTINUIDADES 138
5.2.2.3 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 140
5.2.2.4 PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL MACIZO ROCOSO 140
5.3 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 141
6 CAPÍTULO 6 - HIDROCLIMATOLOGÍA, COBERTURA Y USOS DEL SUELO 147
6.1 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA Y CLIMATOLÓGICA 147
6.1.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN 147
6.1.1.1 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN 147
6.1.2 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA 148
6.1.2.1 PRECIPITACIÓN 148
6.1.2.2 BRILLO SOLAR 148
6.1.2.3 HUMEDAD RELATIVA 149
6.1.2.4 EVAPORACIÓN 150
6.1.2.5 BALANCE HÍDRICO 151
6.1.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA 152
6.1.3.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN 152
6.1.4 CONDICIONES ARTIFICIALES DEL DRENAJE 155
6.1.5 RELACIÓN LLUVIA – DESLIZAMIENTO 156
6.2 COBERTURA Y USOS DEL SUELO 157

6.2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO 157
6.2.2 CLASIFICACIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO 157
7 CAPÍTULO 7 - EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL 162
7.1 EVENTOS SÍSMICOS 162
7.1.1 FUENTES SISMOGÉNICAS 163
7.1.2 CUALIFICACIÓN DE LA AMENAZA LOCAL 164
7.1.3 RESPUESTA SÍSMICA: EFECTO LOCAL 165
7.2 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 170
7.2.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO 170
7.2.2 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE ESTABILIDAD 171
7.2.2.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA 175
7.2.2.2 MECANISMOS DE FALLA 180
7.2.2.3 EVENTOS DETONANTES 182
7.2.2.3.1 Agua 182
7.2.2.3.2 Sismo 185
7.2.2.4 MODELACIÓN DE ESTABILIDAD 185
7.2.3 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA 186
7.2.3.1 CONSIDERACIONES 186
7.2.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS 186
7.2.3.3 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA 189
7.3 FENÓMENOS BIOLÓGICOS 191
7.3.1 LÍNEA BASE 192
7.3.1.1 ESTRATEGIA VIVIENDA SALUDABLE 193
7.3.1.2 EVENTOS TRANSMISIBLES DE ORIGEN ZOONÓTICO 199
7.3.1.3 ALIMENTOS SANOS Y SEGUROS 204
7.3.1.4 CALIDAD DEL AIRE 205
7.3.1.5 AGUA POTABLE Y AGUA RESIDUAL 207
7.3.1.6 RECURSO SUELO 208
7.3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS 208
7.3.2.1 INSALUBRIDAD AMBIENTAL 208
7.3.2.2 EPIDEMIAS 211

7.3.3 EVALUACIÓN DE AMENAZA 213
7.3.3.1 INSALUBRIDAD AMBIENTAL 213
7.3.3.2 EPIDEMIAS 218
7.3.4 RECOMENDACIONES 227
8 CAPÍTULO 8 - EVALUACIÓN DE AMENAZA - ANTRÓPICO NO INTENCIONAL 230
8.1 AMENAZA TECNOLÓGICA 230
8.1.1 MODELO DE RELACIÓN ESCAPE – EVENTO DETONANTE 231
8.1.1.1 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y MODOS DE FALLA 231
8.1.1.2 SELECCIÓN DE CAUSAS 232
8.1.1.3 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS INICIANTES (FENÓMENOS POTENCIALMENTE DAÑINOS) 237
8.1.1.4 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS AMENAZANTES 237
8.1.1.5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA 238
8.2 AMENAZA FUNCIONAL 240
8.3 AMENAZA POR COLAPSO DE EDIFICACIONES 241
8.3.1 ANÁLISIS FRECUENTISTA 242
9 CAPÍTULO 9 - VULNERABILIDAD Y RIESGO - SOCIO-NATURAL 250
9.1 INFORMACIÓN PRIMARIA 250
9.2 VULNERABILIDAD FÍSICA POR SISMO 251
9.2.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN 251
9.2.1.1 PARÁMETROS DE VALORACIÓN 252
9.2.1.1.1 Parámetros de Mayor Influencia en la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones de Mampostería 254
9.2.1.1.1.1 Índice de Vulnerabilidad Sísmica: Edificaciones en Mampostería 260
9.2.1.1.2 Parámetros de Mayor Influencia en la Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en Hormigón Reforzado 260
9.2.1.1.2.1 Calificación de Vulnerabilidad Sísmica para las Edificaciones en Hormigón Reforzado 268
9.2.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR SISMO 268
9.3 VULNERABILIDAD FÍSICA POR FRM 270
9.3.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN 270
9.3.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 273
9.3.2.1 DEFINICIÓN DEL TIPO DE SOLICITUD 273

9.3.2.2 CUALIFICACIÓN DE DAÑOS 273
9.3.2.3 ÁREA DE AFECTACIÓN 274
9.3.2.4 TASA DE DAÑO 275
9.3.2.5 COSTO DE DAÑOS O COSTO DE FALLA 275
9.3.2.6 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA: IVF 275
9.3.3 ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD 277
9.4 VULNERABILIDAD AMBIENTAL 277
9.5 RIESGO 278
9.5.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN 278
9.5.2 RIESGO POR SISMO 279
9.5.3 RIESGO POR FRM 279
9.5.4 RIESGO BIOLÓGICO 280
9.5.4.1 RIESGO POR INSALUBRIDAD AMBIENTAL 280
9.5.4.2 RIESGO POR EPIDEMIAS 280
10 CAPÍTULO 10 - VULNERABILIDAD Y RIESGO - ANTRÓPICO NO INTENCIONAL 283
10.1 VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA 283
10.2 VULNERABILIDAD FÍSICA POR COLAPSO DE EDIFICACIONES 291
10.3 VULNERABILIDAD FUNCIONAL 293
10.3.1 CRITERIOS DE VALORACIÓN 294
10.3.2 VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL 294
10.4 RIESGO 295
10.4.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN 295
10.4.2 EVENTOS TECNOLÓGICOS 296
10.4.3 COLAPSO EN EDIFICACIONES 297
10.4.4 FUNCIONAL 298
11 CAPÍTULO 11 - VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIAL Y ECONÓMICO 300
11.1 VULNERABILIDAD SOCIAL 300
11.1.1 GRUPOS ETÁREOS 300
11.1.2 COBERTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS 302

11.1.3 BIENES Y SERVICIOS 302
11.2 VULNERABILIDAD ECONÓMICA 304
11.2.1 CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS POBLADORES 305
11.2.2 RECUPERACIÓN ECONÓMICA 306
12 CAPÍTULO 12 – PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 309
12.1 INTRODUCCIÓN 309
12.2 MARCO NORMATIVO 310
12.3 ALTERNATIVAS 313
12.3.1 SISMOS 313
12.3.2 REMOCIÓN EN MASA 316
12.3.3 COLAPSO 317
12.3.4 BIOLÓGICOS: EPIDEMIAS E INSALUBRIDAD 317
12.3.5 TECNOLÓGICOS 324
12.3.6 FUNCIONAL 324
12.4 RIESGO FUTURO: AMENAZA Y VULNERABILIDAD CON OBRAS 324
12.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS: SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA Y PLAN DE ACCIÓN 326
12.5.1 CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO INTEGRAL 334
12.5.2 ANÁLISIS DEL ESCENARIO INTEGRAL ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.5.3 COSTOS ASOCIADOS AL PLAN DE ACCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.5.4 PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA 337

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 VÉRTICES DEL TERRENO 39
TABLA 1.2 CONTENIDO 50
TABLA 1.3 ANEXOS 51
TABLA 1.4 PLANOS 51
TABLA 3.1 POLÍGONO DEL ÁREA DE ESTUDIO 63

TABLA 3.2 MOJONES MATERIALIZADOS EN CAMPO 66
TABLA 3.3 RELACIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS POR COMISIÓN 67
TABLA 4.1 POLÍGONO DEL ÁREA DE ESTUDIO 74
TABLA 4.2 VUELOS E IMÁGENES FOTOINTERPRETADAS 75
TABLA 4.3 DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS 107
TABLA 4.4 FUENTES SISMOGÉNICAS PARA AMENAZA SÍSMICA EN BOGOTÁ Y SU ZONA RURAL 108
TABLA 4.5 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO (MEDVEDEV, 1965) 110
TABLA 4.6 ACELERACIONES MÁXIMAS EN SUPERFICIE Y DE DISEÑO 111
TABLA 5.1 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE EXPLORACIÓN DIRECTA DEL SUBSUELO 118
TABLA 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES ESTRATIGRÁFICOS 119
TABLA 5.3 EXPRESIONES PARA CORRELACIONAR EL ÁNGULO DE FRICCIÓN CON EL NSPT 122
TABLA 5.4 RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD RELATIVA Y LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN 122
TABLA 5.5 RELACIÓN ENTRE LA CONSISTENCIA Y LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN 122
TABLA 5.6 RESUMEN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN CONDICIÓN DRENADA A PARTIR DEL SPT 123
TABLA 5.7 NORMALIZACIÓN DEL SPT 126
TABLA 5.8 RELACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO BARRIO SANTA ROSA DE LIMA 127
TABLA 5.9 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO 130
TABLA 5.10 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO (CONTINUACIÓN) 131
TABLA 5.11 CARGAS PUNTUALES 132
TABLA 5.12 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS MATERIALES 1 Y 2: QARM 133
TABLA 5.13 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 4: QTPC-SR-L 134
TABLA 5.14 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 5: QTPC-SR-A 135
TABLA 5.15 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 6: TPC-L 136
TABLA 5.16 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 7: TPC-A 137
TABLA 5.17 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO 140
TABLA 5.18 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 141
TABLA 5.19 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO 142
TABLA 5.20 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO (CONTINUACIÓN) 143
TABLA 6.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL 148

TABLA 6.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL BRILLO SOLAR MEDIO MENSUAL 149
TABLA 6.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL 150
TABLA 6.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL 151
TABLA 6.5 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL 152
TABLA 6.6 SERIE ANUAL DE PRECIPITACIÓN MENSUAL EN 24 HORAS 153
TABLA 6.7 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO 153
TABLA 6.8 PRECIPITACIÓN – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO 154
TABLA 6.9 INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO 155
TABLA 6.10 LEYENDA Y CLASIFICACIÓN DE USO Y COBERTURA DE LA TIERRA 160
TABLA 7.1 FUENTES SISMOGÉNICAS PARA AMENAZA SÍSMICA EN BOGOTÁ Y SU ZONA RURAL 164
TABLA 7.2 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO (MEDVEDEV, 1965) 166
TABLA 7.3 ACELERACIONES MÁXIMAS EN SUPERFICIE Y DE DISEÑO 169
TABLA 7.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS TALUDES - ESTADO ACTUAL 172
TABLA 7.5 RESUMEN DEL ANÁLISIS CINEMÁTICO 173
TABLA 7.6 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES 179
TABLA 7.7 INTERVALOS DE DOMINIO DEDUCIDOS DE LA FUENTE PRIMARIA (SPT Y ENSAYOS DE LABORATORIO) 180
TABLA 7.8 PROBABILIDADES DE AGENTES EXÓGENOS 185
TABLA 7.9 FACTORES DE SEGURIDAD 187
TABLA 7.10 PROBABILIDADES DE FALLA 188
TABLA 7.11 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA (ADAPTADO DE GONZÁLEZ Y MILLÁN, 1999) 191
TABLA 7.12 REPORTE ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ESTACIÓN MÓVIL 206
TABLA 7.13 REPORTE ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ESTACIÓN SAGRADO CORAZÓN 206
TABLA 7.14 INDICADORES FRENTE AL AUMENTO DE PM10 207
TABLA 7.15 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN - E_G 215
TABLA 7.16 INTERVALO DE LA CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN 215
TABLA 7.17 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN 216
TABLA 7.18 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR DISPOSICIÓN PARA EL EVENTO PARO - E_{DR} 217
TABLA 7.19 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR DISPOSICIÓN PARA EL EVENTO SISMO - EDR 218

TABLA 7.20 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO (P_I) 218
TABLA 7.21 POBLACIÓN POR GRUPO ETARIO AÑO 2009 219
TABLA 7.22 MENORES DE 5 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009 220
TABLA 7.23 EVALUACIÓN ANALÍTICA MENORES DE 5 AÑOS 220
TABLA 7.24 MENORES ENTRE LOS 5 Y LOS 14 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009 222
TABLA 7.25 EVALUACIÓN ANALÍTICA MENORES ENTRE LOS 5 Y LOS 14 AÑOS 222
TABLA 7.26 HABITANTES ENTRE LOS 15 Y LOS 59 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009 223
TABLA 7.27 EVALUACIÓN ANALÍTICA HABITANTES ENTRE LOS 15 Y LOS 59 AÑOS 224
TABLA 7.28 HABITANTES MAYORES A LOS 60 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009 225
TABLA 7.29 EVALUACIÓN ANALÍTICA HABITANTES MAYORES A LOS 60 AÑOS 226
TABLA 8.1 CALIFICACIÓN DE CAUSAS 233
TABLA 8.2 CALIFICACIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN) 234
TABLA 8.3 SELECCIÓN DE CAUSAS 234
TABLA 8.4 SELECCIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN) 235
TABLA 8.5 SELECCIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN) 236
TABLA 8.6 EVENTO AMENAZANTE EN LAS LÍNEAS DE GAS 238
TABLA 8.7 FRECUENCIAS DE ESCAPE POR ELEMENTOS 239
TABLA 8.8 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS AMENAZANTES EN LA BATERÍA 239
TABLA 8.9 CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA 239
TABLA 8.10 PROBABILIDAD DEL EVENTO A 50 AÑOS – ESCENARIO 1 243
TABLA 8.11 PROBABILIDAD DEL EVENTO A 50 AÑOS – ESCENARIO 2 244
TABLA 8.12 F1 EDAD DE LA EDIFICACIÓN 245
TABLA 8.13 F2 DAÑO EN LA CONSTRUCCIÓN 246
TABLA 8.14 F3 CONDICIÓN ESTRUCTURAL 246
TABLA 8.15 F4 NÚMERO DE PISOS 247
TABLA 8.16 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA 247
TABLA 8.14 EVALUACIÓN DE AMENAZA PARA CADA VIVIENDA 248
TABLA 9.1 TIPOS DE SISTEMA ESTRUCTURAL 253
TABLA 9.2 PARÁMETRO 1. SISTEMA ESTRUCTURAL 254

TABLA 9.3 PARÁMETRO 2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE 255
TABLA 9.4 PARÁMETRO 3. RESISTENCIA ESTRUCTURAL 256
TABLA 9.5 PARÁMETRO 4 POSICIÓN DE LA CIMENTACIÓN 256
TABLA 9.6 PARÁMETRO 5 SUELO Y PENDIENTE DEL TERRENO 257
TABLA 9.7 DIAFRAGMAS HORIZONTALES 257
TABLA 9.8 CONFIGURACIÓN EN PLANTA 258
TABLA 9.9 CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN 258
TABLA 9.10 DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS CARGUEROS 259
TABLA 9.11 TIPO DE CUBIERTA 259
TABLA 9.12 ESTADO DE CONSERVACIÓN 260
TABLA 9.13 CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD- EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA 260
TABLA 9.14 SISTEMA ESTRUCTURAL 261
TABLA 9.15 AÑO DE CONSTRUCCIÓN 261
TABLA 9.16 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE 262
TABLA 9.17 RESISTENCIA CONVENCIONAL 263
TABLA 9.18 POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN Y LA CIMENTACIÓN 263
TABLA 9.19 SUELO Y PENDIENTE 264
TABLA 9.20 DIAFRAGMA DE PISO 264
TABLA 9.21 CONFIGURACIONES EN PLANTA 265
TABLA 9.22 CONFIGURACIÓN EN ALTURA 265
TABLA 9.23 CONEXIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 266
TABLA 9.24 PRESENCIA DE COLUMNAS CORTAS 266
TABLA 9.25 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES 267
TABLA 9.26 ESTADO DE CONSERVACIÓN 267
TABLA 9.27 EDIFICACIONES ADYACENTES 267
TABLA 9.28 CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD – HORMIGÓN REFORZADO 268
TABLA 9.29. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD 268
TABLA 9.30 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA – SISMO 269
TABLA 9.31 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LA EDIFICACIÓN 271

TABLA 9.32 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: SISTEMA ESTRUCTURAL 271
TABLA 9.33 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN 272
TABLA 9.34 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: PARTES ESTRUCTURALES 272
TABLA 9.35 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: SISTEMA DE CIMENTACIÓN 272
TABLA 9.36 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: DAÑO EN LA CONSTRUCCIÓN (TOMADO Y ADAPTADO DE DAY, 1999) 273
TABLA 9.37 MATRIZ DE INTENSIDAD DE DAÑO 274
TABLA 9.38 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE DAÑOS PROPUESTA POR DRM 274
TABLA 9.39 ÁREA DE AFECTACIÓN SEGÚN ÁREA DE EXPOSICIÓN 275
TABLA 9.40 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FRM 276
TABLA 9.41 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD (IVF) 277
TABLA 9.42 MATRIZ DE RIESGO 279
TABLA 9.43 CATEGORIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO 279
TABLA 10.44 NIVELES DE AFECTACIÓN Y PROTECCIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA 284
TABLA 10.125 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD 291
TABLA 10.46 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR VIVIENDA 292
TABLA 10.127 VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL 295
TABLA 10.128 MATRIZ DE RIESGO 296
TABLA 10.129 VIVIENDAS CON RIESGO ACTUAL ALTO 297
TABLA 11.1 EDIFICACIONES QUE CARECEN DE SERVICIOS PÚBLICOS 302
TABLA 11.2 ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES 303
TABLA 11.3 CENTROS DE SALUD 304
TABLA 11.4 CAPACIDAD DE ENDEUDAMIENTO 307
TABLA 12.1 LÍNEAS DE ACCIÓN 311
TABLA 12.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE UN ESCENARIO: ARTÍCULO 8 PDPAE 312
TABLA 12.3 VALORACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN Y ESCENARIO DE RIESGO 312
TABLA 12.4 ESCENARIOS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LAS ALTERNATIVAS 320
TABLA 12.5 VULNERABILIDAD FÍSICA Y RIESGO CON OBRAS: ALTERNATIVA 2 331
TABLA 12.6 VULNERABILIDAD FÍSICA Y RIESGO CON OBRAS: ALTERNATIVA 4 332

TABLA 12.7 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS 333
TABLA 12.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS 333
TABLA 12.9 COSTOS DEL PLAN DE MANEJO 336
TABLA 12.10 ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL 338
TABLA 12.10A ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL (CONTINUACIÓN) 336
TABLA 12.10B ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL (CONTINUACIÓN) 337
TABLA 12.11 PLAN DE ACCIÓN 341

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 POLIGONAL DE AMARRE 64
FIGURA 3.2 POLIGONAL DE CIERRE PC-1 64
FIGURA 3.3 POLIGONAL DE CIERRE PC-2 65
FIGURA 4.1 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO C-337_738 (AÑO 1943) 101
FIGURA 4.2 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO C-1402_064 (AÑO 1972) 102
FIGURA 4.3 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO R-1131 FOTOS 635 A 639 (AÑO 1990) 103
FIGURA 4.4 IMAGEN GOOGLE (AÑO 2001) 104
FIGURA 4.5 IMAGEN GOOGLE (AÑO 2010) 105
FIGURA 5.1 ESQUEMA DE UNA LÍNEA SISMICA DE 12 GEÓFONOS 120
FIGURA 5.2 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LOS MATERIALES QARM Y QARB 123
FIGURA 5.3 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LOS MATERIALES QTPC-SR-L 124
FIGURA 5.4 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL QTPC-SR-A 124
FIGURA 5.5 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL TPC-A 125
FIGURA 5.6 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL TPC-L 125
FIGURA 5.7 CARTA DE PLASTICIDAD 128
FIGURA 5.8 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES 139
FIGURA 5.9 RESUMEN DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES 139

FIGURA 6.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL 148
FIGURA 6.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL BRILLO SOLAR MEDIO MENSUAL 149
FIGURA 6.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL 150
FIGURA 6.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL 151
FIGURA 6.5 CURVAS DE PRECIPITACIÓN – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO 154
FIGURA 6.6 CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO 155
FIGURA 6.7 CONFLICTO DE USO DE TIERRAS EN COLOMBIA 158
FIGURA 7.1 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA SÍSMICA 168
FIGURA 7.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO 174
FIGURA 7.3 ENVOLVENTE DE LARSON: QARM 177
FIGURA 7.4 ENVOLVENTE DE LARSON: QTPC-SR-A 177
FIGURA 7.5 ENVOLVENTE DE LARSON: TPC-A1 Y TPC--A2 178
FIGURA 7.6 ENVOLVENTE DE LARSON: TPC-L 178
FIGURA 7.7 VARIACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN FUNCIÓN DEL AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA PLANAR 183
FIGURA 7.8 VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA PLANAR 183
FIGURA 7.9 VARIACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN FUNCIÓN AL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA EN CUÑA 184
FIGURA 7.10 VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA CUÑA 184
FIGURA 7.11 MODELO DE SECCIÓN (1-1´) PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE VIAJE 190
FIGURA 7.12 MÓDULO ESPACIO VITAL LOCALIDAD SANTA FÉ 194
FIGURA 7.13 MÓDULO SORBOS DE VIDA – AGUA PARA CONSUMIR EN LA VIVIENDA LOCALIDAD SANTA FÉ 195
FIGURA 7.14 MÓDULO EXCRETAS Y AGUAS SUCIAS LOCALIDAD SANTA FÉ 196
FIGURA 7.15 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS LOCALIDAD SANTA FÉ 197
FIGURA 7.16 ÉCHELE OJO A LAS PLAGAS LOCALIDAD SANTA FÉ 198
FIGURA 7.17 MÓDULO ALIMENTOS Y VIVIENDA CON HIGIENE Y SALUD LOCALIDAD SANTA FÉ 199

FIGURA 7.18 FRECUENCIA DE DIAGNÓSTICOS POR EPIDEMIAS, INTOXICACIONES E INSALUBRIDAD AMBIENTAL LOCALIDAD SANTA FÉ – AÑO 2004 A 2010 205
FIGURA 7.19 ESTUDIO TRANSVERSAL O DE ENCUESTA 212
FIGURA 7.20 DIAGRAMA LCI INSALUBRIDAD AMBIENTAL 214
FIGURA 7.21 NIVELES DE LA CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN 216
FIGURA 7.22 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA - MENORES DE 5 AÑOS 219
FIGURA 7.23 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – EDAD ESCOLAR 221
FIGURA 7.24 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – FUERZA LABORAL 223
FIGURA 7.25 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – ADULTO MAYOR 225
FIGURA 7.26 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – TOTAL GRUPOS ETARIOS 226
FIGURA 7.27 MORTALIDAD SEGÚN LUGAR DE RESIDENCIA AÑOS 2005 A 2007 LOCALIDAD DE SANTA FÉ 227
FIGURA 8.1 MATRIZ DE SELECCIÓN DE CAUSAS DE FALLA 237
FIGURA 9.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL 253
FIGURA 9.2 REPRESENTACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES EN PLANTA-MAMPOSTERÍA 258
FIGURA 9.3. REPRESENTACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES EN PLANTA- HORMIGÓN REFORZADO 265
FIGURA 10.4 RADIO DE AFECTACIÓN TUBERÍA DE 2 PULGADAS 287
FIGURA 10.5 RADIO DE AFECTACIÓN TUBERÍA DE 3 PULGADAS 289
FIGURA 10.6 VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA 290
FIGURA 11.1 GRUPOS ETÁREOS 301
FIGURA 11.2 FAMILIAS POR VIVIENDA 301
FIGURA 11.3 NIVEL DE INGRESOS POR FAMILIA 305
FIGURA 11.4 VALORES DE VIVIENDAS SEGÚN PROPIETARIOS FRENTE A CATASTRO 306
FIGURA 12.1 ALTERNATIVA 1: REASENTAMIENTO TOTAL (SISMO) 314
FIGURA 12.2 ALTERNATIVA 2: REASENTAMIENTO PARCIAL (SISMO) 315
FIGURA 12.3 ALTERNATIVA 4: OBRAS DE MITIGACIÓN PARA LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 318

FIGURA 12.4 DETALLES DE LA ALTERNATIVA 4 319
FIGURA 12.5 ALTERNATIVA 6: REFORZAMIENTO Y MONITOREO 321
FIGURA 12.6 DETALLES DE LA ALTERNATIVA 6 322
FIGURA 12.7 ALTERNATIVA 8: PRIORIDADES Y PROGRAMAS 327
FIGURA 12.8 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 1 328
FIGURA 12.9 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 2 329
FIGURA 12.10 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 6 330
FIGURA 12.11 PLAN DE ACCIÓN 342

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A CORRESPONDENCIA
ANEXO B DIAGNÓSTICO
ANEXO B.1 CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS
ANEXO B.2 FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PÚBLICOS
ANEXO B.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PÚBLICOS
ANEXO C TOPOGRAFÍA
ANEXO C.1 CERTIFICADO DE COORDENADAS
ANEXO C.2 MOJONES DE REFERENCIA
ANEXO C.3 CARTERA ELECTRÓNICA
ANEXO C.3.1 POLIGONALES DE CIERRE
ANEXO C.3.2 DATOS CRUDOS
ANEXO C.4 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
ANEXO D GEOLOGÍA
ANEXO D.1 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS
ANEXO D.2 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL
ANEXO D.3 FOTOINTERPRETACIÓN
ANEXO D.4 INVENTARIO DE PROCESOS
ANEXO E GEOTECNIA

ANEXO E.1 _____ EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO
ANEXO E.1.1 _____ EXPLORACIÓN REALIZADA POR GIA C.L.
ANEXO E.1.2 _____ EXPLORACIÓN REALIZADA POR OTROS CONSULTORES.
ANEXO E.2 _____ ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO E.3 _____ ENSAYOS DE LABORATORIO (OTROS CONSULTORES)
ANEXO F _____ HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
ANEXO F.1 _____ SERIES DE DATOS
ANEXO F.2 _____ CURVAS IDF GENERALIZADAS
ANEXO G _____ AMENAZA SÍSMICA
ANEXO H _____ AMENAZA
ANEXO H.1 _____ AMENAZA SOCIO - NATURAL
ANEXO H.2 _____ AMENAZA ANTRÓPICO NO INTENCIONAL
ANEXO H.1.1 _____ ANÁLISIS CINEMÁTICO
ANEXO H.1.2 _____ ANÁLISIS PARAMÉTRICO
ANEXO H.1.3 _____ MODELOS DE FALLA EN MACIZOS ROCOSOS
ANEXO H.1.4 _____ SUPERFÍCIES CRÍTICAS
ANEXO H.1.5 _____ DISTANCIA DE VIAJES DE SUELOS
ANEXO I _____ AMENAZA BIOLÓGICA
ANEXO I.1 _____ VIVIENDA SALUDABLE
ANEXO I.2 _____ DIAGNÓSTICOS LOCALIDAD DE SANTA FE
ANEXO I.3 _____ RESIDUOS SÓLIDOS
ANEXO I.4 _____ MORBILIDAD
ANEXO I.5 _____ MORTALIDAD
ANEXO J _____ VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA
ANEXO K _____ VULNERABILIDAD
ANEXO K.1 _____ INSTRUCTIVO DEL FORMATO DE INVENTARIO DE VIVIENDAS
ANEXO K.2 _____ INVENTARIO DE VIVIENDAS
ANEXO K.3 _____ FUNCIONES DE PERTENENCIA
ANEXO K.4 _____ CALIFICACIONES

ANEXO L _____ VULNERABILIDAD ECONÓMICA
ANEXO M _____ ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS
ANEXO M.1 _____ NORMATIVA
ANEXO M.2 _____ PROGRAMAS DE SALUD
ANEXO M.3 _____ ANÁLISIS V Y R ALTERNATIVA 6 (COLAPSO)
ANEXO N _____ EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FRM
ANEXO O _____ PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

LISTA DE PLANOS

PLANO 1 _____ LOCALIZACIÓN
PLANO 2 _____ MAPA BASE
PLANO 3 _____ GEOLOGÍA GENERAL
PLANO 4 _____ GEOLOGÍA LOCAL
PLANO 4A _____ SECCIONES GEOLÓGICAS
PLANO 4B _____ SECCIONES GEOLÓGICAS
PLANO 5 _____ GEOMORFOLOGÍA
PLANO 6 _____ HIDROLOGÍA, COBERTURA Y USO DEL SUELO
PLANO 7 _____ ZONAS HOMOGÉNEAS
PLANO 8 _____ AMENAZA - CONDICIÓN ACTUAL Y FUTURA
PLANO 9 _____ VULNERABILIDAD - CONDICIÓN ACTUAL
PLANO 10 _____ RIESGO POR FRM – CONDICIÓN ACTUAL Y FUTURA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____ 343

BIBLIOGRAFÍA _____ 347

GLOSARIO

ALOHA (AREAL LOCATIONS OF HAZARDOUS ATMOSPHERES): Modelo computacional que predice el área potencialmente afectada por la liberación de un gas tóxico, fuego o explosión. Permite al usuario estimar la dispersión de una nube de químico con base en las características toxicológicas del químico liberado, las condiciones atmosféricas, y las circunstancias específicas de la liberación (Cuervo, 2008).
AMBIGUO: Que puede entenderse de varios modos o admitir distintas interpretaciones.
AMENAZA: Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado período de tiempo. (Suárez J., 1998).
ARCILLOLITA: Roca sedimentaria de origen detrítico. Es una roca compacta, sin fisilidad que está formada por partículas del tamaño de la arcilla.
BASE TOPOGRÁFICA: Mapa base que contiene información topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos, y la elaboración de mapas temáticos (mapas geológicos, estructurales, de uso de tierras, entre otros).
BALDÍO: Terreno que no se cultiva o no da fruto.
BLEVE: Acrónimo de la expresión inglesa *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*. Estallido súbito y total, por calentamiento externo, de un recipiente que contiene un gas inflamable licuado a presión, cuando el material de la pared pierde resistencia mecánica y no puede resistir la presión interior (Casal y Otros,1999).
BOLA DE FUEGO (FIREBALL): Quema de una nube de combustible-aire (Universidad de los Andes, 2009).
BUZAMIENTO: Ángulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón.
CAUCE: Canal por donde normalmente discurren las aguas de un río. El cauce es continuamente modificado por el caudal, la velocidad, la pendiente, la carga de sedimentos y el nivel de base local del río.
COBERTURA: Conjunto de datos asociados temáticamente y considerados como una unidad. Una cobertura usualmente representa un tema único, o corresponde a una capa de información tal como suelos, ríos, caminos, uso de la tierra, entre otros.
CONFINAMIENTO: Amarre perimetral de muros.
CONJUNTOS DIFUSOS: Representa matemáticamente la imprecisión intrínseca de ciertas categorías de objetos.
COLAPSO: Cualquier condición externa o interna que incapacita a una estructura o elemento estructural a cumplir la función para la que ha sido diseñada.
CORROSIÓN: Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.
CUENCAS HÍDRICAS: Es el espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.
DARDO DE FUEGO (JET FIRE): Llama estacionaria y alargada (de gran longitud y poca amplitud) provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles (Casal y Otros, 1999).
DESASTRE: Alteración intensa en las personas, los bienes, los servicios, y el ambiente, causados por un suceso natural o generado por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. (Millán J., 1999).
DESLIZAMIENTOS: Movimiento consistente en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo larga de toda, la que sería, la superficie de falla. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades

o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc. (Suárez J., 1998).

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL: En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. (Suárez J., 1998).

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL: En el deslizamiento trasnacional el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. (Suárez J., 1998).

DETONANTE: Agente capaz de producir detonación o que llama la atención por no armonizar con su entorno.

DISCRECIONAL: Que se hace libremente, o se deja a criterio de la persona.

ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA (EDA): es una enfermedad de comienzo rápido, caracterizada por incremento en el número de evacuaciones al día, y alteración en la consistencia de las heces fecales, que puede ir o no acompañado de otros síntomas como los vómitos, las náuseas, el dolor abdominal o la fiebre. (Freijoso Santiesteban, Cires Pujol, Silva Herrera, Delgado Martínez, Riverón Corteguera, & Ramírez, 2003, citado por SDS/SDA, 2011).

ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA (ERA): son todas aquellas enfermedades que afectan al aparato o sistema respiratorio, como: vías respiratorias altas (nariz, boca y faringe) y vía respiratoria baja (laringe, tráquea, bronquios y bronquiolos). Entre las patologías se encuentran: resfriado común (rinofaringitis), dolor de garganta (faringitis y faringoamigadalitis), traqueítis, CRUP, traqueo-bronquitis y bronquiolitis, neumonía, entre otras (WHO/CDC/EPR, 2007, citado por SDS/SDA, 2011).

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (ETA): son aquellas que se originan por la ingestión de alimentos infectados con agentes contaminantes en cantidades 187 suficientes para afectar la salud del consumidor. Sean sólidos naturales, preparados, o bebidas simples como el agua, los alimentos pueden originar dolencias provocadas por patógenos, tales como bacterias, virus, hongos, parásitos o componentes químicos, que se encuentran en su interior (Barreda, 2011, citado por SDS/SDA, 2011).

ESCARPE PRINCIPAL: Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla. (Suárez J., 2009).

ESTABILIDAD (GEOTECNIA): Resistencia de una estructura, talud o muro de contención a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado.

ESTADO DE ACTIVIDAD: Hace referencia a una condición temporal de la masa en movimiento, asociado con un número de formas de la zona de rotura en desarrollo y de la masa que se moviliza (grado de desarrollo).

ESTRATEGIA VIVIENDA SALUDABLE: En la estructuración de la Estrategia se concibe la vivienda como un agente de la salud de sus moradores. En consonancia con el aforismo de que todo comienza por el hogar, es la vivienda en su concepto integral esa herramienta que no debe ser el generador de muchos de los problemas sociales, sino que por el contrario, facilita los procesos de formación – aprendizaje – formación, en especial en el campo de la salud, pero no exclusivamente es este aspecto. Implica un enfoque sociológico y técnico de enfrentamiento a los factores de riesgo y promueve una orientación para la ubicación, edificación, habilitación, adaptación, manejo, uso y mantenimiento de la vivienda y de su entorno. El concepto de la vivienda saludable se introduce desde el acto de su diseño, micro localización y construcción, y se extiende luego a su uso y mantenimiento. Este concepto está relacionado con el territorio geográfico y social donde la vivienda se asienta, los materiales usados para su edificación, la seguridad y calidad de los elementos conformados, el proceso constructivo, la composición de su espacio. La calidad de sus acabados, el contexto periférico global (comunicaciones, energía, vecindario) y la educación sanitaria de sus moradores sobre estilos y condiciones de vida saludables. (OMS/OPS, 2006).

ESTRATO: Capa de roca caracterizada por sus propiedades litológicas particulares y los atributos que la distinguen de las capas adyacentes.

ESTUDIO DE CASOS Y CONTROLES: La característica principal de este diseño epidemiológico es que el criterio de selección de la población en estudio se basa en la presencia (casos) o ausencia (controles) del evento en estudio y en que es el investigador quien fija el número de eventos a estudiar, así como el número de sujetos sin evento (controles) que se incluirán como población de comparación o referencia. De esta manera la población en estudio queda compuesta por un grupo de sujetos con el evento en estudio (casos) y un grupo de sujetos sin el evento (controles), posteriormente estos grupos se comparan en términos de la exposición que tuvieron al factor causal en estudio (Ávila, Latorre y Moreno, 2000).

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE COHORTE: Este tipo de diseño representa lo más cercano al diseño experimental y también tiene un alto valor en la escala de causalidad, ya que es posible verificar la relación causa efecto correctamente en el tiempo. Sin embargo, dado que se trata de estudios observacionales tienen la importante limitación de que la asignación de la exposición no es controlada por el investigador ni asignada de manera aleatoria, por lo que no es posible controlar completamente las posibles diferencias entre los grupos expuesto y no expuesto en relación con otros factores asociados con la ocurrencia del evento (Ávila, Latorre y Moreno, 2000).

ESTUDIOS TRANSVERSALES: Se distingue porque se indaga sobre la presencia de la exposición y la ocurrencia del evento una vez conformada la población en estudio, y porque sólo se hace una medición en el tiempo en cada sujeto de estudio. El número de eventos así como la proporción de sujetos con la exposición están determinados por la frecuencia con que ocurren éstos en la población elegible y, por lo tanto, quedan fuera del control del investigador. Los estudios transversales se caracterizan porque sólo se hace una medición en el tiempo en cada sujeto de estudio (Ávila, Latorre y Moreno, 2000).

EROSIÓN: Es la degradación y el transporte de material o sustrato del suelo, por medio de un agente dinámico, como el agua, el viento o el hielo. Puede afectar a la roca o al suelo, e implica movimiento, es decir, transporte de partículas.

FACTOR DE RIESGO: Cualquier elemento o fenómeno del ambiente de trabajo o acción que pueda causar un daño.

FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM): Junto con la erosión hacen parte de los procesos naturales de denudación de la corteza terrestre, como tales no se consideran susceptibles de manejo total y se definen como movimientos en masa de traslocación por acción de la gravedad, la cual no es un medio de transporte. (González, 1990).

FLANCO: Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo. (Suárez J., 2009).

GASODOMÉSTICO: Artefacto para uso doméstico únicamente, que funciona como combustible gaseoso.

GEOLOGÍA: Ciencia que estudia la composición y la disposición de los materiales que constituyen la litosfera terrestre, su naturaleza, su situación y las causas o fenómenos que originan esa disposición y de los efectos de los agentes que la alteran.

GEOMORFOLOGÍA: Ciencia que tiene por objeto el estudio y la explicación de las formas del relieve terrestre.

IGNICIÓN: Efecto que inicia o desencadena ciertos procesos físicos o químicos (inicio de combustión).

INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA (IRA): Son procesos infecciosos de las vías respiratorias, causadas por un agente etiológico de origen bacteriano y/o viral, y representan uno de los problemas principales de salud en la población menor de cinco años. (WHO/CDC/EPR, 2007, citado por SDS/SDA, 2011).

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Descripción y delineamiento de un terreno en su configuración superficial.

LLAMARADA (FLASH FIRE): Llama progresiva de difusión, de baja velocidad. No produce ondas de presión significativas. Suele estar asociada a la dispersión de vapores inflamables a ras de suelo (Casal y Otros, 1999).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO): Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles (Resolución 601 de 2006).

MORBILIDAD: Cantidad de personas que enferman en un lugar y un periodo de tiempo determinado en relación con el total de la población (Ruiz M & Morillo Z, 2004, citado por SDS/SDA, 2011).
MORTALIDAD: Número proporcional de defunciones en una población o tiempo determinado en relación con el total de la población (Ruiz M & Morillo Z, 2004, citado por SDS/SDA, 2011).
NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS (NBI): Metodología que busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados, son: Viviendas inadecuadas, Viviendas con hacinamiento crítico, Viviendas con servicios inadecuados, Viviendas con alta dependencia económica, Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. (Departamento Administrativo Nacional de Estadistica - DANE, 2011, citado por SDS/SDA, 2011).
NIVEL FREÁTICO: Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.
OXIDACIÓN: Es una reacción química donde un metal o un no metal cede electrones, y por tanto aumenta su estado de oxidación. La reacción química opuesta a la oxidación se conoce como reducción, es decir cuando una especie química acepta electrones. Estas dos reacciones siempre se dan juntas, es decir, cuando una sustancia se oxida, siempre es por la acción de otra que se reduce. Una cede electrones y la otra los acepta.
PISCINA DE FUEGO (POOL FIRE): Combustión estacionaria con llama de difusión del líquido de un charco de dimensiones conocidas (extensión), que se produce en un recinto descubierto (Casal y Otros, 1999).
PERFIL: Es la secuencia y conjunto de horizontes de un suelo; corte vertical hecho en el suelo a fin de hacer un estudio.
PERIODO DE RECURRENCIA: Proporciona una idea de hasta qué punto un suceso puede considerarse raro. Suele utilizarse con distribuciones de ”variables” extremales referidas a un periodo de referencia de un año; por ejemplo, la cantidad de lluvia caída en el día más lluvioso del año o la mayor altura de ola alcanzada en un año.
RADIACIÓN TÉRMICA: Es la emisión continua de energía de la superficie de todos los cuerpos. Los portadores de esta energía son las ondas electromagnéticas producidas por las vibraciones de las partículas cargadas que forman parte de los átomos y moléculas de la materia.
REPTACIÓN: Es el movimiento lento e imperceptible del material.
RIGIDEZ: Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
RIESGO: Se considera como la existencia o contingencia espacio temporal de que se suscite un daño a partir de la manifestación de un fenómeno natural. Es el valor esperado de daños, destrucción o pérdida de un grupo particular de elementos expuestos a la ocurrencia de un evento, potencialmente catastrófico.
SANEAMIENTO BÁSICO: Es la rama de la salubridad destinada a eliminar los riesgo del ambiente natural, sobretodo, resultantes de la vida en común y crear y promover en él las condiciones optimas para la salud (Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007, citado por SDS/SDA, 2011).
SISMO: (Sismo o Terremoto) Temblor producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía con origen en la tectónica de placas.
SONDEO: Operación que se efectúa con el fin de perforar el suelo, mediante la apertura de orificios de diámetro pequeño para la exploración.
SUSCEPTIBILIDAD: Expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.
SUPERFICIE DE FALLA: Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla. (Suárez J., 2009).
TALUD: Superficie inclinada del terreno en la base de un cerro o de una colina, donde se encuentra un depósito de detritos.

VARIABLE CONTINUA: Es aquella que puede asumir cualquier valor dentro de un intervalo, por lo cual tiene un número infinito de valores posibles.
VARIABLE DISCRETA: es aquella en que los valores que puede tomar son parte de un conjunto "numerable" o contable; es decir los valores que puede tomar son números naturales, como el uno, el dos, tres, etc.
VECTORES: Es un organismo que reciben y transmiten agentes patógenos entre los humanos o desde otros animales a los humanos (SSA de México D.F., 2011, citado por SDS/SDA, 2011).
VULNERABILIDAD: Grado de debilidad o resistencia que presentan las personas, sus bienes y el mismo ambiente natural, frente a la ocurrencia de un fenómeno peligroso.
VULNERABILIDAD FÍSICA: Se expresa como una medida porcentual de los costos de las averías originadas por un agente destructor.
ZOONOSIS: Es una infección o enfermedad infecciosa transmisible que en condiciones naturales, ocurre entre los animales vertebrados y el hombre (OPS, 2002, citado por SDS/SDA, 2011).

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

m: Metros.
Ha: Hectárea.
Tc: Es el tiempo de concentración en horas.
T: Período de retorno.
n: Período de análisis o exposición.
SPT: Ensayos de penetración estándar.
W %: Humedad natural.
γ_d **(T/m³):** Peso unitario seco.
γt **(T/m³):** Peso unitario total.
L_L**:** Límite Líquido.
L_P: Límite Plástico.
IL: Índice de Liquidez.
q_u**(S):** Compresión inconfinada en suelo.
q_u**(R):** Compresión inconfinada en roca.
Gs: Gravedad específica.
PT200: Pasa Tamiz No. 200.
CO: Monóxido de carbono.
C_C **:** Coeficiente de Consolidación.
C_R**:** Coeficiente de Reconsolidación.
C_D**:** Corte Directo.
C_P**:** Carga Puntual.
N'_i**:** Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 Kg/cm^2.
ϕ_{eq}**(°):** Ángulo de fricción equivalente.
c'(Kg/cm²): Cohesión.
ϕ**'(°):** Ángulo de fricción.
σ_C**(Kg/cm²):** Resistencia a la compresión simple.
ϕ_R**:** Ángulo de fricción residual.
P+: Probabilidad de ocurrencia del evento crítico.
P-: Probabilidad de no ocurrencia del evento crítico.
a_h**:** Coeficiente de aceleración horizontal del terreno.

pn: Probabilidad para exposición de n años.
p: Probabilidad anual (= 1/475).
RE: Recuperación económica en años.
%Pérdidas: Fracción del patrimonio.
CE: Capacidad de endeudamiento.
O_3: Ozono.
PM_{10}*:* Material particulado con diámetro inferior a diez micras.
P_f: Probabilidad de falla.
C_f: Costo de falla.
P_f: Probabilidad de falla.
IVF: Índice de vulnerabilidad física.
TD: Tasa de daño.
FS: Factor de seguridad.
RQD: Rock Quality Designation.
SDS: Secretaria Distrital de Salud
SDA: Secretaria Distrital de Ambiente
η1: Factor de corrección por caída del martillo.
η 2: Factor de corrección por longitud del sistema de varillas.
η 3: Factor de corrección por presencia de revestimiento interno.
η 4: Factor de corrección por diámetro de la perforación.

INFORME EJECUTIVO

INFORME EJECUTIVO

Colombia, nuestro país, regido por el desordenado crecimiento de las ciudades y poblados, distante, o por lo menos rezagada, de la planificación. El barrio Santa Rosa de Lima asentado al sur del Distrito Capital y adosado al corredor montañoso oriental de la capital, se encuentra en gran medida regido por el abandono, pobreza y, desatención social, gubernamental y política; por parte de las entidades del Estado, careciendo de ambientes seguros y sostenibles.



FOTO 1 PANORÁMICO DEL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA EN EL QUE SE DESTACA EL ENMARAÑADO DE AUTOCONSTRUCCIONES.

Este barrio de origen ilegal, que inicialmente era una finca, fue ocupada (habitada) en 1962 aproximadamente, al mismo tiempo que se explotaba como chircales y servía de receptor de los desechos sólidos (basuras) de otros sectores de la ciudad. Hacia final de los sesenta se crea la Junta de mejoras y se le otorga personería jurídica: su papel ayudar a la consolidación del barrio. Los frutos no se hicieron esperar, el tendido y la puesta en marcha de las redes de acueducto y alcantarillado se dio en 1973, el sistema eléctrico (entendido como el servicio de luz eléctrica) se lleva a cabo en 1998, y la dotación de gas domiciliario en el 2001. Actualmente, la cobertura de los servicios básicos y de saneamiento: acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos, gas y aseo es del cien por cien. Sin embargo, es necesario en la parte alta el reemplazo de las líneas de alcantarillado, pues fueron instaladas por los habitantes y evidencian problemas. El barrio esta integrado por 430 construcciones (aproximadamente), destinadas en su mayoría a fines residenciales, y en menor proporción a pequeños locales comerciales y a brindar asiento a entidades como el Jardín Infantil, el Centro Comunitario (en donde funciona el CDI Casa Vecinal), la cancha deportiva, única edificación de

equipamiento deportivo y la UPA Santa Rosa de Lima único centro médico dentro del barrio, que presta los servicios de Medicina General, Higiene Oral, Odontología General, Enfermería, Promoción y Prevención. Sin embargo, no cuenta con atención integral en servicios de urgencias, hospitalización, observación, laboratorio clínico, entre otros. Su capacidad es mínima, comparada con otras sedes ubicadas en la misma localidad como: el CAMI Perseverancia, el CAMI Samper Mendoza, el Hospital San Blas y el Hospital El Guavio (área de 3500 m²). Adicionalmente las estrechas vías secundarias y terciarias, la inagotable red de peatonales escalonados o no, y el avance y estructuración de las viviendas en terrazas (lleno-corte) en caótica trama y estructura, enriquecen el rebosante dejo urbanístico que se extiende sobre las pronunciadas laderas, que sumado con el aumento de la humedad del suelo y la posición del nivel freático influenciado por el factor antrópico, dan como resultado la formación de frentes erosivos y fenómenos de remoción en masa (en laderas intervenidas). De acuerdo con el análisis realizado y los valores obtenidos la posibilidad de que ocurra un fenómeno de remoción en masa en la zona es latente si la precipitación acumulada es mayor o igual a 163.5 mm en 8 días.

Santa Rosa de Lima está regido por la conjunción, desde el orbe socio-natural (acorde con la clasificación de los fenómenos propuesta de la DPAE), de eventos, poco frecuentes pero con gran capacidad de devastación como los sismos, o recurrentes aunque menos graves como los procesos de inestabilidad, o silenciosos pero de gran diseminación como los biológicos, particularmente las epidemias y la insalubridad ambiental. Desde el ámbito de los fenómenos de origen exclusivamente humano, designados como antrópicos no intencionales, se encierran: el colapso de las construcciones, los funcionales y los tecnológicos (i.e el escape, la explosión y el BLEVE), que son desencadenados por las deficiencias en la organización funcional o por el deterioro en las edificaciones, el barrio es un claro ejemplo de la presencia de estos eventos; causa de ello radica en la incidencia de varios factores predominando las notorias deficiencias estructurales, de diseño y construcción, que integran incluso precarias viviendas en madera.

De este vasto grupo de fenómenos los procesos de inestabilidad (sin lugar a dudas los más recurrentes) pueden expresarse como deslizamientos, flujos y caídas de roca; el mecanismos de falla conjuga la saturación, el reblandecimiento, las fuertes pendientes topográficas y la acción del hombre (en los cortes y llenos); y la capacidad de recuperación de la comunidad sometida a su embate es lenta. Los sismos y el colapso de edificaciones operan temporalmente en el lado opuesto al que ocupan los deslizamientos: su frecuencia es escasa, lo que se traduce en una baja probabilidad de ocurrencia, toda vez que se trate del evento crítico: uno cada 475 años para los primeros (sin embargo la amenaza sísmica es media, véase Ingeminas, 1997), o uno cada 50 años para el segundo, las consecuencias esperadas para este evento (colapso de edificaciones) son disímiles, mientras los sismos pueden acarrear las peores pérdidas en vidas humanas, entre 1 y 10 habitantes por manzana, en heridos (de 10 a 50 habitantes por manzana), y en bienes, de hasta 100.000 mil dólares por manzana, y el restablecimiento de las condiciones sociales obliga la participación de las entidades gubernamentales, grandes inversiones de dinero y largos periodos, el colapso se mueve (afecta) en espacios unitarios, compromete pocas vidas (sin que esto sea menos grave), y su recuperación entrelaza pocos años y el apoyo del gobierno y las instituciones del orden distrital.

La insalubridad ambiental, las epidemias y los tecnológicos comparten (hoy día) la misma trascendencia; su posibilidad de ocurrencia es baja, su capacidad de daño es leve, y la recuperación en el peor caso ha tomado algunos días, ha convocado la partición del comité local de emergencia por solo pocas horas y la inversión exclusiva de los residentes. Sin embargo son y serán amenazas silenciosas pero siempre importantes. El riesgo funcional es de todo el espectro el evento más latente. El barrio se erige en ambientes geomorfológicos irregulares, de alta pendiente y sin recuperación ambiental ni morfológica (conviene recordar que las laderas fueron sometidas a explotación minera), y distante de planificación o proceso de diseño

alguno. Las redes de servicios, los corredores públicos, las zonas verdes y de dotación y el equipamiento en general se han surtido en los espacios dejados por las viviendas, con especificaciones extremas. Las vías peatonales y vehiculares poseen fuertes pendientes, de hasta 51% para las primeras y de 16% para las segundas, lo que las aleja de los criterios de comodidad (confort), capacidad de servicio, movilidad y seguridad. Las redes de acueducto y alcantarillado requieren rehabilitación parcial, en los últimos seis años (2004-2010) se han reportado 26 tuberías estalladas, 19 daños en acometidas y 29 filtraciones (véase el comunicado del Acueducto en el *Anexo A*), y las redes de gas han provocado por lo menos dos incidentes. Las viviendas son un marasmo de yerros arquitectónicos y estructurales; el transporte es escaso; la inseguridad y el deficiente urbanismo en nada atraen a las empresas de servicios; y los habitantes residen distantes de los centros de abastecimiento. En resumen el barrio es, como muchos de los que hay en la capital, un desatino funcional, en otras palabras es la incubación y la representación misma del riesgo funcional, sólo superable si se reconstruyese parte o todo.

La auscultación *geológica y geomorfológica* ha permitido establecer que Santa Rosa de Lima y los barrios circunvecinos están inmersos en las laderas occidentales del cinturón montañoso que bordea la ciudad en su flanco oriental, sobreyacen secuencias intercaladas de areniscas y lodolitas correlacionables con las Formaciones Bogotá, Cacho y Guaduas, parcialmente cubiertas por mantos de suelo residual, rellenos antrópicos y depósitos coluviales. El conjunto hace parte del flanco oeste de la falla de Bogotá, corredor retrabajado fuertemente por la tectónica, inicialmente de compresión –que originó una serie de replegamientos–, y seguidamente de cizalla, gobernada por fallamientos de tipo inverso (i.e: Falla de Bogotá), acompañado a su vez por el colapso gravitacional de grandes bloques, tal vez determinados por la fracturación precedente. Por otra parte la identificación de las unidades geomorfológicas contribuye en gran medida al entendimiento de los procesos de degradación del terreno. Cada unidad posee rasgos morfológicos particulares que dependen, entre otros, de los procesos denudativos que en ella se desarrollan. Tales rasgos permiten dilucidar el tipo de fenómeno esperado, las causas intrínsecas y extrínsecas (detonantes), y su estado y desarrollo. Las laderas naturales no sólo se transfiguraron en su morfometría, por la disposición de cortes y rellenos y por la adecuación de la plataforma urbanística, sino por la mayor predisposición a los agentes de intemperismo, y por la modificación en el patrón de drenaje.

Por su parte, el *reconocimiento geotécnico* enriquecido con las mediciones en campo que alcanzaron los 435 datos estructurales (orientación y buzamiento de estratificación y diaclasas) con una cobertura de treinta y seis (36) estaciones, distribuidas dentro y fuera de los linderos de Santa Rosa, develan y permiten concluir entre otras cosas que las laderas vertientes pertenecen a una única región estructural o subdominio, con excepción hecha de las zonas de falla (la ZFOc-E-W y la ZFC-NE,), constituida por nueve familias de discontinuidades, incluida la estratificación, y representadas por sus promedios así: E_1:311/51, D_2:122/48, D_3:100/46, D_4:046/72, D_5:50/89, D_6:29/89, D_7:208/89, D_8:231/89, D_9:288/47.

Por su parte, el análisis de la *amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos socio naturales* para el fenómeno más recurrente (FRM) en el caso del escenario actual pone de manifiesto que la amenaza alta, se concentra en los cuerpos de deslizamientos y en parte de las zonas homogéneas LEI-eradu-1, LEI-eradu-2, LEI-esradu-1 y LEI-esradu-2, gestados en rellenos antrópicos y en suelos residuales; le siguen en importancia pequeñas islas en las regiones LEI-LsrA-2, LEI-eAdu-1, LEI-LA-1, LEI-LA-2, LEI-LsrA-1, LEI-LsrL-1, CEI-LsrL-1, CEI-LL-1, CEI-LsrL-1, CEI-LA-1, CEI-eradu-1, LEI-trat-1, ebfdu-1 y CEI-esrdu-1, todas con categoría media, erigidas en el ecuador del barrio, entre los dos accidentes topográficos (los cerros), entrelazan horizontes arcillosos o areno-arcillosos (residuales de más de dos metros de talle), y laderas y contrapendientes estructurales esculpidas en areniscas y lodolitas, proclives a desplazarse bien por presurización o por reblandecimiento. Los escenarios más conservadores, o de amenaza baja, encierran buena parte del espacio

urbanizado, es decir las laderas al oriente, sur y occidente, en especial las unidades LEI-esrdu-1, LEI-esrdu-2, LEI-eradu-1, LEI-eradu-2 y LEI-eradu-3. Otras amenazas menos valoradas como las ambientales (o biológicas), pero con impacto representativo en la vida diaria, encierran un vasto grupo de fenómenos que involucran entre otras: las intoxicaciones masivas, la insalubridad ambiental y las epidemias; su análisis se alimenta de la conjugación de variables sociales, económicas, educativas, políticas, ambientales, de salud, nutricionales y culturales, por mencionar algunas. Fenómenos latentes en el barrio y que determinan el estado de salud ambiental, asociado a la salubridad.

En cuanto a la vulnerabilidad sísmica (fenómeno catastrófico) se infiere, que el 34.51% de las viviendas manifiestan vulnerabilidad alta, el 62.69%, media y tan sólo el 2.79%, baja. Este fenómeno encuentra explicación en que los sistemas estructurales no sólo no cumplen satisfactoriamente las exigencias de la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-98), sino que la totalidad viviendas exhiben alguna patología de daño, y poseen una deficiente calidad en materiales y en técnicas de construcción; con entrepisos y cubiertas con estructuras incompletas. En este orden de ideas, los niveles altos de vulnerabilidad coinciden en mayor parte con viviendas de pésima calidad en mampostería y sistemas combinados de mampostería y madera, en mal estado. Los sistemas aporticados son a todas luces insuficientes y también aportan a esta categoría. Las de calificación media, aunque no distan mucho en su condición de las de calificación alta, por las malas técnicas constructivas, sobresalen con el 62.69%. Cabe notar que sólo una vivienda, el predio 1 de la manzana 90, adquiere la calidad de vulnerabilidad baja, los restantes en esta categoría son predios vacíos. La vulnerabilidad por FRM arroja que el 10% de las edificaciones expone vulnerabilidad alta, el 62% media y el 28% restante, baja. La reducida cantidad de casas que poseen un nivel alto de susceptibilidad ante la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, a pesar de las precarias condiciones de la mayoría de las construcciones, se fundamenta en las reducidas zonas que representan niveles altos y medios de amenaza, dicho de otro modo, este comportamiento se asocia al bajo nivel de solicitación de las estructuras. Sin embargo, se aclara que los niveles medios y bajos de vulnerabilidad coinciden en muchos de los casos con edificaciones de regular y buena calidad (estas últimas: bien pocas), que exhiben daños moderados o leves, y que cumplen con niveles mínimos de resistencia que favorecen el panorama. Respecto a la vulnerabilidad generada por eventos de tipo biológico (intoxicaciones, epidemias, insalubridad), ésta se evalúa de acuerdo al aumento de los malestares de salud, lo que genera el aumento de visitas médicas, el consumo de medicamentos, la aparición de incapacidades, de ausentismo escolar y demás sobrecostos

El riesgo, obtenido del producto matricial de la amenaza por la vulnerabilidad, para el Sismo expone el predominio de la categoría de medio con el 62.69% de las viviendas, sobre la de alto que marca el 34.52%. El bajo apenas alcanza el 2.79% y pertenece en su mayor parte a predios vacíos. Para los FRM la predominancia de la amenaza baja en el área de estudio y de la vulnerabilidad media de las unidades constructivas, entregan un panorama en el que el riesgo es esencialmente bajo para el barrio; este nivel, rotula al contundente 83.3% de los predios (328) frente al 13.7% (54) catalogado como medio y apenas un 3% (12) considerado alto. Para los fenómenos biológicos se evalúan dos vertientes, el riesgo ocurrido por epidemias y el ocurrido por insalubridad, el primero, parte del principio que la amenaza es igual al riesgo por ser la vulnerabilidad unitaria, y para el caso de la insalubridad, se califica cualitativamente de acuerdo a factores, como la acumulación de residuos sólidos y la generación de malos olores.

La *amenaza, por fenómenos antrópicos no intencionales*, para el tecnológico hoy día Santa Rosa de Lima carece de algún tipo de industria (formal o informal), de estaciones de gasolina y de depósitos de almacenamiento de sustancias peligrosas, en su lugar emergen 15 establecimientos comerciales, la mayoría sin una línea fija de producción pero destinadas a la venta al por menor de víveres; por esta razón el

tratamiento de este tema se circunscribe a la evaluación de la red de gas natural y al estudio de las posibles causas (representadas en los sismo, los fenómenos de remoción en masa, el colapso de edificaciones, etc) de su activación. Por tanto, para el cálculo de la probabilidad se parte de las estadísticas históricas, que proporcionan una fuente de información confiable, razón por la que se toma como un caso remoto (amenaza baja) el que se produzca hasta una avería en cincuenta años y la probabilidad de ocurrencia es de $4.00E^{-02}$ en el peor de los escenarios, porque el valor puede variar en el intervalo de $2.0*10^{-7}$ escape/m en un año y $7.5*10^{-6}$ escape/m en un año, para las tuberías de entre 2 y 3 pulgadas, que aunque son las que minoritariamente se presentan en el barrio, son las que podrían llegar a presentar un evento catastrófico. La amenaza funcional se define como la probabilidad de ocurrencia de falla o errores en la localización, en el diseño estructural o funcional, en la operación y en el mantenimiento de las obras de infraestructura, de los sistemas de servicio público, del transporte y de los centros de abastecimiento, entre otros, que puedan provocar desabastecimiento, interrupción del flujo de bienes y de la movilidad, y colapso de estructuras (Fopae, 2010). Ahora bien, como la amenaza funcional, por lo menos para las redes de servicio, carece de esencia propia, máxime por no ser un fenómeno de primero o de segundo orden, la pérdida de funcionalidad o la suspensión del servicio por periodos prolongados está atada a la ocurrencia de otros eventos desastrosos como los sismos, los fenómenos de remoción en masa y los fenómenos industriales. En este sentido la probabilidad de falla de los sistemas es, indudablemente, equivalente a la probabilidad de ocurrencia del sismo, si se trata del evento crítico, o a la probabilidad de movilización de las laderas o de la ocurrencia de escapes, y chorros de fuego, si se trata de los eventos más frecuentes o recurrentes.

Para el análisis del colapso de edificaciones se evalúan diferentes factores como la diversidad en el tipo de estructuras, en la edad de las edificaciones, en los materiales empleados, en la calidad constructiva, en el número de pisos y en el estado de las viviendas. Se contemplan dos escenarios para su determinación, el primero se forja gracias a los registros capturados por la DPAE en los últimos 10 años, y en los que se reporta solo un caso por colapso; es decir en 10 años el 65% de las viviendas actualmente en pie pueden colapsar. Panorama aterrador si se visualiza la magnitud de las pérdidas materiales y humanas, así como el impacto y daños irreversibles en la comunidad. El segundo tiene como punto de partida las encuestas con los propietarios más antiguos en el barrio, específicamente los que viven allí hace más de 40 años. Aunque las respuestas fueron ambiguas en cuanto al número y las causas de afectación, se optó, por escoger la opinión del Señor Salustiano Danla, residente hace más de 48 años, y que afirma que durante el tiempo de vida allí se han venido abajo dos viviendas; es decir en 48 años el 87% de las viviendas estarán colapsadas, casi la totalidad del barrio. Sin embargo se deben tener en cuenta que estas cifras son más una guía del panorama que se puede presentar, que una aseveración.

En cuanto a la vulnerabilidad tecnológica se dedujo que para los diametros de 2 y de 3 pulgadas, en caso de que ocurra algun escapae, por un evento de primer orden, que origine posteriormente la ignición del gas se presentarían daños, para el caso de la tubería de 2 pulgadas habría un afectación de 10 Kw/m^2 para por lo menos 10 metros a la redonda; por su aparte, para la tubería de 3 pulgadas, los efectos de la radicación térmica serían mayores, no solo para un radio de 10 metros, sino también casi 20 metros, con una radiación térmica del orden de 2 Kw/m^2. Las tuberías de 3/4 y de 1 pulgada, no representan mayor peligro a la hora de un escape y una posible explosión, dado su diametro deducido. La valoración de la vulnerabilidad funcional se calcula como el valor porcentual de los datos dándole mayor peso a las variables directas (ambiente) y menor peso a las variables indirectas tales como la gestión (instalaciones, disponibilidad de recursos, personal). De acuerdo a los resultados se encuentra que de las 17 manzanas, 3 (17,6 %) son consideras en categoría alta, 10 (58,8 %) en categoría media y 4 (23,5 %) en categoría baja.

Por lo anterior y siguiendo la matriz de riesgo, para el evento tecnológico se conoce que los predios 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46 de la manzana 4; los predios 24, 25 y 26 de la manzana 79; los predios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 32 de la manzana 90; los predios 1, 2, 3 y 4 de la manzana 88; los predios 1 y 2 de la manzana 85, y los predios 16, 17, 18 y 19 de la manzana 75, el nivel de riesgo es medio (31 predios en total) y para el resto del barrio el nivel de riesgo es bajo. Para el colapso de edificaciones se deduce que el 27% de las viviendas (107) expone riesgo actual bajo, el 63% (248) ostenta un nivel de riesgo medio y el 8% de las viviendas (30) presentan un nivel de riesgo alto; adicionalmente el 2% de las edificaciones son lotes vacíos que no tienen ninguna caracterización para este riesgo, puesto que no tienen elementos estructurales que se puedan ver afectados. En cuanto al riesgo funcional, éste se liga a la presencia de eventos como: sismos, fenómenos de remoción en masa-FRM, colapso de edificaciones y la amenaza tecnológica. Del grupo se destaca el sismo, por su efecto devastador como desencadenante de otros, y seguido por los FRM, eventos que tienen una incidencia alta en el barrio. La dependencia de este riesgo a los fenómenos mencionados anteriormente se debe a la influencia sobre las redes de servicio que funcionan en la zona, es decir el daño (escapes, incendios, desabastecimiento, entre otros) que se puede llegar a producir por la presencia de uno de los eventos contemplados.

Para la formulación de un *plan de acción* que propende, en primera medida, por la mitigación del riesgo, y finalmente ayudar a su prevención y su control, no sólo para el escenario actual sino para las proyecciones futuras; las alternativas se encaran desde la óptica de los eventos, por simplicidad en la lectura, dejando de lado, el rigor del fenómeno por atender, el escenario de riesgo, o el nivel de riesgo.

El listado de las alternativas, consecuente con el evento que atiende y el costo de cada una se lista como sigue: para sismo: (1) Reasentamiento en el Sitio – $25.880.000.000, (2) Reasentamiento Parcial – $5.254.000.000 y (3) Elusión - $11.500.000.000; para los FRM se considero (4) Drenaje, Subdrenaje y Estabilización – $1.699.400.000 y (5) No realizar actividad alguna - $11.500.000.000; el colapso es mitigado desde (6) El Reasentamiento, Reforzamiento y Monitoreo - $919.379.000 y (7) la Convivencia con el Problema - $11.500.000; los fenómenos biológicos se dirimen con (8) Prioridades y Programas Biológicos - $750.000.000 y la (9) Elusión.

Del ramillete y con ayuda del análisis del nivel de riesgo futuro con la ejecución de obras, sobresalen las alternativas (4) Drenaje, Subdrenaje y Estabilización y (6) El Reasentamiento, Reforzamiento y Monitoreo, toda vez que la valoración económica se considera favorable, y que la repercusión y viabilidad, en virtud de la marcada influencia sobre todos los escenarios de análisis, más la alternativa 6 que la 4; además de considerar los costos del plan de acción y el programa de participación comunitaria.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

"En Bogotá el invierno no llega solo. De los 440 barrios (reporte del año 1991) que están en proceso de legalización actualmente, por lo menos 130 están en *riesgo* de ser afectados por deslizamientos a causa de los aguaceros. Todos son desarrollos espontáneos localizados sobre el cauce de una quebrada, un pozo subterráneo o en una ladera. Y ni hablar de terreno inapropiado, la otra causa de los deslizamientos. Un caso típico es el barrio Girardot que se desliza todo en época de invierno. Igual la entrada al Turbay Ayala o la vía a Choachí que termina averiada en cada invierno. En esa línea también están los deslizamientos provocados por malos manejos del suelo, como en El Dorado, los Chircales o Santa Rosa de Lima. Allí por ganar un metro de terreno más, la gente hace el corte vertical en el barranco y lo desestabiliza, produciendo así su propia tragedia" (El Tiempo, 1991).

Estas proféticas palabras escritas por Nullvalue, hace ya casi 20 años lejos de caer en el olvido de los anaqueles, resurgen cada año con mayor valía y significado, tanto más cuanto el cambio climático adquiere mayor protagonismo. El invierno hoy día más crudo que los de las décadas ochenta y noventa subraya lo complejo, costoso y largo que es la construcción de escenarios seguros. Más aún si en la misma bolsa además de los deslizamientos se incluyen los sismos, las epidemias, los colapsos de edificaciones, y los riesgos funcionales e industriales, entre otros. La labor adquiere, entonces dimensiones descomunales. Sin embargo, y contrario al tamaño de la tarea es inobjetable que este es el camino; el reducido espacio habitable, cada vez más limitado, la gran densidad poblacional, los altos índices de hacinamiento, en especial en los cinturones de pobreza de las ciudades, y la preservación de los recursos naturales no renovables, que ponen de manifiesto la insensatez de extender indefinidamente las fronteras urbanísticas, así lo justifican.

Santa Rosa de Lima es un ejemplo a pequeña escala de los anteriores traumatismos. El barrio contrario a su cercanía al centro histórico y político de la capital está lejos de disfrutar de sus beneficios. La comunidad, compuesta por aproximadamente 2380 hombres, mujeres y niños, crece entre las exigencias de la topografía de los cerros orientales, y las malformaciones morfológicas dejadas por los chircales, rodeada por hurtos, atracos callejeros, asesinatos, epidemias, basuras, desatención institucional y pobreza: cerca del 94% de la población difícilmente gana un salario mínimo.

Las casas, de entre uno y cuatro pisos, se levantan gracias a procesos informales (realizados por los propietarios) distantes de los principios de funcionalidad y respuesta sísmica; las estructuras son casi exclusivamente de muros no confinados, las fachadas se exponen deterioradas y las divisiones internas son

en madera, latas y cortinas; cerca del 80% de ellas carecen de estructura de soporte (pórtico). Los espacios interiores son disímiles, irregulares y poco iluminados, y se desarrollan en terrazas o niveles, producto de la necesidad de albergar a nuevos integrantes de las familias.

Los cinturones de comunicación en la comunidad, y entre ella y la ciudad rayan en su improvisación o en su deficiencia funcional, y distan de garantizar seguridad y comodidad, en especial para los niños, los ancianos y las personas con alguna limitación física. Los peatonales, de entre 1 y 2 metros de ancho, en escalera, sinuosos y por espacios laberínticos, salvan pendientes topográficas de cerca de 18°. Y los corredores vehiculares son estrechos, de alta pendiente longitudinal y de escasa visibilidad.

Y los beneficios institucionales, educativos y de salud, provenientes de hospitales, centros bancarios, Jardines infantiles, escuelas, colegios y universidades, sólo por mencionar algunos, o son escasos o brillan por su ausencia. Pero no sólo porque para acceder a ellos se requiera de un elaborado y agotador viaje, sino porque son inalcanzables para la capacidad productiva de los habitantes, máxime si se destaca que la preparación académica de sus pobladores en el mejor de los casos llega al bachillerato.

El consorcio GIA-Ingercivil, a través del contrato de consultoría 448 de 2010 ha sido designado por el ente oficial, para coadyuvar en la definición de la senda de recuperación de esta comunidad a través del "Estudio de Riesgos Socio-Naturales y Antrópico no Intencional, y Evaluación de Alternativas de Mitigación para el barrio Santa Rosa de Lima de la Localidad de Santa Fe, en Bogotá D.C"; tarea que pretende, entre otros alcances dilucidar los diferentes escenarios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, no sólo desde la perspectiva de los eventos atribuibles a fenómenos de remoción en masa, sino involucrando los panoramas en que el hombre, y las instituciones distritales son activos participantes, accionando sobre los niveles: epidemiológicos que tienen efecto sobre la población, de seguridad, de asistencia institucional ante eventos de emergencia como incendios, fallas eléctricas, fugas de gas, rotura de redes de acueducto y alcantarillado, de cobertura de servicios públicos, entre otros.

1.2 LOCALIZACIÓN

Al sur del distrito capital, en jurisdicción político-administrativa de la Localidad de Santa Fe, enmarcado entre las calles 1C Bis y 2A Bis, y entre la carrera 8 Este y la carrera 5 Este, emerge uno de los barrios más antiguos: Santa Rosa de Lima, está adosado al corredor montañoso oriental de la capital, en jurisdicción político – administrativa de la Localidad de Santa Fe. Limita al norte con el barrio Rocio centro Oriental, al sur con los desarrollos del Rocio Oriental y El Dorado, y al occidente con los barrios Girardot y Ramirez. Su extensión superficial comprende 5.77 Ha de sucesiones de pendientes estructurales, de morfología montañosa, con elevaciones entre los 2730 msnm y los 2806 msnm, inmersos en el polígono descrito en la *Tabla 1.1* y diagramado en el *Plano 1*.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el corredor oriental de la capital colombiana, sobre areniscas y arcillolitas del terciario (propias de las Formaciones Cacho y Guaduas) y mantos irregulares de suelos residuales y rellenos antrópicos, se emplaza Santa Rosa de Lima. Durante sus cinco décadas de existencia, es recurrente el enmarañado de autoconstrucciones, muchas con notorias deficiencias estructurales, que integran incluso precarias viviendas en madera; todas de estratos 1 y 2. Las estrechas vías secundarias y terciarias, la inagotable red de

peatonales escalonados o no, y el avance y estructuración de las viviendas en terrazas (lleno-corte) en caótica trama y estructura, enriquecen el rebosante dejo urbanístico que se extiende sobre las pronunciadas laderas.

TABLA 1.1 VÉRTICES DEL TERRENO

NORTE (M)	ESTE (M)
98833.15	100634.01
98761.25	100712.06
98734.90	100717.00
98717.42	100738.45
98698.81	100763.33
98651.22	100754.70
98620.92	100827.89
98553.20	100822.41
98493.96	100792.10
98555.80	100738.39
98558.33	100721.00
98511.72	100697.75
98503.84	100681.19
98519.45	100639.61
98554.92	100634.47
98607.88	100577.99
98625.05	100569.91
98599.61	100558.83
98617.46	100533.51
98631.42	100543.31
98641.73	100524.71
98661.19	100530.98
98691.34	100521.94
98712.29	100523.88
98766.16	100572.61
98774.41	100575.78
98812.26	100577.63
98818.06	100582.67
98825.64	100606.77
98812.98	100612.08
98833.10	100634.09

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.4 ANTECEDENTES

Este particular complejo habitacional alberga a 430 construcciones (aproximadamente), destinadas en su mayoría a fines residenciales, y en menor proporción a pequeños locales comerciales y a brindar asiento a entidades como la UPA Santa Rosa de Lima y el Centro Comunitario (en donde funciona el CDI Casa Vecinal). Dentro del proceso de recolección de la información técnica documental, ha sido posible acceder a los diagnósticos técnicos de emergencias por fenómenos de remoción en masa (expedidos por la DPAE) que han aquejado en múltiples ocasiones al barrio. De forma recurrente la mayor porción de los eventos (17 en total) se han centrado en dos zonas puntuales: la Calle 1D Nº 5-22 Este (7 emergencias) y la Calle 1D Nº 7-12 Este (5 emergencias).

1.5 ALCANCES

A continuación se relacionan las actividades mínimas que requiere el estudio, y que constituyen sus principales componentes:

- Recopilación y análisis de la información secundaria disponible de: fotografías aéreas, cartografía oficial, planchas geológicas, estudios geotécnicos, registros pluviométricos, y todo tipo de información que aporte al proyecto.
- Levantamiento topográfico detallado de la zona objeto: altimetría y planimetría a escala 1:500, amarrados sistema de referencia (MAGNA-SIRGAS), con curvas de nivel cada 0.50 m, que registren la morfometría del predio y los signos morfodinámicos relevantes, así como obras de arte, senderos peatonales, vías, etc.
- Recopilación de información primaria: reconocimiento geológico, Inventario y caracterización de los procesos morfodinámicos, investigación del subsuelo y programa de ensayos de laboratorio.
- Agrupación y síntesis de la información hidrológica, hidrogeológica e hidráulica.
- Análisis geotécnico; identificación de sitios inestables; estimación de la estabilidad global y local para condiciones estáticas y dinámicas.
- Evaluación y zonificación de la amenaza, de la vulnerabilidad y del riesgo.
- Comparación y selección de alternativas para el diseño de las obras requeridas para la mitigación del riesgo.

1.6 LIMITACIONES

Los altos niveles de inseguridad que caracterizan a Santa Rosa de Lima, han representado una de las mayores limitantes para las labores desarrolladas en campo. El levantamiento topográfico, la exploración del subsuelo y el inventario de viviendas, son algunas de las actividades que han sido entorpecidas por la dificultosa situación de este orden que, en momentos, ha llegado a encarnar una amenaza directa al personal ejecutor de la auscultación, puesto que se ha visto involucrado en incidentes que abarcan desde la intimidación directa hasta el quedar inmerso en medio del campo de enfrentamiento entre las pandillas del sector.

La negativa de algunos propietarios, ante la solicitud realizada por la comisión de topografía, para acceder a los predios privados a realizar las labores propias del levantamiento, representó otra de las limitantes del estudio. La toma de puntos fue entorpecida y, por ende, los resultados del trabajo topográfico en dichas

áreas (que si bien son pocas, no son menos importantes) no consiguió el grado de precisión que se obtuvo en el resto del barrio.

Por otra parte, cabe resaltar que dentro del análisis en desarrollo se asumieron características geotécnicas similares, de acuerdo con los resultados de campo y laboratorio, y condiciones de homogeneidad para los diferentes materiales presentes en el área de interés.

1.7 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

El estudio se estructura con base en un procedimiento metodológico evolutivo que inicia con la consulta de la información secundaria y con la recopilación de la primaria. Éstas se examinan, procesan y evalúan, con el fin de establecer similitudes y discrepancias entre sí, de tal forma que faciliten el diagnóstico de los problemas y conduzcan a la construcción de los modelos geotécnicos, al análisis de estabilidad, al planteamiento de las medidas alternativas de mitigación, y a la identificación de los factores amenazantes de tipo antrópico no intencional, dentro de los marcos técnico, social, ambiental y económico.

Para tal fin, GIA dispone de un equipo multidisciplinario de profesionales, que a lo largo del proyecto establece coordinadamente con la interventoría, los lineamientos metodológicos, conceptuales y técnicos, para el cumplimiento de los objetivos y el logro de las metas propuestas en los términos de referencia. Bajo esta perspectiva, el contenido técnico, se estructura lógica y consecuentemente, y se enmarcan sus alcances dentro de las directrices de la institución y de las políticas distritales. Los pasos que conciernen la realización del estudio se exponen a continuación:

1.7.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Se refiere a la obtención de información secundaria: fotografías aéreas, cartografía y estudios previos de topografía, geología, geomorfología, geotecnia, hidrología, climatología, usos del suelo, sismología, etc., disponibles en entidades como el IGAC, la DPAE, el Ingeominas, la Secretaría de Salud Distrital y la Alcaldía Local de Santa Fe, entre otras, así como el análisis y evaluación del estado de las obras existentes.

Esta etapa permitió en primer lugar, la asimilación de las características morfológicas del terreno, de la geología y de la geomorfología regional, y un acercamiento a la comprensión de los fenómenos existentes en el área de estudio. En segundo lugar, fue la base de la programación de las labores requeridas para la complementación y profundización de la información y del ajuste de las fases de desarrollo del proyecto.

No obstante, la escasa documentación de los planes de expansión en poder de las entidades, revelada en sus escuetos comunicados (agrupados en el *Anexo A*) pone en entredicho el análisis de la amenaza y riesgo futuros, tarea relevante dentro del estudio. En adelante se precisan algunas de las referencias empleadas, ordenadas y discriminadas de manera alguna:

1.7.1.1 INFORMACIÓN ESPECÍFICA

- ARIZA G., ALBERTO (2006). "Estudio y Diseño del Alcantarillado Sanitario del Barrio Rocío Bajo, de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- CASTRO, CARLOS H. (2006a). "Diagnóstico Técnico DI-2788, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- CASTRO, CARLOS H. (2006b). "Diagnóstico Técnico DI-2903, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CÉSPEDES C, NELLY (2009). "Diagnóstico Técnico DI-4169, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CIVILES LTDA (2000). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio La Peña, Localidad de Santa Fe, en Bogotá D.C.". DPAE. Bogotá D. C.
- CONSORCIO INNOVA INGENIERÍA LTDA (1999). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para estabilizar el Sector Sur del Barrio El Dorado, en la localidad de Santa Fe". Bogotá D. C.
- DAZA T., JOSÉ L. (2009). "Diseño y Construcción de Prolongación de Red Menor de Acueducto Barrio El Triunfo de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- DURÁN O., ALEJANDRO (2005). "Sistema Combinado Quebrada Las Lajitas y parte alta del Colector La Jangada. Desagües Barrios Girardot, Dorado, Consuelo y parte Alta de Santa Rosa de Lima de la localidad 3 de Santa Fe". Bogotá D. C.
- ECOFOREST LTDA (1988). "Estudios Geológicos y Geotécnicos de los Barrios La Paz, San Dionisio, Los Laches y Girardot". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- GEOINGENIERÍA (2004). "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.". DPAE - FOPAE. Bogotá D. C.
- HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL (1998). "Estudio Geotécnico Barrio Los Laches". Caja de Vivienda Popular. Bogotá D. C.
- INGENIERÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS (1990). "Análisis Geológico-Geotécnico y Diseño de la solución a los problemas de inestabilidad del Barrio Santa Rosa de Lima". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D.C.
- INGEOCIM LTDA. (1998). "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C." Mapa Geológico. UPES–FOPAE. Bogotá D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1214, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1336, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA G., PILAR (1997). "Concepto Técnico 2653, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA F., MAURICIO (2007). "Diagnóstico Técnico DI-3294, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GEOINGENIERÍA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-807 Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- HIDROVIAL LTDA (1981). "Estudio Geotécnico y Geológico del Sector Oriental de Bogotá D.E.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- MEDINA A., ARTURO (1988). "Estudio Geológico, Geomorfológico y Geotécnico de los Barrios El Dorado, Guavio, Turbay Ayala, Lourdes, San Dionisio, El Consuelo, Santa Rosa de Lima, Fábrica de Losa, El Rocío y La Paz Central". Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Bogotá D. E.
- MÉNDEZ M., JAIRO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2692, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (2002). "Concepto Técnico CT-3813, Barrio Los Laches, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (1999). "Diagnóstico Técnico DI-732, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1980, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1991, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico Técnico DI-2657, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PALACIO P., JUAN F. (2005). "Diagnóstico Técnico DI-2385, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PEROZA D., DARÍO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2908, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PIV INGENIERÍA LTDA. (1991). "Estudio Geológico y Geotécnico del barrio Girardot, en la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.
- RENDÓN M., SILVIANA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-3355, Barrios Santa Rosa de Lima, Rocío Medio y Rocío Bajo, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- TAPIA M., GERMÁN D. (2000). "Diagnóstico de Emergencia DE-893, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007a). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D.C. Sitio No. 3: Barrio Lourdes ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007b). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D. C. Sitio No. 4: El Consuelo ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3619, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

Son la muestra patente del seguimiento y que fungen como pilares fundamentales, junto con el conocimiento que poseen los habitantes en cuanto a los incidentes acaecidos en la zona, en la construcción del panorama de amenazas.

1.7.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA

- Mapa Geológico de Bogotá. Ingeominas, 1988.
- Mapa Geológico de Bogotá, escala 1:10000. Ingeocim, 1998.

1.7.2.1 BIBLIOGRAFÍA

- ARIZA G., ALBERTO (2006). "Estudio y Diseño del Alcantarillado Sanitario del Barrio Rocío Bajo, de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- ACUEDUCTO, AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ (2010). "Estado Actual de Redes".
- ASEO CAPITAL. (2010). "Solicitud de Información Aseo Capital"
- CASTRO, CARLOS H. (2006A). "Diagnóstico Técnico DI-2788, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CASTRO, CARLOS H. (2006B). "Diagnóstico Técnico DI-2903, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CÉSPEDES C, NELLY (2009). "Diagnóstico Técnico DI-4169, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CIVILES LIMITADA (2000). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio La Peña, Localidad de Santa Fe, en Bogotá D.C.". DPAE. Bogotá D. C.

- CONSORCIO INNOVA INGENIERÍA LTDA (1999). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para estabilizar el Sector Sur del Barrio El Dorado, en la localidad de Santa Fe". Bogotá D. C.
- DAZA T., JOSÉ L. (2009). "Diseño y Construcción de Prolongación de Red Menor de Acueducto Barrio El Triunfo de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- DURÁN O., ALEJANDRO (2005). "Sistema Combinado Quebrada Las Lajitas y parte alta del Colector La Jangada. Desagües Barrios Girardot, Dorado, Consuelo y parte Alta de Santa Rosa de Lima de la localidad 3 de Santa Fe". Bogotá D. C.
- ECOFOREST LTDA (1988). "Estudios Geológicos y Geotécnicos de los Barrios La Paz, San Dionisio, Los Laches y Girardot". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- ETB (2010). "Concepto de Existencia de Infraestructura de ETB".
- GEOINGENIERÍA (2004). "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.". DPAE - FOPAE. Bogotá D. C.
- HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL (1998). "Estudio Geotécnico Barrio Los Laches". Caja de Vivienda Popular. Bogotá D. C.
- INGENIERÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS (1990). "Análisis Geológico-Geotécnico y Diseño de la solución a los problemas de inestabilidad del Barrio Santa Rosa de Lima". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.
- INGEOCIM LTDA. (1998). "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C." Mapa Geológico. UPES–FOPAE. Bogotá D. C.
- INGEOMINAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1997). "Microzonificación Sísmica en Santa Fe de Bogotá"
- Innova (1999). "Estudio de riesgos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el sector sur del barrio El Dorado en la localidad Santa Fe". Bogotá D.C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1214, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1336, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA G., PILAR (1997). "Concepto Técnico 2653, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA F., MAURICIO (2007). "Diagnóstico Técnico DI-3294, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GAS NATURAL (2010). "Certificación Redes Existentes"
- GEOINGENIERÍA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-807 Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- HIDROVIAL LIMITADA (1981). "Estudio Geotécnico y Geológico del Sector Oriental de Bogotá D.E.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- HOSPITAL CENTRO ORIENTE (2010). "Cuadro de Morbilidad Consulta Medicina General del Año 2009 por Grupo Etáreo".
- MEDINA A., ARTURO (1988). "Estudio Geológico, Geomorfológico y Geotécnico de los Barrios El Dorado, Guavio, Turbay Ayala, Lourdes, San Dionisio, El Consuelo, Santa Rosa de Lima, Fábrica de Losa, El Rocío y La Paz Central". Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Bogotá D. E.
- MÉNDEZ M., JAIRO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2692, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (2002). "Concepto Técnico CT-3813, Barrio Los Laches, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (1999). "Diagnóstico Técnico DI-732, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1980, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1991, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico Técnico DI-2657, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PALACIO P., JUAN F. (2005). "Diagnóstico Técnico DI-2385, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PEROZA D., DARÍO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2908, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PIV INGENIERÍA LTDA. (1991). "Estudio Geológico y Geotécnico del barrio Girardot, en la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.
- RENDÓN M., SILVIANA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-3355, Barrios Santa Rosa de Lima, Rocío Medio y Rocío Bajo, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- SECRETARÍA DE MOVILIDAD (2010). "Movilidad en la Localidad de San Cristóbal"
- SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD – ÁREA DE VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA, SDS (2005). "Perfil Epidemiológico". http://www.institutodeestudiosurbanos.com/endatos/0100/0160/0165_3.htm.
- SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN SOCIAL (2010). "Información de Tipo Social para la Zona de Santa Rosa de Lima"
- TAPIA M., GERMÁN D. (2000). "Diagnóstico de Emergencia DE-893, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- TRANSMILENIO S.A. (2010). "Información Rutas Alimentadoras Barrio Santa Rosa de Lima".
- UAE CUERPO OFICIAL DE BOMBEROS (2010). "Emergencias Atendidas en el Barrio Santa Rosa de Lima"
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D.C. Sitio No. 3: Barrio Lourdes ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D. C. Sitio No. 4: El Consuelo ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA (2007). "Santa Rosa de Lima. Reseña Básica Barrial". Alcaldía Local de Santa Fe. Bogotá D.C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3619, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3746, Barrio El Dorado, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

1.7.3 VISITA DE RECONOCIMIENTO

Una vez examinada la información disponible se efectuó una visita al sitio del estudio con el equipo técnico de GIA, que persiguió, como primera medida, corroborar las acepciones inferidas en la etapa inmediatamente anterior, formular a priori un modelo hipotético de los problemas de inestabilidad y de la secuencia estratigráfica, organizar el inventario de viviendas, proponer los puntos de exploración del subsuelo, identificar los agentes detonantes de los procesos morfodinámicos, y concebir una espectro más claro de las amenazas que atañen al estudio.

1.7.4 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE Y TEMÁTICA

1.7.4.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

A fe de estructurar el mapa base para las diferentes etapas del proyecto, contrastar el levantamiento catastral de que dispone el distrito; registrar la morfometría de la ladera, los signos de inestabilidad, las viviendas, las vías, y todo tipo de estructura física existente, como postes, pozos de inspección etc.; se realizó el levantamiento topográfico del sector a escala de trabajo 1:500 (y expuesto gráficamente al mismo nivel de detalle), con curvas de nivel cada 0.5 metros. Éste fue amarrado a placas del IGAC (MAGNA-SIRGAS) que sirvieron de soporte para la definición de la poligonal de trabajo. El barrido altimétrico y planimétrico se ejecutó con la ayuda de una estación total, mediante un procedimiento mixto, que involucró tanto la toma de secciones transversales como la captura de una nube de puntos.

La interpretación cartográfica se efectuó con el empleo del software PROJECT MANAGER bajo la aplicación de un modelo de interpretación dirigida. Es decir, se definieron y respetaron las barreras físicas actuales y se condicionó la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del Software a su libre esquema de triangulación.

1.7.4.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

A partir de la información existente, de la interpretación de las fotografías aéreas de años anteriores, de los levantamientos topográficos, y de campo; se establecieron los niveles litológicos en términos de unidades de roca y suelo tanto locales como regionales con su ubicación espacial; se identificaron los principales rasgos tectónicos, en especial fallas y lineamientos fotogeológicos; se diagrama la morfodinámica, las formas estructurales, etc. De igual forma, se determinó la geología estructural del macizo rocoso (específicamente la orientación de la estratificación y la influencia de los planos de discontinuidad y de falla), los espesores y grados de alteración de los materiales depositados, la presencia de suelos residuales, y la potencialidad de movimientos en masa. Como resultado de este trabajo, se presentan los planos geológico y geomorfológico, realizados en escala de trabajo 1:2000 el general y 1:500 el local.

1.7.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO BÁSICO

1.7.5.1 INVENTARIO DE PROCESOS DE INESTABILIDAD

Se identificaron y delimitaron los diferentes procesos de inestabilidad, activos o potenciales. Cada proceso se registra en una ficha técnica y cartográfica, en la que se consigna toda la información concerniente al mismo: clasificación del proceso, magnitud, eventos detonantes y contribuyentes, frecuencia del movimiento, actividad, tendencia a la propagación, daños producidos, geología estructural, morfometría del talud, etc. Esta información junto con el plano geomorfológico, constituyen el producto final del Inventario de procesos de inestabilidad y son la base para contrastar la amenaza a corto y mediano plazo, y para calibrar el plano de zonificación.

1.7.5.2 PROGRAMACIÓN DE EXPLORACIÓN DE SUBSUELO

Esta labor se abordó mediante la ejecución de tres (3) trincheras, cinco (5) sondeos mecánicos, dos (2) líneas de refracción sísmica, ocho (8) apiques, tres (3) trincheras, cinco (5) columnas estratigráficas y la toma de datos estructurales. Lo anterior permitió una buena aproximación al modelo geológico y geotécnico en el

área. El programa de ensayos de laboratorio se dirigió a la estimación de las características de los diversos materiales o de los horizontes comprometidos: los llenos antrópicos y los suelos residuales. Las muestras se sometieron a pruebas índice como: humedad natural, peso unitario, peso especifico, límites de Atterberg, granulometría, entre otras; y de comportamiento esfuerzo deformación, acorde con el nivel de esfuerzos al que están sometidas en campo, como corte directo, expansiones, consolidaciones y compresiones inconfinadas.

1.7.6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

1.7.6.1 MODELO GEOTÉCNICO

Con base en la investigación de campo, en los ensayos de laboratorio y en algunos principios básicos de la geología estructural se elabora un modelo (aproximado) del subsuelo, en el que se destaca la secuencia estratigráfica, la disposición estructural del macizo y los parámetros geomecánicos que se obtienen para cada horizonte de suelo o roca.

Se emplea durante la elaboración de este ejercicio la base cartográfica obtenida del levantamiento topográfico, escala 1:500. Las secciones estratigráficas (o geotécnicas) se levantan en la dirección probable de movilización de las unidades de ladera. Así se diagraman los espesores de cada uno de los materiales, su disposición estructural, los parámetros geomecánicos y la posición probable de la superficie de falla. Este modelo es de gran importancia para el desarrollo del análisis paramétrico y de estabilidad.

1.7.6.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La definición de las zonas homogéneas contempla variables como: material (unidad de roca y suelo), condición estructural, propiedades físico-mecánicas, y drenaje. Esta tarea implica la convolución de los estudios básicos: geología -estratigrafía y estructural-, geomorfología -unidades morfológicas, morfométricas y procesos-, hidrogeología, investigación del subsuelo y caracterización geotécnica de los materiales. Para el desarrollo de este tema se da uso a técnicas heurísticas o de cruce cualitativo de mapas.

1.7.6.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Se emplean para la evaluación local y general de estabilidad, métodos de análisis estático (equilibrio límite, Jambu o Bishop, y análisis paramétricos, Mora - 1992) de acuerdo con los mecanismos de falla probables o presentes en el barrio. En este último caso, se modelan en las unidades de suelo y roca alterada: deslizamientos traslacionales o rotacionales por saturación, reblandecimiento, y presurización, entre otros.

Los análisis de estabilidad se efectúan para diferentes condiciones, variando los parámetros de resistencia entre los valores mínimos y máximos esperados (funciones de densidad de probabilidad), teniendo en cuenta la ocurrencia o no de lluvias y sismos, y para las obras de mitigación planteadas.

1.7.7 FENÓMENOS SOCIO-NATURALES

Remoción en Masa

La amenaza, entendida como la probabilidad de excedencia de un parámetro específico durante un tiempo de exposición determinado, se describirá mediante la evaluación del Factor de Seguridad *FS* como parámetro

específico de estabilidad (Sánchez, 2000). La relación existente entre estas dos variables (F.S. y Pf) y la obtención de las mismas, se hará aquí siguiendo los lineamientos metodológicos de los Estimativos Puntuales, PEM (Rosenblueth, 1975 y Harr, 1987). Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de un evento particular (*FRM*) se evaluará en términos de sus eventos condicionantes a través de la ley de probabilidades totales.

Tal probabilidad, es función de las probabilidades condicionales de que se presente el deslizamiento para todas las posibles combinaciones de lluvia y sismo. Bajo el marco teórico expuesto, la evaluación de amenaza requiere entonces como insumos: los mecanismos de falla; y las funciones de probabilidad de las variables involucradas cohesión y fricción. Estos elementos, coligados con los resultados del análisis de estabilidad para las distintas combinaciones permitirán determinar las curvas de probabilidad de falla de los taludes en estudio. Si bien el análisis se efectuará para casos individuales, la probabilidad condicional de falla obtenida en cada uno de ellos será fundamental en la definición de la curva de probabilidad de falla de la zona de estudio, Esta gráfica constituirá el último eslabón en la elaboración del Mapa de Amenaza Actual (escala 1:500).

A pesar de fijar como procedimiento específico para la evaluación de amenaza, una técnica probabilística, no se descarta dado el alto nivel de incertidumbre de las variables endógenas: cohesión y fricción, y el reducido número de ensayos de resistencia a ejecutar por material, el empleo de modelos determinísticos. A estos últimos, se recurrirá si los momentos estadísticos de segundo orden: desviación estándar y coeficiente de variación, son superiores al treinta y cincuenta por ciento, respectivamente, o la muestra estadística sea dispersa o se carezca de la suficiente información para validar las muestras desde el punto de vista estadístico. Cabe resaltar que las técnicas determinísticas traen consigo un ahorro de tiempo en el análisis y la posibilidad de dedicar uno mayor al planteamiento y diseño de las medidas de mitigación y del plan de acción.

Sísmicos, Hidrometereológicos y Biológicos

Unos y otros, los terremotos, y los fenómenos biológicos, poco se apartarán de las técnicas estadísticas; los primeros, extensamente estudiados y refinados en la microzonificación sísmica de Bogotá (Ingeominas, 1997), serán sólo matizados con el concepto de efecto local, tarea que se llevará a cabo gracias a técnicas heurísticas; los segundos se deducirán acorde con los registro históricos de emergencias (recapitulados de la secretaría de salud, del SIRE y de los periódicos).

Los fenómenos hidrometereológicos en ningún caso tendrán participación en el estudio pues no están dadas las precondiciones para su creación; Santa Rosa carece de cuerpos de agua, la temperatura media oscila entre los 9°C y 14°C, la cubierta vegetal, escasa por demás, es exclusivamente de pastos, y el uso del suelo es mayormente residencial.

1.7.8 FENÓMENOS ANTRÓPICOS NO INTENCIONALES: TECNOLÓGICOS, FUNCIONALES Y EN EDIFICACIONES

El desarrollo de estos temas involucra: la selección y caracterización de los eventos iniciantes y amenazantes, acorde con los escenarios identificados y las causas de falla que los originen, y la estimación de la frecuencia (o probabilidad de ocurrencia) de los eventos iniciantes y amenazantes.

Las causas de falla hacen referencia a los factores internos y externos que afectan al barrio y que pueden causar derrames, en el caso de los tecnológicos, o daño en las obras de infraestructura, en los sistemas de transporte, en los centros de abastecimiento, etc, en lo que a los funcionales se trata, o el colapso en lo que a las edificaciones corresponde. La selección de causas se realiza cualitativamente de acuerdo con el juicio de

expertos (técnica Heurística). Cada causa se analiza desde dos perspectivas: la frecuencia con que puede ocurrir y la incidencia que la causa tiene, las dos se cualifican (en dominios numéricos, si se quiere) y se ponderan matricialmente para definir las más importantes.

Los eventos iniciantes y los eventos amenazantes se precisan en relación con el fenómeno en estudio, así por ejemplo en los procesos tecnológicos invariablemente los primeros (eventos iniciantes) serán el escape y el derrame parcial o total del producto; y los segundos (los amenazantes) son el derrame, la piscina y el chorro de fuego, la llamarada, las explosiones confinadas y la bola de fuego, éstos en función de la sustancia que se maneje. En cuanto a las edificaciones los iniciantes pueden ser: las grietas o el pandeo (deformación), y los amenazantes son uno y único el colapso.

La frecuencia de ocurrencia, y por consiguiente la probabilidad de falla, podrá deducirse gracias a técnicas heurísticas, estadísticas o probabilísticas (en las que el teorema de Bayes juega papel protagónico); la selección de la mejor recaerá en la cantidad y la calidad de la información disponible, contextos constitutivos de la línea base.

Finalmente, cabe destacar que los procedimientos marcados están basados en la imagen estructurada a través de los conceptos técnicos de emergencias, de los recorridos de campo, y de los reportes de las instituciones, no obstante ellos pueden sufrir modificaciones, la definición última surgirá a la par con la identificación y el diagnóstico de las amenazas y riesgos públicos, componentes esenciales de este estudio.

1.7.9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

A partir de los resultados del análisis de amenaza y de las observaciones de campo, se identifican y localizan los elementos en riesgo (unidades constructivas). Una vez identificados los elementos en riesgo, se deduce su grado de vulnerabilidad, entendido este último como una función de las pérdidas esperadas ante la ocurrencia de un evento determinado.

La deducción del índice de vulnerabilidad física se basa en una modificación a la propuesta realizada por Léone (1996). En este sentido se determina con base en la composición orgánica y estructural de las edificaciones y en la longitud potencial de viaje de la masa inestable, las zonas de afectación directa o indirecta para cada mecanismo de inestabilidad, los índices de daño y el grado de amenaza ($\propto$). Estos elementos serán el soporte para la determinación del índice de vulnerabilidad física.

Finalmente, analizada tanto la amenaza como la vulnerabilidad, se llevará a cabo la convolución de estas dos variables para definir el riesgo. Para ello se determinan los costos probables de falla a partir de los escenarios de afectación, del índice de vulnerabilidad física y de los costos iniciales de los elementos expuestos (entendidos, por ejemplo, para el caso de las viviendas como la suma del costo comercial de la edificación y del valor de los enseres). El riesgo se obtiene entonces como el producto de la probabilidad de falla por el costo de falla que no es otra cosa que la sumatoria del índice de vulnerabilidad física por el costo inicial del elemento expuesto.

1.7.10 EVALUACIÓN DE MITIGABILIDAD

La identificación y clasificación de las alternativas para la reducción del riesgo, es un proceso evolutivo en el tiempo, y que se perfecciona en la medida que se alcancen los diferentes objetivos del estudio o se

desarrollen las diferentes etapas del mismo. La selección de las mejores alternativas técnicas, sociales y económicas se lleva a cabo con base en un análisis de costo/beneficio, que involucra aspectos como la vida útil, el mantenimiento y el uso del lugar.

Lo anterior permite concluir sobre dónde es conveniente reducir el nivel de amenaza, es decir llevar a cabo obras de contención o mitigación y cual es la mejor alternativa, y en donde se requiere evadir el problema o reducir el nivel de vulnerabilidad.

1.7.11 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

Este informe técnico contiene doce (12) capítulos, catorce (14) anexos y diecisiete (17) planos, que se detallan en la *Tabla 1.2*, en la *Tabla 1.3* y en la *Tabla 1.4*.

TABLA 1.2 CONTENIDO

CAPÍTULO	CONTENIDO
CAPÍTULO 1	GENERALIDADES
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO
CAPÍTULO 3	TOPOGRAFÍA
CAPÍTULO 4	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA
CAPÍTULO 5	ESTUDIO GEOTÉCNICO
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN CLIMATOLÓGICA E HIDROLÓGICA, COBERTURA Y USOS DEL SUELO
CAPÍTULO 7	EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL
CAPÍTULO 8	EVALUACIÓN DE AMENAZA ANTRÓPICO-NO INTENCIONAL
CAPÍTULO 9	VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIO-NATURAL
CAPÍTULO 10	VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTRÓPICO-NO INTENCIONAL
CAPÍTULO 11	VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIAL Y ECONÓMICO
CAPÍTULO 12	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

TABLA 1.3 ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO
ANEXO A	CORRESPONDENCIA
ANEXO B	DIAGNÓSTICO
ANEXO C	TOPOGRAFÍA
ANEXO D	GEOLOGÍA
ANEXO E	GEOTECNIA
ANEXO F	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA
ANEXO G	AMENAZA SÍSMICA
ANEXO H	AMENAZA POR FRM
ANEXO I	AMENAZA BIOLÓGICA
ANEXO J	VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA
ANEXO K	VULNERABILIDAD SOCIO-NATURAL
ANEXO L	VULNERABILIDAD ECONÓMICA
ANEXO M	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS
ANEXO N	EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FRM - ALTERNATIVAS
ANEXO O	PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

TABLA 1.4 PLANOS

PLANO	CONTENIDO
PLANO 1	LOCALIZACIÓN
PLANO 2	MAPA BASE
PLANO 3	GEOLOGÍA GENERAL
PLANO 4	GEOLOGÍA LOCAL
PLANO 4A	SECCIONES GEOLÓGICAS
PLANO 5	GEOMORFOLOGÍA
PLANO 6	HIDROLOGÍA, COBERTURA Y USOS DEL SUELO
PLANO 7	ZONAS HOMOGÉNEAS
PLANO 8	AMENAZA ACTUAL POR FRM
PLANO 8A	AMENAZA FUTURA POR FRM
PLANO 9	AMENAZA POR COLAPSO
PLANO 10	VULNERABILIDAD POR SISMO
PLANO 11	VULNERABILIDAD POR FRM
PLANO 12	VULNERABILIDAD POR COLAPSO
PLANO 13	RIESGO POR SISMO
PLANO 14	RIESGO POR FRM
PLANO 15	RIESGO POR COLAPSO

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO

2.1 INTRODUCCIÓN

El desordenado y complejo crecimiento de Bogotá, rector del sur del distrito capital, se acentúa en el barrio Santa Rosa de Lima, inmerso en jurisdicción de la localidad de Santa Fe. Las laderas, antaño retrabajadas por chircales y frentes de explotación, son testigos mudos del errático desarrollo urbanístico carente de planificación, matizado por vías vehiculares sinuosas y de alta pendiente, y peatonales prolongados y por espacios laberínticos, descifrados en escaleras, entre las que se abren paso no sólo los procesos de inestabilidad sino las edificaciones irregulares en madera o concreto, de entre uno y cuatro pisos. Construcciones que dejan en evidencia su limitada funcionalidad (i.e su marcada vulnerabilidad funcional). El barrio nace en el año 1962, gracias a la ocupación ilegal que 40 familias hacen con sus humildes viviendas de paroy; y crece, rápidamente, hasta llegar hoy día a cerca de 4.000 personas (UNMG, 2007, citando a la JAC, 2006), asentadas entre la calle 1C Bis y la calle 2A Bis, y desde la carrera 8 Este hasta la carrera 5 Este; 5.77 Ha., y en coexistencia con múltiples y progresivos trastornos sociales. Males personificados, entre otros, por la violencia, la delincuencia común, la desatención institucional, la vulnerabilidad sísmica, las quemas, la pobreza (en parte artífice de la forma y sistema estructural de los inmuebles) y las amenazas biológicas.

La inaplazable necesidad de conocer y diagnosticar los fenómenos amenazantes y de mitigar sus consecuencias (o impactos), y la búsqueda de una ciudad más justa, segura e igualitaria, o tal vez menos inequitativa (como parte del marco de reducción de la vulnerabilidad social), motivaron a El FOPAE, a través de su designado el Consorcio Gia-Ingercivil, para adelantar el estudio de riesgos socio naturales y antrópicos no intencionales. Tarea forjada gracias a la recopilación y el procesamiento de la información social y técnica; a la diagramación del panorama de los procesos catastróficos y la selección de los más relevantes; a la evaluación de las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos, y a la definición del plan de acción. La programación y los avances en temas como la exploración del subsuelo y la revisión bibliográfica, que entregan una perspectiva preliminar al observador, se plasman y describen en este primer informe.

2.1.1 MARCO DE REFERENCIA: CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA Y SOCIO-ECONÓMICA

En el corredor montañoso oriental de la capital colombiana y de la localidad de Santa Fe (al interior de la Zona 1: Cerros de la Microzonificación Sísmica, tal y como lo ratifica la *Figura B.1* del *Anexo B.1*, Ingeominas, 1997), sobre areniscas y arcillolitas del terciario (propias de las Formaciones Cacho y Guaduas) y mantos irregulares de suelos residuales y rellenos antrópicos, se emplaza Santa Rosa de Lima. Durante sus cinco décadas de existencia, es recurrente el enmarañado de autoconstrucciones, muchas con notorias deficiencias estructurales, que integran incluso precarias viviendas en madera; todas de estratos 1 y 2. Las estrechas vías

secundarias y terciarias, la inagotable red de peatonales, escalonados o no, y el avance y estructuración de las viviendas en terrazas (lleno-corte) en caótica trama y estructura, enriquecen el rebosante dejo urbanístico que se extiende sobre las pronunciadas y empinadas laderas (de hasta 53° grados de pendiente).

El origen del barrio es ilegal. Se trataba de una finca que a la par que fue ocupada (habitada) se explotaba como chircales (UMNG, 2007) y servía de receptor de los desechos sólidos (basuras) de otros sectores de la ciudad. El primero de los pulsos de ocupación data de 1962, y estuvo integrado por 40 familias; el segundo se da a mediados de los sesenta, organizado y fomentado por mujeres cabeza de familia que compran el derecho de ocupación y construyen sus ranchos; los restantes, menos evidentes que los anteriores, emergieron con el pasar de los años. Hacia final de los sesenta se crea la Junta de mejoras y se le otorga personería jurídica: su papel ayudar a la consolidación del barrio. Los frutos no se hicieron esperar, el tendido y la puesta en marcha de las redes de acueducto y alcantarillado se dio en 1973; la construcción del Centro de Salud, del Salón Comunal, de las canchas deportivas, únicas edificaciones de equipamiento colectivo y deportivo (tal como lo ratifica la *Tabla B.1* del *Anexo B.1*), y del sistema eléctrico (entendido como el servicio de luz eléctrica) se lleva a cabo en 1998, y la dotación de gas domiciliario en el 2001.

Hoy en día la cobertura de los servicios básicos y de saneamiento: acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos, gas y aseo es del cien por cien (UMNG, 2007). Sin embargo, es necesario en la parte alta el reemplazo de las líneas de alcantarillado, pues fueron instaladas por los habitantes y evidencian problemas. El abastecimiento de agua se surte del sistema Vitelma, y su fuente es el tanque San Dionisio, la red principal está configurada en tuberías de 6" de diámetro, y los ramales en ductos de 3" de diámetro (véase la *Figura B.2* del *Anexo B.1*), las dos cimentadas un metro bajo la superficie. El sistema principal de alcantarillado pertenece a la cuenca del Río San Cristóbal y está compuesto por tuberías desde 10" hasta 24", que discurren por la Transversal 5, la Calle 2 Este y la Diagonal 2 Este (véase la *Figura B.3* del *Anexo B.1*); y la red de gas está articulada en tuberías de 3" (véase la *Figura B.4* de *Anexo B.1*).

El barrido de las calles y la recolección de basuras son atendidos por la empresa Aseo Capital (Aseo Capital 2010); el primero se lleva a cabo rutinariamente los días lunes y jueves a horas no precisas; y la segunda se cumple con mayor asiduidad tres veces por semana: los lunes, los miércoles y los viernes, sin la participación de estaciones de transferencia, o de puntos de acopio. Contrario a los ingentes esfuerzos de Aseo Capital, y producto de la costumbre, prevalecen algunos nichos aislados de concentración de basuras, los más notorios se circunscriben en la calle 2A entre carreras 6 Este y 6A Este, en la Carrera 5 Este con calle 2 A, y en la Carrera 5B Este con Calle 2. Nichos que sumados a los parches dejados por las antiguas prácticas (en décadas anteriores), permiten la proliferación de roedores e insectos, pero que, a priori, no son focos de insalubridad (de acuerdos con los habitantes).

La malla vial vehicular vieja en su alineamiento y limitada en número, pues está integrada por sólo dos corredores, envuelve claras exigencias geométricas y operativas. Las pendientes longitudinales oscilan entre el 7.7% y el 16%, la distancia de visibilidad es reducida y por espacios insuficiente (máxime en las curvas), las señalizaciones horizontal y vertical son exiguas, y en ocasiones hasta ilusorias, y las calzadas en ningún caso superan los 6.9 metros (aunque varían entre 3.38 m y 6.89 m), y están obligadas a compartir la operación de los vehículos y de los peatones, estos últimos sometidos a su empleo por el reducido tamaño (o ancho) de los andenes.

La principal vía de acceso es la Transversal 5-Calle 2 Este (antes denominada carrera 5), está forjada en pavimento rígido, (concreto hidráulico) y salvo por algunos escalonamientos, la apariencia superficial es aceptable (i.e. no hay evidencias de patologías). A ella confluyen, en direcciones NE-SW y N-S, los pasos

peatonales en escalera o rampa: el de la carrera 5A Este, el de la Carrera 5B Este, el de la carrera 6 Este y el de la carrera 7 Este; senderos por demás irregulares, estrechos, con anchos que van desde el metro hasta los dos metros, y que se tienden con ángulos entre 17.7° (31.9%) y 27.2° (51.4%), particularidades que realzan no sólo las dificultades de acceso e intercomunicación en el núcleo social, y entre éste y la ciudad, sino la marcada vulnerabilidad funcional del barrio, y el ostracismo (que es en medida alguna reflejo de la vulnerabilidad) al que están sometidos las personas de la tercera edad, los niños y los discapacitados. Susceptibilidad acentuada por la caprichosa distribución y concepción de las viviendas.

Tal es la trascendencia del corredor Transversal 5-Calle 2, que por él transitan las dos únicas rutas de transporte público que surten al barrio (véase la *Figura B.5* del *Anexo B.1*). Una, la 240, operada por la Compañía Metropolitana de Transporte, es circular y el volumen de pasajeros en hora pico asciende a los 221 (Secretaría de Movilidad, 2010); y la otra, la ruta 7, a cargo de Expreso Imperial S. A. – Eximsa, está compuesta por los recorridos 7-1 que se moviliza en sentido sur-norte y transporta 445 pasajeros en hora pico (Secretaría de Movilidad, 2010), y 7-2 en proyección inversa (norte-sur), atiende a cerca de 338 personas en hora pico (Secretaría de Movilidad, 2010). Su importancia no sólo no será menoscabada una vez entre en funcionamiento la Fase 3 del sistema masivo de transporte, Transmilenio, la ruta alimentadora 14-3 tendrá paso obligado por ella (Transmilenio, 2010), sino que adquirirá otra dimensión una vez se amplié y se intercomunique con la Avenida Circunvalar, cinturón que requerirá la compra de algunos de los predios de la manzana 79 y que tendrá una banca de 25 m (véase la *Figura B.6* del *Anexo B.1*).

Santa Rosa es una urbanización de características irregulares, formada por un poco más de cuatrocientas (alrededor de 430) viviendas, densamente poblada: el número modal de habitantes por edificación supera los nueve (relación obtenida con base en los reportes de catastro, 2010, y la UMNG, 2007). Su uso es básicamente residencial, con pequeñas inclusiones de uso comercial entremezcladas en los domicilios (v.g. tiendas, panaderías y pequeños establecimientos misceláneos) que dotan del abasto de primera necesidad a la comunidad, y escuetas y escasas incursiones de parques (sintetizadas en una y única cancha múltiple), tierras eriales y parches de vegetación.

Las Casas agrupan espacios mal distribuidos, escasamente iluminados y pobremente ventilados; son poco confortables e inseguras, y su diseño interior está atado (encaja) más a la concepción de multifamiliares (i.e. del inquilinato) que a la de unifamiliares. La construcción es ante todo progresiva, es decir se adelanta en etapas; característica que por una parte explica el porqué la vivienda se subdivide en pequeños núcleos, y por otra parte le otorgan ese tinte desordenado. El acceso se da a un espacio de repartición que irradia a otros ambientes; la circulación horizontal es estrecha y longitudinal (dada en la mayor longitud de edificación), y la circulación vertical es compleja, y está a cargo de escaleras en madera o en concreto (reforzado) con contrapasos irregulares y de alturas variadas. Distintivos que subrayan y enfatizan la vulnerabilidad funcional.

Al exótico arreglo arquitectónico (y por consiguiente al estado operativo) de las residencias se le suman las particulares condiciones estructurales. Las edificaciones se erigen bien en mampostería simple con o sin vigas y columnas de confinamiento, bien en “concreto reforzado”, específicamente de sistema estructural losa-columna, bien como combinación de la mampostería y madera o bien de materiales de recuperación (aluminio, cartón y residuos de demolición). La calidad de la mampostería oscila entre regular y mala, y está matizada por juntas desiguales y discontinuas y por la participación de diferentes tipos de mampostería de dimensiones heterogéneas. La posición de la cimentación es dispar, lo que reproduce empujes de diversa magnitud en la periferia; la pendiente del terreno, particularmente pronunciada, da lugar a preparaciones del terreno en corte-lleno. Los planos de desnivel son recurrentes. La configuración en planta es en extremo irregular y alberga marcados desplazamientos de los planos de acción. Las cubiertas carecen de apoyo en

los extremos o de viga cumbrera o son planas y en concreto reforzado. El estado de conservación es en el mejor caso aceptable.

A pesar de tan complejo tramado, del hacinamiento, de la exigencias para el abastecimiento de los servicios públicos, poca relevancia recae en los riesgos tecnológicos o por concentración de personas, y los eventos biológicos son tan típicos (en el entendido de la morbilidad y la mortalidad) como en cualquier otro barrio de Bogotá; respuesta última por demás alentadora dada la exigua atención en salud, el barrio está dotado únicamente por la Unidad de Atención Primaria- UPA (con nivel de atención I), apoyada por la Unidad Primaria de Atención de las Cruces (con nivel de atención I), el Instituto de Ortopedia Roosvelt (vecino del barrio Las Aguas) y el Hospital Centro-Oriente, situado en el barrio la Candelaria (véase la *Tabla B.1* del *Anexo B.1*). Dentro de sus deficiencias están la ausencia de una edificación que posea las características de seguridad necesarias para que funcione como albergue en caso de emergencia; y las propiedades de las edificaciones, y la morfología de las calles, presuponen la dificultad del acceso o movilización, además de las personas de la tercera edad y de las entidades de socorro en caso de emergencia.

La reubicación de 32 familias por parte del Distrito, la incorporación de otras 5, que apenas dan sus primeros pasos por el mismo proceso, y el reporte de 39 más en zonas de alto riesgo por parte de la DPAE (Fuente: Caja de Vivienda Popular, véase la *Tabla B.11* del *Anexo B.1*), son muestra de los estragos que la naturaleza ha protagonizado y protagoniza allí: la morfología de las laderas, las altas pendientes, el errático manejo de las aguas servidas, el dominio de macizos rocosos blandos, y la participación de los llenos antrópicos (elaborados de forma "artesanal" en muchas ocasiones por los residentes, como preparación del terreno para los procesos constructivos de sus propias viviendas o de las de sus vecinos), entre otros factores, han propiciado la aparición de múltiples fenómenos de remoción en masa (más de dos decenas en los últimos doce años, véase la *Tabla B.2* y la *Tabla B.3* del *Anexo B.1*), una de las más evidentes amenazas socio-naturales para los pobladores, y recrean el escenario preferencial para una masiva destrucción durante eventos sísmicos.

Como si todo lo anterior no fuese suficiente, el nivel de desempleo es superior al 40%. Los oficios más frecuentes son la construcción, la labor a destajo en tareas varias, la venta informal, la costura y la lustrería –o de lustrabotas- (UMNG, 2007). Los ingresos en el grueso de la comunidad son tan diversos como la población, los montos por familia van desde los cien mil pesos hasta el millón, pero con promedio inferior a un salario mínimo; los enseres están avaluados entre los quinientos mil pesos ($500.000) y los quince millones ($15.000.000); y las viviendas migran, según catastro, desde los $3.000.000 hasta los $65.000.000. Condiciones propicias que ligadas a la falta de oportunidades (educativas, recreativas y laborales) hacen que los hurtos menores, la venta y el consumo de alucinógenos, y los asaltos a mano armada sean las opciones de vida; alternativas que hacen de Santa Rosa uno de los mayores focos de inseguridad de la capital.

2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

El marco de referencia, es decir la caracterización del barrio (eje central del numeral previo), concatenado con los registros históricos (acopiados por las entidades distritales y que son parte esencial del *Anexo B.1*), con la discretización de las fuentes de amenaza, tarea adelantada a través de la Ficha de diagnóstico (véase el *Anexo B.3*), y con las fuentes secundarias, v.g Ingeocim (1998): Zonificación por Remoción en masa e Ingeominas (1997): microzonificación sísmica, permiten seleccionar como los eventos más relevantes (para Santa Rosa) los sismos, los procesos de inestabilidad y la insalubridad ambiental (que en medida alguna desatan las epidemias), en lo que atañe a los riesgos de origen socio-natural, y los tecnológicos (i.e el

escape, la explosión y el BLEVE), los funcionales y el colapso de edificaciones en los de orden antrópico no-intencional.

De este vasto grupo los procesos de inestabilidad son sin lugar a dudas los más recurrentes (o los más frecuentes), pueden ser generales o locales, aunque en el devenir histórico dominan los segundos: los cuerpos de deslizamiento divagan desde los 4 m^3 hasta los 40 m^3; el material movilizado involucra al suelo residual y a los rellenos (*Tabla B.2* del *Anexo B.1*), empero no puede ni debe dejarse de lado la roca ni los macizos rocosos, el barrio yace sustancialmente sobre ellos. Los fenómenos pueden expresarse como deslizamientos, flujos y caídas de roca; el mecanismos de falla conjuga la saturación, el reblandecimiento, las fuertes pendientes topográficas y la acción del hombre (en los cortes y llenos); y la capacidad de recuperación de la comunidad sometida a su embate es lenta.

Los sismos y el colapso de edificaciones operan temporalmente en el lado opuesto al que ocupan los deslizamientos: su frecuencia es escasa, lo que se traduce en una baja probabilidad de ocurrencia, toda vez que se trate del evento crítico: uno cada cuatrocientos setenta y cinco años para los primeros (sin embargo la amenaza sísmica es media, véase Ingeminas, 1997), o uno cada cincuenta años para el segundo. Sus consecuencias esperadas son disímiles, mientras los sismos pueden acarrear las peores pérdidas en vidas humanas, entre 1 y 10 habitantes por manzana, en heridos (de 10 a 50 habitantes por manzana), y en bienes, de hasta 100.000 mil dólares por manzana (véase la *Tabla B.4* del *Anexo B.1*), y el restablecimiento de las condiciones sociales obliga la participación de las entidades gubernamentales, grandes inversiones de dinero y largos periodos, el colapso se mueve (afecta) en espacios unitarios, compromete pocas vidas (sin que esto sea halagüeño), y su recuperación entrelaza pocos años y el apoyo del gobierno y las instituciones del orden distrital.

Aunque los terremotos parecen no tener claro asidero en el imaginario (o en el conciente) colectivo de los habitantes del barrio, no por lo menos en el mismo orden de los procesos de inestabilidad o de la inseguridad, basta repasar la forma de las edificaciones y sus procesos constructivos, el inobjetable pasado de la capital y las consecuencias de los sismos (tanto a nivel de Bogotá como de otras poblaciones) de los años 1995 (Tauramena), 1999 (Armenia), 2005 (Jamundí) y 2008 (Cáqueza), en stricto sensu muy superiores a los deslizamientos, y los resultados de la microzonificación sísmica (Ingeominas, 1997) parecen apuntar en otro sentido. Su relevancia como evento de primer orden, contrario a su frecuencia (o a su periodo de recurrencia), pero concatenado a sus espectros de daño (en vidas y bienes), es ineludible.

La insalubridad ambiental, las epidemias y los tecnológicos comparten (a hoy día) la misma trascendencia; su posibilidad de ocurrencia es baja, su capacidad de daño es leve, y la recuperación en el peor caso ha tomado algunos días, ha convocado la partición del comité local de emergencia por solo pocas horas y la inversión exclusiva de los residentes. Contrario a esto de ninguna manera pueden menospreciarse. Son y serán amenazas silenciosas pero siempre importantes; conviene, entonces, mantenerlas en el ramillete de las seleccionadas.

El riesgo funcional es de todo el espectro el evento más latente. El barrio se erige en ambientes geomorfológicos irregulares, de alta pendiente y sin recuperación ambiental ni morfológica (conviene recordar que las laderas fueron sometidas a explotación minera), y distante de planificación o proceso de diseño alguno. Las redes de servicios, los corredores públicos, las zonas verdes y de dotación y el equipamiento en general se han surtido en los espacios dejados por las viviendas, con especificaciones extremas. Las vías peatonales y vehiculares poseen fuertes pendientes, de hasta 51% para las primeras y de 16% para las segundas, lo que las aleja de los criterios de comodidad (confort), capacidad de servicio, movilidad y

seguridad. Las redes de acueducto y alcantarillado requieren rehabilitación parcial, en los últimos seis años (2004-2010) se reportan 26 tuberías estalladas, 19 daños en acometidas y 29 filtraciones (véase el comunicado del Acueducto en el *Anexo A*), y las redes de gas han provocado por lo menos dos incidentes. Las viviendas son un marasmo de yerros arquitectónicos y estructurales; el transporte es escaso; la inseguridad y el deficiente urbanismo en nada atraen a las empresas de servicios; y los habitantes residen distantes de los centros de abastecimiento. En resumen el barrio es, como muchos de los que hay en la capital, un desatino funcional, en otras palabras es la incubación y la representación misma del riesgo funcional, sólo superable si se reconstruyese parte o todo.

Las erupciones volcánicas, la erosión, la licuación y la subsidencia poca o ninguna relevancia tienen, por lo que desde ya se desvirtúan y se sustraen del estudio. El ambiente estrictamente sedimentario y la ausencia de cuerpos magmáticos cercanos, que inhiben la formación de cuerpos volcánicos; la carencia de suelos desnudos y la prevalencia de amplios dominios de edificaciones, que evitan o mitigan el retrabajamiento del agua de escorrentía; el tallado de espesos macizos rocosos, y la ocupación en superficie de rellenos antrópicos y suelos residuales arenosos (de densidad media) y arcillosos, que desestiman cualquier hallazgo de espesos horizontes de arena suelta y plataformas inferiores blandas, agrupan los más claros argumentos para su rechazo.

Igual suerte recae en la amenazas hidrometereológicas: no hay cuerpos de agua, ni zonas boscosas, las granizadas sólo han ocurrido en el año 2008 pero sin trascendencia, los ceraúnicos son eventos aislados y los fenómenos del niño y niña son procesos de orden regional (véase el numeral 2.3.1).

2.1.3 DIAGNÓSTICO: CONCEPTUALIZACIÓN PRELIMINAR DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

La marcada evolución morfodinámica de la última década, acentuada por veinticinco deslizamientos, nueve ocurridos en los dos últimos años: todos con daños entre 1 y 4 viviendas (*Tabla B.2* del *Anexo B.1*), y en los que las aguas lluvias y las sanitarias jugaron papel trascendente; el dominio de secuencias de arcillolitas y areniscas; las pronunciadas pendientes; los rezagos de las actividades extractivas transcritos en escarpes, cortes irregulares y erráticas expresiones morfológicas; el acentuado y desordenado crecimiento (propio de procesos irregulares e informales) creador de rellenos antrópicos a media ladera; el indiferente papel de los planos de estratificación, regido por buzamientos superiores a los 40 grados; el importante número de fuentes sismogénicas, cercanas y lejanas; la nada despreciable sismicidad histórica del Distrito Capital justifican, califican y subrayan el estado de las amenazas socio naturales de orden geológico hoy día, circunscritas exclusivamente a los procesos de inestabilidad y a los sismos, casi exclusivamente en medio. Respuesta similar recae en las amenazas biológicas, específicamente en las epidemias, cerca del 10.4% y del 3.5% de la población (del barrio) padeció durante el 2009 enfermedades respiratorias y enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo, respectivamente, (*Tabla B.5* a *Tabla B.10* del *Anexo B.1*: Hospital Centro Oriente), marco en nada distante del de la localidad sólo entre 10 y 20 personas fallecieron en el 2001 (SDS, 2005).

Se escapan a este juicio de valor las amenazas de orden hidrometereológico, y la de colapso de edificaciones circunscritas en el intervalo de bajo. Estadio (o cualificación) ratificado por la ausencia hoy día de cuerpos de agua, por el inocuo registro de descargas eléctricas, por el dominio de pastizales en los baldíos o áreas libres, y por el casi exclusivo uso residencial vigente hoy día, si se trata de las primeras, o por la apenas aceptable calidad de las construcciones y de los materiales constitutivos, que discrepan con las exigencias de la norma sismorresistente (1998, aún vigente), y por el escaso número de eventos ocurridos a lo largo de la vida del barrio: dos (véase el *Anexo B.1*), en lo que atañe a las segundas.

El caótico contexto urbanístico, la carencia de diseño arquitectónico del barrio y de las edificaciones, las marcadas exigencias geométricas de los corredores públicos (vías vehiculares y peatonales) y su deficiente índice de servicio: baja capacidad - moderada demanda, la ausencia de hidrantes (es decir de redes contraincendios), el intrascendente asiento de las empresas de servicios (sólo subsanado por la UPA), el nutrido número de emergencias en las redes de acueducto y alcantarillado, la ocupación de algunas de las viviendas por el tendido eléctrico o la proximidad de unas con otro, la carencia de parques, zonas de recreación pasiva, la deficiente comunicación entre los distintos centros nucleados (bloques o cuadras), los extensos recorridos y las grandes inversiones en tiempo a los que están sometidos los habitantes para acceder a los centros de acopio, y la poca capacidad de maniobra a la que estarían subyugadas las entidades de emergencia para la atención de un desastre, son algunas de las muchas razones que remarcan la alta condición de amenaza funcional.

La ausencia de industrias químicas, de estaciones de gasolina, de depósitos de almacenamiento de sustancias peligrosas, de estadios, de teatros, de centros comerciales, de escenarios al aire libre, de plazas de mercado y de iglesias, otorga a los procesos tecnológicos y a los de congregación masiva de personas condiciones de amenaza baja. El hogar infantil (o el salón comunal, pues funcionan en la misma edificación) y las líneas de gas, son las únicas fuentes generadoras de los fenómenos amenazantes.

La vulnerabilidad y el riesgo, con excepción de los sísmicos y del patrón funcional, parecen andar de la mano de las amenazas. Las dos exponen los mayores índices globales rotulados en medio, en algunos casos son reflejo del bajo potencial de daño de los procesos, tal es el hecho de los fenómenos de remoción en masa, del colapso de viviendas, y de los eventos tecnológicos y funcionales (los registros históricos parecen avalarlo: véase el *Anexo B.1*), y en otros casos son producto de la capacidad de respuesta del elemento expuesto, circunstancia que envuelve a los eventos biológicos.

Los sismos, en especial el crítico esperado (de magnitud 6.5 en la escala de Richter), y el orden funcional tienen la capacidad de exponer las mayores deficiencias, y por consiguiente el peor escenario: la vulnerabilidad y el riesgo a todas luces se posicionan en alto (conclusiones apenas obvias si se repasan los resultados de la microzonificación sísmica de Bogotá y las características del barrio). La escueta calidad constructiva; las deficiencias estructurales, ejemplificadas en el sistema estructural: mampostería simple sin vigas y columnas de confinamiento; la pobre a regular calidad de los sistemas resistentes, producto del empleo de piezas irregulares en los muros, de la inclusión de diversas unidades de mampostería (que hacen las edificaciones poco menos que homogéneas), y del irregular ligamento de los elementos; la apenas aceptable resistencia de las construcciones; la participación de diafragmas (placas de piso y entrepiso) de cualquier naturaleza con marcados planos de desnivel, irregularmente soportados en los muros y distantes del monolitismo; la exótica distribución de la masa y la rigidez de los inmuebles en altura; y los apenas aceptables estados de conservación de las viviendas, son los pilares que soportan tales aseveraciones.

CAPÍTULO 3

TOPOGRAFÍA

CAPÍTULO 3

TOPOGRAFÍA

Como insumo esencial para la elaboración de la cartografía geológica, geomorfológica, geotécnica, de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, se realiza el levantamiento topográfico detallado, a escala 1:500, en el área designada para el estudio. En este trabajo se identifica y registra: la morfometría de las laderas, los rastros de inestabilidad, las viviendas (sin tocar la distribución interna), las vías, y todo tipo de estructura física: postes, pasos peatonales, pozos, hidrantes, válvulas, cajas, paramentos, cercas y escaleras, entre otras. En adelante se describen las labores comprendidas para tal fin y se exponen los resultados.

3.1 ALCANCE

Acometer el levantamiento topográfico: planimétrico y altimétrico, a escala de trabajo 1:500, en coordenadas reales y el amojonamiento de tres (3) vértices, acorde con los siguientes parámetros básicos:

- amarre a coordenadas reales a partir del punto CODAZZI - 2010
- captura de información topográfica en tres dimensiones: X (Este), Y (Norte), Z (Cota).
- registro detallado del barrio. Involucra: postes, pasos peatonales, hidrantes, válvulas, cajas, pozos, vías, paramentos, escaleras, cercas, evidencias geomorfológicas y morfodinámicas (v.g. escarpes, cuerpos de deslizamiento, etc.), entre otros.

3.2 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Una vez surtida la inspección visual en campo de Santa Rosa de Lima, y evaluada la información disponible, se procedió con el levantamiento topográfico (planimétrico y altimétrico), teniendo en cuenta la obtención de curvas de nivel cada 0.50 metros, mediante la aplicación de un procedimiento mixto que incluyó tanto la realización de secciones transversales como la captura de una nube de puntos.

3.2.1 TRABAJO DE CAMPO

El levantamiento topográfico involucró la captura de 6841 puntos, y tuvo una duración de diecisiete (17) días, marcados entre el 13 y el 29 de octubre de 2010. Se llevó a cabo en tres etapas. La primera encerró el

geoposicionamiento, y el diseño y tendido de la poligonal de cierre, para lo que se realizó el traslado de coordenadas y el amojonamiento de tres (3) vértices: el GPS1, el GPS2 y el D4, y se definieron los auxiliares para la radiación de los detalles. La segunda comprendió el espacio abierto; allí se tomó la información necesaria para la obtención de las curvas de nivel cada 0.5m, los prismas se dispusieron en los cambios de pendiente hasta obtener un cubrimiento total del polígono. Y la tercera fase abarcó el registro de la infraestructura i.e: los canales, las vías, las construcciones, los postes de energía y alumbrado, los pozos, las estructuras de contención (muros gaviones y muros en concreto) y los árboles, entre otros; el barrido se llevó a cabo gracias una nube de puntos, tal y como se ilustra en la *Foto 3.1*.



FOTO 3.1 TRABAJO DE CAMPO

3.2.2 LOCALIZACIÓN CARTOGRÁFICA

Santa Rosa de Lima se erige en las estribaciones de los cerros orientales del distrito capital, muy cerca del centro histórico. Hace parte de la subcuenca del río San Cristóbal, y es jurisdicción político administrativa de la localidad se Santa Fe y de la UPZ Lourdes. Su estructura física se enmarca entre la calle 1C Bis y la Calle 2A Bis , y desde la Carrera 5 Este hasta la Carrera 8A Este, en posiciones altimétricas superiores a los 2736 m.s.n.m. e inferiores a los 2806 m.s.n.m. Limita al norte con el barrio Rocío Centro Oriental, al oeste con los barrios Girardot y Ramírez, al este con El Dorado, y al sur con los barrios Rocío Oriental y El Consuelo, éste último contenido en el cuadrángulo de estudio.

3.2.3 AMARRE DE COORDENADAS

El levantamiento está amarrado al sistema de posicionamiento global del IGAC. El punto de referencia es la placa CODAZZI-2010, emplazado al interior de las instalaciones del IGAC, a la que se le atribuye como proyección plana: 104696.284 m.N. y 99732.359 m.E., y elevación la cota 2588.6 m.s.n.m. obtenida de la solución combinada suministrada por el Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI) para el servicio internacional GPS (IGS), y con ase en él por el Sistema de Referenciación Geocéntrica para las Américas (SIRGAS) y por el Instituto Geográfico Agustin Codazzi (IGAC). De la placa se hace el traslado de

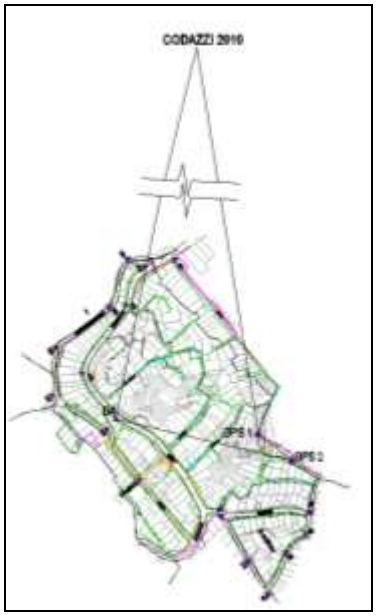
coordenadas a los puntos GPS1, GPS2 y D4 fincados en Santa Rosa de Lima; recurso concluido con el cálculo de las coordenadas, y en el que se emplea el software PROJECT MANAGER. La *Figura 3.1* ilustra la poligonal, y el *Anexo C.1* contiene la certificación del punto de amarre expedida por el IGAC.

TABLA 3.1 POLÍGONO DEL ÁREA DE ESTUDIO

NORTE (M)	ESTE (M)
98833.15	100634.01
98761.25	100712.06
98734.90	100717.00
98717.42	100738.45
98698.81	100763.33
98651.22	100754.70
98620.92	100827.89
98553.20	100822.41
98493.96	100792.10
98555.80	100738.39
98558.33	100721.00
98511.72	100697.75
98503.84	100681.19
98519.45	100639.61
98554.92	100634.47
98607.88	100577.99
98625.05	100569.91
98599.61	100558.83
98617.46	100533.51
98631.42	100543.31
98641.73	100524.71
98661.19	100530.98
98691.34	100521.94
98712.29	100523.88
98766.16	100572.61
98774.41	100575.78
98812.26	100577.63
98818.06	100582.67
98825.64	100606.77
98812.98	100612.08

NORTE (M)	ESTE (M)
98833.10	100634.09

FIGURA 3.1 POLIGONAL DE AMARRE



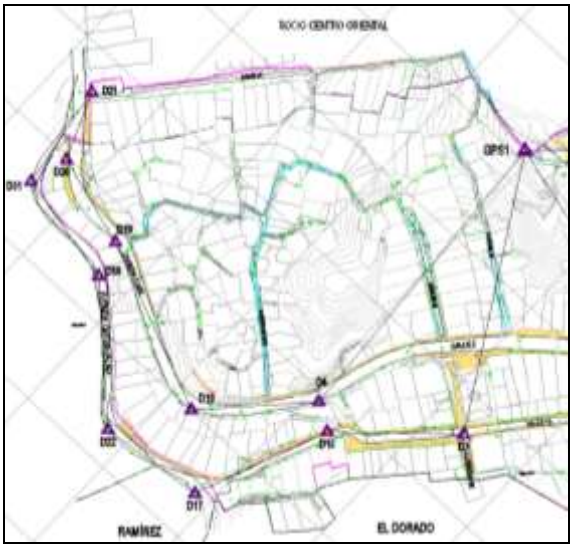
3.2.4 POLIGONAL DE CIERRE

Una vez georeferenciada el área a través de la poligonal de amarre, se procedió acorde con las dificultades morfométricas y morfológicas del relieve, con la generosa consolidación urbana y con la emática arquitectura urbanística del barrio, y a fe de propiciar los mínimos errores al cierre y ajuste de dos poligonales internas constituidas por siete (7) y doce (12) referencias, la primera , la PC-1 configurada por los vértices GPS1, D2, D7, D8, D9, D10, y D6, y la segunda, la PC-2 diagramada por las referencias GPS1, D3, D16, D17, D22, D30, D31, D21, D20, D19, D18 y D4. Desde ellas se establecen visuales a los sitios radiados para la obtención de la nube de puntos y las secciones. La *Figura 3.2* y la *Figura 3.3* reseñan los esquemas de las poligonales.

FIGURA 3.2 POLIGONAL DE CIERRE PC-1



FIGURA 3.3 POLIGONAL DE CIERRE PC-2



3.2.5 AJUSTES DEL LEVANTAMIENTO

Surtidas las etapas previas, se efectuó el trabajo de ajuste y cierre de los vértices de las dos poligonales, que arrojaron los siguientes resultados:
Poligonal 1:

- Error de cierre en coordenadas Norte = 0.011m.
- Error de cierre en coordenadas E =- 0.001 m.
- Error de cierre en ángulo = 8”
- Precisión = 1:36638.659

Poligonal 2:

- Error de cierre en coordenadas Norte = 0.013 m.
- Error de cierre en coordenadas E = -0.016 m.

- Error de cierre en ángulo = 5”
- Precisión = 1:44692.786

Ahora bien, como no se realizó nivelación alguna de las referencias con equipo de nivel de precisión, el control altimétrico se hace con las cotas dadas de vista adelante y vista atrás. En el *Anexo C.3.1* se exhibe el cálculo de las poligonales de cierre.

3.2.6 AMOJONAMIENTO DE REFERENCIA

Se materializó con tres (3) placas fijadas. El GPS1 está fundado en el principal accidente topográfico del barrio apodado el “Mirador”, su coordenada plana es: N: 98654.749m y E: 100754.378m y su elevación geométrica calculada es de 2824.207 m. El GPS2 descansa en el peatonal de la Calle 2A Bis, a los 2809.567 m.s.n.m., frente a la casa 07 de la manzana 92, a 5.27m al SE del pozo de alcantarillado más occidental de la vía y a 9.7m al SE de un poste de teléfonos y su posición geográfica es N: 98631.906 m y E: 100796.783 m. Y la referencia D4 está adosada en el sardinel sur de la Calle 2 Este, de cara a la residencia con dirección Calle 2D Este No. 5-55, a 4.93 m sobre la línea de azimut 128° de la esquina noreste de la edificación, en la coordenada N: 98644.698 m, E: 100595.565 m, en los 2759.239 m de altitud. Las coordenadas y elevación de cada uno de los vértices materializados se ilustran en la *Tabla 3.2*, su nivelación geométrica se plasma en el *Anexo C.2* y su disposición espacial se enmarca en el *Plano 2.*

TABLA 3.2 MOJONES MATERIALIZADOS EN CAMPO

MOJÓN	NORTE	ESTE	COTA
GPS 1	98654.749	100754.378	2824.207
GPS 2	98631.906	100796.783	2809.567
D4	98644.698	100595.565	2759.239

3.2.7 CONDENSACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO

La información tomada en la estación total se consignó, a través de un colector de datos interno, y el programa de computadora CRC (COMMUNICATION, REDUCTION AND CONVERSION PROGRAM) permitió procesar la información.

3.2.8 TRABAJO DE OFICINA

El procesamiento cartográfico se llevó a cabo con el módulo Surface Modeling del programa Eagle-Point Versión No. 14, bajo un modelo de interpolación dirigida en tres dimensiones, lo que conllevó a definir y respetar las barreras físicas actuales, en especial las de los frentes rocosos, las estructuras de contención, los escarpes (de roca y deslizamiento) y las edificaciones, y a condicionar la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del programa a su libre esquema de triangulación; en este sentido jugaron papel importante las secciones transversales.

El proceso así desarrollado puede entenderse como una conceptualización de un submodelo para SIG, puesto que primero se elaboran las diferentes capas de información y posteriormente se hace la interpolación.

De esta manera, se seleccionaron los postes de alumbrado, los pozos de inspección y demás elementos del amoblamiento urbano, se delinearon las vías y las construcciones, y se delimitaron los cortes y afloramientos rocosos. Para una mejor aplicación del programa se procesaron parcialmente en tres dimensiones los diferentes elementos topográficos levantados, lo que dio como resultado una mayor precisión y calibración de los límites y contornos. Finalmente, y para terminar la generación del mapa base, se realizó la integración e interpretación de todo el conjunto. Como resultado, se definió la salida gráfica del plano topográfico, *Plano 2*, escala 1:500 con curvas de nivel cada 0.5 metros, y la cartera electrónica. El *Anexo C.3.2* compila el listado de coordenadas del levantamiento topográfico.

3.3 EQUIPO

El equipo utilizado involucra una Estación Total TOPCON GTS-235W de precisión angular al segundo y alcances de lectura con prisma sencillo, con capacidad para almacenar hasta 9000 puntos topográficos y lectura vertical cenital; dos (2) GPS TRIMBLE 4000 SSE de alta precisión, georeferenciados con la información suministrada por el IGAC del vértice CODAZZI 2010, destinados al traslado de coordenadas; y cuatro (4) radios de onda corta. El post-proceso se acometió con en el software SURVEY PROJECT MANAGER. El equipo y los recursos empleados se relacionan en la *Tabla 3.3* y los certificados de calibración de la estación y del nivel se exponen en el *Anexo C.4*.

TABLA 3.3 RELACIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS POR COMISIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
ESTACIÓN TOPCON GTS-235W	1
GPS TRIMBLE 4000SSE	2
TOPÓGRAFO	1
CADENERO PRIMERO	1
CADENERO SEGUNDO	2
VIGILANTE	1
RADIOS DE ONDA CORTA	4
VEHÍCULO	1

CAPÍTULO 4

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

CAPÍTULO 4

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La evaluación geológica está orientada, prioritariamente, hacia la obtención del o los modelos geológicos y estratigráficos, y a la definición del marco geomorfológico, elementos que aunados permitan optimizar la exploración geotécnica e interpretar las condiciones de estabilidad, y facilitar el planteamiento de las recomendaciones de mitigación para los posibles escenarios de riesgo. La generación y definición de los modelos geológicos tanto estratigráficos como estructurales, son derroteros además ineludibles para poder diferenciar el comportamiento de y entre las unidades litológicas sometidas a esfuerzos tectónicos, que dan pie para definir materiales intensamente fracturados o triturados con comportamientos geotécnicos diferentes al de la roca sana o poco fracturada.

4.1 MÉTODO DE TRABAJO

El levantamiento y cartografía geológica implica en primera instancia la recopilación, procesamiento y evaluación de la información secundaria disponible tal como: informes técnicos, bases cartográficas del IGAC, INGEOMINAS e INGEOCING y fotografías aéreas, entre otras. Y en segunda medida, recae en el trabajo de campo a nivel regional y local, que integra parte de la exploración superficial mediante estaciones de control, levantamiento de datos estructurales y columnas litológicas, y la comprobación de la fotointerpretación. Por último, se complementa con la exploración del subsuelo, programada para fines geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos (constituida por sondeos, apiques, y refracción sísmica), la que provee información útil para la evaluación de la amenaza.

A continuación se relacionan paso a paso las actividades ejecutadas para el desarrollo del componente geosférico:

Fase Preliminar

- Recopilación y análisis bibliográfico de información geotécnica, geológica, climatológica, hidrológica, hidrogeológica, etc. del área de estudio, existente en las diferentes entidades públicas y en algunas privadas.
- Interpretación multitemporal de fotografías aéreas. En esta labor se hizo hincapié en los rasgos estructurales y geomorfológicos, en la delimitación de los procesos morfodinámicos y en la intervención antrópica.

- Adquisición de los planos topográficos a escala 1:2000, disponibles en el IGAC y en otras entidades. Cabe anotar que las escalas referidas son las más detalladas disponibles.
- Reconocimiento general del terreno, identificación de las unidades de roca y suelo, e inventario de los potenciales procesos de inestabilidad y de sus mecanismos de falla.

Fase de campo y oficina

- Levantamiento a nivel local de datos estructurales y de columnas estratigráficas detalladas en las exposiciones del macizo rocoso.
- Toma de fotografías convencionales que ilustran las características de relevancia.
- Elaboración de los planos geológicos regional y detallado. La cartografía se concentra en la delimitación de los depósitos recientes –de ladera y antrópicos– así como de las unidades líticas aflorantes; para tal fin, se aprovecharon los escarpes y los cortes hechos para la construcción de las diferentes estructuras civiles.
- Realización del mapa geomorfológico detallado, en el que se destaca la morfometría, los modelados (morfogénesis), las geoformas (morfología) y los procesos, tanto erosivos como morfodinámicos.

4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Del extenso catálogo de documentos técnicos en manos de las entidades públicas (v.g. El Acueducto, la DPAE, la Dirección Administrativa de Planeación Distrital, la UAERMV, antigua Secretaría de Obras Públicas, etc.), tal vez los de mayor trascendencia para diagramar el esquema preliminar del barrio son:

- Ariza G., Alberto (2006). "Estudio y Diseño del Alcantarillado Sanitario del Barrio Rocío Bajo, de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.

- Castro, Carlos H. (2006a). "Diagnóstico Técnico DI-2788, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Castro, Carlos H. (2006b). "Diagnóstico Técnico DI-2903, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Céspedes C, Nelly (2009). "Diagnóstico Técnico DI-4169, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Civiles Ltda. (2000). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio La Peña, Localidad de Santa Fe, en Bogotá D.C.". DPAE. Bogotá D. C.

- Consorcio Innova Ingeniería Ltda. (1999). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para estabilizar el Sector Sur del Barrio El Dorado, en la localidad de Santa Fe". Bogotá D. C.

- Daza T., José L. (2009). "Diseño y Construcción de Prolongación de Red Menor de Acueducto Barrio El Triunfo de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D.C.

- Durán O., Alejandro (2005). "Sistema Combinado Quebrada Las Lajitas y parte alta del Colector La Jangada. Desagües Barrios Girardot, Dorado, Consuelo y parte Alta de Santa Rosa de Lima de la localidad 3 de Santa Fe". Bogotá D. C.

- Ecoforest Ltda. (1988). "Estudios Geológicos y Geotécnicos de los Barrios La Paz, San Dionisio, Los Laches y Girardot". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.

- Geoingeniería (2004). "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.". DPAE - FOPAE. Bogotá D. C.

- Hidrogeología y Geotecnia Ambiental (1998). "Estudio Geotécnico Barrio Los Laches". Caja de Vivienda Popular. Bogotá D. C.

- Ingeniería de Proyectos Técnicos (1990). "Análisis Geológico-Geotécnico y Diseño de la solución a los problemas de inestabilidad del Barrio Santa Rosa de Lima". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D.C.

- Ingeocim Ltda. (1998). "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C." Mapa Geológico. UPES–FOPAE. Bogotá D. C.

- Gaona G., Juan P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1214, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Gaona G., Juan P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1336, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- García G., Pilar (1997). "Concepto Técnico 2653, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- García F., Mauricio (2007). "Diagnóstico Técnico DI-3294, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Geoingeniería (1999). "Diagnóstico Técnico DI-807 Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Hidrovial Ltda. (1981). "Estudio Geotécnico y Geológico del Sector Oriental de Bogotá D.E.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.

- Medina A., Arturo (1988). "Estudio Geológico, Geomorfológico y Geotécnico de los Barrios El Dorado, Guavio, Turbay Ayala, Lourdes, San Dionisio, El Consuelo, Santa Rosa de Lima, Fábrica de Losa, El Rocío y La Paz Central". Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Bogotá D. E.

- Méndez M., Jairo A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2692, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Moreno M., Gustavo (2002). "Concepto Técnico CT-3813, Barrio Los Laches, localidad de Santa Fe".

FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Moreno M., Gustavo (1999). "Diagnóstico Técnico DI-732, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Ortiz A., Dulfay (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1980, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Ortiz A., Dulfay (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1991, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Ortiz A., Dulfay (2004). "Diagnóstico Técnico DI-2657, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Palacio P., Juan F. (2005). "Diagnóstico Técnico DI-2385, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Peroza D., Darío A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2908, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- PIV Ingeniería Ltda. (1991). "Estudio Geológico y Geotécnico del barrio Girardot, en la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.

- Rendón M., Silviana (1999). "Diagnóstico Técnico DI-3355, Barrios Santa Rosa de Lima, Rocío Medio y Rocío Bajo, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Tapia M., Germán D. (2000). "Diagnóstico de Emergencia DE-893, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Unión Temporal Geotecnia Urbana (2007a). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D.C. Sitio No. 3: Barrio Lourdes ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.

- Unión Temporal Geotecnia Urbana (2007b). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D. C. Sitio No. 4: El Consuelo ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.

- Villamil V., Tulio (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3619, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

- Villamil V., Tulio (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3746, Barrio El Dorado, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.

De lo anterior es claro que los réditos de la recopilación y el análisis de la información son apenas admisibles para nutrir el estudio. Las fuentes secundarias recaban, casi exclusivamente, acerca de los fenómenos

amenazantes de origen socio-natural, puntualmente de los procesos de inestabilidad; marco contrapuesto al de los fenómenos de origen antrópico no intencional: poca o ninguna reseña los cobija. A pesar de las singulares debilidades, los documentos consultados, que incluyen a Santa Rosa o cuadrángulos aledaños al barrio, pero trascendentes para la diagramación de la geología regional, permiten reseñar:

a) Medina (1988), en su plano geológico escala 1: 5.000, destaca que Santa Rosa de Lima se asienta sobre el dominio de las Formaciones Bogotá y Cacho, constituidas por alternancias de arcillolitas y areniscas, pero con predominio de las primeras si se trata de la formación Bogotá, o de las segundas en lo que atañe a la formación Cacho. La secuencia estratigráfica, ausente de la intervención de sistema de falla alguno, salvo el papel de la Falla de Guadalupe (fractura demarcada al oriente fuera del laberinto del barrio, y que en apariencia reemplaza a la falla de Bogotá), delinea por una parte espesores disímiles y disonantes frente a las demás cartografías (v.g Ingeocim, 1998, Ecoforest, 1988, o Geoingeniería, 2004), al punto que la Formación Guaduas carece de representación y la formación Bogotá ocupa el lugar que le otorgan (i.e Ingeocim, 1998) a la formación Cacho; y por otra está matizada por inversiones (correlacionables con la falla de Guadalupe) gestoras de contrapendientes estructurales con rumbo NE-SW y buzamiento hacia el E, y gradientes entre 20 y 30 grados, en las que se cimienta Santa Rosa.

b) La geología proyectada por Ingeocim (1998), a escala 1: 10.000, enmarca al Barrio sobre las exposiciones de las Formaciones Cacho y Guaduas. El contacto entre ellas, y el de Cacho y Bogotá, son normales. El conjunto delinea laderas estructurales con rumbo NE-SW y buzamientos hacia el NW, con gradientes de hasta 60°. El papel estructural, salvo por la Falla de Bogotá, dista de tener relevancia: las fallas de rumbo y los pliegues, y ni que decir de los micropliegues, brillan por su ausencia.

c) Geoingeniería Ltda. (2004), Civiles (2000), el Consorcio Innova (1999) y HGA (1998), por tener como fuente primaria del contexto general a la cartografía de Ingeocim (1998) exhiben en sus trabajos geológicos generales (plasmados en escala 1:5000) una estrecha analogía con ella: las unidades litoestratigráficas (transcritas en las formaciones), la nomenclatura y los componentes estructurales (fracturas y discontinuidades), incluida la estratificación, son coincidentes; y los elementos novedosos, en especial los datos estructurales, son exiguos o intrascendentes. Las cuatro fuentes (compañías) incorporan, como novedades, los cuaternarios; unidades tangibles sólo en la atmósfera local (sus espesores inferiores a la docena de metros los excluye de diagramación en el boceto general).

d) La Unión Temporal Geotecnia Urbana (2007a y 2007b), a diferencia de las referencias previas es discordante con la fuente básica: Ingeocim (1998). En los dos trabajos el material basal recae en la Formación Guaduas, empero sólo en el barrio Lourdes la secuencia ocupa el lugar de la formación Bogotá (proposición revelada no sólo por Ingeocim, 1998, sino por el Ingeominas, 1988 y 1996).

e) PIV Ingeniería Ltda. (1991) e Hidrovial Ltda. (1981), distan mucho de dar cabal cumplimiento a su objeto contractual (extraído de su nombre); los planos geológico, geomorfológico y geotécnico son alusiones a intangibles, esbozados en narraciones genéricas extraídas de fuentes secundarias.

De lo anterior es claro que las cartografías de Geoingeniería Ltda. (2004), Civiles (2000), el Consorcio Innova (1999), la Unión Temporal Geourbana (2007a), HGA (1998) e Ingeocim (1998) son análogas y congruentes, al punto de coincidir en los dominios, espesores y trazos de las unidades litoestratigráficas, y en la limpieza estructural de la porción de la vertiente, derrotero del que se distancia GIA. Difieren en la prevalencia y extensión del cuaternario, tema en el que Ingeocim (1998) hace especial énfasis y da su mayor contribución, al punto de diagramar un depósito aluvial en parte del espacio ocupado por Santa Rosa.

El mayor distanciamiento se revela entre la cartografía oficial (personificada por Ingeocim, 1998) y la de Medina (1988). Los contactos, los espesores y la ubicación espacial de las unidades litoestratigráficas son divergentes, muy variados, e imprecisos, baste reseñar que Medina (1988) precisa el contacto entre las formaciones Sabana y Bogotá como un trazo lineal norte-sur, desligado de las expresiones topográficas y morfológicas, que no dan cabida a esta interpretación. Igual sucede con la disposición estructural, mientras Medina (1988) describe para el relieve conexo a Santa Rosa contrapendientes estructurales invertidas, Ingeocim (1998) las reseña como pendientes estructurales de alto ángulo (véase la *Figura A.7* del *Anexo A*), planteamiento compartido y avalado por GIA C. L.

Los diagnósticos técnicos ricos en detalles descriptivos como el material involucrado, la humedad, la clasificación, el volumen comprometido, las posibles causas y los daños promovidos, se destinan, como es apenas obvio pues son emanados por la DPAE, exclusivamente a los procesos de inestabilidad, sin dimensionar su trascendencia en el reordenamiento del barrio, ni concatenarlo con su evolución histórica. Algunos deslizamientos son reactivados, otros relictos y otros son gestados por el proceso constructivo acometido por los habitantes (vecinos); catorce (14) son deslizamientos (uno ligado al desplome de un muro), tres (3) flujos de lodos, cuatro (4) caída de rocas, tres (3) deslizamientos por talud de corte y uno es incierto. Cualquiera sean sus características todos se circunscriben en cuatro escenarios específicos: el de la Calle 1D No. 7 – 12 Este, el de la Calle 1D No. 5 Este – 22, el de la Carrera 8 Este No. 2 -21, y el de la Carrera 8 Este No. 2 -28.

4.3 GEOLOGÍA GENERAL

Santa Rosa de Lima y los barrios circunvecinos están inmersos en las laderas occidentales del cinturón montañoso que bordea la ciudad en su flanco oriental, sobreyacen secuencias intercaladas de areniscas y lodolitas correlacionables con las Formaciones Bogotá, Cacho y Guaduas, parcialmente cubiertas por mantos de suelo residual, rellenos antrópicos y depósitos coluviales. El conjunto hace parte del flanco oeste de la falla de Bogotá, corredor retrabajado fuertemente por la tectónica, inicialmente de compresión –que originó una serie de replegamientos–, y seguidamente de cizalla, gobernada por fallamientos de tipo inverso (i.e: Falla de Bogotá), acompañado a su vez por el colapso gravitacional de grandes bloques, tal vez determinados por la fracturación precedente.

4.3.1 ESTRATIGRAFÍA

El vecindario ocupa parte de la vertiente norte de la cuenca del Río San Cristóbal, definido parcialmente por el cuadrángulo remarcado en la *Tabla 4.1*, es un ejemplo a escala de la evolución de la Sabana de Bogotá, subrayada por la concurrencia de las formaciones Bogotá, Cacho, Guaduas, y Guadalupe, de depósitos coluviales, de las fallas de Bogotá y Guadalupe, y de un vasto número de lineamientos fotogeológicos.

TABLA 4.1 POLÍGONO DEL ÁREA DE ESTUDIO

NORTE (M)	ESTE (M)
99178,86	99650
98178,86	97650
102178,86	97650
102178,86	99650

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La representación cartográfica expuesta en el *Plano 3* toma como referencia los documentos técnicos existentes, la cartografía de Ingeocim (1998), contrastada con la fotointerpretación de los vuelos e imágenes satelitales relacionadas en la *Tabla 4.2* y con controles de campo, que permiten el ajuste de los contactos litológicos y de las condiciones estructurales reinantes. En las páginas siguientes se describen las diferentes unidades en orden cronológico de la más antigua a la más reciente, simbolismo representado en el *Plano 3*.

TABLA 4.2 VUELOS E IMÁGENES FOTOINTERPRETADAS

VUELO	FOTOGRAFÍAS	AÑO	ESCALA
C-335	736-740	1943	1:7500
C-1402	062-064	1972	1:8000
R-1131	635-639	1990	1:5000
IMAGEN SATELITAL	GOOGLE EARTH	2001	-
IMAGEN SATELITAL	GOOGLE EARTH	2010	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.3.1.1 CRETÁCICO

Grupo Guadalupe (Ksg)

Con este nombre, propuesto por Hettner (1892) y redefinido por Hubach (1957) y Renzoni (1968), se reseña a un grupo de rocas sedimentarias de Edad Cretácico superior (Campaniano - Maestrichtiano Superior), representado por estratos y bancos de areniscas de grano fino a medio, con diferente grado de dureza, e intercalaciones de lutitas silíceas y láminas de arcillolitas. Debido a la marcada diferencia litológica al interior de la unidad, fue elevada a la categoría de Grupo y subdividida en 3 formaciones: la Arenisca Dura (Ksgd), Plaeners (Ksgp) y Labor y Tierna (Ksglt). La primera dibuja relieves de tipo montañoso escarpado, está conformada por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de color gris a crema, compactas, en capas gruesas (hasta de 5m); hacia la franja superior las areniscas se tornan más finas, la estratificación es gruesa y plano paralela, y su grado de litificación es variable; el espesor de la unidad se estima entre 150 m y 200 m. (Julivert, 1961) y se le propone edad Maestrichtiano inferior; su ambiente de formación está ligado a una línea de costa o frente de playa, en la que por acción de las olas sólo es posible encontrar cuarzo, único mineral capaz de soportar el embate de alta energía de las olas al chocar contra la playa.

La segunda, Plaeners (Ksgp), delinea un relieve montañoso y escarpado; se define por areniscas cuarzosas de grano fino y compactas, de color gris a blanco, conformadas en capas gruesas (de hasta 5m), interestratificadas con niveles arcillosos de 0.10m a 0.15m de espesor, de coloraciones habanas a amarillas y plasticidad media; hacia el tope las areniscas son más arcillosas, la estratificación es gruesa y plano paralela, el grado de litificación es variable, la coloración oscila de blanca a pardo amarillento y el tamaño del grano es medio a grueso. El espesor de la unidad se estima entre 150 m. y 200 m. (Julivert, 1961) y se cree data del Maestrichtiano inferior, su ambiente de formación está ligado a una línea de fuera de costa, en la que la acción de las olas selecciona muy bien el tamaño del grano y sólo permanece el cuarzo.

Y la tercera de estas unidades: Labor y Tierna (Ksglt) difiere de las otras al estar constituida hacia la base por intercalaciones de bancos gruesos de areniscas con bancos menos gruesos de lodolitas finamente interestratificadas, que desaparecen hacia el techo y se reducen a delgadas capas de arcillolitas. Las

areniscas son arcillosas, esporádicamente sin matriz; su color cambia de pardo amarillento a blanco, el grano es grueso a muy grueso, con porciones conglomeráticas y esporádicas apariciones de grano medio a fino. La selección es regular a mala; es frecuente la alternancia de bancos de arenisca con estratificación inclinada en cuñas y estratificación ondulosa lenticular en el tope de la formación. Las lodolitas reposan como interlaminaciones paralelas ondulosas o lenticulares de limo o arena muy fina o arcilla; su rasgo destacable la presencia de icnofósiles que entallan, principalmente, los planos de estratificación y las capas de arcillolita que separan los bancos de arenisca. El espesor de esta unidad muta de los 50 m. a los 100 m. (datos expuestos en el Léxico Estratigráfico Internacional, Julivert, 1968, para el sector de Usaquén) o de 40 metros acorde con las secciones levantadas por Pérez y Salazar (op. cit.) en los afloramientos de la carretera a Choachí; por la proximidad del primero a la zona de interés, se asume el reporte de Julivert como el de mayor confiabilidad.

Se expone al este de Santa Rosa, en la base del bloque yacente a la falla de Bogotá, en el que mantiene contacto fallado con la formación Guaduas. En este grupo esculpen sus laderas, los cerros de Monserrate y de Guadalupe (véase el *Plano 3* y la *Foto 4.1*) y discurre parte de los cauces de las quebradas Manzanares y Pan de Azúcar. Su relieve en líneas generales es de tipo estructural, las laderas y las pendientes estructurales son de gradientes moderados a altos, de larga extensión, amplias y con orientaciones preferentes NW-SE; si bien se encuentran algunos pliegues son escasos y poco continuos, sobresale el anticlinal de Bogotá, su rumbo es NE-SW, y su eje se precisa mucho más al norte de la ciudad. La influencia tectónica está regida por algunos lineamientos y fallas inversas que mantienen la misma orientación de la unidad y por otras que la cortan en sentido ortogonal.



FOTO 4.1 ESCARPES TALLADOS EN ROCAS DEL GRUPO GUADALUPE, AL FONDO, Y EDIFICACIONES CIMENTADAS SOBRE SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN GUADUAS, EN EL PRIMER PLANO

4.3.1.2 CRETÁCEO - TERCIARIO

Formación Guaduas (KTgs)

Fue descrita inicialmente por Hettner (1892, citado por De Porta, 1974) para refererirse a los materiales que afloran en la región de Bogotá y que están por encima del Grupo Guadalupe. Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia infrayacida por el piso de Bogotá, y por el Horizonte del Cacho que es para este

autor la parte más baja del piso de Bogotá. Aflora en los sinclinales de Río Frío, Neusa, Zipaquirá, Checua - Lenguazaque, Sesquilé, Sisga, Subachoque, Teusacá (en La Calera) y al Sur del distrito capital en los sinclinales de Usme y Soacha.

Morfológicamente en varios sectores de la Sabana de Bogotá (i.e. en Checua-Lenguazaque y en el Río Frío), se reconocen una secuencia arcillo-arenosa con mantos de carbón que generan cinco geoformas; tres valles asociados con niveles arcillosos y dos abruptos arenosos. Pero en otros sectores la diferenciación de los segmentos no es clara tal como sucede en cercanías a Sibaté y Subachoque, entre otros.

En el cuadrángulo de estudio, el contacto de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca Labor-Tierna es fallado, en él parte del Grupo Guadalupe cabalga sobre las rocas de la Formación Guaduas. En este salto estratigráfico, se pasa de un intervalo arenoso constituido por capas muy gruesas de arenisca (Kgs) a un intervalo lodolítico (KTgs). Muy distinto es la interrelación con la Formación Cacho: el contacto es neto, y en él se transmuta de un nivel arcilloso de la Formación Guaduas a intercalaciones de capas medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho. Algunos autores como Sarmiento (1994 a) proponen que el contacto es erosivo e inconforme progresivo de Oeste a Este, de manera tal que la perdida de la secuencia aumenta en este mismo sentido. Por palinología la edad de la Formación Guaduas es Maestrichtiano Superior – Paleoceno Inferior (Sarmiento, 1992).

En esta unidad tienen asiento los barrios El Rocío, El Dorado, Los Laches, La Peña, El Consuelo (parte integral del estudio), La Paz y San Dionisio. Esquema revelado en el *Plano 3* y en la *Foto 4.2*. Su relieve es de tipo estructural. Las cuestas y las pendientes estructurales exhiben gradientes moderados, de poca extensión, angostas, medianamente replegadas y con orientaciones preferentes NW-SE; si bien sobresalen algunos sinclinales y anticlinales, son escasos y poco continuos tanto longitudinal como lateralmente.



FOTO 4.2 LAS VIVIENDAS DE LA PARTE ALTA DEL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA Y BARRIO EL DORADO, REPOSAN EN ROCAS DE LA FORMACIÓN GUADUAS

4.3.1.3 TERCIARIO

Formación Cacho (Tpc)

Hubach, (1931) denomina Horizonte del Cacho al conjunto inferior ubicado en el Piso Bogotá, que tiene naturaleza “arenisco-ripioso” y está constituido por areniscas granulosas, tiernas, de colores amarillos hasta ocres o rosados, con algunos bancos de arcillas abigarradas. Julivert (1963) para este Horizonte, utiliza el

nombre de Formación Cacho, adoptada por la Colombian Society Petroleum Geologists and Geophysicists (1961, en Julivert, 1963).

La unidad es suprayacida por la Formación Bogotá, con la que fija contacto neto y concordante. La edad de la Formación Cacho según MacLaughlin & Arce (1972), es Paleoceno, deducción basada en paleoflora estudiada por Van der Hammen (1957); Sarmiento (1994 b) precisa aún más al estudiar el contacto de la Formación Guaduas con la Formación Cacho y al asignarle a esta última una datación del Paleoceno Superior.

Sirve de recinto a los barrios El Guavio y Santa Rosa de Lima (véase la *Foto 4.3* y el *Plano 3*). Su secuencia está forjada en areniscas de color amarillo rojizo, con tamaño de grano grueso, ordenadas en capas con espesores que divagan entre los 0.1m y los 2.0m. La estratificación es cruzada, lo que indica que el medio de depositación es continental, restringido a ambientes fluviales de moderada a alta energía, particularidad que explica la presencia de cantos y de restos de ellos, con aristas y diámetros de hasta un metro. Sus contactos tanto el inferior, con la Formación Guaduas, como el superior, con la Formación Bogotá, son netos y concordantes, de esta última se diferencia por ser más arenosa y por tener mayor espesor.

El relieve diagramado por la Formación Cacho es de tipo estructural; representado en laderas estructurales con inclinaciones leves a fuertes, próximas a los 45° esculpidas principalmente en los paquetes rocosos. El poco drenaje es dendrítico en sus cauces, y la distribución es cuasiparalela.



FOTO 4.3 LOS AFLORAMIENTOS DE LA FORMACIÓN CACHO CONTROLAN Y REMARCAN EL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA: LAS UNIDADES RESIDENCIALES CUBREN LOS VESTIGIOS DE EXPLOTACIÓN Y EL ARREGLO ESTRATIGRÁFICO PRINCIPAL

Formación Bogotá (Tpc)

Hubach (1931), denominó piso de Bogotá a la secuencia del terciario medio constituida por tres conjuntos; el inferior, esencialmente arenoso y arcilloso, incluye el Horizonte de Cacho en la parte basal; el conjunto medio conformado por arcillolitas abigarradas entre las que se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas, y el conjunto superior, formado por bancos de areniscas de grano grueso, blandas, que alternan con arcillolitas abigarradas.

Julivert (1963), determina un contacto neto y concordante entre las Formaciones Bogotá y Regadera en la sección tipo de la Formación Bogotá (esbozada en la Quebrada Zo Grande) pero hacia el norte plantea para el corredor de Tunjuelito una discordancia angular que corta niveles más bajos hasta colocar a la Formación Regadera en contacto con capas de la Formación Guaduas. Sin embargo en esta misma zona, Acosta & Ulloa (1998), cartografían una falla que pone en contacto estas dos unidades, desvirtuando la presencia de una discordancia. Por análisis de fauna Van der Hammen (en Hubach, 1957), considera a la Formación Bogotá de edad Paleoceno, Hubach (1957) le asigna edad Paleoceno tardío y posiblemente Eoceno?; y. Hoorn (1988) determina su edad en el Paleoceno Superior-Eoceno Inferior

En la parte inferior de Santa Rosa de Lima, en el dominio de los barrios Lourdes, Girardot, Ramírez, La Roca, Las Brisas y Las Cruces, la formación Bogotá dibuja una franja de unos 900 m de espesor entre la Formación Cacho y los depósitos cuaternarios pertenecientes a la Formación Sabana tal como se esquematiza en el *Plano 3*. Su litología está reflejada en 2 conjuntos, el primero: inferior, está conformado por una alternancia de arcillolitas varicoloreadas, duras, y areniscas cuarzosas o feldespáticas de colores verde a gris y su tamaño de grano cambia de fino, en la base de la secuencia, a grueso al tope. El segundo conjunto, encierra paquetes de arcillolitas, de color gris oscuro, con manchas marrones y verdes.

El paisaje tallado por esta unidad es de tipo estructural, las colinas son de pendientes moderadas, inferiores a los 20° y los espacios planos poseen gradientes entre 0 y 8°.A lo largo de los años 40 a 70 fue bastamente aprovechada para explotación de arcillas, destinadas a la producción de ladrillos y tubos de gres, las huellas de la proliferación de chircales aún persisten hoy día. *El Plano 3* y la *Foto 4.4* plasman la ubicación espacial y algunas características de la formación.



FOTO 4.4 DESARROLLOS URBANÍSTICOS EN LOS AMPLIOS DOMINIOS DE LA FORMACIÓN BOGOTÁ: EN DÉCADAS ANTERIORES, LA EXTRACCIÓN DE ARCILLAS (CHIRCALES) GOBERNABAN EL PAISAJE. AL FONDO SE CALCA LA EXTENSIÓN DEL DISTRITO CAPITAL.

4.3.1.4 CUATERNARIO

Terraza alta de la Formación Sabana (Qta)

Se denomina formación Sabana a los depósitos lacustres depositados en los amplios espacios intramontanos (véase el *Plano 3*). Para Helmes y Van der Hammen (1995), la formación está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca yacen arcillas orgánicas, arenas y turba-lignita. Para Carvajal et al. (2005), el depósito es resultado de un antiguo lago que dejó planicies y deltas lacustrinos, extensos, de

aspecto aterrazado y con morfología ondulada a suavemente inclinada, limitados hacia los cauces por el escarpe.

Helmes y Van der Hammen (1995), fijan el espesor de la formación en 320 m (registro abstraído del pozo Funza II). La Formación suprayace los sedimentos de la Formación Subachoque, y por datos de huellas de fisión, y Carbono catorce, data del Pleistoceno medio y tardío (Helmes y Van der Hammen, 1995). Son el recinto en el que descansan los barrios Santa María, Santa Ana, Calvo Sur y Modelo Sur; contexto corroborable en el *Plano 3*.

Terrazas Bajas de la Formación Sabana (Qtb)

Encierran, hacia la parte alta de la cuenca, capas gruesas de gravas, y hacia el centro y el sur del valle dominan horizontes gruesos de arenas arcillosas con gravas, que se alternan con arcillas arenosas, arcillas orgánicas o ricas en turba y algunos niveles de ceniza volcánica, (Helmens y Van der Hammen, 1995). Modelan los predios hoy día ocupados por el barrio San Bernardo y la Carrera Décima (véase el *Plano 3*).

Depósitos Fluvioglaciares (Qfg)

Originados a comienzos del cuaternario. Se disponen como abanicos que buzan suavemente a alturas entre los 2750 m.s.n.m. y los 3050 m.s.n.m., tal como se diagrama alrededor de los barrios Vitelma y El Dorado (véase el *Plano 3*). Para Carvajal et al. (2005), son de origen periglaciar, y en ellos se reconocen abanicos fluvioglaciares, conos y lóbulos de gelifracción y planicies y abanicos de sobrelavado glaciar. Los abanicos fluvioglaciares son alargados y dibujan laderas rectas, convexas e inclinadas; su origen está asociado a corrientes torrenciales producto de deshielo de la parte más distal de la masa glaciar. Los conos de gelifracción son elongados, largos y de formas cóncavas y convexas, y son originados por flujos lentos gestados durante el congelamiento y deshielo del material superficial en las zonas periglaciales. Y las planicies son cortas, rectas y suavemente inclinadas (Carvajal et al., 2005).

Están constituidos por una fracción gruesa y una fina. La gruesa está representada por bloques, cantos y fragmentos de roca de color amarillo a gris, con formas subangulares a subredondeadas, dispuestos de manera caótica y con un grado de litificación medio para todo el conjunto. Y la fina sirve de matriz, es de tipo arenoso, y el tamaño de grano divaga entre arena media a grava gruesa, la proporción de grano matriz es 20%-80%, lo que caracteriza la unidad como matriz soportada. Esta enmascara parcialmente las unidades de roca más antiguas.

Depósitos Fluvio Torrenciales (Qft)

Están asociados con avalanchas torrenciales inducidas posiblemente por eventos sísmicos o cambios climáticos, concatenados con lluvias torrenciales. Dibujan lomas bajas y abanicos alomadas y muy largas, de formas convexas y abruptas (Carvajal et al., 2005). Su mejor exposición opera en las márgenes de uno de los afluentes de la quebrada Manzanares, entre los barrios La Peña y Los Laches tal y como se refrenda en el *Plano 3*. Encierran fragmentos, cantos y bloques de composición heterogénea con intercalaciones de arcillas, gravas y paleosuelos; los bloques son de formas angulares a subangulares y yacen embebidos en una matriz arenosa con variaciones de grano entre arena y arcilla.

Conos de Deyección (Qcd)

Son acumulaciones de materiales, movilizados al amparo de la gravedad desde sectores de mayor altitud, y

depositados en formas de conos o abanicos en las zonas más bajas, donde los gradientes son suaves a casi horizontales. Sobre ellos labra su cauce la quebrada Manzanares y se levanta el barrio Belén (véase el *Plano 3*).

Depósitos Aluviales (Qal)

Se designan así a los cuerpos recreados por el transporte de los diferentes tributarios del Río San Cristóbal, configurados por paquetes limo-arenosos intercalados con niveles de gravas y arcillas-limosas; conjunto que refleja el comportamiento y los niveles de energía de transporte de los cuerpos de agua. Su muestra más representativa modela las márgenes de la quebrada Las Lajas, accidente hidrográfico que se abre paso al suroccidente de Santa Rosa de Lima y entre los barrios Girardot, Las Cruces, Las Brisas y Ramírez, tal y como se ratifica en el *Plano 3*.

Coluviones (Qdlc)

Se incluyen en esta denominación los depósitos de pendiente de orden local, tal vez los más notorios, y las masas adosadas al piedemonte en el flanco occidental del anticlinal de Bogotá. Unos y otros descifran conos coluviales, conos de taludes, lóbulos de solifluxión y flujos torrenciales. Los conos coluviales y los lóbulos de solifluxión, son el resultado de la fracturación, meteorización y erosión de las rocas existentes, transportadas por acción del agua y de la gravedad, y depositadas en las franjas media e inferior de las laderas; enmascaran parcialmente la secuencia estratigráfica; son matriz soportados, y su composición recae en gravas, bloques y cantos subangulares a subredondeados de areniscas, embebidos en arcillas, limos y arcillas-arenosas de consistencia media a blanda, exhiben formas convexas e inclinaciones suaves o abruptas. Y los conos de talus se presentan al pie de las franjas escarpadas, son de longitud muy corta a corta, sus formas son rectas a convexas e inclinadas; se forman esencialmente por acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por la acción conjunta de la meteorización y la erosión; entrelazan bloques angulares a subangulares, de variado tamaño, y suelos arenosos o arcillosos (Carvajal et al., 2005). Reposan en espacios aislados al norte y nororiente de Santa Rosa (véase el *Plano 3*); el más importante y extenso sobreyace la traza de la falla de Bogotá, y remarca los cauces de las quebradas Manzanares y Pan de Azúcar.

4.3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Santa Rosa de Lima está inmerso en la vertiente occidental de los cerros orientales, tallada en laderas estructurales con gradientes que divagan desde los veinte grados hasta los sesenta grados, en la proximidad a la traza de la falla de Bogotá, responsable del ordenamiento morfoestructural de esta parte de la ciudad (véase el *Plano 3*).

La falla de Bogotá, es a todas luces, la estructura más relevante dentro del contexto regional; controla la disposición de los planos de la estratificación y es la causante del arreglo de las unidades geológicas al "desaparecer" algunas y poner en contacto otras que por su edad son disonantes entre si (v.g. las Formaciones Guaduas y Plaeners). Bordea los cerros orientales de la capital (Monserrate y Guadalupe) y se extiende desde el Páramo de Sumapaz, al sur de la Sabana, hasta el norte de la ciudad de Bogotá, y probablemente continua más al norte fosilizada por los depósitos cuaternarios. Presenta rumbo general N10 E y es inversa. Desde Usme hasta Usaquén, el salto disminuye progresivamente, al sur cabalgan rocas de la Formación Labor-Tierna sobre rocas de la Formación Bogotá (Usme), al centro y norte entran en contacto las formaciones Cacho y Guaduas para finalmente desaparecer sus evidencias. Carece de indicios de actividad reciente, por lo que es catalogada como de actividad incierta (Ingeominas, 1996).

El comportamiento de la estratificación en el orbe regional, es homogéneo; su buzamiento es noroeste, excepto por el corredor del barrio El Dorado: allí los planos buzan hacia el E, lo que da lugar a pequeñas contrapendientes estructurales. La conjunción de estos dos escenarios da cabida a dos planteamientos, para dar explicación a esta transmutación; el primero implica la participación de dos pequeños pliegues, uno en dirección NE-SW y el segundo reposa en la acción de los callamientos, sin embargo, la ausencia de evidencias, i.e: de brechas, estrías de falla o espejos de falla, entre otros la desestiman.

Sumado a este conjunto sobresalen diversos lineamientos de falla organizados en dos sistemas seudoortogonales entre si; el primero exhibe rumbo NE-SW a NNW-SSE, paralelo a la falla de Bogotá; y el segundo, discurre en sentido E-W con ligeros cambios al ENE y hacia el ESE. Las trazas, tanto de unos como de otros, se encuentran enmascaradas por la extensa cobertura de obras civiles, razón por la que su identificación se funda en la tarea de fotointerpretación de los vuelos de los años 40, 70 y 90, sin embargo durante las labores de campo fue posible reconocer algunas estrías y espejos de falla que permiten de alguna manera dos de los lineamientos como fallas de rumbo, su orientación es NNE-SSE, el desplazamiento horizontal, se presume, no es mayor a 20 m., y éstos aunados a la presencia de un pequeño pliegue (anticlinal) con orientación NE-SW, pueden explicar el cambio en el rumbo y en el buzamiento de la estratificación en cercanías al barrio El Dorado y en una franja que comprende el sector de La Roca, sectores donde el consorcio Innova (1999) y la empresa Geoingeniería (2004) realizaron estudios de riesgos por FRM y en los que a pesar de reportar datos de estratificación no explican el porque del cambio en la polaridad de las mismas.

4.4 GEOLOGÍA LOCAL

Este numeral contiene la descripción de la geología, en el espacio exclusivo del Barrio Santa Rosa de Lima con énfasis en la estratigrafía y en el patrón estructural, forjados bajo los principios, directrices y preceptos de la geología para ingeniería; su tratamiento, está ligado a las descripciones de las unidades de roca y suelo (conceptos básicos fijados por la escala de trabajo 1:500), en orden cronoestratigráfico de la más joven a la más antigua, pero con la salvedad de que las unidades de roca de una misma formación pueden aparecer intercaladas en el plano. Para dar cumplimiento a este cometido, se emplea la base cartográfica obtenida en el levantamiento topográfico, a escala 1:500, y se aúnan los trabajos de la exploración del subsuelo, que conjugan nueve (9) sondeos, diez (8) apiques, tres (3) trincheras, siete (7) estaciones en las que se levantaron sendas columnas estratigráficas, diez y nueve (19) estaciones de control litológico y estructural, dos (2) líneas de refracción sísmica y dos (2) ensayos REMI, cuatrocientos treinta y cinco (435) datos estructurales, doscientos setenta (270) al interior del barrio. Los resultados de la exploración del subsuelo se describen explícitamente en el *Capítulo 5*, junto con sus memorias de cálculo y los registros de exploración, y la localización de los componentes de la investigación geotécnica se plasman en el *Plano 4* y en el *Anexo E*.

4.4.1 ESTRATIGRAFÍA

4.4.1.1 UNIDADES DE SUELO

Rellenos Antrópicos Mixtos (Qarm)

Se destinan a la reconformación de las plataformas en las que se emplazan las viviendas y los espacios comunales del barrio. Son de composición mixta. Entrelazan residuos de construcción, basuras –en menor proporción–, y suelos areno-arcillosos y arcillo-arenosos, que fungen como matriz. Su color es crema con

manchas café a marrón oscuro. Su textura es terrosa, su humedad recorre los intervalos de baja y media, y su plasticidad es media. Los residuos de construcción son de formas irregulares y sus aristas alcanzan los 10cm. de longitud. Su espesor no supera los tres metros, tal como lo confirman los sondeos S-1, S-3 y S-4 y el análisis multitemporal (véase *Plano 4* y la *Foto 4.5*). Son los cuerpos preferenciales de movilización, máxime porque se configuran con buzamientos hasta de 90º, confinados escuetamente con muros en piedra pegada y ladrillo.



FOTO 4.5 SECTOR RECONFORMADO A PARTIR DE RELLENOS MIXTOS PARA SER UTILIZADO COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y ZONAS DE USO COMUNAL (CANCHA Y SALÓN COMUNAL)

Rellenos Antrópicos de Basuras (Qarb)

Aglutinan residuos orgánicos (v.g. cáscaras, huesos, vegetación y porciones de comida, etc.) e inorgánicos (p.e. plásticos, papel, botellas, vidrios, latas, etc.) en matriz limo-arcillosa, limo-arenosa, o areno-arcillosa, responsable de sus propiedades geomecánicas. Su color varía del marrón oscuro al negro; su consistencia oscila desde media hasta blanda y su humedad llega a ser alta. Están diseminados a lo largo y ancho de Santa Rosa; descansan entre las viviendas 77 y 81 de la manzana 4, en los predios baldíos de los bloques 79, 85, y 4; y a lo largo de la carrera 5B este (véase el *Plano 4*). Y su espesor es inferior al metro, espectro corroborado por el sondeo S-3, los apiques Ap-1 y Ap-7, y la trinchera T-2.

Son junto con los rellenos mixtos y los suelos residuales las masas preferencialmente móviles; la detonación es favorecida por su disposición sin control o sistema de contención alguno; y en deslizamientos y deslaves de materiales sueltos, principalmente en los periodos de alta pluviosidad, las viviendas aledañas a ellos exhiben inconvenientes en sus cimentaciones, caída y desplomes en elementos estructurales (i.e: paredes, muros y cubiertas) y filtraciones de aguas, la *Foto 4.6* es fiel reflejo de este tipo de arreglo.

Depósitos Coluviales (Qco)

Bajo esta denominación se designan las acumulaciones traslocadas de residuos sólidos (basuras), o de suelos residuales o de fragmentos de roca. Son mal gradados y matriz soportados; su humedad es media a baja, su compresibilidad y plasticidad son medias, y su consistencia trasiega de baja a media, su geometría es alargada, la longitud es inferior a los veinte (20) metros, su ancho apenas toca los ocho (8) metros y el espesor en ninguna circunstancia es superior a los dos (2) metros. Su origen obedece a la acción conjunta de la gravedad y el agua sobre las pendientes conformadas, combinación que da lugar a torrentes y facilita el

arrastre de los materiales desde las partes más altas. Las mejores expresiones se revelan contiguas a los predios 04 de la manzana 85, y 13 y 27 del bloque 90 (véanse el *Plano 4*, la *Foto 4.7* y la *Foto 4.8*).



FOTO 4.6 PLATAFORMAS RECONFORMADAS CON LLENOS MIXTOS. SU CONFINAMIENTO ES ACARREADO POR TRINCHOS IMPROVISADOS Y MUROS EN PIEDRA.



FOTO 4.7 DEPÓSITO COLUVIAL: ENCIERRA SUELOS RESIDUALES TRASLOCADOS Y FRAGMENTOS ROCOSOS - VIVIENDA 04 DE LA MANZANA 85



FOTO 4.8 MASA COLUVIAL ADYACENTE A LA CARRERA 5 ESTE INVOLUCRA BASURAS Y RESIDUALES TRASLOCADOS.

Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Cacho (QTpc – sr-L)

Agrupan arcillas, arcillas-arenosas y limos-arenosos. Son de colores habano, amarillo claro, con manchas y vetas rojas, cafés y violetas. Poseen plasticidad media; su consistencia es media y eventualmente firme, y su humedad cambia de baja a media. Albergan micas (muscovita), y algunos minerales ferrígenos asociados con la degradación de los feldespatos, las plagioclasas y los líticos. Sus espesores son irregulares y varían desde un metro hasta los tres metros, tal y como lo sugieren los sondeos S-1, S-2 y S-3, y el Apique Ap-6 (véase el *Anexo D.1*). Surcan diametralmente el barrio, confinados entre los dos principales accidentes orográficos, pero más cerca del mirador (véase el *Plano 4* y la *Foto 4.9*), ocasionalmente yacen parcialmente cubiertos por horizontes orgánicos delgados (inferiores a 0.4m. y por consiguiente no cartografiables a la escala del trabajo).

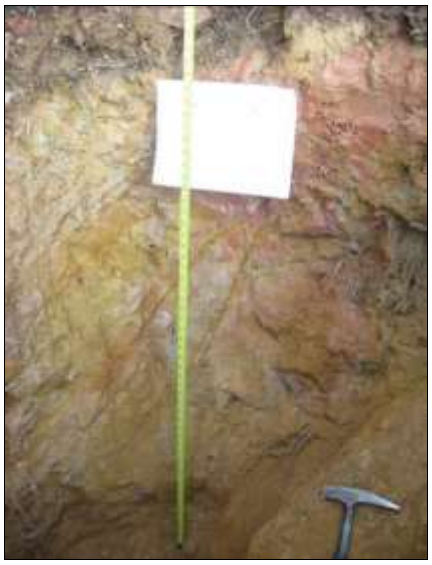


FOTO 4.9 SUELO RESIDUAL ARCILLOSO: APIQUE 3



FOTO 4.10 SUELO RESIDUAL ARENOSO: APIQUE 4

Suelos Residuales de las Areniscas de la Formación Cacho (QTpc–Sr-A)

Agrupa arenas-limosas y arenas-arcillosas, con gravas y cantos de arenisca. Son de color habano o amarrillo oscuro, con manchas rojizas a cafés. Su humedad y plasticidad son medias y su compacidad oscila de media a densa. Mineralógicamente encierran cuarzo y minerales terrígenos, provenientes de la degradación de los feldespatos. Su espesor oscila desde los cincuenta centímetros hasta los seis metros, los apiques Ap-1, Ap-2, Ap-3, Ap-4 y Ap-5 y los sondeos S-5, S-6, S-7 y S-8 (véase el *Anexo D*) así lo ratifican, y hacen parte del suelo de cimentación de parte de las manzanas 04, 82, 85 y 90 (véase el *Plano 4* y la *Foto 4.10*).

4.4.1.2 UNIDADES DE ROCA

La secuencia rocosa está armada por alternancias de bancos de arcillolitas, limolitas y areniscas, parcialmente cubiertos por suelos residuales y rellenos antrópicos.



FOTO 4.11 VIVIENDAS CIMENTADAS SOBRE EL NIVEL DE ARCILLOLITAS DE LA FORMACIÓN CACHO

Formación Cacho – Niveles Lodolíticos (Tpc-L)

Integra lodolitas-arenosas, arcillolitas y limolitas. Exponen amarillo claro, rojo oscuro con manchas amarillas, y violeta. Son poco plásticas; su humedad es baja y su resistencia migra de muy blanda a blanda (ISRM, 1981, citado por Gonzáles de Vallejo y Otros, 2004). Son ricas en minerales producto de la degradación de feldespatos, plagioclasas y líticos. Moldean las dos caras del cerro "El Mirador", aunque tan sólo afloran, en la falda oriental, al norte de la calle 2B Bis (véase el *Plano 4*). Se circunscriben a la cima del barrio Santa Rosa de Lima y a su flanco sur-oriental. contiguo a los predios 19 y 20 de la manzana 90, se presume que gran parte de las viviendas de las manzanas 92, 93, 94, 12 y 30 del Barrio Rocío Oriental tienen asiento en estos paquetes, basta repasar el *Plano 4* y en la *Foto 4.11*.

Formación Cacho – Niveles Areniscas (Tpc-A)

Son las unidades más representativas y de mayor espesor (superan los veinte metros de talle), y cobertura superficial en el barrio, a punto de dar vida a los dos picos orográficos (contexto revelado por las columnas C-1, C-2, C-5 y C-6, véase el *Anexo D*) y servir de soporte a la mayor parte de la infraestructura en Santa Rosa (orbe transcrito por los apiques Ap-1 a Ap-5 y las observaciones al interior de las residencias, en especial las de las manzanas 90, 04 y 83, y esquematizado en el *Plano 4* y la *Foto 4.11*). Reúne areniscas lodosas, litoarenitas y areniscas ligeramente cuarzosas (*Foto 4.12*). Son de colores crema, amarillo y rojo, con manchas rojizas, amarillas, y ocres; su tamaño de grano divaga de fino a medio; su grado de litificación es alto y su resistencia es blanda (ISRM, 1981). Son secuencias grano soportadas, conformadas por: Cuarzo 20%, Feldespato 50% y Líticos 30% (como minerales accesorios operan las micas y los minerales terrígenos, poseen intercalaciones arcillosas con espesores inferiores a los dos metros (véase el sondeo S-4, *Anexo D.1*); algunas son poco cementadas, y el ligante es ferruginoso, pero la mayor parte son matriz soportadas. Integra dos unidades: la Tpc-A1 y la Tpc-A2, sólo diferenciables por su posición estratigráfica. El mayor realce espacial lo ocupa la Tpc-A2, en ella erigen las manzanas 04, 83, 84, 82, 85 y 79, y se entalla la cumbre occidental.



FOTO 4.12 MACIZO ROCOSO ESCULPIDO SOBRE ARENISCAS DE LA FORMACIÓN CACHO

Formación Guaduas (KTg)

Entalla el extremo oriental de Santa Rosa y el único reducto del barrio El Consuelo, específicamente las manzanas 92, 93 y 94 (véase el *Plano 4* y la *Foto 4.13*). Está conformada por arcillolitas y limolitas que se

intercalan con niveles de areniscas, las primeras exhiben colores gris y morado, y las segundas son esencialmente amarillas con algunas patinas de tonalidades rojizas a ocres, resultado de la oxidación de minerales con iones férricos o ferrosos. Si bien esta unidad no aflora, su presencia se abstrae de la fotointerpretación y de la correlación morfológica, morfométrica y estructural con las exposiciones periféricas.



FOTO 4.13 TRAZO INFERIDO DE LA FORMACIÓN GUADUAS, EN EL DENSO Y COMPLEJO MEDIO URBANÍSTICO DE SANTA ROSA.

4.4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La inversión de la secuencia estratigráfica en el cinturón oriental de la capital dio como resultado el fracturamiento de las rocas duras (areniscas) y el replegamiento de las rocas blandas (lodolitas y arcillolitas); en las primeras es común encontrar patrones de diaclasas que controlan la estabilidad de antiguos frentes de explotación, caso específico de Santa Rosa, y de afloramientos naturales; la presencia de estas familias obedece al juego de esfuerzos compresivos al que fue sometido todo el conjunto. A este escenario se le suman las fracturas inducidas por el efecto de las explotaciones del desarrollo minero (v.g. las explosiones), y las zonas de falla que rompen localmente el ordenamiento de las laderas pero que de ninguna manera alteran sustancialmente el arreglo general de los planos de estratificación. Unos y otros se describen a continuación.

La información estructural, acopiada en los formatos de levantamiento estructural, consignada en formato de azimut de buzamiento – buzamiento (los reportes en el informe y en los anexos atienden a esta notación), se condensa en figuras y anexos. Se aunaron en los afloramientos 435 registros estructurales, entre estratificaciones, diaclasas y fallas (véase el *Anexo C.2*). De estas últimas se acopió además de las características geométricas y geotécnicas, indicadores cinemáticos de movimiento tectónico, y el ancho y el tipo de material constitutivo de la zona de falla. Con el universo muestral, se generaron diagramas de frecuencia y de rosa, y estereogramas con la red equiangular, los dos primeros con el ánimo de definir la orientación promedio de las diaclasas y el tercero para ilustrar las familias principales. Igual tratamiento se le dio a cada estación de control, tanto para la estratificación como para las diaclasas; de esta manera cada dato que aparece en el *Plano 4* (i.e. en la geología local) responde al análisis de muchos otros tomados en el terreno en ese mismo espacio físico.

4.4.2.1 DISCONTINUIDADES

Son los rasgos estructurales más abundantes, se trata de superficies de fractura en las que el movimiento es imperceptible; se generan a partir de esfuerzos deformacionales propios de la geodinámica terrestre, y

ejercen control mecánico en las principales exposiciones de los macizos rocosos, tema que se tratará con algún detalle en el capítulo 5.

Santa Rosa de Lima se yergue sobre una sucesión de pendientes estructurales, conspicuas sin traslocaciones o cambios de polaridad relevantes, con excepción hecha de las brechas de falla. La secuencia estratigráfica reposa con azimut de buzamiento promedio de 311 e inclinación de 51 grados, pero con variaciones locales que discurren desde los 40 grados hasta los 70 grados (véase el *Plano 4*). Lo anterior remarca que Santa Rosa opera bajo un solo dominio estructural. La estratificación es plana-rugosa a plana-suave, continua y cerrada, y los macizos están transgredidos por ocho familias de diaclasas la D_2=122/48, la D_3=100/46, la D_4=46/72, la D_5=50/89, la D_6=29/89, la D_7=208/89, la D_8=231/89 y la D_9=288/47; ellas son planas-rugosas y planas-suaves cerradas o ligeramente abiertas, y de persistencia poco continua. El *Anexo C.2* condensa el conjunto de datos estructurales levantados, divididos por estaciones y el *Plano 4* su ubicación geográfica.

4.4.2.2 ZONAS DE FALLA

- Zona de Falla Occidental E-W (ZFOC E-W): discurre en sentido E-W por entre las manzanas 79 y 80. Su rumbo general es N75W y su ancho máximo es de doce (12) metros; su continuidad hacia el occidente es imprecisa pues sus evidencias están cubiertas por la frontera urbana, y hacia el oriente se obtura en el escarpe de explotación. La brecha se compone de bloques decimétricos y métricos (de hasta 1.5 m. de diámetro, véase la *Foto 4.14*), embebidos en matriz areno-arcillosa de color habano-amarillenta.
- Zona de Falla Central NE (ZFC – NE): Tiene dirección NE-SW, específicamente 40-130, transita desde la corona del cerro occidental, al respaldo de las casas 43 y 44 de la manzana 85 (*Foto 4.15*) hasta desaparecer en el barrio El Dorado, cerca de la carrera 6 Este (véase el *Plano 4*). El carácter, aunque incierto, parece de rumbo. El ancho máximo es de siete (7) metros y las fracturas esbozan indicadores cinemáticas de deslizamiento lateral derecho.



FOTO 4.14 BRECHA ADYACENTE A LA VÍA PRINCIPAL Y QUE CONDUCE AL BARRIO EL DORADO



FOTO 4.15 ZONA DE BRECHA CENTRAL (ZFC-NE): NÓTESE EL ANCHO DEL CORREDOR Y LA DISPOSICIÓN CAÓTICA.

4.4.2.3 LINEAMIENTOS FOTOGEOLÓGICOS

Se deducen exclusivamente de la evaluación fotogeológica, sus expresiones manifiestas a nivel regional poca trascendencia tienen en el contexto local. Son de dos tipos distintos, uno, el más importante, asociado con el sistema de falla inverso o de cabalgamiento, de falla de Bogotá, expone azimuts de rumbo NE-SW (véase el *Plano 4*); y el otro diagrama rumbos E-W a ENE-ESE, sin aparente control en las vertientes del barrio y en las laderas circundantes; si bien para ninguna de las dos sistemáticas se encontraron evidencias cinemáticas para definirlas y catalogarlas como fallas, si es posible encuadrarlas a mayor escala con base en las expresiones morfológicas, e interpolarlas a escala local.

4.5 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La estructuración y consolidación del barrio Santa Rosa de Lima, data de comienzos de los años 50, pero su desarrollo sólo adquiere protagonismo con el despunte de los años setenta, desde ese momento ha crecido de manera desordenada, al punto que los cambios son perceptibles por la modificación del relieve original, producto de las actividades de la explotación de arcillas, que posiblemente coadyuva a la morfodinámica actual, y por la diseminación de chircales. Hoy día los chircales han desaparecido, han dado paso a la proliferación de viviendas adosadas a los antiguos frentes de explotación y a los botaderos de materiales, y buena parte de sus evidencias han quedado cubiertas por la expansión de la ciudad, expansión forjada gracias al retrollenado, local en esencia, con residuos de las edificaciones vecinas y con desechos sólidos de la misma comunidad. El paisaje, entonces, ha sido delineado a partir del modelado estructural, gracias a la acción del hombre coadyuvada por los agentes de erosión y de meteorización – físicos y químicos, i.e: viento y agua.

4.5.1 MORFOESTRUCTURAL (FORMAS)

El estructural es sin lugar a dudas el principal y más relevante tipo de relieve. Su evolución está ligada a la dinámica estructural y tectónica, la que configura y rasga pliegues, fractura macizos, iza y hunde bloques, y báscula monolitos. El resultado de todos estos eventos queda representado por pendientes estructurales (LE), y por conspicuos escarpes (E), en menor proporción.

En este orden de ideas y sin dejar de lado el contexto geomorfológico de relieve estructural (LE), según lo confirman las aerofotos de los años 40, las formas pueden diferenciarse a partir de su afectación por actividades antrópicas (I). Los procesos morfodinámicos que involucran, principalmente, a los rellenos, y a los suelos residuales; y los procesos erosivos incipientes, por demás, se acentúan por la acción combinada de la escorrentía superficial y la escasa protección de la cobertura vegetal presente (pastos y maleza). El *Plano 5*, reúne las diferentes unidades descritas a continuación.

4.5.1.1 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN LODOLITAS (CEI-LL)

Comparte con la unidad CEI-LA las mismas características morfométricas y estructurales, pero se diferencia de ella en su composición casi exclusivamente lodolítica. El material rocoso en el mejor escenario es blando; la cubierta vegetal es inocua, particularidad que favorece la gestación de focos de erosión y de horizontes de meteorización; el drenaje es modificado, y los deslaves y los desprendimientos de roca son los procesos morfodinámicos por excelencia (*Plano 5*). Los fragmentos transportados por las aguas lluvia y la gravedad, son depositados en la base de las laderas. Se enmarca en pequeños afloramientos circunscritos al tope de

las laderas entre las manzanas 90 y 92.

4.5.1.2 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN ARENISCAS (CEI-LA)

Está esculpida en potentes paquetes de areniscas, friables y poco cementadas. Los macizos rocosos son en el mejor escenario de calidad regular y transcriben pendientes de hasta 78°. Los pastos y el rastrojo bajo son la cobertura vegetal por excelencia, e inhiben la formación de frentes de erosión y de perfiles de meteorización. Aunque su génesis es tectónica, su realce está favorecido por los rezagos de la (antigua) actividad minera, accionar por demás contribuyente de los deslaves y las caídas de rocas, modeladores morfodinámicos principales del paisaje hoy día (sin dejar de lado, claro está, la actividad urbana). Recorre la cara este de los dos accidentes orográficos del barrio, y los baldíos de los bloques 85 y 90. Expresiones diagramadas en el *Plano 5*.

4.5.1.3 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - LADERA EN SUELOS RESIDUALES LODOSOS (CEI-LSRL)

Es en morfometría, morfología y composición estructural y estratigráfica similar a la Contrapendiente Estructural Intervenida en Lodolitas: CEI-LL, su distanciamiento reposa en la prevalencia de los suelos residuales arcillosos o limosos como cubierta superficial. El cuaternario en ningún caso supera los 5 m de espesor, opera cubierto por pastos, arbustos y árboles, y recibe el retrabajamiento de la erosión difusa. Los eventos morfodinámicos poca o ninguna participación tienen (véase el *Plano 5*). Da vida a la faceta oriental del alto "El Mirador", y es parte catastral de la manzana 90.

4.5.1.4 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - EXPLANACIÓN EN SUELOS RESIDUALES PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (CEI-ESRDU)

Franja esculpida en horizontes de suelos residuales, arenosos y arcillosos, reconfigurada (a través de corte-lleno) para la implantación urbana de las manzanas 85 y 90. La erosión es casi perceptible gracias a la protección otorgada por las edificaciones, y los fenómenos de inestabilidad, si bien no son algo común, pueden a futuro involucrar desprendimientos y deslizamientos traslacionales.

4.5.1.5 CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL INTERVENIDA - EXPLANACIÓN EN RELLENOS ANTRÓPICOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (CEI-ERADU)

Es la unidad en la que tiene asiento la mayor parte de las manzanas 90, 92 y 93 (*Plano 5*). Está moldeada en los macizos rocosos de las formaciones Cacho y Guaduas y en los llenos antrópicos (mixtos o de basuras). Es uno de los pocos sectores que exhibe un ordenamiento aceptable. Su morfología si bien se percibe en la actualidad ligeramente inclinada, es el resultado de la acción repetida de cortes-llenos. Los fenómenos dominantes son los desprendimientos y los deslizamientos traslacionales (delgados), resultado de la saturación o del reblandecimiento del material, unos y otros favorecidos por las fugas de las redes de aguas blancas y grises y por los vertimientos.

4.5.1.6 CONTRAPENDIENTE ESTRUTURAL INTERVENIDA - TALUDES DE RELLENO ANTRÓPICO TRASLOCADO (CEI-TRAT)

Remarca la superficie libre en la que reposa la masa traslocada de roca y suelos residuales, que afecta la integridad de la vivienda 27 de la manzana 90. Su presencia es fugaz, y se incuba en la unidad Cei-La. Es

en sí misma un proceso de inestabilidad, detonado en la segunda ola invernal (del 2010) y de actividad y desarrollo estabilizado-colapsado.

4.5.1.7 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA EN ARENISCAS (LEI-LA)

Se define así al conjunto de laderas labradas en macizos rocosos principalmente de areniscas, en las que la estratificación se dispone en el mismo sentido de la pendiente topográfica. Descifra buzamientos cercanos o ligeramente superiores a los cincuenta (50) grados, y se enmarca en los terrenos baldíos de las manzanas 85 y 90 (véase la *Foto 4.16*). Su desarrollo se hace manifiesto sobre paquetes de roca que han perdido gran parte de su cobertura vegetal. El nivel arenoso es deleznable, y la base de las laderas recibe la acumulación del lavado y transporte del material. Su exposición se da en los afloramientos circunscritos y coincidentes con los cortes de los antiguos frentes de explotación. El drenaje es modificado, y las superficies expuestas favorecen la erosión en surcos y la formación de perfiles de meteorización. Los deslaves y los desprendimientos de roca son los procesos de inestabilidad por excelencia, morfoactividad manifiesta en el *Plano 5*.



FOTO 4.16 LADERAS ESTRUCTURALES Y ESCARPES FORJADOS EN ARENISCAS

4.5.1.8 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – LADERAS EN SUELO RESIDUAL ARENOSO (LEI-LSRA)

Son extensiones topográficas con gradiente moderado, suelos residuales de entre uno y seis (6) metros de espesor. Dibujan pequeños parches en los dominios de los bloques 04 y 82 (véase la *Foto 4.17*). en las que la actividad antrópica no se ha hecho manifiesta. La erosión es difusa, la cobertura vegetal está regida por pastos, rastrojo, y arbustos; las pendientes no superan los 35 grados, lo que la clasifica como moderadamente empinada a muy empinada (Van Zuidam, 1986), el drenaje es natural; y los procesos de inestabilidad recaen en los deslizamientos rotacionales y trasnacionales, y deslaves.

4.5.1.9 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – LADERAS EN SUELO RESIDUAL LODOSO (LEI-LSRL)

Los suelos residuales son inferiores a los 5.0 metros, yacen cubiertos por pasto, arbustos y árboles, y esculpen laderas con inclinaciones entre 23º y 25 grados (tal como lo descifra la *Foto 4.18*), lo que la rotula

como moderadamente empinada a muy empinada (Van Zuidam, 1986). El drenaje es natural, y discurre sin ningún tipo de control; y los procesos morfodinámicos se circunscriben a la erosión en surcos, los deslaves (i.e. la falla planar infinita), los desprendimientos y los deslizamientos; todos con volúmenes de apenas unos pocos (menos de la decena) metros cúbicos. La unidad ocupa pequeños y aislados cinturones alineados con la carrera 7E o la transversal 8 (véase el *Plano 5*).



FOTO 4.17 LADERA LABRADA EN SUELO RESIDUAL ARENOSO



FOTO 4.18 HORIZONTES DE SUELOS RESIDUALES ARCILLOSOS, CONTIGUOS A UNA VIVIENDA EN LA MANZANA 90



FOTO 4.19 CORTES EN ARENISCAS PARA CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES HABITACIONALES, EN LA UNIDAD LEI-EADU.

4.5.1.10 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN ARENISCA PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-EADU)

Reúne las plataformas rocosas, esencialmente de areniscas, adecuadas para la urbanización, y receptoras de los espacios públicos, v.g. la carrera 6 este, y de la totalidad o de un buen número de las viviendas de las manzanas 88, 85, 04, 90 y 82 (esquema sintetizado en el *Plano 5* e ilustrado en la *Foto 4.19*). Los taludes, retrabajados sólo por desprendimientos aislados, revelan gradientes desde los 14º hasta 34 grados, requerimiento que hace ineludible el desarrollo por niveles (o terrazas) del espacio interior de las casas; El agua de escorrentía es captada y conducida por medio de cunetas y canales adosados a los senderos peatonales.

4.5.1.11 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN SUELOS RESIDUALES ARENOSOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-ESRDU)

Responde a las laderas configuradas, superficialmente, en suelos residuales (de areniscas o lodositas), destinadas al uso urbano-residencial. Está retrabajada por cortes escalonados, habilitados para la cimentación de las edificaciones, sometidos ocasionalmente a desprendimientos o deslizamientos, algunos de éstos responsables de las emergencias atendidas en los últimos diez años por la DPAE, o por rampas homogéneas en las que operan los peatonales. Indistinto del procedimiento de modificación, el buzamiento medio, oscila entre los 16º y los 36 grados. Conforma un amplio cinturón que se extiende desde el suroeste hasta el noreste, y en el que toman cuerpo la manzana 88, e islas de los bloques 85, 04, 90, 93 y 76; la carrera 6 este y la transversal 8; contexto delineado en el *Plano 5*, en la *Foto 4.20* y *Foto 4.21*.



FOTO 4.20 EJEMPLO DE URBANIZACIÓN EN LA REGIÓN LEI-ESRDU



FOTO 4.21 SUELO RESIDUAL ARCILLOSO CONFINADO CON UN MURO EN PIEDRA PEGADA: LA IMAGEN DELINEA LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA ADECUACIÓN

4.5.1.12 ZONAS DE BRECHA DE FALLA PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (EBFDU)

Se limita a dos alongadas fajas talladas en macizos rocosos muy fracturados producto de fuerzas de compresión y desgarre relacionados con eventos tectónicos, el mismo espacio de las zonas de falla occidental y central (véase el *Plano 4*), y son los escenarios (por lo menos en los terrenos baldíos) preferenciales para la incubación y el desvanecimiento de caídas de bloques y flujos de detritos. Dibuja escarpes con alzadas cercanas a los 8 metros, y pendientes entre los 17º y los 59º, que la clasifican de moderadamente escarpada a escarpada (Van Zuidam, 1986).

4.5.1.13 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – EXPLANACIÓN EN RELLENOS ANTRÓPICOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO (LEI-ERADU)

Es la unidad en que tiene asiento la mayor parte del barrio (baste repasar el *Plano 5*). Está moldeada en los macizos de Cacho y Guaduas, y en los rellenos antrópicos (mixtos o de basura), componentes esenciales de la cubierta superficial. Es e resultado de la expansión de la frontera urbana en laderas sometidas en las décadas pasadas a la extracción de materiales pero si recuperación morfológica alguna. Su morfología, escalonada (o en terrazas) en esencia, es el producto del accionar corte-relleno, procedimiento constructivo adoptado más por el devenir histórico que por beneficio técnico (véase la *Foto 4.22*) para salvar y ajustarse a

las pronunciadas pendientes (que varían entre los 14º y los 46º), y en el que los muros en piedra pegada y las mismas edificaciones hacen las veces de sistemas de contención, arreglo que las hace altamente vulnerables.

Las masas inestables son diversas en actividad, desarrollo y tamaño, van desde pequeñas (apenas pocos metros cúbicos, lo que limita su cartografía o modelación) estabilizadas o suspendidas hasta moderadas (de hasta decenas de metros cúbicos) potenciales –incipientes o potenciales avanzadas; y los fenómenos dominantes son los desprendimientos y los deslizamientos traslacionales, detonados por saturación o por reblandecimiento. Unos y otros favorecidos por las deficiencias de los sistemas de confinamiento, por sobrecarga (al incrementar el número de pisos en las edificaciones circunvecinas), por las fugas de las redes de aguas blancas y lluvias, y por vertimientos (desde los lavaderos).



FOTO 4.22 MODELOS DE URBANIZACIÓN EN RELLENOS DE BASURA: PREDIO 36 DE LA MANZANA 85.

4.5.1.14 UNIDAD DE LADERA ESTRUCTURAL INTERVENIDA – TALUDES EN RELLENOS ANTRÓPICOS TRASLOCADOS (LEI-TRAT)

Bajo esta denominación se demarcan los cuerpos de deslizamientos diseminados en el barrio (véase el *Plano 5*). Las masas falladas aglutinan suelos residuales, rellenos y bloques de roca. Los procesos son estabilizados o potenciales avanzados, y están labrados por la erosión en surcos, y modelan pendientes superiores a los 34º, lo que los clasifica como escarpados (Van Zuidam, 1986).

4.5.2 PROCESOS MORFODINÁMICOS

La identificación de las unidades geomorfológicas contribuye en gran medida al entendimiento de los procesos de degradación del terreno. Cada unidad posee rasgos morfológicos particulares que dependen, entre otros, de los procesos denudativos que en ella se desarrollan. Tales rasgos permiten dilucidar el tipo de fenómeno esperado, las causas intrínsecas y extrínsecas (detonantes), y su estado y desarrollo.

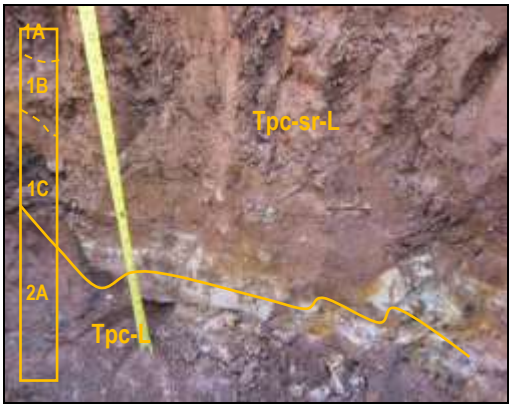
Las laderas naturales no sólo se transfiguraron en su morfometría, por la disposición de cortes y rellenos y por la adecuación de la plataforma urbanística, sino por la mayor predisposición a los agentes de intemperismo, y por la modificación en el patrón de drenaje. Como resultado de la convolución de tales eventos acaecen diversas expresiones morfodinámicas así:

- Meteorización

- Erosión en surcos y cárcavas.
- Procesos de Remoción en Masa: caída de bloques, reptamientos, deslizamientos traslacionales en roca y suelo y deslizamientos rotacionales en suelos.

4.5.2.1 METEORIZACIÓN

Es el conjunto de procesos externos (físico-químicos) que causan la alteración y desintegración de los componentes de las rocas y los suelos. El principal factor de meteorización es de tipo hídrico, ejercido por el flujo del agua de escorrentía a través de las fracturas de las rocas y de la superficie del terreno, desde los sitios de mayor a menor gradiente hidráulico. En el macizo rocoso se lleva a cabo el lavado constante de ciertos minerales, así como la concentración de otros, todo esto lleva al cambio de la roca original a suelo residual. El perfil de meteorización se traduce, entonces, en una costra de fragmentos líticos embebidos en matriz arcillosa, arcillo-arenosa, arenas-arcillosas y arenas-limosas según sea la unidad de roca dominante, estos niveles alcanzan espesores desde los pocos centímetros hasta los cinco metros (véase la *Foto 4.23*). Los suelos residuales son escenario preferencial para la formación de deslizamientos traslacionales, y de flujos de tierra gestados toda vez que se saturaren o se reblandezcan, en especial durante las temporadas de lluvia.



PERFIL DE METEORIZACIÓN DE DEER & PATTON	
1A	Suelo Orgánico
1B	Suelo Residual Maduro
1C	Suelo Saprolítico
2A	Saprolito
2B	Roca Meteorizada
2C	Roca Sana

FOTO 4.23 PERFIL DE METEORIZACIÓN EN ARCILLOLITAS – EN LA BASE AFLORA LA ROCA FRESCA (LODOLITA).

4.5.2.2 PROCESOS DE EROSIÓN

Es el grupo de eventos por medio de los que el material rocoso o los suelos son desprendidos y removidos bajo la influencia de agentes externos a lo largo de un eje lineal. La erosión Hídrica es un fenómeno ocasionado por acción de fuerzas hidráulicas, que actúan sobre las partículas del terreno produciendo su desprendimiento, transporte (flujo superficial) y posterior depositación.

El flujo superficial acontece cuando la precipitación rebasa la capacidad de infiltración, suscitándose un excedente de agua en la superficie del terreno que fluye ladera abajo a lo largo de la máxima pendiente. Los surcos bosquejan tajos hasta de 0.10 m, son el resultado combinado de la acción del impacto de la lluvia sobre el suelo, y del flujo de agua generado en la dirección principal de la pendiente, estos moldean inicialmente microsurcos de erosión que paulatinamente se transforman en surcos, dentro de los que se transporta el material. Al profundizarse y ampliarse los surcos se transfiguran en canales de arrastre, (microcanales) que se conocen como erosión en cárcavas.

De este amplio abanico de expresiones son dominantes el flujo superficial y los surcos, sus huellas reposan a lo largo y ancho de las subunidades geomorfológicos LEI-LA, LEI-LsrL, LEI-LsrA como resultado del retrabajamiento de las lluvias (véase el *Plano 5*).

4.5.2.3 PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)

Aunque poseen poca representativa en la evolución geomorfológica local, sus expresiones hoy día son de amplia trascendencia puesto que ponen de manifiesto la susceptibilidad de las laderas. Son flujos de tierra, el FT-001EC; deslizamientos traslacionales, el DT-002EC, el DT-003PA y el DT-005EC; y desprendimientos de roca (el CR-004PA). Su actividad y desarrollo es estabilizado-colapsado, potencial-avanzado, y potencial incipiente; y su detonación es producto de la saturación.

El FT-001EC (véase la *Foto 4.24*) y el DT-002EC (véase la *Foto 4.25*), han taponado parcialmente la banca de la Calle 2, su movilización está ligada a las épocas de lluvias, y actividad y desarrollo es estabilizados-colapsados. El primero de estos, responde a un flujo de tierras, su altura es cercana a los 4m, su profundidad es inferior al metro, su ancho en la parte media es cercano a los 6m., y el escarpe principal bordea los 1.5m. El segundo, un deslizamiento de tierras, posee un metro de profundidad, su ancho medio es de 7.5m, su longitud sobre la pendiente es de 17m, y su escarpe principal toca los 1.5m de altura. La movilización en los dos casos es facilitada por las pendientes de las laderas, que oscilan entre los 30° y 48° (superiores o cercanas a los ángulos de fricción básicos de los suelos y del lleno), por la erosión hídrica, por la alta precipitación, por los vertimientos y por la sobrecarga de llenos.

De estos dos movimientos el de mayor envergadura (o trascendencia) es el DT-002EC, su superficie de deslizamiento reposa en el contacto suelo residual-roca y su distancia de viaje es de unos pocos metros. El movimiento se produjo durante la época de lluvias del mes de diciembre de este año, momento en el que se hicieron manifiestas las grietas en la parte alta de la ladera; y su detonación tuvo lugar el 06 de Diciembre del 2010. Aunque sus consecuencias son por demás leves, su progresión puede comprometer la integridad de la vivienda 04 de la manzana 85.

El DT-003PA, es gestado en un relleno antrópico que descansa sobre areniscas; su profundidad es próxima al metro, su ancho medio es inferior a los 8m, y la altura del escarpe principal no supera los 0.2m, si bien hoy día sus efectos son inocuos a futuro puede provocar el taponamiento total o la pérdida del corredor peatonal, y el asilamiento parcial de las viviendas 13, 14, 15 y 16 de la manzana 90 (*Foto 4.26*). El CR-004PA, ha sido tratado en distintos reportes de la DPAE, puesto que compromete la integridad del predio 27 de la manzana 90 (véase la *Foto 4.27*), baste señalar que ha deteriorado la cubierta y dos paredes del baño; su movilización es intermitente y está ligada a los periodos de lluvias, la primera manifestación se remonta a noviembre de 2009, y la última al 14 de abril de 2010. Y el DT-005EC, responde a un deslizamiento en cuña, en el que el material traslocado involucra al suelo residual arenosos, y a parte del macizo rocoso (constituido por areniscas); si bien a la fecha sus consecuencias e implicaciones son intrascendentes, la posibilidad de propagación y de retrogresión, puede llegar a comprometer las viviendas 14 y 15 de la manzana 90.

El *Plano 5* precisa la ubicación espacial de los tres procesos y el *Anexo D.4* resalta detalles adicionales de sus causas intrínsecas y extrínsecas, entre otras: la secuencia estratigráfica, las propiedades de los materiales (fijadas con elementos de razonamiento aproximado), la frecuencia del fenómeno, su actividad y desarrollo, y los agentes detonantes y contribuyentes.



FOTO 4.24 DESLIZAMIENTO CONTIGUO A LA VÍA PRINCIPAL



FOTO 4.25 DESLIZAMIENTO OCURRIDO EL 06 DE DICIEMBRE DE 2010,, QUE AFECTO EL PREDIO 04 DE LA MANZANA 85 Y PARTE DE LA VÍA DE ACCESO AL BARRIO



FOTO 4.26 DESLIZAMIENTO SOBRE LA CARRERA 7E



FOTO 4.27 CAÍDA DE ROCAS QUE AFECTAN LA VIVIENDA 27 DE LA MANZANA 90

4.6 ANTECEDENTES DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

La morfodinámica en Santa Rosa de Lima está relacionada con la extracción desordenada y antitécnica de materiales pétreos, y con la ocupación desaforada (y lejana al contexto antisismo) de lo urbano; ocupación que va de la mano con la proliferación de llenos, basuras, la instalación de redes artesanales y la descarga de aguas residuales. La explotación de materiales para construcción comienza en firme a finales del siglo XIX y principios del XX muy vinculado con el crecimiento de la capital y con la puesta en marcha de las técnicas mestizas de la albañilería española y la cultura indígena. Luego hicieron su aparición el cemento, el hierro y el vidrio con lo que el paisaje de la región cambió sustancialmente (Ingeominas, 2002, citado por Gia-Geocing, 2006), al punto que los grandes patios, escarpes y frentes de explotación en los cerros orientales se abrieron a la luz entre los años 40 y 50, evidencia patente se transcribe en las aerofotos del vuelo C-337.

A fe de realizar la descripción de los antecedentes históricos de los procesos denudativos en la región se recurrió a la consulta e interpretación de aerofotos de los años 1943, 1972 y 1990 registro condensado en la *Tabla 4.2* y en el *Anexo D.3*. La tarea se centró en la ubicación y diagramación de los procesos erosivos y de remoción en masa, y en la esquematización de la acción humana en las laderas, y a través de la extracción de materiales, de la creación de escarpes y de la conformación de rellenos para construcción de viviendas, etc. (véase el *Anexo D.3*).

4.6.1 AÑO 1943 (VUELO IGAC C-337 FOTOGRAFÍAS 736-740)

Santa Rosa de Lima, está emplazado en el flanco occidental de los cerros orientales que circundan a Bogotá, hace parte de la vertiente norte de la cuenca del Río San Cristóbal, matizada y retrabajada por dos sistemas de lineamientos; el primero es esencialmente NNE-SSW, dirección similar al rumbo de la estratificación y paralelo a la falla de Bogotá (localizada algo más al este del extremo oriental de la zona de estudio); y el segundo discurre en dirección NW-SE, y parece controlar en medida alguna los pocos drenajes (véase la *Figura 4.1*) y las expresiones morfodinámicas.

El pulso colonizador es claramente irregular; mientras al norte y el occidente se avanza en la consolidación de los barrios Belén y Egipto, y en el despunte, posiblemente ligado a la naciente industria minera de los barrios Girardot y Lourdes; al oriente y sur es notorio la diseminación de chircales y frentes de explotación, los más prolíficos ocupan los predios de los futuros Santa Rosa, El Guavio y Vitelma. El ordenamiento urbano es incoherente y por espacios primitivos; la mejor disposición acompaña a los recintos más antiguos y a las expresiones topográficas menos agrestes (o montañosas); las dos enmarcadas al norte (de la imagen).

La red vial tiene como ejes las hoy Avenida Circunvalar, interrumpida al noreste por el cauce de la Quebrada Manzanares y por incipientes canteras, la calle 6, la calle 5 y la carretera a oriente. A ellos llegan y se desprenden carreteables cortos que conforman una malla asimétrica, distante de satisfacer exigencia técnica alguna, y configurada en afirmado.

La morfología es suave y ondulada; y está forjada en secuencias de rocas blandas; arcillolitas principalmente y bancos de areniscas; unas y otras cubiertas por algunos cuerpos coluviales de formas elongadas. Las mayores alturas se remarcan al este entre la sucesión de laderas estructurales. Las unidades blandas entallan el relieve de las franjas central y occidental, espacios incipientemente poblados.

El patrón de drenaje es dendrítico, y el número de cursos de agua es reducido. Las corrientes son de tipo antecedente, ligadas a las líneas de mayor pendiente y controlados de alguna manera por los lineamientos de falla. El río San Cristóbal es el testigo más importante. En la *Figura 4.1* se esquematizan las apreciaciones reseñadas en los párrafos anteriores.

Los procesos morfodinámicos se circunscriben en buen número a los taludes extractivos y a los corredores viales; incubados por la consonancia entre el rumbo de los cortes y del plano de estratificación, por las fuertes pendientes de los taludes, y por la acumulación de depósitos sueltos sobre las rampas. Las masas deslizadas de mayor envergadura se enmarcaron al noroccidente, distantes de Santa Rosa, en los dominios de la formación Bogotá. La frontera minera en Santa Rosa de Lima se carga a los corredores nororiental y noroccidental. El proceso de explotación es irregular; los taludes hetereomorfos y aislados; sus buzamientos son variables, pero siempre pronunciados, y están retrabajados por deslaves; el patio de maniobras se emplaza contiguo a la circunvalar y los frentes de trabajo son erráticos y carecen de direccionalidad o secuencia.

4.6.2 AÑO 1972 (VUELO IGAC C-1402 FOTOGRAFÍAS 062-064)

La actividad minera, ha cedido su lugar al proceso urbanístico. Los otros a chircales activos, que son cubiertos ahora por edificaciones. Sobreviven en ejercicio las industrias de los barrios Ramirez y Vitelma. En los dos casos los frentes de explotación mantienen el carácter irregular, los cortes son seguidos por explanaciones o dibujan pendientes cónicas, interrumpidas por escuetos carreteables, y el avance de abajo hacia arriba es la técnica más empleada. La explotación en Santa Rosa, suspendida por demás, ha dejado como cicatrices los dos picos y sus pendientes estructurales, los cortes limítrofes a la calle 2 y a la carrera 5 Este, el sendero que luego ocupará el Mirador, y dos generosas depresiones en las que se cimentarán años más tarde las viviendas 27 a 36 de la manzana 85, y de la 02 a la 06 del bloque 04.

El desarrollo urbanístico ha crecido a pasos agigantados. La red vial está compuesta por la carrera 10, la carrera 7, la calle 6, la calle 5, la Avenida Circunvalar, la carrera 3, y un sin número de carreteables y vías secundarias. Muchas de ellas, excepto por la Circunvalar y las del extremo oriental, con estructura de pavimento completa (i.e. pavimentadas).

Belén, Egipto, Lourdes, Girardot, El Guavio, Las Cruces, Las Brisas y Calvo sur, son barrios con manzanas y vías definidas y completas, diferenciables solo en el tipo de estructura de pavimento y en el trazo geométrico de las calles y carreteras. Lourdes y Girardot por ser los más jóvenes acogen afirmado, fuertes pendientes longitudinales y abundantes curvas horizontales; los restantes develan alineamientos rectos pavimentados.

El Dorado esboza los primeros pulsos de colonización: las viviendas son aisladas, y las vías principales exponen sus alineamientos horizontales. Santa Rosa y El Rocio, si bien están más densamente poblados, su ocupación y urbanismo están lejos de equipararse a los de los asentamientos más antiguos. De este pequeño universo Santa Rosa es sin lugar a dudas el más caótico; las casas están adosadas a los cortes abandonados, la densificación se centra en las manzanas 93, 94, 75 y 76, y la malla vial la constituyen la carrera 5 Este, la calle 2 y la diagonal 2, todas en afirmado. Las manzanas 82, 84, 85, y 04 apenas responden a un conjunto de viviendas interconectadas por una maraña de estrechos corredores peatonales.

Las componentes estructurales (lineamientos, planos de estratificación y diaclasas) conservan sus rasgos, y por espacios adquieren realce, gracias a que los cortes y escarpes de la explotación, siguen su curso. El drenaje expone signos acentuados de intervención, los cursos han sido parcialmente modificados o, peor aún, han desaparecido y en su lugar emergen botaderos o llenos; los casos más relevantes se fijan al suroeste de Santa Rosa.

La morfología dibuja cambios relevantes, provocados por la acción del hombre. En el nuevo paisaje abundan los cortes, las terrazas y los escarpes. Las Geoformas son de tipo colinado con pendientes entre inclinadas y escarpadas, disectadas por cursos de agua que forman pequeños valles en forma de "V", pero que mantienen su patrón dendrítico.

Los proceso de inestabilidad diseminados a lo largo y ancho, son más notorios en el derecho de vía de la Avenida Circunvalar (véase la *Figura 4.2*), y en los reductos de los chircales no recuperados, máxime los de los barrios Girardot y Lourdes. Santa Rosa contrario a su convulsa imagen está modelado por pequeños deslaves y deslizamientos locales contiguos a la calle 2. Las conclusiones anteriores y los trazos que las representan quedan diagramados en la *Figura 4.2*.

4.6.3 AÑO 1990 (VUELO IGAC R-1131 FOTOGRAFÍAS 635-639)

El pulso colonizador prosigue su expansión a la parte alta de la cadena montañosa; las construcciones han proliferado de manera desordenada, y están interconectadas por pequeños y enmarañados corredores peatonales. Los predios antaño aprovechados para la extracción de materiales arcillosos, son enclaves para el desarrollo urbanístico, solo algunos escarpes, taludes y depósitos quedan como huellas de su accionar. Las vías al igual que los senderos peatonales, crecen sin control ni planeación alguno, su estructura descansa en pavimento, las calles y carreras circundan los barrios vecinos (i.e: Los Laches, Lourdes, El Dorado, entre otros). Los procesos de inestabilidad, otrora activos, yacen enmascarados por construcciones y su morfología ha sido modificada por la acumulación de nuevos llenos o por tareas de corte en sus inmediaciones; particularidades que contrario a restarles importancia les otorga mayor condición de peligro, pues su capacidad de maximización aumenta, más aún si cualquier tipo de infraestructura tiene asidero sobre ellos. Los rellenos y las laderas con mal manejo tanto de las aguas de escorrentía como de las servidas, son los nichos de incubación de los fenómenos de remoción en masa.

El marco estructural (lineamientos, planos de estratificación y diaclasas) no exhiben ningún tipo de cambio, los escarpes que en otra época servían de ventana para poder mantener un control estratigráfico y estructural han sido cubiertos casi en su totalidad. Al igual que los escarpes y lineamientos, los drenajes han sido intervenidos y han modificados o perdido parte sus cursos. El procesamiento descrito se plasma en la *Figura 4.3*.

4.6.4 AÑO 2001 (FOTO SATELITAL GOOGLE EARTH)

La actividad antrópica concentra su accionar en la consolidación del Barrio, prosigue la expansión y ocupación de los pocos espacios libres que persisten aún; en algunos de estos baldíos se revelan los primeros indicios de incubación de deslizamientos, casi todos asociadas con la Avenida Circunvalar. Las superficies libres (laderas) se erigen tanto en materiales duros y blandos (arcillosos), como en depósitos de laderas y materiales antropogénicos (llenos de basura, o mixtos), hipótesis fijada en cambios tonales en la imagen; su forma en planta y sus perfiles son rectilíneos. La orientación de los estratos es NNW/SSE, con buzamiento superior a priori a los treinta grados. La cubierta vegetal es de pastos, y está restringida a los libres. Todo sintetizado en la *Figura 4.4*.

La morfología es irregular, matizada por una extensa cobertura de viviendas y mallas viales y peatonales, que enmascaran en conjunto, taludes de altura diversa, terrazas y zonas de acumulación de estériles, que hacían parte de los diversos chircales arraigados allí.

4.6.5 AÑO 2010 (FOTO SATELITAL GOOGLE EARTH)

La expansión urbanística ha alcanzado su máximo cubrimiento. Los terrenos baldíos revelan procesos de inestabilidad coincidencia en las viviendas e infraestructura. Los corredores viales y peatonales conservan su geometría horizontal, los anchos de banca no superan los cinco metros y las curvas se mantienen incolumnes.

FIGURA 4.1 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO C-337_738 (AÑO 1943)

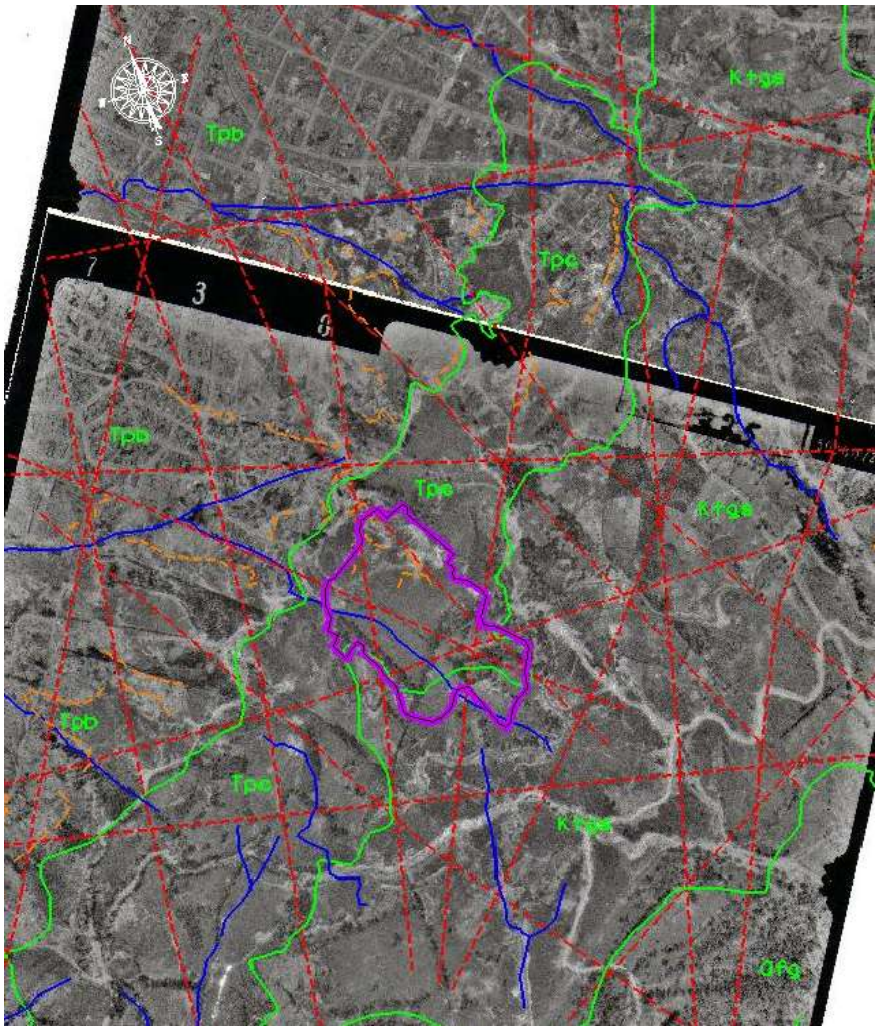




FIGURA 4.2 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO C-1402_064 (AÑO 1972)

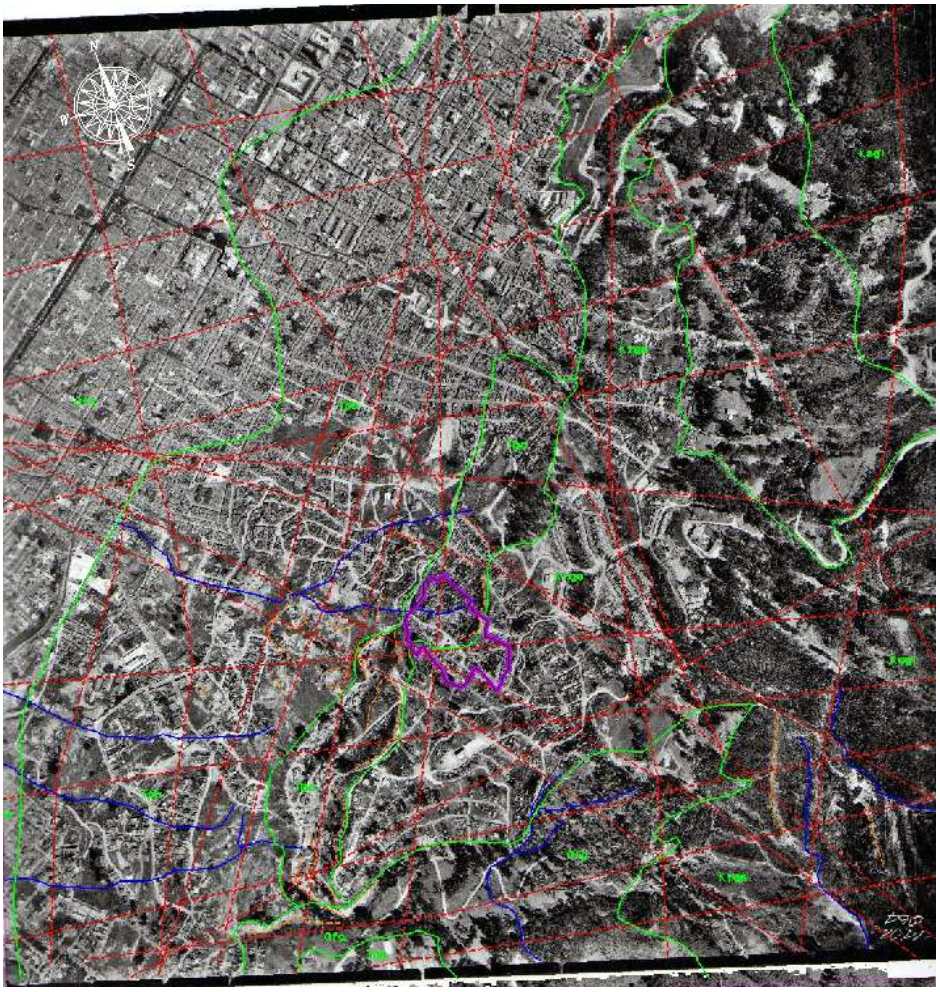




FIGURA 4.3 FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO R-1131 FOTOS 635 A 639 (AÑO 1990)

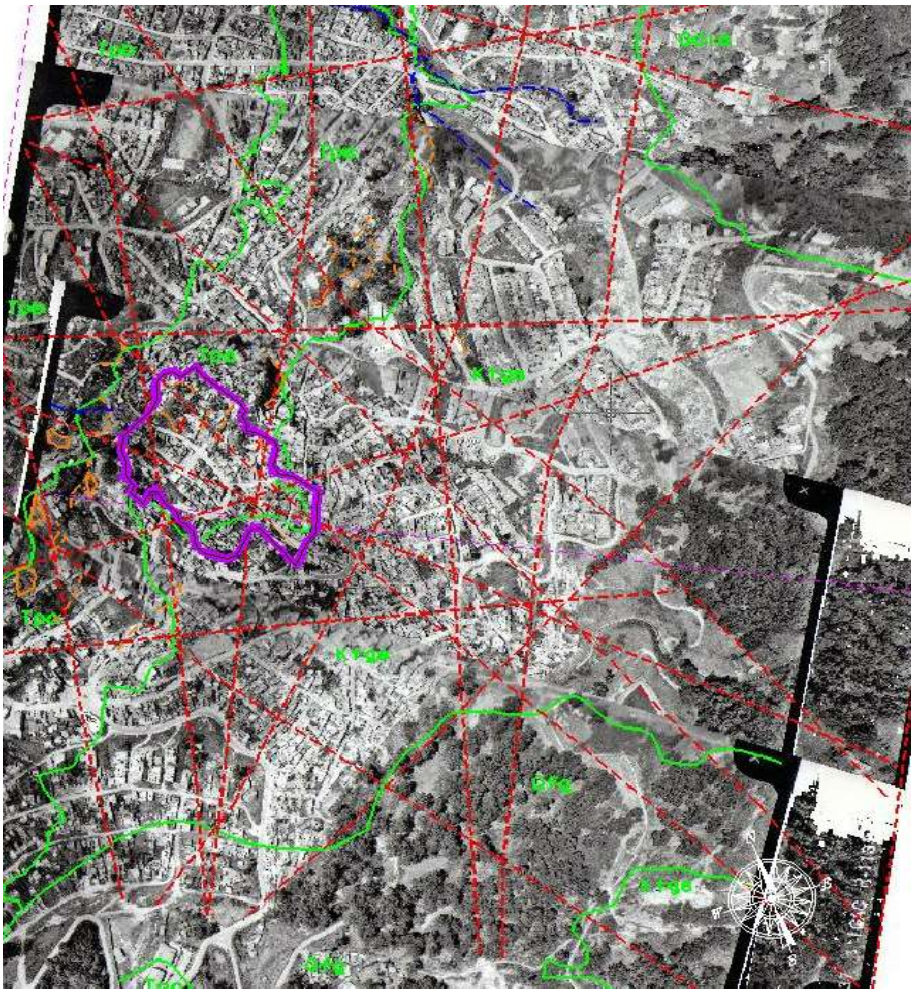




FIGURA 4.4 IMAGEN GOOGLE (AÑO 2001)



FIGURA 4.5 IMAGEN GOOGLE (AÑO 2010)





4.7 HIDROGEOLOGÍA

4.7.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Para definir el comportamiento hidrogeológico se utiliza la descripción litoestratigráfica esbozada en el numeral 4.4.1 de este capítulo y la percepción junto con el reconocimiento en campo. Los depósitos coluviales, los rellenos antrópicos misto, Qarm y de basuras, Qarb, se comportan como acuíferos puesto que los paquetes sedimentarios que las componen tienen las características petrofísicas pertinentes para poder no sólo almacenar sino también trasmitir el agua con facilidad. Estos acuíferos son de tipo freático, pues el agua que almacena en su interior se encuentra a la presión atmosférica, lo que significa que, cualquier cambio sobre la superficie del terreno afecta el nivel de agua dentro del acuífero, aumentándolo o disminuyéndolo. La facilidad de flujo de agua en estos depósitos está condicionada por el tipo de matriz; la de mejor respuesta es la arenosa y las mayores restricciones recaen en la arcillosa.

Los acuíferos freáticos son muy lábiles a las condiciones superficiales, así a mayor lluvia los niveles suben y se acercan a la superficie. Una pequeña variación de la presión atmosférica se traduce en un cambio de posición en la freática o de la tabla de agua. Esta eficiencia barométrica es menos importante que la variación que se produce a expensas de la mayor precipitación, pero es pertinente tenerla en cuenta y considerarla, pues ayuda a dilucidar el grado de afectación que poseen los acuíferos a los cambios externos.

Las rocas de la formación Cacho desempeñan el rol de acuíferos, ellas tienen capacidad de almacenar agua y cederla con facilidad, empero debido a los gradientes de los estratos, a su disposición en laderas estructurales, a la gravedad y a la presión que le ejercen las unidades suprayacentes, el agua almacenada se pierde con facilidad y drena rápidamente a sectores de menor altura y planos. Este es un comportamiento típico para formaciones compuestas por areniscas. Y las rocas de la formación Guaduas acatan el papel de acuitardo; ellas tienen la capacidad de almacenar agua pero no pueden cederla con facilidad; su composición casi exclusivamente de limos y arcillas así lo justifica. El compendio de las características hidrogeológicas para las unidades litológicas circunscritas en el área de estudio se expresa en la *Tabla 4.4.3*.

4.7.2 RELEVAMIENTO DE PUNTOS DE AGUA

Durante el reconocimiento de campo, se realizó un censo de puntos de agua (perforaciones, pozos de bombeo, manantiales, etc.), tanto en el barrio como en las zonas aledañas. De él no se identificaron pozos de bombeo ni freatímetros, en su lugar se hallan solamente las redes de acueducto y alcantarillado, y un curso de agua que discurre al occidente, en él la tabla de agua está influenciada por las descargas de redes erradas, y por consiguiente es variable; y se presume transitada por entre las manzanas 75, 76, 80 y 81 pero no fue posible rastrearlo. La respuesta del nivel freático (o de la cabeza de presión) en los sondeos tomados durante la exploración del subsuelo, fijan la tabla de agua aproximadamente a 2m de profundidad respecto de la superficie del terreno.

4.7.3 MOVIMIENTO DEL AGUA

Se define con base en las líneas de flujo subterráneo, que no son más que los trazos perpendiculares a las freatimétricas. El movimiento del agua se hace a favor de la pendiente topográfica con la región hídrica a la que pertenece: la ZH-1, la ZH-2. la ZH-3 y la ZH-4, como se precisa en el *Plano 5.* La primera zona (ZH-1)

descarga al suroeste a la red de alcantarillado de la vía principal y de la calle 1D, y a la Quebrada las Lajas, la segunda, ZH-2, vierte sus aguas en dirección noroeste a la red de alcantarillado que recorre los senderos peatonales de la parte montañosa del barrio y que descargan en la red matriz, a lo largo de la Transversal 5E; la tercera de las unidades, la ZH-3, vierte al noreste hacia la calle 2A, la ZH-4, descarga sus aguas a la ductería que recorre la calle 2 y la diagonal 2. Los nichos de recarga del acuífero involucran las fracciones más altas de las vertientes y los de descarga los más bajos y planos, en los que se presente un cambio notorio en la disminución del gradiente del terreno.

TABLA 4.4.3 DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

NOMBRE		DESCRIPCIÓN	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
DEPÓSITO COLUVIAL (QCO),		ES MATRIZ SOPORTADO, SU MATRIZ ES ARCILLOSA Y VARÍA A ARCILLO-ARENOSA Y ARCILLO LIMOSA, ES DE CONSISTENCIA MEDIA Y CONSOLIDACIÓN ALTA. LA PERMEABILIDAD ES BAJA. SU ESPESOR ALCANZA LOS 2.0 METROS.	ACUÍFERO FREÁTICO.
RELLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS QARM Y QARB		INVOLUCRAN PARTÍCULAS HASTA TAMAÑO BLOQUES DE ARENISCAS Y LODOLITAS, ESCOMBROS Y RESIDUOS SÓLIDOS EMBEBIDOS EN MATRIZ ARCILLOSA, ARCILLO-ARENOSA Y LIMO-ARENOSA DE CONSISTENCIA MEDIA. SUS ESPESORES OSCILAN ENTRE LOS POCOS CENTÍMETROS Y LOS CINCO METROS.	ACUIFEROS O ACUITARDOS
FORMACIÓN CACHO	TPC-L	ESTÁ CONSTITUIDO POR UNA SERIE DE ARCILLOLITAS, LODOLITAS Y LIMOLITAS QUE ALTERNAN CON ARENISCAS. SU ESPESOR DIVAGA DE UNOS POCOS DECÍMETROS A CERCA DE LA DECENA DE METROS.	ACUITARDOS
	TPC-A	ARENISCAS LODOSAS, LITOARENITAS Y ARENISCAS LIGERAMENTE CUARZOSAS, INTERCALADAS CON DELGADOS PAQUETES DE ARCILLA. SON DE COLOR CREMA, AMARILLO, Y ROJO. SON FRIABLES Y GRANO SOPORTADOS. SU ESPESOR ES SUPERIOR A LOS 20M.	ACUÍFEROS CONFINADOS O SEMICONFINADOS
FORMACIÓN GUADUAS	KTG-L	ESTÁ CONSTITUIDO POR UNA SERIE DE ARCILLOLITAS Y LIMOLITAS ABIGARRADAS DE APARIENCIA, QUE ALTERNAN CON ARENISCAS DE CEMENTO ARCILLOSO. SU ESPESOR PUEDE ALCANZAR LOS 20 METROS.	ACUITARDOS

Todo lo anterior permite suponer que los estados de trabajo extremos máximos de los depósitos cuaternarios: involucran su saturación, es decir, el nivel freático en superficie, en especial en las masas coluviales y en los horizontes residuales, en los que se cimienta gran parte de las viviendas.

4.8 AMENAZA SÍSMICA

4.8.1 FUENTES SISMOGÉNICAS

El desarrollo de este numeral y la cuantificación de la amenaza sísmica se fundan, exclusivamente, en el análisis y recopilación de la información secundaria, es decir en estudios regionales y locales que involucran el distrito capital. La Información consolidada y consultada para el desarrollo de este apartado es presentada a continuación:

Estudio General de Amenaza Sísmica (AIS – Ingeominas – Uniandes, 1996)

Este documento, incorporado a la norma NSR-98, califica la amenaza sísmica de Bogotá, idealizándola como un punto. Enmarca a la ciudad capital en la región 5, catalogada como de Amenaza Sísmica Intermedia, y le

fija como aceleración máxima horizontal a nivel de roca, Aa, 0.20g, para eventos con periodos de retorno de 475 años. La *Tabla 7.1* condensa y discrimina las fuentes simogénicas relevantes consideradas por la AIS (1996), su tipo de evento y su aporte a la amenaza. Sin embargo es perentorio recalcar que la condición de amenaza para el barrio es media, tal como la asignada para todo el distrito capital, a pesar de encontrarse muy cerca a una falla de importancia regional, como lo es la Falla de Bogotá.

TABLA 4.4.4 FUENTES SISMOGÉNICAS PARA AMENAZA SÍSMICA EN BOGOTÁ Y SU ZONA RURAL

NOMBRE DE FUENTE ACTIVA	CARÁCTER DEL EVENTO	APORTE A LA AMENAZA
FRONTAL CORDILLERA ORIENTAL	INTRAPLACA	67.60%
SALINAS	INTRAPLACA	27.70%
OTRAS FALLAS	INTRAPLACA E INTERPLACA	4.70%

Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas – Uniandes, 1997)

Define cinco zonas de comportamiento homogéneo en el Distrito capital, caracterizadas por parámetros sísmicos y espectros de respuesta, es decir especifica las aceleraciones pico efectiva, Ag, y la mínima, Ad, con sus períodos de retorno y recurrencia, útiles para el diseño y construcción de líneas vitales. Tales zonas y sus parámetros hacen parte de la Norma de Construcciones Sismorresistentes de la Ciudad.

Acorde con el estudio el universo espacial al que pertenece el Barrio Santa Rosa de Lima, está ubicada dentro de la Zona 1 – Cerros, y su aceleración pico es 0.24g para un período de retorno de 475 años. De las secciones de análisis se abstrajo por similitud morfológica, que la aceleración máxima en roca utilizada en los análisis pseudos estáticos es equivalente a la aceleración pico.

4.8.2 CUALIFICACIÓN DE AMENAZA LOCAL

Con base en los estudios mencionados para el Barrio Santa Rosa de Lima y sus aéreas circunvecinas se tienen tres sistemas sismogénicos principales:

Fuente Local

Responde a un evento en el dominio del Campo Cercano proveniente de alguna de las fallas que trasiegan al suroriente de la ciudad como son las Fallas de: Bogotá, San Cristóbal, Ruque, Alto del Cabo y Yerbabuena, circunscritas en un radio de acción de 15 Km alrededor de la urbanización, con foco de poca profundidad y Magnitud máxima probable, Ms, entre 6.0 y 6.5. La aceleración máxima horizontal a nivel de roca es de 0.24g. Los acelerogramas típicos esperados son de corta duración y su periodo fundamental pequeño: T<0.30 seg.

Fuente Intermedia

Involucra eventos sísmicos generados por el Sistema de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, también denominado sistema de Guaicaramo, a una distancia de 60 Km. Su profundidad oscila entre los 15 Km y los 60 Km. Esta fuente contribuye con el 67.6% de la amenaza sísmica para el campo intermedio y sus eventos

tienen una magnitud máxima probable, Ms, de 7.5; la aceleración máxima horizontal esperada en roca es de 0.20g.

Fuente Lejana

Designa a los eventos producidos en la Zona de Subducción del Pacífico, a una distancia entre 350 Km y 400 Km del área de estudio y con una aceleración horizontal en roca de 0.04g.

4.8.3 RESPUESTA DINÁMICA DEL SUELO

Si bien los modelos de respuesta de sitio que se esbozan en adelante son a todas luces una simplificación gruesa, pues implican exclusivamente la mayoración (cualitativa) del coeficiente de aceleración horizontal en roca en función del tipo de material y de su espesor, y del escenario de aceleración máxima horizontal, i.e. de la fuente sismogénica, no se ignora que el desarrollo riguroso del tema implica: a) la definición de los acelerogramas típicos para cada fuente sismogénica, b) la determinación de los parámetros estáticos y dinámicos de las unidades de suelo y roca, i.e. relación de poisson, velocidad de corte y Módulo de corte máximo, Gmax, y las curvas de amortiguamiento por material, entre otros, y c) la modelación; tal procedimiento está fuera de los alcances del estudio.

Bajo este panorama, los factores de amplificación, Fv y Fa, son tomados de fuentes secundarias: bien de Medvedev, 1965, o bien de la NSR, 2010. En el primer caso Fv se asume igual a la unidad y Fa es una constante que toma valores entre 0.10 y 3.90, según el perfil lo domine rocas duras o depósitos antrópicos, respectivamente. La discriminación del conjunto de coeficientes se ilustra en la *Tabla 7.2*.

Si la herramienta técnica recae en la NSR, es pertinente el tratamiento de los siguientes elementos básicos: a) el periodo fundamental de la fuente sismogénica; b) el perfil típico en la ladera; c) los coeficientes de amplificación: Fa y Fv según el periodo de análisis, y d) el espectro de diseño, así:

Fuente Sismogénica:

Si es local el periodo de vibración fundamental es inferior a 0.30 seg, registro extraído del acelerograma de Loma Prieta – Corralitos (1989); y si es frontal o lejana el periodo oscila entre 0.90 seg y 1.0 seg, el primero tomado del sismo de México (1985 – Fuente lejana) y el segundo del de Riviera.

Perfil Típico:

Está constituido en esencia por módulos cuaternarios, Qco, Qarm, Qarb, y de suelos residuales de areniscas y arcillolitas de la Formación Cacho, con espesores no mayores a 12 metros, que descansan, espacialmente, sobre potentes bancos de lodolitas o arcillolitas, lo que indefectiblemente los clasifica dentro de perfiles Tipo B o D (véase la Tabla H-1-1 de la NSR,1998). La secuencia indiferenciada se describe a continuación:

- Depósitos coluviales (Qco): Agrupan suelos arcillosos, en ocasiones con fragmentos pétreos de gran tamaño, con espesores menores al metro, ubicados indiferentemente en laderas inclinadas.

- Depósitos antrópicos (Qarm, Qarb): Son masas heterogéneas, que aglutinan bloques y cantos de areniscas, lodolitas y residuos sólidos (plásticos, zapatos, etc.) en una matriz limosa a arcillosa. Los espesores típicos trasiegan desde los 6 metros hasta los 10 metros.

- Suelos residuales (Tpc-sr-L y Tpc-sr-A): entrelaza suelos arcillosos a areno-arcillosos, con fragmentos arcillosos. Espacialmente subyace a los cuerpos coluviales y antrópicos. En general su espesor es superior a los 2 m y yacen con ángulos próximos a los veinticinco grados.

- Formaciones Cacho y Guaduas: están marcadas por secuencias de areniscas, limolitas y arcillolitas puestas en capas gruesas a muy gruesas (de 14 a 20 metros de espesor, de acuerdo con los sondeos y la columna estratigráfica levantada) y configuran bancos hasta de 60 m (extraído de la secuencia en presentada en los modelos geológicos).

TABLA 4.4.5 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO (MEDVEDEV, 1965)

NO	GRUPO DE ROCAS	SUELO TIPO NSR-10	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN, FA
1	ROCAS DURAS	A	0.1 - 0.8
2	ROCAS ALTERADAS	B	0.7 - 1.1
3	DEPÓSITOS GRANULARES NO COHESIVOS: BLOQUES, GRAVAS, ARENAS.	C	0.9 - 1.5
			1.2 - 1.8
4	DEPÓSITOS BLANDOS COHESIVOS: ARCILLAS, LIMOS.	D	1.2 - 1.6
			1.3 - 1.8
5	ANTRÓPICOS: ESCOMBRERAS, SUELOS ORGÁNICOS.	E	2.3 - 2.6
			2.6 - 3.0
6	DEPÓSITOS SATURADOS: BLOQUES, GRAVAS, ARENOSOS, ARCILLOSOS ANTRÓPICOS.	F	1.6 - 2.0
			2.0 - 2.4
			2.4 - 2.8
			3.3 - 3.9

Los Coeficientes de Amplificación, Fa y Fv

Hacen referencia a los valores fijados en las figuras H-1-3 y H-1-4 de la NSR (1998). Acorde con los perfiles referidos atrás los coeficientes son:

- Fa = Fv = 1.0, si se trata del perfil tipo B, y
- Fa = 1.20 o 1.70 y Fv = 1.60 a 2.0, en lo que atañe al Perfil Tipo D, según el coeficiente de aceleración máximo sea de 0.24g o 0.20g, respectivamente.

Espectro de Diseño

Como el periodo fundamental de los sismos de referencia es próximo al segundo, se adopta como espectro fundamental:

Sa = 1.20*Aa*Fv*I/T
donde:
Aa: es la aceleración máxima horizontal en roca

Fv: Coeficiente de amplificación tomado de la Tabla H-1-4 (NSR, 1998)
I: Coeficiente de importancia, equivalente a uno.
T: periodo del sismo, en este caso 1 segundo.

De la conjunción de las variables anteriores, para uno u otro procedimiento (o fuente técnica), las aceleraciones a nivel de superficie oscilan entre 0.24g y 0.50g. El primer coeficiente toda vez que la secuencia sea exclusivamente rocosa, y el segundo en el irrestricto escenario del Cuaternario: llenos y depósitos traslocados o fluviotorrenciales. La *Tabla 4.4.6* agrupa las aceleraciones máximas en superficie y las aceleraciones para diseño que se adoptan al amparo de este proyecto. Este tema será retomado en el capítulo 6 "Análisis de Estabilidad y Evaluación de Amenaza".

TABLA 4.4.6 ACELERACIONES MÁXIMAS EN SUPERFICIE Y DE DISEÑO

MATERIAL	TIPO DE SUELO NSR-98	FACTORES DE AMPLIFICACIÓN			ACELERACIÓN EN SUPERFICIES SA		ACELERACIÓN DE DISEÑO
		MEDVEDEV	NSR - 1998		MEDVEDEV (1965)	NSR (1998)	
		FA	FA	FV			2/3 *SA
QCO QARM Y QARB TPC-SR-L Y TPC-SR-A	D	1.20 A 1.60 (SE ADOPTA 1.40)	1.2	1.8	0.349 G	0.518 G	0.22 G
TPC Y KTG	B	0.7 - 1.10 (SE ADOPTA 1.0)	1.1	1.6	0.24 G	0.460 G	0.16 G

REFERENCIAS

- ARIZA G., ALBERTO (2006). "ESTUDIO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BARRIO ROCÍO BAJO, DE LA LOCALIDAD DE SANTA FE". EAAB. BOGOTÁ D. C.
- CASTRO, CARLOS H. (2006A). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2788, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- CASTRO, CARLOS H. (2006B). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2903, BARRIO EL ROCÍO, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- CÉSPEDES C, NELLY (2009). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-4169, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- CIVILES LTDA (2000). "ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN EN EL BARRIO LA PEÑA, LOCALIDAD DE SANTA FE, EN BOGOTÁ D.C.". DPAE. BOGOTÁ D. C.
- CONSORCIO INNOVA INGENIERÍA LTDA (1999). "ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL SECTOR SUR DEL BARRIO EL DORADO, EN LA LOCALIDAD DE SANTA FE". BOGOTÁ D. C.
- DAZA T., JOSÉ L. (2009). "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROLONGACIÓN DE RED MENOR DE ACUEDUCTO BARRIO EL TRIUNFO DE LA LOCALIDAD DE SANTA FE". EAAB. BOGOTÁ D. C.
- DURÁN O., ALEJANDRO (2005). "SISTEMA COMBINADO QUEBRADA LAS LAJITAS Y PARTE ALTA DEL COLECTOR LA JANGADA. DESAGÜES BARRIOS GIRARDOT, DORADO, CONSUELO Y PARTE ALTA DE SANTA ROSA DE LIMA DE LA LOCALIDAD 3 DE SANTA FE". BOGOTÁ D. C.
- ECOFOREST LTDA (1988). "ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS DE LOS BARRIOS LA PAZ, SAN DIONISIO, LOS LACHES Y GIRARDOT". SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS. BOGOTÁ D. E.

- GEOINGENIERÍA (2004). "ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y/O CONTROL RECOMENDADAS PARA EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA URBANIZACIÓN CIUDADELA PARQUE LA ROCA Y LA ZONA DE CESIÓN TIPO A, DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.". DPAE - FOPAE. BOGOTÁ D. C.
- HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL (1998). "ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LOS LACHES". CAJA DE VIVIENDA POPULAR. BOGOTÁ D. C.
- INGENIERÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS (1990). "ANÁLISIS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DEL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA". SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS. BOGOTÁ D.C.
- INGEOCIM LTDA. (1998). "ZONIFICACIÓN POR INESTABILIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES LOCALIDADES EN LA CIUDAD DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D. C." MAPA GEOLÓGICO. UPES–FOPAE. BOGOTÁ D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-1214, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-1336, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- GARCÍA G., PILAR (1997). "CONCEPTO TÉCNICO 2653, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- GARCÍA F., MAURICIO (2007). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-3294, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- GEOINGENIERÍA (1999). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-807 BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE" FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- HIDROVIAL LTDA (1981). "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEOLÓGICO DEL SECTOR ORIENTAL DE BOGOTÁ D.E.". SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS. BOGOTÁ D. E.
- INGEOMINAS (2003). "ASPECTOS GEOAMBIENTALES DE LA SABANA DE BOGOTÁ". INGEOMINAS. BOGOTÁ D. C.
- INGEOMINAS – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1997). "MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE SANTA FE DE BOGOTÁ". CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 01-93. SANTA FE DE BOGOTÁ D. E.
- INNOVA (1999). "ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL SECTOR SUR DEL BARRIO EL DORADO EN LA LOCALIDAD SANTA FE". Bogotá D.C.
- JULIVERT, M. (1968). "LEXIQUE ESTRATIGRAPHIQUE INTERNATIONALE". VOL. V FASC. 4ª. PARIS.
- JULIVERT, M. (1961). OBSERVACIONES SOBRE EL CUATERNARIO DE LA SABANA DE BOGOTÁ. BOLETÍN DE GEOLOGÍA NO. 7:5-36, BUCARAMANGA.
- MEDINA A., ARTURO (1988). "ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE LOS BARRIOS EL DORADO, GUAVIO, TURBAY AYALA, LOURDES, SAN DIONISIO, EL CONSUELO, SANTA ROSA DE LIMA, FÁBRICA DE LOSA, EL ROCÍO Y LA PAZ CENTRAL". DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL. BOGOTÁ D. E.
- MÉNDEZ M., JAIRO A. (2006). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2692, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (2002). "CONCEPTO TÉCNICO CT-3813, BARRIO LOS LACHES, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (1999). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-732, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "DIAGNÓSTICO DE EMERGENCIA DI-1980, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "DIAGNÓSTICO DE EMERGENCIA DI-1991, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2657, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE" FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- PALACIO P., JUAN F. (2005). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2385, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- PEROZA D., DARÍO A. (2006). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-2908, BARRIO EL ROCÍO, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.

- PIV INGENIERÍA LTDA. (1991). "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL BARRIO GIRARDOT, EN LA CIUDAD DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.". SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS. BOGOTÁ D. C.
- RENDÓN M., SILVIANA (1999). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-3355, BARRIOS SANTA ROSA DE LIMA, ROCÍO MEDIO Y ROCÍO BAJO, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- TAPIA M., GERMÁN D. (2000). "DIAGNÓSTICO DE EMERGENCIA DE-893, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007A). "ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. SITIO NO. 3: BARRIO LOURDES UBICADO EN LA LOCALIDAD DE SANTA FE". DPAE – FOPAE. BOGOTÁ D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007B). "ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. SITIO NO. 4: EL CONSUELO UBICADO EN LA LOCALIDAD DE SANTA FE". DPAE – FOPAE. BOGOTÁ D. C.
- VAN DER HAMMEN, T. (1955). "PLIOCENO Y PLEISTOCENO DEL ALTIPLANO DE BOGOTÁ Y ALREDEDORES". ANÁLISIS GEOGRÁFICOS NO. 24. PUBLICACIÓN IGAC. BOGOTÁ.
- VAN DER HAMEN, T. (1995). "MEMORIA EXPLICATIVA DE LOS MAPAS DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO DE LA SABANA DE BOGOTÁ". REVISTA ANÁLISIS GEOGRÁFICOS NO. 24. IGAC. BOGOTÁ.
- VAN ZUIDAM, R. (1985). "AERIAL PHOTO-INTERPRETATTION IN TERRAIN ANALYSIS AND GEOMORFHOLOGIC MAPPING". INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AEROSPACE SURVEY AND EARTH SCIENCES (ITC). NETHERLANDS.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-3619, BARRIO SANTA ROSA DE LIMA, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "DIAGNÓSTICO TÉCNICO DI-3746, BARRIO EL DORADO, LOCALIDAD DE SANTA FE". FOPAE-DPAE. BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CAPÍTULO 5

ESTUDIO GEOTÉCNICO

En este capítulo se develan los resultados de las actividades de campo, laboratorio y oficina conducentes a la caracterización geomecánica de los materiales térreos, naturales y antrópicos, constitutivos de las laderas en las que se erige Santa Rosa de Lima. Todas las actividades se retroalimentaron para obtener un modelo geotécnico representativo del subsuelo útil para la evaluación de estabilidad.

5.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

5.1.1 MÉTODO DE TRABAJO

Algunos de los escenarios con mayor dificultad para la investigación geotécnica son los urbanos, tanto más cuanto mayor es el grado de consolidación, es decir cuanto más densamente poblado estén o cuanto más generosas son las marcas del urbanismo. El yerto paisaje de la ciudad enmascara las escasas evidencias del orbe geológico (tanto estratigráficas como estructurales), promueve la formación de masas antropogénicas (llenos) bajo las construcciones y deja libre los espacios con las mayores exigencias topográficas: inaccesibles para los equipos de perforación o condicionantes del procedimiento de exploración, incluida la selección de la maquina (restricciones reinantes en este caso). Santa Rosa es, sin lugar a dudas, un buen ejemplo de tales obstáculos; la velada, equívoca, compleja, furtiva y amplia imagen hoy día revelada por las laderas en las que se encaja, sólo es comparable con el acervo de interrogantes que envuelven su formación. Acervo que justifica el programa de exploración y que deja en evidencia sus pretensiones. Propósitos que involucran: a) reconocer y describir, o en el peor escenario idealizar, más allá de lo evidente, la cobertura espacial (en extensión superficial y en profundidad) y el papel del cuaternario, en especial de los suelos residuales y de los rellenos antrópicos, en el comportamiento de las unidades de ladera (en particular en la gestación de los procesos de inestabilidad) y de las edificaciones (en el orden de las viviendas); b) desechar o desvirtuar el papel del macizo rocoso y de los planos de discontinuidad, específicamente el de la estratificación, en la incubación de las masas inestables: Santa Rosa, a priori, reposa en una sucesión de laderas estructurales, en las que el buzamiento de los planos oscila entre los 35 y los 45 grados (premisa abstraída de la cartografía de Ingeocim, 1998); c) validar o replantear el patrón estructural y su función en la vertiente (la receptora del barrio), es decir en el comportamiento de los materiales y en la estabilidad de las superficies libres; las fuentes bibliográficas, entre ellas Ingeocim (1998), Ingeominas (1999) y Ecofores (1988), destacan la limpieza estructural, esquema para nada compartido por GIA, máxime si se precisa que el ambiente es forjado por la falla de Bogotá y que la información secundaria en este ámbito es precaria y en el mejor estado inconexa; d) deducir la posición de la tabla de agua o de la cabeza de presión, elemento

trascendente para la deducción de la respuesta esperada y para el pronóstico de la amenaza; y e) facilitar y coadyuvar en la exploración geológica.

En este sentido y a fe de dar respuesta a tan generoso esquema, el programa de investigación del subsuelo se matiza y adapta a las limitaciones propias del polígono de estudio, cortapisas resultado del desenfrenado abuso de los recursos no renovables y de la exacerbada y errática ocupación del territorio (a través de la urbanización), expresadas en el escaso número y extensión de los cortes o frentes expuestos, casi exclusivamente aglutinados en el corredor nororiental, a lo largo de la Calle 2 y de la carrera 5 Este, y se soporta en la hipótesis de que morfoestructuralmente Santa Rosa de Lima descansa en laderas estructurales, forjadas en alternancias de paquetes de areniscas y arcillolitas, sin saltos estratigráficos, ni traslocaciones, aunque con algunos cambios en el azimut de buzamiento.

El panorama descrito reveló la necesidad de emplear tanto métodos directos como indirectos, silogismo ligado al marcado dominio de zonas duras, a la generosa extensión del barrio (unidad en estudio) y a su irregular morfología, y de diagramar un plan de acción por etapas. Su máxima utilidad surtir del mayor número de elementos de juicio a los contextos geológico y geotécnico. Los sitios para la realización de las labores de exploración se seleccionaron cuidadosamente, y buscaron la mayor calidad en la información.

Los métodos indirectos, v.g la refracción sísmica o los sondeos Remi (o MASW), en principio subvalorados puesto que las expresiones morfométricas son escarpadas y, las variaciones estructurales y estratigráficas se idealizaban inocuas, poco a poco ganaron espacio como la mejor herramienta técnica (y económica) para complementar el arreglo estratigráfico (en profundidad) y descifrar la prevalencia de sistemas de falla. La síntesis del conjunto de información se consolidó en resúmenes gráficos que facilitaron la caracterización de los materiales y su comprensión mediante secciones de análisis geológico-geotécnicas.

5.1.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

5.1.2.1 MÉTODOS DIRECTOS

La exploración se aborda en tres etapas. La primera etapa está dirigida a la identificación y descripción básica de la secuencia estratigráfica y por ende a la ubicación y a la detección de la continuidad lateral y longitudinal de los horizontes de roca y suelo, y al reconocimiento de las características índice de los llenos y de los horizontes residuales. Se solventa mediante el inventario de procesos; la toma de columnas estratigráficas, siete (7) en total; el levantamiento de datos estructurales; la ejecución de ocho (8) apiques, nomenclados desde el A-1 hasta el A-8, distribuidos al azar y alrededor de las viviendas y de las unidades de ladera más propensas a movilizarse.

Los levantamientos estructurales se concentran en la abstracción y acopio de datos representativos para las familias de discontinuidades, en las exposiciones del macizo rocoso dentro y fuera del polígono de trabajo; es decir en los escarpes suroccidentales y nororientales adosados a la periferia de la Diagonal 3 y de la Carrera 4 Este, (fuera del barrio), en el corredor central de Santa Rosa, enmarcado entre las manzanas 84 y 88 (véase el Plano 4), y en el dominio del cinturón vial, i.e. en los cortes adosados a la carrera 5B Este y a la Calle 2. Tales datos incluyen entre otros elementos, información sobre la tendencia general de orientación: rumbo y buzamiento, y características físicas como abertura, espaciamiento, rugosidad y persistencia.

La segunda fase está basada en tres (3) trincheras, y cinco (5) sondeos mecánicos. Las primeras (trincheras) se circunscriben al tope de la secuencia, expuesta en el borde oriental y nororiental del barrio. Los segundos, apodados desde el S-1 hasta el S-5 y tallados con avances bien de percusión y lavado o bien de rotación, están dispuestos a lo largo y ancho de las unidades geomorfológicas primarias: las vertientes (rotuladas como ZH-1, ZH-2, ZH-3 y ZH-4). Sus intenciones: esclarecer la coexistencia o no de paquetes o bancos de arcillolitas que propendan la incubación de procesos de inestabilidad (el arreglo estratigráfico en principio es casi exclusivamente arenoso, característica propia de la Formación Cacho); concluir sobre la continuidad longitudinal (SE-NW) de la secuencia litoestratigráfica; deducir los cambios en la polaridad (si los hay) de los planos de estratificación; dilucidar la tendencia de las sistemáticas de falla -en especial las de rumbo-; ilustrar e intuir acerca de la calidad del macizo rocoso (gracias al RQD); confirmar los espesores del cuaternario (a priori llenos y suelos residuales) y la posición de la tabla de agua (la colgada, el nivel freático se idealiza profundo: basta tan sólo recapitular que el buzamiento del plano de estratificación es muy inclinado -superior a los 40 grados-). Su ubicación planimétrica y altimétrica se abstrae de un análisis de sensibilidad en el que se toma como variable relevante el buzamiento de los planos de estratificación, y como condicionante el arreglo urbanístico del barrio (que se traduce en los espacios libres). Es por lo tanto iterativo y de ajuste permanente. Aunque este análisis, en principio, desprecia los saltos provenientes de las fracturas, v.g las fallas de rumbo, y asume que el plano de estratificación es homogéneo y constante (premisa no completamente cierta), intenta su corrección gracias a la participación de las columnas estratigráficas y de la sísmica entre las perforaciones.

La tercera etapa encierra la participación de la refracción sísmica (i.e. las LRSs y los REMIs), y de cuatro sondeos mecánicos (bautizados consecutivamente desde el S-6 hasta el S-9). La refracción sísmica, surca los predios baldíos inmersos en la zona homogénea ZH2, en dirección paralela al azimut de buzamiento de la estratificación; y los sondeos, función de los resultados de la segunda fase de investigación, se demarcan acorde con las manchas del cuaternario. Con estos elementos se pretende completar los puntos ciegos dejados por los trabajos de las etapas previas, y redondear la investigación sobre el modelo estructural, i.e. las fracturas; sin embargo, debido al pronunciado ángulo de buzamiento de la estratificación algunos vacíos permanecen.

Así las cosas, el trabajo de exploración deja entrever que la secuencia estratigráfica es normal y heterogénea, entretejida por las formaciones Cacho y Guaduas, pero con dominio de la primera; enmarca variaciones laterales asociadas con los ambientes de depositación, con alternancia en el crecimiento del grano y del grado de litificación, ; sin dislocaciones relevantes ligadas a trazas de falla pero condicionada por dos brechas de falla con rumbo SW-NE, posiblemente asociadas con fracturas de rumbo; y con disposiciones multicapa, configurada en bancos espesos de litoarenitas (de hasta 20 m de talle, baste con señalar la Tpc-A2), de grano grueso a fino, y niveles, de poco más o menos 10 m, de lodolitas (v.g la Tpc-L1 y la Tpc-L2), irregularmente cubiertos por rellenos antrópicos delgados (inferiores a los tres metros), y suelos residuales arcillosos, arcillo-arenosos y limo-arenosos que alcanzan, medida cuenta, los cuatro metros de espesor, diseminados a lo largo y ancho del barrio (véase el *Plano 4*).

Los paquetes lodolíticos (o arcillolíticos) recorren la secuencia a profundidades variables, y parecen carecer de responsabilidad en la generación de los deslizamientos, debido a la configuración geométrica del patrón estructural, cercano a los cincuenta grados, lo que le da un orden indiferente con la de la ladera y al estado de esfuerzos presente.

Cabe reseñar que en las unidades de investigación: apiques, trincheras y columnas, no se detectó el nivel freático, pero en ellas como en los cortes libres son recurrentes las emanaciones o vertimientos de agua en

las caras expuestas; particularidad que ligada a los reportes en las perforaciones, indican que el patrón hidrogeológico puede estar ligado a la variación estacional de las lluvias, aunque matizado por una posición superficial de la napa freática en los cuerpos antrópicos.

TABLA 5.1 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE EXPLORACIÓN DIRECTA DEL SUBSUELO

PUNTO DE EXPLORACIÓN	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (M)	NIVEL FREÁTICO (M)
	NORTE (M)	ESTE (M)		
Sondeo 1	98788.21	100672.26	8.05	1.80
Sondeo 2	98642.64	100775.86	11.20	N.E.
Sondeo 3	98653.39	100715.14	11.00	N.E.
Sondeo 4	98687.77	100615.72	11.20	2.80
Sondeo 5	98697.44	100569.74	2.75	N.E.
Sondeo 6	98821.03	100596.52	4.25	N.E.
Sondeo 7	98730.07	100640.29	6.30	N.E.
Sondeo 8	98568.95	100620.51	16.40	1.40
Sondeo 9	98699.51	100744.05	5.35	N.E.
Apique 1	98835.01	100636.78	1.50	N.E.
Apique 2	987830.7	100713.78	1.40	N.E.
Apique 3	98721.72	100571.40	1.50	N.E.
Apique 4	98691.32	100753.39	1.40	N.E.
Apique 5	98692.60	100700.66	0.80	N.E.
Apique 6	98668.71	100721.44	1.20	N.E.
Apique 7	98683.51	100595.74	1.50	N.E.
Apique 8	98553.59	100626.96	1.50	N.E.
*Trinchera 1	98725.72	100756.90	---	N.E.
*Trinchera 2	98647.46	100749.12	---	N.E.
*Trinchera 3	98541.49	100640.58	---	N.E.
Remi 1	98591.19	100649.39	30	---
Remi 2	98683.97	100618.39	30	---
LRS 1	98690.00 98726.00	100476.00 100716.00	30	---
LRS 2	98784.85 98820.43	100681.67 100639.73	30	---

N.E: NO ENCONTRADO

*LAS COORDENADAS REPORTADAS SON DE LA CABEZA DE LA TRINCHERA.

En el *Plano 4* se ilustra la distribución en planta de las trincheras, los sondeos, las columnas, los apiques, las estaciones de levantamiento estructural, los afloramientos y las líneas de refracción sísmica, superpuesta a la geología de superficie, y en el *Anexos D.1* se disponen los registros obtenidos representados en forma gráfica. De igual manera, en la *Tabla 5.1* se citan las coordenadas y profundidades de los sondeos, los apiques y las trincheras ejecutados, y en la *Tabla 5.2* la descripción de los horizontes detectados.

TABLA 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES ESTRATIGRÁFICOS

NIVEL	SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Qarm	Relleno Antrópico Mixto	Entrelaza residuos de construcción y basuras (inferiores al 20%), con suelos areno-arcillosos y arcillo-arenosos, que fungen como matriz. Su color es crema con manchas café a marrón oscuro y su textura es terrosa, su humedad recorre los intervalos de baja a media, la consistencia permuta de media a muy firme, y su plasticidad es media.
2	Qarb	Relleno antrópico: basuras	Aglutina residuos orgánicos e inorgánicos (v.g. plásticos, vidrios, etc.) en una matriz areno-arcillosa limo-arenosa. Son matriz soportados. Su color, transita del marrón oscuro al negro. Su consistencia es media a blanda y su humedad llega a ser alta.
3	Qco	Depósitos Coluviales	Acumulaciones traslocadas de residuos sólidos (basuras), o de suelos residuales o de fragmentos decimétricos de roca. Son mal gradados y matriz soportados, su humedad es media a baja, su compresibilidad y plasticidad son medias con consistencia que trasiega de baja a media.
4	QTpc-sr-L	Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Cacho	Son arcillas, arcillas-arenosas y limos-arenosos. Poseen plasticidad media, su consistencia es media y eventualmente firme. Su humedad cambia de baja a media. Albergan micas (muscovita), y algunos minerales ferrígenos asociados con la degradación de los feldespatos, de las plagioclasas y de los líticos. Yacen parcialmente cubiertos por suelos orgánicos delgados.
5	QTpc-sr-A	Suelos Residuales de las Areniscas de la Formación Cacho	Agrupan arenas-arcillosas y arenas-limosas. Su humedad y plasticidad son medias y su compacidad oscila de media a densa. Mineralógicamente encierran cuarzo y minerales terrígenos que provienen de la degradación de los feldespatos.
6	Tpc-L	Formación Cacho – Niveles de Lodolitas (L1)	Integran lodolitas-arenosas, arcillolitas y limolitas. Exponen colores amarillo claro, rojo oscuro con manchas amarillas, y violeta; su plasticidad y su humedad son bajas, y su resistencia migra de muy blanda a blanda. Está forjada por minerales producto de la degradación de feldespatos, de plagioclasas y de líticos.
7	Tpc-A	Formación Cacho – Niveles de Areniscas (A1, A2)	Reúne areniscas lodosas, litoarenitas y areniscas de cemento arcilloso. Su color va de crema a amarillo hasta rojo, con manchas rojizas, amarillas y ocres; el tamaño del grano divaga de fino a medio, son friables y deleznables, su grado de litificación es alto y su resistencia es blanda. Son grano-soportadas. Cobija dos grandes unidades líticas: la Tpc-A1, y la Tpc-A2, sólo diferenciadas por su posición estratigráfica.
8	KTg	Formación Guaduas	Envuelve arcillolitas y limolitas intercaladas con niveles de areniscas. Las primeras son de colores grises a morados y las segundas son esencialmente amarillas con algunas pátinas de tonalidades rojizas a ocres, resultado de la oxidación de minerales con iones férricos o ferrosos.

5.1.2.2 MÉTODOS INDIRECTOS: REFRACCIÓN SÍSMICA

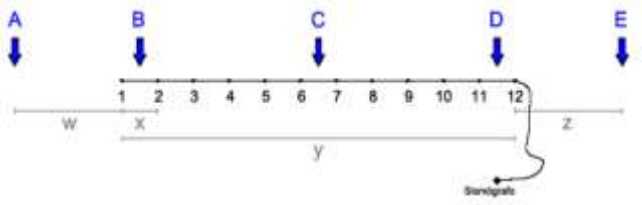
Esta herramienta se emplea para estimar la profundidad del contacto suelo-roca, para reconocer entre unidades litológicas su continuidad y su disposición, y para abstraer los parámetros sísmicos básicos de los materiales rocosos, v.g. las velocidades compresionales y de corte. Abarca la ejecución de dos (2) líneas de refracción sísmica, con longitudes de 55 m cada una, trazadas perpendicularmente al rumbo de los estratos, y dos (2) ensayos REMI (Análisis Sísmico de Ondas Superficiales).

Las líneas de refracción sísmica, por los requerimientos de espacio abierto y libre de estructuras de pavimento, se emplazan al noreste del barrio; la primera, la LRS1, surca la calle 2A, y la segunda, la LRS2, trasiega al interior de la manzana 04 junto a los predios 44, 81 y 82, en terrenos baldíos. Y los REMI, están ubicados en el tercio central del barrio, uno (el REMI-1) al interior de la manzana 85 y otro (REMI-2) en el ecuador de la cancha deportiva.

La adquisición de los datos sísmicos se hace gracias a un sismógrafo marca Geometrics, modelo GEODE, de 12 canales y con conexión a un computador portátil externo, geófonos, cables y otros elementos. El equipo está dotado con un software de recepción de datos, control de calidad e interpretación. Ésta última apoyada en el paquete SEISIMAGER-SW, compuesto por varios programas con aplicaciones específicas (Oyo Geophysics, 2005).

Los métodos de interpretación destinados para las líneas de refracción sísmica son los conocidos como tiempos de retraso o "Delay Times" y Tomografía sísmica. Sus resultados se develan en primera instancia como modelos simples de refracción con sus correspondientes hojas de cálculo, en las que se incluyen las velocidades de corte, las densidades, la deformación volumétrica (k), la relación de poisson (γ) y los módulos elásticos, E, y de corte, Go; y en segundo lugar como tomografías. La *Figura 5.1* ilustra el esquema de distribución y organización en campo para una línea de 12 geófonos.

FIGURA 5.1 ESQUEMA DE UNA LÍNEA SISMICA DE 12 GEÓFONOS



- Puntos de disparo (Shotpoints, SP): A,B,C,D,E
- Geófonos: 1,2,3, ... 12 .
- Geófono 1: abscisa 0
- Geófono 12: abscisa y=55 metros.
- W: Distancia entre el disparo lejano y el geófono 1.
- X: Distancia de separación entre geófonos. Para la línea de 55 metros es 5 metros.
- Y: Distancia total de la línea. De acuerdo a la separación entre los geófonos, igual a 55 metros.
- Z: Distancia entre el disparo lejano y el geófono 12.

De lo anterior se diferencian tres estratos, a saber:

Conjunto de estratos A: responde a velocidades compresionales de hasta 412 m/s (y velocidades de corte de hasta 196 m/s) y se correlaciona con horizontes de consistencia media a blanda, como lo son los rellenos de origen antrópico y los suelos residuales.

Conjunto de estratos B: encierra velocidades compresionales máximas de 1508 m/s (y velocidades de corte inferiores a los 718 m/s), propias de los paquetes de arenisca y de lodolitas más blandos o fracturados.

Conjunto basal C: involucra dos estadios; el primero propio de velocidades compresionales desde los 2132 m/s (y velocidades de corte de 1015 m/s), está asociado con las areniscas mejor cementadas y más duras, vg. la Tpc-A2. El segundo describe velocidades compresionales superiores a los 4613 m/s (y velocidades de corte por encima de los 2197 m/s) y se concatena con las arcillolitas o las lodolitas de mayor consolidación diagenética.

Los arreglos, los modelos simples de refracción y las tomografías para las dos líneas de refracción sísmica y para los ensayos REMI reposan en el *Anexo E.1.1*.

5.1.2.3 ENSAYOS DE CAMPO

El avance en los sondeos, en los horizontes dominantes de suelo, se llevó parcialmente a cabo mediante el ensayo de penetración estándar, SPT, éste se consideró adecuado dado el carácter heterogéneo de los suelos encontrados, dominantemente arcillosos, limosos, arcillo-arenosos, areno-arcillosos, y la premisa de que el muestreo inalterado por lo menos en los dos últimos grupos se dificulta. Asimismo, con el desarrollo del ensayo se consigue al unísono, muestras alteradas para clasificación y para la deducción de la resistencia del material, a fe de constatar los contactos litológicos. Los perfiles de resistencia para cada uno de los sondeos se transcriben gráficamente en los registros de perforación dispuestos en el *Anexo E.1.1*.

El ensayo se practicó con equipo mecánico y pesa de 140 lb., el número de golpes registrado en campo (N_{45}) fue normalizado, con el objeto de tener en cuenta el confinamiento del material y la relación de energía promedio aplicada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N_i' = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 \qquad \text{Ec. 4.1}$$

En la que:

- N'_i : NÚMERO DE GOLPES CORREGIDO PARA UN DETERMINADO NIVEL DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA
- C_N : FACTOR DE AJUSTE PARA TENER EN CUENTA EL ESFUERZO GEOSTÁTICO, σ'_v. SE EVALUÓ CON BASE EN LAS PROPUESTAS DE PECK, SEED, MEYERHOFF-ISHIHARA, LIAO-WHITMAN, SKEMPTON, SEDD-ISDRISS, SCHMERTMANN Y GONZÁLEZ, CUIDANDO SIEMPRE QUE ESTE FACTOR NO RESULTARA MAYOR QUE 2. ESTOS VALORES POSTERIORMENTE SE PROMEDIAN.
- η_1 : FACTOR DE CORRECCIÓN POR EFICIENCIA DE ENERGÍA TRANSMITIDA DEL MARTILLO AL VARILLAJE Y AL TOMA MUESTRAS. SE OBTIENE COMO LA RELACIÓN ENTRE LAS EFICIENCIAS MEDIAS DE CADA PAÍS ASÍ, PARA JAPÓN LA EFICIENCIA ES DEL 72%, PARA USA DEL 60% Y PARA COLOMBIA DEL ORDEN DE 45%.
- η_2 : FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD DEL VARILLAJE.
- η_3 : FACTOR DE CORRECCIÓN POR PRESENCIA DE REVESTIMIENTO. DEBIDO A QUE NO SE UTILIZÓ REVESTIMIENTO, EL FACTOR DE CORRECCIÓN ES 1.0.
- η_4 : FACTOR DE CORRECCIÓN POR EL DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN. LOS DIÁMETROS DE LAS PERFORACIONES FUERON INFERIORES A 12 CM, POR LO QUE EL FACTOR DE CORRECCIÓN ES 1.0

Con el fin de estimar los ángulos de fricción equivalentes, ϕ_{eq}, se promediaron los resultados obtenidos de la aplicación de las expresiones acopiadas en la *Tabla 5.3*. Adicionalmente, y con el ánimo de evaluar cualitativamente los resultados del ensayo de penetración, en la *Tabla 5.4* y en la *Tabla 5.5* se reseñan algunos criterios de Terzaghi y Peck, que relacionan la resistencia a la penetración con la compacidad relativa en arenas y con la consistencia en suelos finos, respectivamente. La valoración de estas propiedades en los

materiales encontrados también se relaciona en la *Tabla 5.6*. Nótese que los rellenos antrópicos mixto (Qarm) y de basuras (Qarb) se caracterizan por consistencias desde blandas hasta firmes; el suelo residual de las areniscas de la formación Cacho posee compacidad suelta a media, y las lodolitas se posicionan esencialmente en firme.

TABLA 5.3 EXPRESIONES PARA CORRELACIONAR EL ÁNGULO DE FRICCIÓN CON EL NSPT

KISHIDA	$\phi = 15 + \sqrt{(20*N72)}$	EC. 4.2
JRB	$\phi = 15 + \sqrt{(15*N72)}$	EC 4.3
SHIOU & FUKUI	$\phi = 27 + 0.36 * N72$	EC. 4.4
JNR	$\phi = 27 + 0.30 * N72$	EC. 4.5

Para terminar, se estiman los parámetros c' y ϕ' por tipo de material a partir de la propuesta de González, A.J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v', τ) en planos Mohr-Coulomb, en los que los coeficientes de una regresión lineal representan los parámetros geomecánicos efectivos. El esfuerzo efectivo vertical se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geostático total y la presión de poros y, el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente estimado antes.

TABLA 5.4 RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD RELATIVA Y LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, N (GOLPES/PIE)	COMPACIDAD RELATIVA
0 – 4	MUY SUELTA
4 – 10	SUELTA
10 – 30	MEDIA
30 – 50	COMPACTA
>50	MUY COMPACTA

TABLA 5.5 RELACIÓN ENTRE LA CONSISTENCIA Y LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, N (GOLPES/PIE)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KG/CM^2)	CONSISTENCIA
<2	<0.25	MUY BLANDA
2 – 4	0.25 – 0.50	BLANDA
4 – 8	0.50 – 1.00	MEDIA
8 – 15	1.00 – 2.00	FIRME
15 – 30	2.00 – 4.00	MUY FIRME
>30	>4.00	DURA

Así la ecuación de la envolvente de cada material se transcribe en la *Figura 5.2*, en la *Figura 5.3*, en la *Figura 5.4*, en la *Figura 5.5* y en la *Figura 5.6*, junto con los parámetros de resistencia, los que se resumen en la *Tabla 5.6*. Los grupos de materiales aparecen diferenciados por colores en ella y fueron obtenidos mediante la interpretación simultánea y retroalimentada de la información geológica (plano y secciones), los registros de exploración del subsuelo y las propiedades físicas y geomecánicas resultantes de este mismo proceso. Adicionalmente, el procedimiento descrito se puede constatar en la *Tabla 5.7* que incluye la normalización del ensayo (SPT).

TABLA 5.6 RESUMEN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN CONDICIÓN DRENADA A PARTIR DEL SPT

NO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	γ (TON/M^3)	COHESIÓN (TON/M^2)	ϕ (°)
1	QARM Y QARB	RELLENOS ANTRÓPICO MIXTO Y DE BASURAS	1.78	0.00	29.2
2	QTPC-SR-L	SUELOS RESIDUALES DE LAS LODOLITAS DE LA FM. CACHO	1.89	0.00	34.1
3	QTPC-SR-A	SUELOS RESIDUALES DE LAS ARENISCAS DE LA FM. CACHO	1.95	0.09	28.7
4	TPC-A1 Y TPC-A2	FORMACIÓN CACHO – ARENISCAS	1.93 – 1.99	0.00	44.0
5	TPC-L	FORMACIÓN CACHO - LODOLITAS	1.99	0.00	44.0

FIGURA 5.2 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LOS MATERIALES QARM Y QARB

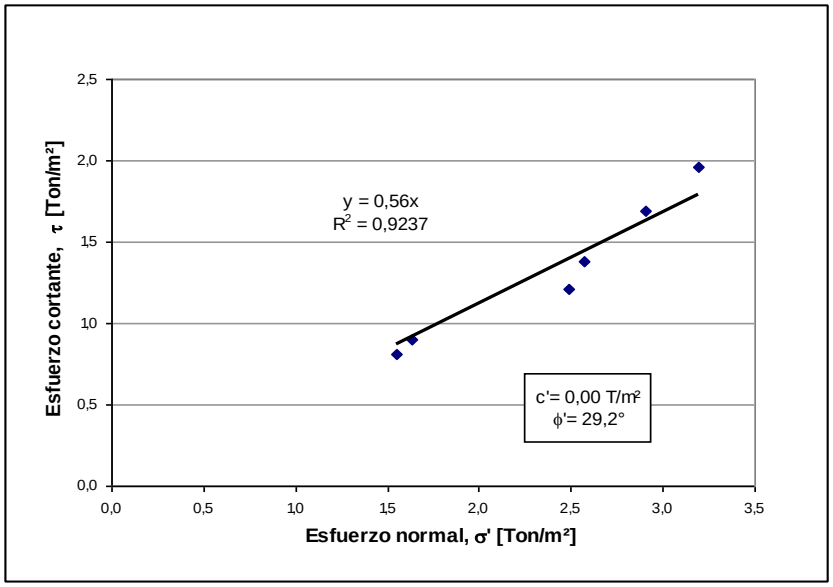


FIGURA 5.3 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA LOS MATERIALES QTPC-SR-L

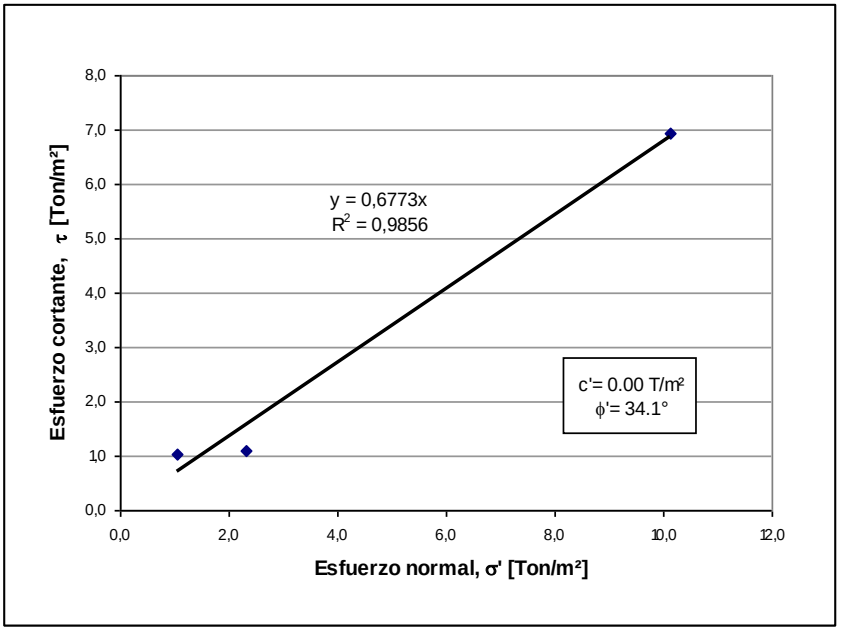


FIGURA 5.4 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL QTPC-SR-A

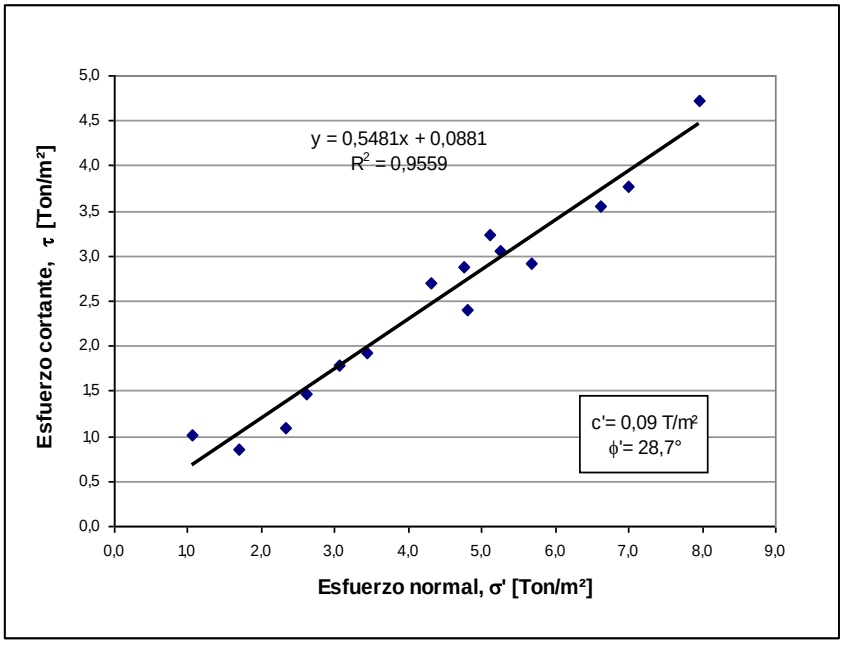


FIGURA 5.5 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL TPC-A

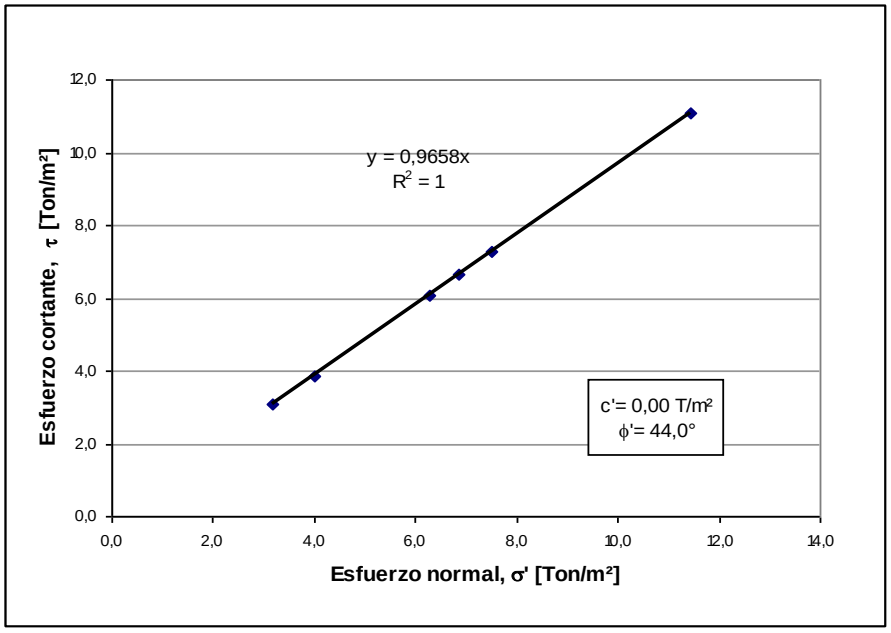


FIGURA 5.6 ENVOLVENTE Y PARÁMETROS DE RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL MATERIAL TPC-L

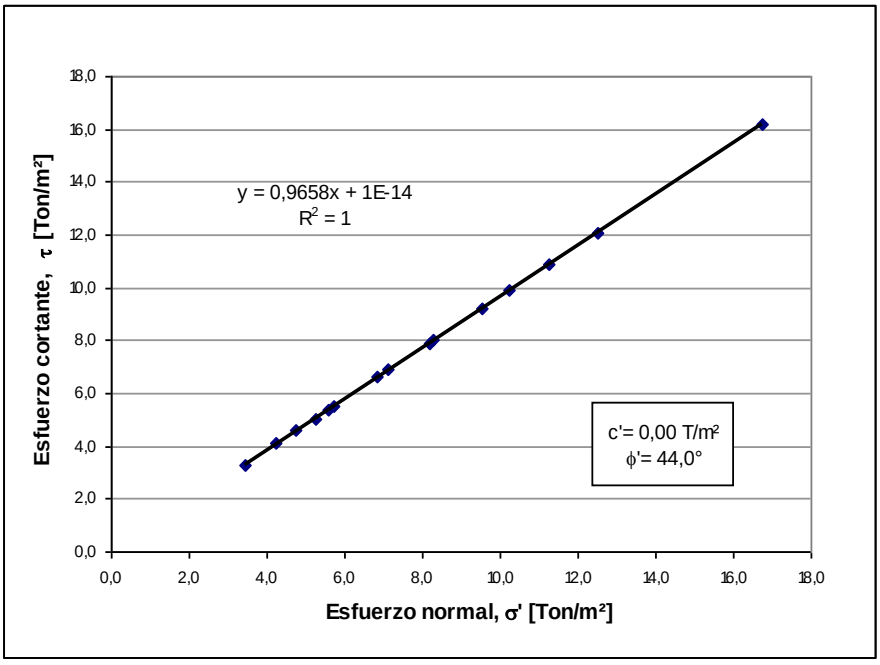


TABLA 5.7 NORMALIZACIÓN DEL SPT

Perf.	Muestra	Profundidad (m)			Golpes/pie			N_{45}	NF	Tipo	γ (T/m³)	σ_v (Ton/m²)	σ_v' (Ton/m²)	R_s
		de	a	Media	1	2	3							
1												**10,07**	**9,92**	
	2	1,95	2,40	2,175	12	19	30	49	1,8	4	1,99	10,52	10,14	1,01
	4	3,30	3,40	3,350			>50	>50	1,8	4	1,94	12,81	11,26	1,13
	6	4,60	4,65	4,625			>50	>50	1,8	6	1,99	15,34	12,52	1,25
	9	8,00	8,05	8,025			>50	>50	1,8	6	2,25	22,99	16,76	1,68
2												**1,01**	**1,01**	
	1	0,60	0,65	0,625			>50	>50	2,2	4	1,69	1,06	1,06	0,11
	3	1,15	1,60	1,375	2	1	3	4	2,2	4	1,69	2,32	2,32	0,23
	5	2,35	2,78	2,565	9	12	>50	>50	2,2	6	1,97	4,61	4,24	0,42
	7	3,50	3,65	3,575			>50	>50	2,2	6	1,99	6,61	5,24	0,52
	9	4,70	4,97	4,835	28		>50	>50	2,2	6	1,36	8,37	5,74	0,57
	11	6,50	6,55	6,525			>50	>50	2,2	6	1,86	11,45	7,12	0,71
	13	7,60	7,67	7,635			>50	>50	2,2	6	2,04	13,71	8,27	0,83
3												**1,15**	**1,15**	
	1	0,65	1,10	0,875	3	4	5	9	0,95	1	1,77	1,55	1,55	0,15
	2	2,05	2,50	2,275	3	2	3	5	0,95	1	1,59	3,82	2,49	0,25
	4	2,55	3,00	2,775	5	7	9	16	0,95	1	2,04	4,73	2,91	0,29
	5	3,05	3,47	3,260	9	13	>50	>50	0,95	6	2,09	5,74	3,43	0,34
	7	4,30	4,42	4,360			>50	>50	0,95	6	2,22	8,15	4,74	0,47
	11	7,30	7,37	7,335			>50	>50	0,95	6	2,16	14,58	8,20	0,82
	13	8,90	8,98	8,940			>50	>50	0,95	6	2,27	18,22	10,23	1,02
4												**1,85**	**1,85**	
	1	1,05	1,50	1,275	1	1	3	4	2,8	1	1,76	2,24	2,24	0,22
	2	1,55	2,00	1,775	6	10	10	20	2,8	1	2,03	3,20	3,20	0,32
	3	2,05	2,32	2,185	14		>50	>50	2,8	1	1,81	3,99	3,99	0,40
	5	3,00	3,27	3,135	23		>50	>50	2,8	6	2,06	5,91	5,58	0,56
	7	4,20	4,35	4,275			>50	>50	2,8	6	2,12	8,32	6,85	0,68
	11	7,65	8,10	7,875	12	17	27	44	2,8	7	2,17	16,13	11,06	1,11
	12	8,10	8,37	8,235	23		>50	>50	2,8	7	2,02	16,89	11,46	1,15
5												**2,99**	**2,99**	
	2	1,55	1,75	1,650	12		>50	>50	n.e.	5	1,93	3,18	3,18	0,32
6												**1,22**	**1,22**	
	1	0,65	1,10	0,875	3	4	7	11	n.e.	1	1,87	1,64	1,64	0,16
	2	1,15	1,60	1,375	5	6	4	10	n.e.	1	1,87	2,57	2,57	0,26
	3	2,55	3,00	2,775	3	10	19	29	n.e.	5	2,07	5,42	5,42	0,54
	4	3,05	3,32	3,185	22		>50	>50	n.e.	7	2,03	6,27	6,27	0,63
7												**3,04**	**3,04**	
	2	1,65	2,10	1,875	6	7	7	14	n.e.	5	1,84	3,45	3,45	0,35
	3	2,55	3,00	2,775	15	13	14	27	n.e.	7	1,84	5,11	5,11	0,51
	4	3,55	4,00	3,775	7	7	8	15	n.e.	7	1,92	7,01	7,01	0,70
	5	4,05	4,50	4,275	15	12	11	23	n.e.	7	1,92	7,97	7,97	0,80
	6	4,55	5,00	4,775	17	18	21	39	n.e.	7	1,92	8,93	8,93	0,89
	7	5,00	5,15	5,075			>50	>50	n.e.	6	2,10	9,52	9,52	0,95
8												**2,20**	**2,20**	
	2	1,15	1,60	1,375	3	5	8	13	1,4	5	1,91	2,63	2,63	0,26
	3	1,65	2,10	1,875	5	7	9	16	1,4	5	1,79	3,55	3,07	0,31
	4	3,05	3,50	3,275	7	10	14	24	1,4	5	1,91	6,20	4,32	0,43
	5	3,55	4,00	3,775	11	11	11	22	1,4	5	1,88	7,14	4,77	0,48
	6	4,05	4,50	4,275	9	8	10	18	1,4	5	2,08	8,14	5,26	0,53
	7	5,55	6,00	5,775	7	4	9	13	1,4	5	1,87	10,99	6,61	0,66
	8	6,00	6,10	6,050			>50	>50	1,4	7	2,11	11,52	6,87	0,69
9												**1,31**	**1,31**	
	1	0,75	1,20	0,975	3	2	4	6	n.e.	5	1,74	1,70	1,70	0,17
	3	2,45	2,90	2,675	4	4	5	9	n.e.	5	1,84	4,80	4,80	0,48
	4	2,95	3,40	3,175	4	5	5	10	n.e.	5	1,71	5,69	5,69	0,57
	5	4,05	4,35	4,200	12		>50	>50	n.e.	7	1,80	7,51	7,51	0,75

Perf.	Muestra	C_N								C_N promedio
		Peck	Seed	Meyerhoff-Ishihara	Liao-Whitman	Skempton	Seed-Idriss	Schmertmann	González	
1	2	0,995	0,992	0,992	0,993	0,993	0,994	1,056	0,994	1,001
	4	0,960	0,936	0,931	0,942	0,941	0,953	0,983	0,949	0,949
	6	0,925	0,878	0,871	0,894	0,888	0,910	0,913	0,902	0,898
	9	0,828	0,720	0,715	0,772	0,747	0,794	0,735	0,776	0,761
2	1	1,750	2,000	2,000	2,000	1,809	2,000	2,000	1,976	1,942
	3	1,487	1,792	1,823	2,000	1,623	1,894	2,000	1,634	1,782
	5	1,286	1,466	1,512	1,536	1,404	1,525	1,728	1,373	1,479
	7	1,216	1,351	1,389	1,382	1,313	1,396	1,560	1,281	1,361
	9	1,186	1,302	1,335	1,320	1,271	1,340	1,488	1,241	1,310
	11	1,113	1,184	1,204	1,185	1,168	1,208	1,318	1,147	1,191
	13	1,063	1,103	1,113	1,099	1,095	1,116	1,204	1,082	1,109
3	1	1,623	2,000	1,989	2,000	1,732	2,000	2,000	1,810	1,894
	2	1,464	1,755	1,791	2,000	1,601	1,851	2,000	1,604	1,758
	4	1,412	1,670	1,716	1,854	1,549	1,756	2,000	1,536	1,687
	5	1,358	1,581	1,630	1,708	1,490	1,656	1,894	1,465	1,598
	7	1,249	1,405	1,448	1,452	1,357	1,457	1,639	1,324	1,416
	11	1,066	1,108	1,119	1,105	1,099	1,122	1,211	1,086	1,115
	13	0,992	0,988	0,987	0,989	0,989	0,991	1,049	0,990	0,997
4	1	1,499	1,811	1,839	2,000	1,633	1,915	2,000	1,649	1,793
	2	1,381	1,619	1,667	1,768	1,515	1,698	1,947	1,495	1,636
	3	1,307	1,499	1,547	1,583	1,430	1,563	1,776	1,399	1,513
	5	1,195	1,317	1,352	1,339	1,284	1,357	1,510	1,254	1,326
	7	1,126	1,206	1,228	1,209	1,187	1,232	1,349	1,165	1,213
	11	0,967	0,946	0,942	0,951	0,950	0,960	0,996	0,956	0,958
	12	0,955	0,926	0,921	0,934	0,932	0,946	0,971	0,941	0,941
5	2	1,382	1,621	1,669	1,772	1,517	1,701	1,950	1,497	1,639
6	1	1,604	1,983	1,968	2,000	1,719	2,000	2,000	1,786	1,883
	2	1,453	1,737	1,776	1,972	1,591	1,832	2,000	1,590	1,744
	3	1,204	1,332	1,368	1,358	1,297	1,375	1,532	1,266	1,341
	4	1,156	1,254	1,282	1,263	1,230	1,286	1,418	1,203	1,261
7	2	1,355	1,578	1,627	1,703	1,487	1,652	1,889	1,462	1,594
	3	1,224	1,365	1,404	1,399	1,324	1,412	1,580	1,292	1,375
	4	1,119	1,193	1,214	1,195	1,176	1,218	1,331	1,154	1,200
	5	1,076	1,123	1,136	1,120	1,113	1,139	1,232	1,099	1,130
	6	1,038	1,062	1,067	1,058	1,057	1,069	1,147	1,049	1,068
	7	1,017	1,027	1,029	1,025	1,025	1,030	1,101	1,021	1,034
8	2	1,446	1,726	1,766	1,951	1,584	1,819	2,000	1,581	1,734
	3	1,394	1,641	1,688	1,804	1,530	1,722	1,977	1,512	1,658
	4	1,280	1,456	1,502	1,521	1,397	1,514	1,713	1,364	1,468
	5	1,247	1,402	1,445	1,448	1,354	1,454	1,635	1,322	1,413
	6	1,214	1,349	1,386	1,379	1,310	1,393	1,556	1,279	1,358
	7	1,138	1,224	1,249	1,230	1,204	1,253	1,376	1,180	1,232
	8	1,126	1,204	1,226	1,207	1,186	1,230	1,346	1,163	1,211
9	1	1,592	1,963	1,955	2,000	1,710	2,000	2,000	1,770	1,874
	3	1,245	1,398	1,440	1,443	1,351	1,449	1,629	1,319	1,409
	4	1,188	1,306	1,340	1,326	1,275	1,346	1,495	1,245	1,315
	5	1,096	1,155	1,172	1,154	1,142	1,175	1,277	1,124	1,162

Perf.	Muestra	η_1		η_2	η_3	η_4	$N_{normalizado}$		$\phi_{equivalente}$					ϕ_{prom} (°)
		U.S.A.	Japón				U.S.A.	Japón	Kishida	Schmertmann	JRB	Shiou & Fukui	JNR	
1	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	27	22	35,98	43,20	33,17	34,92	33,60	34
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	6	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	9	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
2	1	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	4	3	22,75	26,13	21,71	28,08	27,90	25
	5	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	7	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	9	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	11	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	13	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
3	1	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	9	7	26,83	32,87	25,25	29,52	29,10	28
	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	4	4	23,94	26,13	22,75	28,44	28,20	26
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	15	12	30,49	37,55	28,42	31,32	30,60	30
	5	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	7	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	11	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	13	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
4	1	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	4	3	22,75	26,13	21,71	28,08	27,90	25
	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	18	15	32,32	39,28	30,00	32,40	31,50	32
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	5	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	7	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
	11	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	30	25	37,36	44,22	34,36	36,00	34,50	36
	12	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
5	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
6	1	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	11	9	28,42	34,68	26,62	30,24	29,70	29
	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	9	8	27,65	32,87	25,95	29,88	29,40	28
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	21	18	33,97	40,76	31,43	33,48	32,40	33
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
7	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	12	10	29,14	35,48	27,25	30,60	30,00	29
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	20	17	33,44	40,29	30,97	33,12	32,10	32
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	10	8	27,65	33,82	25,95	29,88	29,40	28
	5	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	16	13	31,12	38,16	28,96	31,68	30,90	31
	6	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	26	22	35,98	42,83	33,17	34,92	33,60	34
	7	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
8	2	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	12	10	29,14	35,48	27,25	30,60	30,00	29
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	14	12	30,49	36,91	28,42	31,32	30,60	30
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	19	16	32,89	39,80	30,49	32,76	31,80	32
	5	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	17	14	31,73	38,74	29,49	32,04	31,20	31
	6	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	15	12	30,49	37,55	28,42	31,32	30,60	30
	7	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	10	8	27,65	33,82	25,95	29,88	29,40	28
	8	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44
9	1	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	6	5	25,00	29,38	23,66	28,80	28,50	26
	3	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	7	5	25,00	30,68	23,66	28,80	28,50	26
	4	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	7	6	25,95	30,68	24,49	29,16	28,80	27
	5	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	45,00	42,00	44

Perf.	Muestra	Consistencia o Compacidad
1	2	Firme
	4	Firme
	6	Firme
	9	Firme
2	1	Firme
	3	Blanda
	5	Firme
	7	Firme
	9	Firme
	11	Firme
	13	Firme
3	1	Media
	2	Blanda
	4	Firme
	5	Firme
	7	Firme
	11	Firme
	13	Firme
4	1	Blanda
	2	Firme
	3	Firme
	5	Firme
	7	Firme
	11	Media
	12	Compacta
5	2	Compacta
6	1	Firme
	2	Media
	3	Media
	4	Compacta
7	2	Media
	3	Media
	4	Suelta
	5	Media
	6	Media
	7	Firme
8	2	Media
	3	Media
	4	Media
	5	Media
	6	Media
	7	Suelta
	8	Compacta
9	1	Suelta
	3	Suelta
	4	Suelta
	5	Firme

Sondeo-Muestra	Consecutivo	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
S-1 M-2	4	10,14	6,95
S-1 M-4	4	11,26	10,87
S-1 M-6	6	12,52	12,09
S-1 M-9	6	16,76	16,19
S-2 M-1	4	1,06	1,02
S-2 M-3	4	2,32	1,09
S-2 M-5	6	4,24	4,09
S-2 M-7	6	5,24	5,06
S-2 M-9	6	5,74	5,54
S-2 M-11	6	7,12	6,88
S-2 M-13	6	8,27	7,99
S-3 M-1	1	1,55	0,81
S-3 M-2	1	2,49	1,21
S-3 M-4	1	2,91	1,69
S-3 M-5	6	3,43	3,31
S-3 M-7	6	4,74	4,58
S-3 M-11	6	8,20	7,92
S-3 M-13	6	10,23	9,88
S-4 M-1	1	2,24	1,05
S-4 M-2	1	3,20	1,96
S-4 M-3	1	3,99	3,85
S-4 M-5	6	5,58	5,39
S-4 M-7	6	6,85	6,61
S-4 M-11	7	11,06	7,90
S-4 M-12	7	11,46	11,06
S-5 M-2	5	3,18	3,08
S-6 M-1	1	1,64	0,90
S-6 M-2	1	2,57	1,38
S-6 M-3	5	5,42	3,50
S-6 M-4	7	6,27	6,05
S-7 M-2	5	3,45	1,93
S-7 M-3	7	5,11	3,24
S-7 M-4	7	7,01	3,76
S-7 M-5	7	7,97	4,72
S-7 M-6	7	8,93	6,12
S-7 M-7	6	9,52	9,19
S-8 M-2	5	2,63	1,47
S-8 M-3	5	3,07	1,79
S-8 M-4	5	4,32	2,70
S-8 M-5	5	4,77	2,88
S-8 M-6	5	5,26	3,06
S-8 M-7	5	6,61	3,55
S-8 M-8	7	6,87	6,63
	0		
S-9 M-1	5	1,70	0,85
S-9 M-3	5	4,80	2,39
S-9 M-4	5	5,69	2,91
S-9 M-5	7	7,51	7,25

N_{45} Número de golpes para el 45% de energía del martillo (Estimado para Colombia)
NF Nivel freático

σ_v Esfuerzo vertical total
σ_v' Esfuerzo vertical efectivo
R_s Parámetro utilizado para el C_N, Rs = σ_v'/p_a
C_N Factor de corrección por confinamiento efectivo
η_1 Factor de corrección por energía del martillo: La energía de USA es el 60% y la de Japón el 72%
η_2 Factor de corrección por longitud de la varilla
η_3 Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras
η_4 Factor de corrección por diámetro de la perforación
$N_{normalizado}$ Número de golpes corregido
ϕ Ángulo de fricción interna
σ_v' Esfuerzo vertical efectivo

MATERIALES		
Qarm	Relleno Antrópico Mixto	1
Qarb	Relleno Antrópico Basuras	2
Qdp	Depósitos Coluviales	3
Q/pc-sr-L	Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Cacho	4
Q/pc-sr-A	Suelos Residuales de las Arenisicas de la Formación Cacho	5
Tpc-L	Formación Cacho Niveles de Lodolitas	6
Tpc-A	Formación Cacho Niveles de Areniscas	7
K1g	Formación Guaduas	8

5.1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

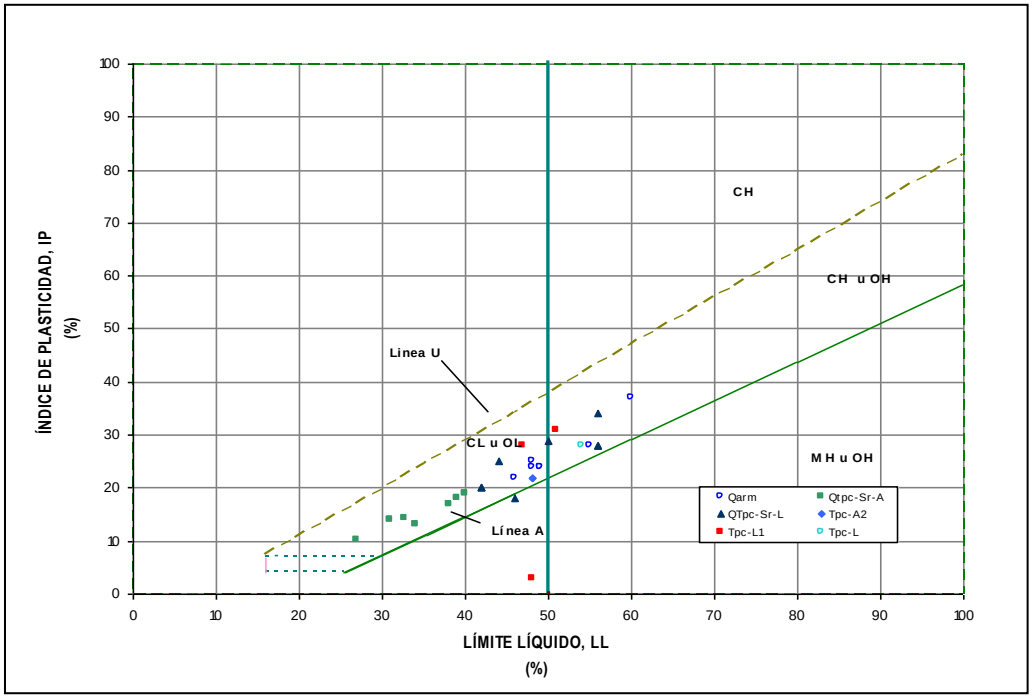
Para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de roca, de los rellenos antrópicos y de los suelos residuales, potenciales escenarios de movilización, se llevó a cabo un programa discreto de muestreo, en el que prevaleciese el barrido continuo, para la posterior caracterización en laboratorio de los especímenes extraídos: inalterados, de shelby (con diámetros entre 3 y 4 pulgadas y longitudes de hasta 0.35 m) o de bloque (prismáticos e irregulares con aristas medias de 0.20 m y 0.40 m), y alterados, split spoon. En la *Tabla 5.8* se discrimina la cantidad y el tipo de ensayos de clasificación y resistencia ejecutados.

TABLA 5.8 RELACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO BARRIO SANTA ROSA DE LIMA

ENSAYO			CANTIDAD (UN)
WN	:	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	54
LL Y LP.	:	LÍMITES DE CONSISTENCIA	28
GRANULOMETRÍA	:	GRANULOMETRÍA	32
PT200	:	PASA TAMIZ NO. 200	31
GS	:	GRAVEDAD ESPECÍFICA	7
γ_T	:	PESO UNITARIO TOTAL	62
γ_D	:	PESO UNITARIO SECO	46
	:	EXPANSIÓN LAMBE	2
CD	:	CORTE DIRECTO	18
q_u	:	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO	13
$q_u(S)$	:	COMPRESIÓN INCONFINADA EN SUELO	7
$q_u(R)$	:	COMPRESIÓN INCONFINADA EN ROCA	16
CP	:	CARGA PUNTUAL	9
BD		BLOQUE DESLIZANTE	1

Se hizo especial hincapié en la toma de muestras en los paquetes arcillolíticos y de arenisca de la Formación Cacho, con el propósito de establecer tanto las propiedades físicas como mecánicas del material, y de los planos de discontinuidad (básicamente el de la estratificación), máxime si se considera que estos últimos pueden gobernar la estabilidad de la mayor parte de laderas. En cuanto al cuaternario reciente se le dio mayor importancia a los rellenos antrópicos mixtos Qarm, puesto que presiden gran parte de las superficies libres y son los escenarios a priori móviles, y por consiguiente los de mayor condición de amenaza. La selección de los testigos, buscó cotejar (o corroborar) la premisa sustancial de la prevalencia de un único escenario de llenos, así como la caracterización de los suelos residuales (arenas y lodolitas) en el entendido que su respuesta geomecánica es homogénea e indiferente de su expresión geomorfológica hoy día. Supuesto validado por los parámetros efectivos: c', ø', obtenidos y por su consistente representación en la carta de plasticidad (véase la *Figura 5.7*).

FIGURA 5.7 CARTA DE PLASTICIDAD



Los cortes directos se llevaron a cabo en condición inundada, a los niveles de esfuerzo a los que estaban sometidas las unidades de suelo o roca en campo, y en estados drenados y no-drenados. En este último escenario la aplicación de la carga se llevo a cabo a muy baja velocidad a fe de simular estados drenados, es decir de manera tal que los coeficientes de resistencia se aproximen lo más posible a los efectivos.

Las muestras de roca, por excelencia de bloque: la E-21 M-1; la E-21 M-3, la AP-5 M-2 y la T-1 M-1, fueron ensayadas bien a lo largo del plano de estratificación (datado en el sitio como E1=311/51), caso particular de las dos primeras muestras, o bien precortadas de manera tal que el ensayo simulará el papel del plano de estratificación. Respondían a los más relevantes horizontes expuestos de arenisca: el Tpc-A2.

La expansión se destino casi exclusivamente a la deducción de los parámetros operativos del suelo de fundación en el barrio (i.e. el lleno); no obstante, la fisuración de la masa repercutió en la repetición de los ensayos. A pesar del impase, los esfuerzos y el porcentaje de expansión sugieren desde ya para las condiciones de carga de las viviendas inocua incidencia de las deformaciones, por expansión o compresión, en el deterioro de las construcciones (aún cuando la humedad es inferior al límite plástico).

Ante la dificultad de descifrar cabalmente las funciones de distribución, y por ende el promedio y la desviación estándar, de los parámetros de resistencia para cada material, elementos trascendentes para la evaluación de amenaza, se acopiaron los resultados de laboratorio de áreas circunvecinas, gracias a que los materiales constitutivos son comunes en todas. Su importancia recae en mejorar la información estadística. En este orden de ideas se recurre a los trabajos de UTGU (2007), Geoingeniería (2004), PIV (1999), Innova (1999), Hidrovial (1981) y Ecoforest (1988). Estos últimos serán empleados en la determinación del espectro probable de los parámetros de resistencia; tema que será tratado en el capítulo 7.

Las memorias de cálculo de los ensayos (geomecánicos) ordenadas por GIA C. L. se recopilan en el *Anexo E.2*, y los resultados de las pruebas de contenidos de humedad natural, límites de consistencia, pesos unitarios totales, tamizado, gravedad específica, compresión inconfinada, cortes directos, consolidación y expansión, entre otros, se sintetizan en la *Tabla 5.9* y en la *Tabla 5.10*. Y los ensayos de laboratorio ordenados bajo el amparo de otros consultores pero que involucran a las Formaciones Cacho y Guaduas se compilan en el *Anexo E.3*.

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

5.2.1 SUELOS

En este capítulo se relacionan las principales propiedades físicas y mecánicas de los paquetes de menor consolidación diagenética que yacen en las laderas del proyecto, y que se hallaron en los sondeos, en las trincheras, en los apiques y en las columnas. En resumen se tienen los siguientes tipos (u órdenes) de materiales:

Material 1: Rellenos Antrópicos Mixtos (Qarm)
Material 2: Rellenos Antrópicos de Basuras (Qarb)
Material 3: Depósitos Coluviales (Qco)
Material 4: Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Cacho (QTpc-Sr-L)
Material 5: Suelos Residuales de las Areniscas de la Formación Cacho (QTpc-Sr-A)

5.2.1.1 MATERIALES 1 Y 2: RELLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS (QARM) Y DE BASURAS (QARB)

Congregan horizontes desde delgados, inferiores al metro de profundidad (registro capturado en la perforación S-5, *Anexo E.1.1*), hasta gruesos, cercanos a los cinco metros (deducidos por contrastación multitemporal entre las cartografías), irregulares y discontinuos. Si bien son dos los depósitos: el Qarm y el Qarb, el primero que trasiega bajo las manzanas 04, 75, 76, 79, 80, 81, 84, 88, 92, 93, 94, y el segundo que gobierna pequeños parches al noroccidente (en la manzana 79) y al norte (contiguos a la manzana 04), su comportamiento geomecánico está controlado por la matriz, similar en los dos tanto física como mecánicamente. En tal sentido y a fe de llevar a cabo la evaluación de estabilidad se designarán en adelante como un solo material, rotulado como Qarm.

Son principalmente arcillosos, arcillo-arenosos y eventualmente limo-arenosos o areno-arcillosos. Están diseminados a lo largo y ancho del barrio, y sirven de suelo de cimentación (o nivelación) a buena parte de las edificaciones. Su humedad es casi esencialmente media; su compresibilidad migra de media a alta, aunque modalmente es media; su plasticidad es, dominantemente, media, pero puede llegar a estadios excepcionales de alto (como lo revela la muestra S3M4 de la *Tabla 5.9*), se clasifica como CL o CH, y su consistencia relativa, pues los testigos distan de estar completamente saturados (y por lo tanto debe entenderse apenas como un indicador), es muy firme. Son una de las fuentes primordiales en la gestación de los procesos de inestabilidad, empero su escasa exposición limito su investigación y muestreo. Su peso unitario es cercano a los 1.80 Ton/m^3 (promedio), su humedad bordea el 22%, y sus coeficientes de resistencia pueden fijarse en los dominios: c'= [0.36 Kg/cm^2 – 0.45 kg/cm^2] y ϕ'= [24.20° – 29.20°]. La *Tabla 5.12* devela las más relevantes propiedades índice y geomecánicas.

TABLA 5.9 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO	MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)			USCS	w_n (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	%G	%A	%F	γ_t (Ton/m³)	γ_d (Ton/m³)	Gs	PT200 (%)	q_u Penetrómetro (Kg/cm²)	q_u Veleta Laboratorio (Kg/cm²)	$q_{u\ ROCA}$ (Kg/cm²)	$q_{u\ suelo}$ (Kg/cm²)	c' ROCA (Kg/cm²)	c' SUELO (Kg/cm²)	ϕ' (°)	c' Residual (Kg/cm²)	ϕ' Residual (°)	Bloque Deslizante (°)	Expansión Lambe		Porcentaje de Expansión
				de	a	media																									Esfuerzo (Kg/cm²)	Estado	
Ap-1	1	B	QTpc-Sr-L	1,20	1,20	1,20	CH-OH	26,44	56,00	28,00	28,00	-0,06	7,40	23,10	69,50																	
	2	B	QTpc-Sr-L	1,40	1,40	1,40	CH-OH	28,70	56,00	28,00	28,00	0,03																				
Ap-2	1	BL	QTpc-Sr-A	1,60	1,60	1,60		8,40					9,90	49,90	40,20	2,21	2,04		40,20				3,70									
	2	B	QTpc-Sr-A	1,40	1,40	1,40		8,81																								
Ap-3	1	BL	Tpc-A2	1,20	1,20	1,20										2,24						86,70										
	2	B	Tpc-A2	1,30	1,30	1,30		9,25																								
Ap-4	1	BL	Tpc-A1	1,40	1,40	1,40										1,93																
Ap-5	1	BL	Tpc-A2	0,70	0,70	0,70																										
	2	BL	Tpc-A2	1,20	1,20	1,20										2,29								0,08		42,4						
Ap-6	1	B	QTpc-Sr-L	1,20	1,20	1,20	ML-OL	21,13	46,00	28,00	18,00	-0,38	38,60	23,40	37,90																	
C-1	1	BL	Tpc-Bf-A2			0,00										2,12																
	2	BL	Tpc-Bf-A2			0,00										2,22						67,60		0,10		35,6						
T-1	1	BL	Tpc-A2			0,00										2,01		2,69						0,08		33,4						
	2	BL	Tpc-A2			0,00		5,04								1,80	1,71															
	3	BL	Tpc-A2			0,00																										
E-21	1	BL	Tpc-A2			0,00		1,80								1,98	1,94							0,12		33,7						
	2	BL	Tpc-A2			0,00																										
	3	BL	Tpc-A2			0,00																								35,0		
S-1	1	SH	Qarm	1,30	1,90	1,60	CH-OH	19,26	55,00	27,00	28,00	-0,28	0,00	5,00	95,00	2,01	1,69	2,64	95,00	3,70			2,52		0,45	24,0	0,36	23,0				
																									0,34	22,0	0,37	17,6				
																									0,39	16,5						
	2	SPT	QTpc-Sr-L	1,95	2,40	2,18	CL-OL	9,21	42,00	22,00	20,00	-0,64	0,00	2,70	97,30	1,99	1,82		97,30	>4.5												
	4	SPT	QTpc-Sr-L	3,30	3,40	3,35		8,36					7,10	15,30	77,60	1,94	1,79		77,60													
	6	SPT	Tpc-L	4,60	4,65	4,63										1,99																
	7	NQ	Tpc-L	4,65	6,20	5,43		11,09								2,12	1,91	2,67				1,11		0,92		21,4	0,81	16,5				
	8	NQ	Tpc-L	6,20	8,00	7,10		7,24								2,25	2,10					2,04										
S-2	3	SPT	Qtpc-Sr-L	1,15	1,60	1,38	CL-OL	15,86	42,00	22,00	20,00	-0,31	13,40	23,50	63,10	1,69	1,46		63,10	1,20												
	4	SH	Tpc-L1	1,80	2,30	2,05	ML-OL	16,65	48,00	45,00	3,00	-9,45	0,20	25,40	74,40	2,36	2,02	2,64	74,40	2,30		1,82		0,22		34,0	0,20	32,0				
																								0,17		32,0	0,18	29,0				
	5	SPT	Tpc-L1	2,35	2,78	2,57		14,56	N.L.	N.P.			0,20	38,60	61,20				61,20	>4.5												
	7	SPT	Tpc-L1	3,50	3,65	3,58		12,99	N.L.	N.P.			0,11	36,75	63,14	1,99	1,76		63,14													
	9	SPT	Tpc-L1	4,70	4,97	4,84		15,25	N.L.	N.P.			0,00	35,00	65,00	1,36	1,18		65,00													
	10	NQ	Tpc-L1	4,97	6,50	5,74		10,80								2,05	1,85							0,39		26,0	0,27	21,2				
	12	NQ	Tpc-L1	6,55	7,60	7,08							0,00	0,00	100,00	1,86																
	14	NQ	Tpc-L1	7,67	8,90	8,29		10,84								2,04	1,84					2,92										
	15	NQ	Tpc-L1	8,90	10,20	9,55							0,00	0,00	100,00	2,19																
	16	NQ	Tpc-L1	10,20	11,20	10,70																										
S-3	1	SPT	Qarm	0,65	1,10	0,88							0,00	0,00	100,00	1,77																
	2	SPT	Qarm	2,05	2,50	2,28	CL-OL	18,22	49,00	25,00	24,00	-0,28	13,70	31,80	54,50	1,59	1,34		54,50													
	3	SH	Qarm	2,50	2,55	2,53	CL-OL	28,42	49,00	25,00	24,00	0,14	1,00	27,30	71,70				71,70													
	4	SPT	Qarm	2,55	3,00	2,78	CH-OH	20,00	60,00	23,00	37,00	-0,08	6,70	32,40	60,90	2,04	1,70	2,82	60,90				2,37									
	5	SPT	Tpc-L1	3,05	3,47	3,26	CH-OH	10,97	51,00	20,00	31,00	-0,29	0,50	4,70	94,80	2,09	1,88		94,80													
	7	SPT	Tpc-L1	4,30	4,42	4,36	CL-OL	15,84	47,00	19,00	28,00	-0,11	1,23	25,24	73,53	2,22	1,92		73,53			1,46										
	8	NQ	Tpc-L1	4,42	5,40	4,91										2,28						11,58										
	9	NQ	Tpc-L1	5,40	6,50	5,95							0,00	0,00	100,00	2,04			100,00													
	10	NQ	Tpc-L1	6,50	7,30	6,90							0,00	0,00	100,00				100,00													
	12	NQ	Tpc-L1	7,37	8,90	8,14		15,50								2,07	1,79							0,47		19,1	0,41	17,8				
	14	NQ	Tpc-L1	8,98	11,00	9,99		8,50								2,27	2,09					7,00										

TABLA 5.10 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO (CONTINUACIÓN)

SONDEO	MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)			USCS	w_n (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	%G	%A	%F	γ_t (Ton/m³)	γ_d (Ton/m³)	Gs	PT200 (%)	q_u Penetrómetro (Kg/cm²)	q_u Veleta Laboratorio (Kg/cm²)	$q_{u\ ROCA}$ (Kg/cm²)	$q_{u\ suelo}$ (Kg/cm²)	c' ROCA (Kg/cm²)	c' SUELO (Kg/cm²)	ϕ' (°)	c' Residual (Kg/cm²)	ϕ' Residual (°)	Bloque Deslizante (°)	Expansión Lambe		Porcentaje de Expansión
				de	a	media																									Esfuerzo (Kg/cm²)	Estado	
S-4	1	SPT	Qarm	1,05	1,50	1,28	CL-OL	18,97	48,00	24,00	24,00	-0,21	3,50	33,60	62,90	1,76	1,48		62,90													
	2	SPT	Qarm	1,55	2,00	1,78	CL-OL	15,79	46,00	24,00	22,00	-0,37	1,26	25,27	73,47	2,03	1,75	2,80	73,47				2,23										
	3	SPT	Tpc-A2	2,05	2,32	2,19							0,00	0,00	100,00	1,81			100,00														
	5	SPT	Tpc-L	3,00	3,27	3,14	CH-OH	13,60	54,00	26,00	28,00	-0,44	7,43	35,22	57,35	2,06	1,81		57,35			1,47											
	7	SPT	Tpc-L	4,20	4,35	4,28		10,74	N.L.	N.P.			9,10	37,40	53,50	2,12	1,91		53,50			4,24											
	8	NQ	Tpc-A2	4,35	5,80	5,08										1,97																	
	9	NQ	Tpc-A2	5,85	7,30	6,58		13,40								2,17	1,91					2,48		0,27		33,8							
	10	NQ	Tpc-A2	7,30	7,60	7,45										1,74																	
	11	SPT	Tpc-A2	7,65	8,10	7,88	CL-OL	23,35	48,00	26,00	22,00	-0,12	0,00	1,10	98,90	2,17	1,76		98,90			0,74											
	12	SPT	Tpc-A2	8,10	8,37	8,24	CL-OL	14,70	48,00	26,00	22,00	-0,51	0,00	35,50	64,50	2,02	1,76		64,50			1,31											
	13	NQ	Tpc-A2	8,37	9,70	9,04																											
	14	NQ	Tpc-A2	9,70	11,20	10,45																											
S-5	1	SH	Qtpc-Sr-A	0,90	1,50	1,20		31,20								1,91	1,46			1,25					0,29	26,2							
	2	SPT	Qtpc-Sr-A	1,55	1,75	1,65	CL-OL	21,35	34,00	21,00	13,00	0,03				1,93	1,59																
S-6	1	SPT	Qarm	0,65	1,10	0,88														3,20													
	2	SPT	Qarm	1,15	1,60	1,38		16,62	N.L.	N.P.			1,00	60,60	38,40				38,40														
	3	SPT	Qtpc-Sr-A	2,55	3,00	2,78		14,60								2,07	1,81								0,21	40,6							
	4	SPT	Tpc-A2	3,05	3,32	3,19			N.L.	N.P.			8,10	51,50	40,40				40,40														
S-7	1	SH	QTpc-Sr-A	1,00	1,60	1,30	CL	19,50	32,60	18,20	14,40	0,09	7,00	37,40	55,50	2,07	1,73		55,50	1,35					0,26	22,8							
	2	SPT	QTpc-Sr-A	1,65	2,10	1,88	CL-OL	21,53	38,00	21,00	17,00	0,03				1,84	1,51																
	3	SPT	Tpc-A2	2,55	3,00	2,78																											
	4	SPT	Tpc-A2	3,55	4,00	3,78										1,92																	
	5	SPT	Tpc-A2	4,05	4,50	4,28																											
	6	SPT	Tpc-A2	4,55	5,00	4,78																											
	7	SPT	Tpc-L1	5,00	5,15	5,08																											
S-8	1	SH	Qarm	0,60	1,00	0,80	CL-OL	23,10	48,00	23,00	25,00	0,00				1,28	1,04	2,66					2,04		0,35	27,9					0,48	No Critico	
	2	SPT	QTpc-Sr-L	1,15	1,60	1,38														2,50													
	3	SPT	QTpc-Sr-L	1,65	2,10	1,88	CH-OH	27,83	56,00	22,00	34,00	0,17	0,00	20,50	79,50	1,79	1,40		79,50	3,80													
	4	SPT	QTpc-Sr-L	3,05	3,50	3,28														4,30													
	5	SPT	QTpc-Sr-L	3,55	4,00	3,78	CH-OH	13,04	50,00	21,00	29,00	-0,27				1,88	1,66			>4.5													
	6	SPT	QTpc-Sr-L	4,05	4,50	4,28		16,70								2,08	1,78								0,21	23,3							
	7	SPT	QTpc-Sr-L	5,55	6,00	5,78	CL-OL	16,96	44,00	19,00	25,00	-0,08	0,00	1,30	98,70	1,87	1,60		98,70														
	8	SPT	Tpc-L1	6,00	6,10	6,05																											
	9	NQ	Tpc-L1	6,10	7,60	6,85																											
	10	NQ	Tpc-L1	7,60	8,60	8,10		8,46								2,09	1,93					1,82											
	11	NQ	Tpc-L1	8,60	10,00	9,30																											
	12	NQ	Tpc-L1	10,00	11,50	10,75		7,40								2,08	1,94																
	13	NQ	Tpc-L1	11,50	13,30	12,40																											
	14	NQ	Tpc-L1	13,30	14,70	14,00		7,25								2,16	2,01					7,81											
	15	NQ	Tpc-L1	14,70	16,40	15,55																											
S-9	1	SPT	QTpc-Sr-A	0,75	1,20	0,98	SC	28,00	31,00	17,00	14,00	0,79	3,50	48,00	48,50	1,74	1,36		48,50	1,85													
	2	SH	QTpc-Sr-A	2,00	2,40	2,20	CL-OL	17,15 18,10 19,10	40,00 27,00	21,00 16,90	19,00 10,10	-0,20 0,12				2,08 2,11 2,11	1,78 1,79 1,77			1,75			1,64 1,47		0,30	24,0							0,13
	3	SPT	QTpc-Sr-A	2,45	2,90	2,68							0,00	41,20	58,80				58,80	2														
	4	SPT	QTpc-Sr-A	2,95	3,40	3,18	CL-OL	18,83	39,00	21,00	18,00	-0,12	0,00	6,80	93,20	1,71	1,44		93,20	2,2													
	5	SPT	Tpc-A2	4,05	4,35	4,20		21,05								1,80	1,49			>4.5													

TABLA 5.11 CARGAS PUNTUALES

SONDEO - MUESTRA	UNIDAD	ESPECIMEN No.	L (cm)	D (cm)	W (cm)	De (cm)	De2 (cm2)	P (Kgf)	Is (Kgf/cm^2)	$F_{corrección}$	Is_{50} (Kgf/cm^2)	Is_{50} (Kgf/cm^2)	σ_u (Kgf/cm^2)
Ap2 - M1	QTpc-Sr-A	1	7.39	5.62	6.26	6.69	44.79	45	0.14	1.14	0.16	**0.24**	**5.87**
		2	8.96	4.96	7.10	6.70	44.84	52	0.21	1.14	0.24		
		3	9.00	6.16	7.34	7.59	57.57	59	0.15	1.21	0.18		
		4	10.13	5.03	8.01	7.16	51.30	67	0.26	1.18	0.31		
		5	7.28	4.99	6.93	6.64	44.03	70	0.28	1.14	0.32		
		6	7.54	5.00	7.27	6.80	46.28	59	0.23	1.15	0.26		
Ap3 - M1	Tpc-A2	1	8.71	4.56	8.71	7.11	50.57	150	0.71	1.17	0.83	**0.58**	**13.88**
		2	7.10	5.86	7.10	7.28	52.97	121	0.35	1.18	0.41		
		3	9.37	5.36	9.37	8.00	63.95	88	0.30	1.24	0.37		
		4	7.22	4.97	7.22	6.76	45.69	139	0.55	1.15	0.63		
		5	7.81	5.61	7.81	7.47	55.79	70	0.22	1.20	0.26		
		6	9.71	4.92	9.71	7.80	60.83	146	0.59	1.22	0.72		
		7	8.23	5.22	8.23	7.40	54.70	186	0.67	1.19	0.80		
		8	9.42	5.33	9.42	8.00	63.93	128	0.44	1.24	0.54		
		9	7.15	5.45	7.15	7.04	49.61	164	0.54	1.17	0.63		
Tr1 - M1	Tpc-A2	1	12.49	4.89	7.52	6.84	46.82	41	0.17	1.15	0.20	**0.23**	**5.43**
		2	11.90	4.91	8.49	7.29	53.08	45	0.18	1.18	0.21		
		3	12.51	5.52	7.62	7.32	53.56	52	0.17	1.19	0.20		
		4	12.12	4.97	9.71	7.84	61.44	70	0.28	1.22	0.34		
		5	12.22	4.62	9.82	7.60	57.76	38	0.17	1.21	0.21		
		6	11.87	5.27	7.46	7.08	50.06	48	0.17	1.17	0.20		
C1 - M1	Tpc-Bf-A2	1	6.00	4.00	4.00	4.51	20.37	23.4	1.10	0.95	1.05	**2.23**	**53.40**
		2	6.00	4.00	4.00	4.51	20.37	59.39	2.78	0.95	2.65		
		3	6.00	4.00	4.00	4.51	20.37	66.4	3.11	0.95	2.97		
C1 - M2	Tpc-Bf-A2	1	7.59	4.33	6.70	6.08	36.94	48	2.57	1.09	2.81	**2.95**	**70.86**
		2	8.33	6.81	6.52	7.52	56.53	54	1.17	1.20	1.41		
		3	9.71	5.56	7.12	7.10	50.40	66	2.14	1.17	2.51		
		4	9.41	4.30	7.20	6.28	39.42	96	5.20	1.11	5.76		
		5	8.61	4.65	7.41	6.62	43.87	42	1.95	1.13	2.21		
		6	8.50	4.75	7.19	6.59	43.48	60	2.67	1.13	3.02		
E21 - M2	Tpc-A2	1	12.06	3.95	7.11	5.98	35.76	143	9.15	1.08	9.92	**7.26**	**174.13**
		2	12.25	4.29	8.15	6.67	44.52	106	5.79	1.14	6.59		
		3	12.91	5.48	6.74	6.86	47.03	125	4.15	1.15	4.78		
		4	10.06	5.39	7.12	6.99	48.86	150	5.16	1.16	6.00		
		5	9.99	3.89	7.77	6.20	38.48	132	8.71	1.10	9.60		
		6	11.03	4.13	8.25	6.59	43.38	117	6.88	1.13	7.79		
		7	9.13	5.00	7.12	6.73	45.33	135	5.42	1.14	6.20		
		8	8.14	4.93	6.96	6.61	43.69	154	6.32	1.13	7.17		
S3 - M8	Tpc-L1	1	4.82	4.82	4.82	5.44	29.58	24.6	0.86	1.04	0.89	**0.89**	**21.44**
S4 - M8	Tpc-A2	1	4.58	4.58	4.58	5.17	26.71	8.5	0.32	1.01	0.32	**0.32**	**7.80**
S4 - M14	Tpc-A2	1	4.65	4.65	4.65	5.25	27.53	4.14	0.15	1.02	0.15	**0.15**	**3.68**

TABLA 5.12 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS MATERIALES 1 Y 2: QARM

PROPIEDAD		VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)		CL, CH	
Contenido de Humedad, w (%)		15.79 – 28.42	Media**
Límite Líquido, LL (%)		{46.00 – 60.00} o NL	Intermedia a Alta*
Índice de Plasticidad, IP (%)		{22.00 – 37.00} o NP	Media a Alta**
Gravedad Específica, Gs		2.64 – 2.82	
Peso Unitario Húmedo (Ton/m^3)		1.76 – 2.04 (γ_{prom}=1.78)	
Peso Unitario Seco (Ton/m^3)		1.34 – 1.75	
Granulometría	G (%)	0 - 13.70	
	A (%)	5.00 – 60.60	
	F (%)	38.40 – 100.00	
Resistencia a la Compresión Simple, q_u (Kg/cm^2)		2.04 – 2.52	Muy Firme (Aparente)**
Esfuerzo de Expansión (Kg/cm^2)		0.48	No Crítico
Cohesión, c (Kg/cm^2)		0.35 (CD, S8M1) - 0.45 (CD, S1M1)	
Angulo de Fricción, ϕ (°)		24.00 (CD, S1M1) – 29.20 (SPT)	
Cohesión Residual, c_r (Kg/cm^2)		0.36 (CD, S1M1)	
Angulo de Fricción Residual, ϕ_r (°)		17.60 (CD, S1M1)	

* FUENTE: GÓMEZ N. JOSÉ (2008). ** FUENTE: SOWERS G. F. (1979), CITADO POR KULHAWY AND MAYNE (1990)

5.2.1.2 MATERIAL 3: DEPÓSITOS COLUVIALES (QCO)

Congrega los cuerpos de los principales deslizamientos. Son mayoritariamente arcillosos, con algún porcentaje de arenas, o areno-arcillosos, tienen participación de algunos cantos y bloques de areniscas, materia propia de las masas DT-002EC, y de residuos sólidos, residentes sólo en el DT-003PA (véase el *Anexo D.4* y el *Plano 5*). Son matriz soportados, mal gradados, y de similar composición (por lo menos en la matriz) a los llenos antrópicos mixtos y a los suelos residuales de las areniscas (i.e. el QTpc—sr-A), aunque difieren de unos y otros en los parámetros de resistencia, los que están más ligados a los residuales: el deterioro de las masas y las deformaciones acumuladas así lo ratifican. Su espesor toca los 2.00 metros; su color dominante es el crema con manchas café; su consistencia oscila de baja a media, y su comprensibilidad y su plasticidad son medias.

Junto con el Qarm, el QTpc-sr-A y el QTpc-sr-L son el universo de materiales de mayor susceptibilidad a la movilización, y los nichos de incubación de los procesos de inestabilidad. Diagraman, como es apenas de esperar, el mismo espacio de los cuerpos de deslizamiento; y se incrustan en la manzana 90, contiguo a los predios 21 y 13 (véase el *Plano 4*); en la manzana 85, al costado de la vivienda 04; y en el bloque 82, entre los muros de contención y la carrera 5A Este y al noroccidente de la casa 03. Cubren los paquetes residuales o los llenos antrópicos (reconformados), pues son ellos su fuente creadora, y esporádicamente los niveles de arenisca. Su peso unitario es cercano a los 1.80 Ton/m^3 (asumido), y sus parámetros operativos de resistencia, en principio, se posicionan en: c'= 0.36 Kg/cm^2 y ϕ'= 17.60°.

5.2.1.3 MATERIAL 4: SUELOS RESIDUALES DE LAS LODOLITAS DE LA FORMACIÓN CACHO (QTPC-SR-L)

Granulométricamente están compuestos por arcillas y arcillas-arenosas, empero contienen vestigios de roca del tamaño grava o superior, provenientes de las lodolitas. Se clasifican como CL o CH (según la USCS). Simbolizan parte del horizonte IC del perfil de meteorización de Deer y Patton (1971), y forjan parte de las laderas orientales del cerro de mayor altura en el barrio, y pequeños parches en o aledaños a las manzanas 75 y 76, respectivamente. Descansan bajo los rellenos antrópicos mixtos, y delinean horizontes de hasta dos y medio metros (2.5) metros, según lo ratifican las perforaciones S-1 y S-2 (y se aprecia en el *Anexo E.1.1*). Exhiben colores habano o amarillo claro con vetas y manchas rojas café y amarillas. Tienen plasticidad entre media y alta, la humedad migra de baja a media, con un máximo cercano al 29%, la compresibilidad transita de media a alta, y la consistencia recurrente es muy firme (véanse las muestras S1M2, S1M4 y S2M2, en la *Tabla 5.7*). En la *Tabla 5.13* se definen sus parámetros relevantes.

TABLA 5.13 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 4: QTPC-SR-L

PROPIEDAD		VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)		CL o CH	
Contenido de Humedad, w (%)		8.36 – 28.70	Baja a Media**
Límite Líquido, LL (%)		42.00 – 56.00	Media a Alta*
Índice de Plasticidad, IP (%)		18.00 – 34.00	Media a Alta**
Peso Unitario Húmedo (Ton/m^3)		1.69 – 2.08	
Peso Unitario Seco (Ton/m^3)		1.40 – 1.82	
Granulometría	G (%)	0 – 13.40	
	A (%)	1.30 – 23.50	
	F (%)	63.10 – 98.70	
Cohesión, c (Kg/cm^2)		0 (SPT) - 0.21 (CD, S8M6)	
Angulo de Fricción, ϕ (°)		23.30 (CD, S8M6) – 34.10 (SPT)	

* FUENTE: GÓMEZ N. JOSÉ (2008). ** FUENTE: SOWERS G. F. (1979), CITADO POR KULHAWY AND MAYNE (1990). *** FUENTE: INVIAS (2007)

5.2.1.4 MATERIAL 5: SUELOS RESIDUALES DE LAS ARENISCAS DE LA FORMACIÓN CACHO (QTPC-SR-A)

Si bien genéticamente provienen de materiales parentales diferentes, el Tpc-A1 y el Tpc-A2, la composición de la matriz, y la similar respuesta mecánica del esqueleto mineral (premisa deducida del ensayo de penetración estándar: véase la *Figura 5.4*) permiten agruparlos como un solo material. Responden a suelos areno-arcillosos o arcillo-arenosos (estadio sugestivo explicado por la matriz arcillosa de algunas de las unidades de roca), propios del horizonte IC del perfil de meteorización de Deer y Patton (1971); y contienen vestigios de roca del tamaño grava o superior, provenientes de las areniscas. Están repartidos a lo largo y ancho del barrio, al punto de que forman parte de la secuencia estratigráfica en las manzanas 82, 84, 04, 90 y 88, y reposan en mantos entre las décimas de centímetro hasta cinco (5) metros, según lo ratifican las perforaciones S-5, S-6, S-7 y S-8. Poseen colores amarillos claros, habanos o rojizos; la plasticidad se enmarca entre baja y media, la humedad en el estado límite es media, la compresibilidad es media, y la consistencia modal es firme, pero alcanza umbrales de muy firme (véanse las muestras S9M3, S9M4,

AP2M1, en la *Tabla 5.9* y en *Tabla 5.10*), y se clasifican como CL o SC (acorde con la USCS). La recapitulación de los principales coeficientes geomecánicos se da en la *Tabla 5.14*.

TABLA 5.14 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 5: QTPC-SR-A

PROPIEDAD		VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)		CL, SC	
Contenido de Humedad, w (%)		8.40 – 31.20	Baja a Media**
Límite Líquido, LL (%)		31.00 – 40.00	Media*
Índice de Plasticidad, IP (%)		13.00 – 19.00	Baja a Media**
Peso Unitario Húmedo (Ton/m^3)		1.71 – 2.21	
Peso Unitario Seco (Ton/m^3)		1.36 – 2.04	
Granulometría	G (%)	0 – 9.90	
	A (%)	6.80 – 49.90	
	F (%)	40.20 – 93.20	
Resistencia a la Compresión Simple, q_u (Kg/cm^2)		1.64 – 3.70	Firme a Muy Firme**
Porcentaje de Expansión (%)		0.13	Bajo***
Cohesión, c (Kg/cm^2)		0.21 (CD, S6M3) - 0.30 (CD, S9M2)	
Angulo de Fricción, ϕ (°)		22.80 (CD, S7M1) – 40.60 (CD, S6M3)	

* FUENTE: GÓMEZ N. JOSÉ (2008). ** FUENTE: SOWERS G. F. (1979), CITADO POR KULHAWY AND MAYNE (1990). *** FUENTE: INVIAS (2007)

5.2.2 MACIZO ROCOSO

Está integrado por los cuerpos líticos de las Formaciones Cacho y Guaduas, principalmente por los espesos paquetes de areniscas, intercalados con lodolitas, si se trata de la primera, o por los bancos lodolíticos en cuanto a la segunda se refiere. Sus espesores, variables en esencia, divagan desde los pocos metros hasta el centenar de metros (expresión marcada por la unidad Tpc-A2). A continuación se reseñan las propiedades de las unidades de roca, de los planos de discontinuidad y del macizo rocoso.

5.2.2.1 MATERIAL ROCOSO

5.2.2.1.1 Material 6: Lodolitas de la Formación Cacho (Tpc-L)

En esta denominación se integran tres horizontes indiferenciados: las lodolitas arenosas, las arcillolitas y las limolitas, discriminados por su litología y por su grado de litificación. Configuran una pequeña parte de la columna estratigráfica en el barrio (véase el *Plano 4A*) y la base de los sondeos S-1, S-2 y S-3, y están confinadas por los generosos bancos de arenisca; particularidades que les resta protagonismo como elementos constitutivos de las laderas vertientes y como incubadoras o gestoras de los procesos de inestabilidad. Son blandas o muy blandas; exponen colores amarillo claro o rojo oscuro con manchas

amarillas o violetas; su humedad es baja; y poseen como minerales esenciales los feldespatos y las plagioclasas.
Su ángulo de fricción básico opera en el dominio [21 – 32], según se deduce de los cortes directos de las muestras S2M4, S2M10 y S1M7, y su respuesta mecánica está regida por los planos de discontinuidad, particularmente por la estratificación. A pesar de las diferencias constitutivas, en sus propiedades mecánicas y en algunas físicas como el color y el tipo de matriz, parecen responder a un mismo universo, salvo por sutiles cambios en el ángulo de fricción. La *Tabla 5.15* condensa algunas de las más importantes.

TABLA 5.15 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 6: TPC-L

PROPIEDAD		VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)		CH	
Contenido de Humedad, w (%)		7.24 – 16.65	Baja a Media**
Límite Líquido, LL (%)		47.00 – 54.00	Media a Alta*
Índice de Plasticidad, IP (%)		3.00 – 31.00	Baja a Alta**
Gravedad Específica, Gs		2.64 – 2.67	
Peso Unitario Húmedo (Ton/m^3)		1.86 – 2.36	
Peso Unitario Seco (Ton/m^3)		1.18 – 2.10	
Granulometría	G (%)	0.00 – 9.10	
	A (%)	0.00 – 38.60	
	F (%)	53.50 – 100.00	
Resistencia a la Compresión Simple, σ_c (Kg/cm^2)*		1.11 – 11.58	Muy blanda***
Cohesión, c (Kg/cm^2)		0.17 (CD, S2M4) – 0.92 (CD, S1M7)	
Ángulo de Fricción, ϕ (°)		19.10 (CD, S3M12) – 34.00 (CD, S2M4)	
Cohesión Residual, c_r (Kg/cm^2)		0.18 (CD, S2M4) - 0.81 (CD, S1M7)	
Angulo de Fricción Residual, ϕ_r (°)		16.50 (CD, S1M7) – 32.00 (CD, S2M4)	

* FUENTE: GÓMEZ N. JOSÉ (2008). ** FUENTE: SOWERS G. F. (1979), CITADO POR KULHAWY AND MAYNE (1990). *** FUENTE: ISRM (1981), CITADO POR GONZÁLEZ DE VALLEJO (2004)

5.2.2.1.2 Material 7: Areniscas de la Formación Cacho (Tpc-A1 y Tpc-A2)

Congrega areniscas lodosas, litoarenitas y areniscas de cemento arcilloso. Son friables y deleznables, de colores rojo, amarillo y crema con manchas rojizas y ocres; granosoportadas y están constituidas por feldespatos (50%), cuarzo (20%) y líticos (30%). El tamaño del grano oscila entre medio y fino, la selección es buena (lo que a su vez significa mal gradadas), la humedad recorre las bandas de baja y media, el grado de litificación es alto, y la resistencia trasiega los dominios de muy blanda y blanda (ISRM, 1981, citado por González Vallejo, 2004), aunque se acentúa en blanda. Son los materiales dominantes en Santa Rosa, al punto de recrear los dos accidentes orográficos más importantes, uno de ellos (el más alto) bautizado popularmente como "El Mirador" (observe la Sección 2-2 en el *Plano 4A*), y de forjar, junto con los rellenos (entre otros factores, y sin dejar de lado la tectónica), el orbe morfológico y, de manera alguna, el

morfodinámico, pues en sensu stricto son uno de los factores condicionantes para la gestación de los procesos de inestabilidad (véanse los *Planos 4* y *5*). El resumen de sus características geomecánicas básicas se acopia en la *Tabla 5.16*.

TABLA 5.16 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MATERIAL 7: TPC-A

PROPIEDAD		VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)		SC	
Contenido de Humedad, w (%)		1.80 – 23.35	Baja a Media**
Límite Líquido, LL (%)*		48.00*	Media**
Índice de Plasticidad IP (%)*		22.00*	Media**
Gravedad Específica, Gs		2.69	
Peso Unitario Húmedo (Ton/m^3)		1.74 – 2.29	
Peso Unitario Seco (Ton/m^3)		1.49 – 1.94	
Granulometría	G (%)	0 – 8.10	
	A (%)	0 – 51.50	
	F (%)	40.40 – 100.00	
Resistencia a la Compresión Simple, σ_c (Kg/cm^2)*		1.31 –174.13	Muy Blanda a Media
Cohesión, c (Kg/cm^2)		0.08 (CD, AP5M2; CD, TR1M1) - 0.27 (CD, S4M9)	
Ángulo de Fricción, ϕ (°)		33.40 (CD, TR1M1) – 42.40 (CD, AP5M2)	

* RESPONDE A LAS PROPIEDADES DE LA FRACCIÓN FINA. ** FUENTE: SOWERS G. F. (1979), CITADO POR KULHAWY AND MAYNE (1990). *** FUENTE: ISRM (1981), CITADO POR GONZÁLEZ DE VALLEJO (2004).

5.2.2.1.3 Material 8: Formación Guaduas (Ktg)

Involucra arcillolitas y limolitas intercaladas con niveles de arenisca. De ninguna manera aflora en Santa Rosa; y aunque está cubierta casi en su totalidad por los llenos antrópicos y por las edificaciones se cree, apoyado en la fotointerpretación y en la correlación topográfica y morfológica, que las unidades rocosas dominantes son las arcillolitas, y que sus colores son grises o morados si se trata de las arcillolitas y las limolitas, o amarillas con pátinas rojizas y ocres si se refiere a las areniscas. Su humedad es baja y su resistencia en el mejor caso llaga a blanda (ISRM, 1981, citado por González Vallejo, 2004). El peso unitario recorre el dominio [2.20 T/m^3 - 2.30 T/m^3], y los coeficientes de resistencia operan en los intervalos [2.10 T/m^2 – 9.40 T/m^2] para la cohesión y [19° - 24°] para la fricción (valores abstraídos de fuentes secundarias, vg. UTGU, 2007b, GIA C. L., 2006).

Debido a su posición estructural, gobernada por buzamientos superiores a los cuarenta grados; al contexto morfoestructural, representado por laderas con inclinaciones de hasta 20° (próximas al ángulo de fricción básico) y a las escasas exposiciones de los macizos rocosos (véase el *Plano 4*), ni coadyuvan, ni son gestoras de los procesos morfodinámicos (*Plano 4A*).

5.2.2.2 DISCONTINUIDADES

Descripción Geométrica y Física

Las discontinuidades son descritas a partir de la información obtenida en los afloramientos, y de las columnas estratigráficas (ligadas aquí parcialmente a las estaciones de levantamiento estructural), para dar cumplimiento a este objetivo se tomó como base los procedimientos sugeridos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, ISRM (1981). Las mediciones en campo alcanzan los 435 datos estructurales (orientación y buzamiento de estratificación y diaclasas) con una cobertura de treinta y seis (36) estaciones, distribuidas dentro y fuera de los linderos de Santa Rosa. El inventario de los datos obtenidos y las características de las discontinuidades asociadas con ellos, están compilados en el *Anexo D.2*.

La totalidad de las mediciones fue interpretada mediante sus polos y sus vectores directores, con la red de proyección Equiangular y una hoja de cálculo, según la ubicación de las estaciones, la geología, la tendencia de la información y el tipo de dato. El procesamiento de los datos estructurales se llevó a cabo gracias a la aplicación de los métodos de círculo flotante y vectorial (véase la *Figura 5.8*). De allí fue posible precisar la tendencia general de las familias de discontinuidad y concluir que las laderas vertientes pertenecen a una única región estructural o subdominio, con excepción hecha de las zonas de falla (la ZFOc-E-W y la ZFC-NE, tal y como se diagrama en el *Plano 4*), constituida por nueve familias de discontinuidades, incluida la estratificación, y representadas por sus promedios así: E_1:311/51, D_2:122/48, D_3:100/46, D_4:046/72, D_5:50/89, D_6:29/89, D_7:208/89, D_8:231/89, D_9:288/47. La representación estereográfica de las familias obtenidas se delinea en la *Figura 5.9*.

Los insignificativos cambios de polaridad en la estratificación, expresados en densidades máximas cercanas al 60%, parecen dejar al descubierto la ausencia de pliegues, fallas o sistemáticas de fallas locales, hipótesis de ninguna manera demostrable pero latente. Empero, los fuertes ángulos de buzamiento del plano de estratificación (superiores a los 40°), la amplia dispersión de los registros de diaclasas (véase la *Figura 5.8*), irradiados en los casi 360°, sus bajos porcentajes de concentración (o densidad) y la zonas de falla presentes no sólo contradicen la anterior aseveración, sino que resaltan la influencia del marco tectónico, posiblemente de la Falla de Bogotá, única estructura de orden regional (cercana) con capacidad de gestar tales singularidades.

Las familias de diaclasas exhiben espaciamientos (S) entre bastante próximas a separadas; persistencia (P) discontinua a poco continua, y eventualmente continuidad media, abertura de cerrada a ligeramente abierta; relleno arenoso. La rugosidad de las paredes en términos descriptivos puede clasificarse, de acuerdo con la ISRM (1981), como tipo VII y VIII, es decir, plana-rugosa a plana-suave, con valores del JRC entre 4 y 6, si se trata de la estratificación, y ondulado rugoso (con JRCs entre 8 y 12) en lo que atañe a las diaclasas. Operan húmedas y esporádicamente secas (expresión posiblemente ligada a la condición climática en la que se adelantó la investigación: invierno del fenómeno de la niña). El *Anexo D.2* contiene las características de las familias de discontinuidades abstraídas en campo.

Características Geomecánicas

Al considerar que las características físicas son similares en todas las discontinuidades, es conveniente (y de manera alguna apropiada) tomar todos los ensayos de corte realizados para las muestras de roca (algunos de ellos adelantados en muestras precortadas y otros a lo largo de la superficie preferencial de movilización: la estratificación). En este sentido, el resumen de las propiedades geomecánicas se integra en la *Tabla 5.17*.

FIGURA 5.8 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES

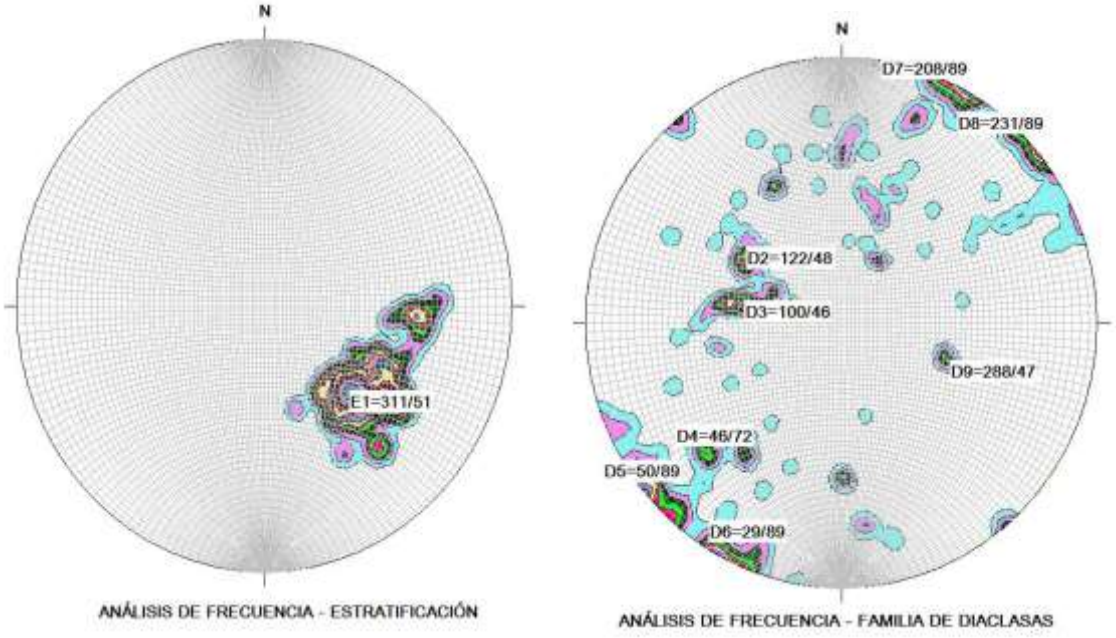


FIGURA 5.9 RESUMEN DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES

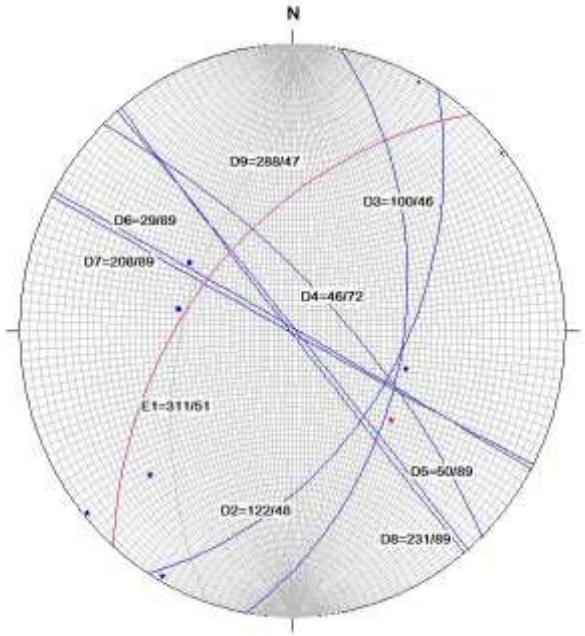


TABLA 5.17 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO

MATERIAL	INTERCEPTO DE COHESIÓN c (KG/cm²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN ϕ (°)
Tpc-L	0.18 – 0.39	17.80 – 34.00
Tpc-A	0.080 – 0.12	33.7 – 42.4

5.2.2.3 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Una vez caracterizados el material rocoso y las discontinuidades, se procedió a la clasificación del macizo rocoso. El cumplimiento de esta tarea se llevo a cabo con base en el Geological Stregth Index, GSI (Hoek, 1976). Sin embargo dada la directa correlación entre el Rock Mass Rating, RMR (Bieniawski, 1976) y el GSI, se planteó el primero como sistema de calibración. Los índices de compresión inconfinada y del espaciamiento son recapitulados de los ensayos de laboratorio y de la caracterización geométrica de las discontinuidades, el primero compilado en la *Tabla 5.9*, en la *Tabla 5.10* y en la *Tabla 5.11*, y el segundo ilustrado en el *Anexo D.2*. El RQD se estima bien de los registros de perforación (con valores entre el 14% y el 83%) de los afloramientos con base en correlaciones empíricas como la de Palmstrom (1975, citado por González de Vallejo L.I, 2004 y Salcedo A. D, 1996) y de González de Vallejo L.I (2004) y que versan, respectivamente, así:

$$RQD = 115 - 3.3Jv \quad \text{para } Jv > 4.5 \quad \text{Ec. 4.6}$$
$$RQD = 100 \quad \text{para } Jv \leq 4.5 \quad \text{Ec. 4.7}$$

en la que Jv: es el índice de control volumétrico (No. De diaclasas/metro)

ó

$$RQD \approx 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda+1) \quad \text{Ec. 4.8}$$

en la que λ: Inverso del espaciamiento medio de diaclasas.

En la *Tabla 5.18*, se compilan los extremos de la calificación y clasificación del macizo para ambos sistemas y en la su distribución espacial y la zonificación del macizo rocoso. Así del ejercicio se desprende que el macizo posee índices de resistencia y RMRs en el dominio [25–60], lo que permite clasificarlo de pobre a regular.

5.2.2.4 PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL MACIZO ROCOSO

Con base en la clasificación del macizo y las propiedades del material rocoso y de las discontinuidades, se establecieron las propiedades mecánicas del macizo con ayuda de la formulación propuesta por Hoek (1996). El método trata la masa como un material isotrópico, homogéneo y elástico (Salcedo, 1996) y utiliza como variables de entrada, el GSI, referido en el numeral 5.2.2.3, la resistencia a la compresión inconfinada (13.90 Kg/cm² $\leq \sigma_c \leq$ 174.10 Kg/cm²), y una constante mi, que simboliza al material rocoso y es función de sus propiedades, equivalente a 9 para las arcillolitas (o lodolitas), 11 para las intercalaciones de areniscas y arcillolitas, y 19 para las areniscas.

TABLA 5.18 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Región estructural / Criterio de evaluación		Dominio I		Dominio I	
σ'_c (Kg/cm^2)	Valor	13,9	174,1	21,4	21,4
	Calificación/15	0	2	0	0
RQD (%)	Valor	14	48	41	83
	Calificación/20	3	8	8	17
S (m)	Valor	0,1	3	0,1	3
	Calificación/30	10	30	10	30
Estado de las Discontinuidades	Descripción	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil
	Calificación/25	12	12	12	12
Agua	Descripción	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
	Calificación/10	0	0	0	0
RMR	**Calificación/100**	**25**	**52**	**30**	**59**
	Descripción	**Macizo pobre**	**Macizo regular**	**Macizo pobre**	**Macizo regular**
GSI		**45**	**60**	**40**	**55**

A manera de ejemplo se presenta la deducción de los parámetros de resistencia en la *Tabla 5.19* y en la *Tabla 5.20*. No obstante, los parámetros geomecánicos así obtenidos son significativamente superiores a los del universo muestral esperado. Ahora bien como el ambiente geomorfológico por excelencia es el de la ladera estructural, resulta, entonces, más lógico asumir que la respuesta mecánica del macizo está gobernada por la de las discontinuidades, particularmente la estratificación, y adoptar sus parámetros de resistencia. De esta manera, con miras a los análisis de estabilidad, los parámetros a emplear son los consignados para los ambientes citados en el numeral 5.2.2.2.

5.3 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Previo a los análisis de estabilidad y con el fin de facilitar la labor de asignación de la probabilidad de falla, y la construcción del mapa de amenaza, se establecen zonas de comportamiento geotécnico similar tanto en la conformación como en la dinámica de las laderas. Contexto que se alcanza una vez se sintetiza la información geológica, geomorfológica, y geotécnica, a través del empleo de técnicas heurísticas de cruce cualitativo de planos; en otras palabras una vez se convolucionan la forma, la génesis, la litología, la pendiente, las microcuencas, la condición estructural y el estado del macizo rocoso (gracias al empleo del GSI como bastión, variable trascrita en la *Tabla 5.21*). Parámetros seleccionados y demarcados como los criterios de zonificación.

TABLA 5.19 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

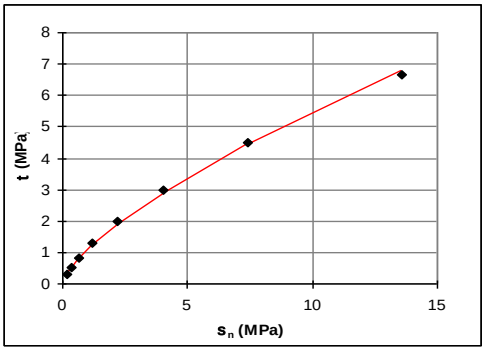
ENVOLVENTE DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

Datos:

GSI = 25 **σ_{ci} (MPa) =** 17,4 **mi=** 19 **Material:** Areniscas

Resultados

m_b/m_i =	0,07
m_b =	1,305
s =	0,00000
a =	0,53
σ_t =	0,000
A =	1,1
B =	0,69
E =	989



Ángulo de fricción y cohesión para diferentes esfuerzos normales :

σ_n =	0,2	MPa
τ =	0,36	MPa
ϕ =	51,5	Grados
c =	0,11	MPa
σ_n =	0,5	MPa
τ =	0,68	MPa
ϕ =	43,6	Grados
c =	0,21	MPa

σ_3	σ_1	$\delta\sigma_1 / \delta\sigma_3$	σ_n	$\sigma_n + \sigma_t$	τ	X	Y	XY	X^2	$\tau_{calculado}$
0,07	1,16	9,41	0,17	0,17	0,32	-0,76	-0,49	0,38	0,58	0,33
0,14	1,70	7,05	0,33	0,33	0,52	-0,48	-0,29	0,14	0,23	0,51
0,27	2,53	5,35	0,63	0,63	0,82	-0,20	-0,09	0,02	0,04	0,80
0,54	3,79	4,13	1,18	1,18	1,28	0,07	0,11	0,01	0,00	1,24
1,09	5,75	3,25	2,18	2,18	1,98	0,34	0,30	0,10	0,12	1,91
2,18	8,89	2,62	4,03	4,03	3,00	0,61	0,48	0,29	0,37	2,92
4,35	14,01	2,17	7,40	7,40	4,49	0,87	0,65	0,57	0,76	4,45
8,70	22,60	1,84	13,60	13,60	6,64	1,13	0,82	0,93	1,28	6,79
					Σ=	1,57	1,49	2,43	3,38	

Adaptado de Hoek, 1994

Las cuatro primeras variables están inmersas en las zonas geomorfológicas, diagramadas en el *Plano 5*, que condensan unidades de ladera con morfología, morfogenética, materiales y morfometría similares. La quinta variable, las microcuencas, discrimina y simplifica las direcciones de movilización. La sexta variable (la condición estructural) posee poca incidencia, en parte porque solo hay un subdominio y en parte porque el comportamiento geométrico y mecánico de las familias de discontinuidades es homogéneo y los mecanismos de deslizamiento distan de estar gobernados o condicionados por ellas. Por ultimo, el estado del macizo (simbolizado por el GSI) y su relación directa con el grado de fracturamiento y fallamiento (de ninguna manera comprobado pero latente), es en los ambientes rocosos uno de los discriminantes más relevantes; su calificación, parcialmente visual, delinea de manera alguna junto con las expresiones topográficas, el grado de susceptibilidad ante los fenómenos de remoción en masa. Bajo este marco, las unidades geomorfológicas sufren fraccionamientos o unificaciones de acuerdo con su respuesta geotécnica (incluida la dirección potencial de movilización), con su posición espacial, o con el material constitutivo de la cubierta superficial

(condicionamiento de especial importancia para los escenarios configurados en los rellenos antrópicos: Qarm, y en el suelo residual: QTpc-sr-L o QTpc-sr-A). La codificación de las zonas conserva la nomenclatura de la unidad geomorfológica original, y se le añade a cada subdivisión un identificador alfanumérico, compuesto por un número arábigo ascendente (menor o igual a 3), que reseña la microcuenca a la que pertenece, es decir que idealiza su ubicación geográfica. Así la unidad "Ladera Estructural Intervenida en Areniscas": LEI-LA se discretiza en la LEI-LA-1 y en la LEI-LA-2, en la que cada una congrega unidades con secuencia estratigráfica (principalmente ordenada en los niveles de arenisca: el Tpc-A1 y el Tpc-A2), expresión morfológica, calidad del macizo rocoso, pendientes y mecanismos de falla similares, pero que operan separadas espacialmente.

TABLA 5.20 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO (CONTINUACIÓN)

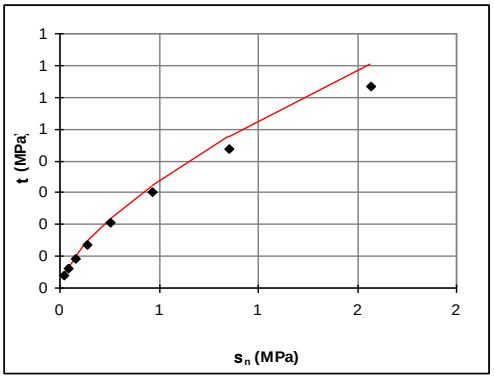
ENVOLVENTE DE RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

Datos:

GSI = 30 **σ_{ci} (MPa) =** 2,14 **mi=** 9 **Material:** Areniscas y Lodolitas

Resultados

m_b/m_i =	0,08
m_b =	0,739
s =	0,00042
a =	0,50
σ_t =	-0,001
A =	0,5
B =	0,65
E =	463



Ángulo de fricción y cohesión para diferentes esfuerzos normales :

σ_n =	0,2	MPa
τ =	0,18	MPa
ϕ =	31,0	Grados
c =	0,06	MPa
σ_n =	0,5	MPa
τ =	0,33	MPa
ϕ =	23,6	Grados
c =	0,12	MPa

σ_3	σ_1	$\delta\sigma_1/\delta\sigma_3$	σ_n	$\sigma_n + \sigma_t$	τ	X	Y	XY	X^2	$\tau_{calculado}$
0,01	0,13	7,43	0,02	0,02	0,04	-1,66	-1,40	2,33	2,76	0,05
0,02	0,19	5,69	0,04	0,04	0,06	-1,39	-1,22	1,70	1,93	0,07
0,03	0,27	4,38	0,08	0,08	0,09	-1,12	-1,04	1,17	1,26	0,10
0,07	0,39	3,41	0,14	0,14	0,14	-0,85	-0,86	0,74	0,73	0,15
0,13	0,60	2,71	0,26	0,26	0,20	-0,59	-0,69	0,41	0,35	0,22
0,27	0,92	2,21	0,47	0,47	0,30	-0,33	-0,52	0,17	0,11	0,32
0,54	1,46	1,86	0,86	0,86	0,44	-0,07	-0,36	0,02	0,00	0,48
1,07	2,37	1,61	1,57	1,57	0,63	0,20	-0,20	-0,04	0,04	0,71
						Σ=	-5,82	-6,29	6,49	7,18

Adaptado de Hoek, 1994

Mención particular merecen las unidades: "Ladera Estructural Intervenida, Explanación en Rellenos Antrópicos para el Desarrollo Urbanístico" LEI-eradu, y "Ladera Estructural Intervenida, Explanación en

Suelos Residuales para el Desarrollo Urbanístico", LEI-esrdu, que se subdividieron, respectivamente, en LEI-eradu-1, LEI-eradu -2 y LEI-eradu -3, LEI-esrdu-1 y LEI-esrdu-2, acorde con el material subyacente y la vertiente en la que yacen; los cuerpos potenciales de deslizamiento se forjan y desarrollan exclusivamente en la cubierta de suelo (i.e. en el relleno antrópico o en el suelo residual), indiferentemente del material subyacente, y el estado del macizo carece de repercusión en la gestación de las masas inestables. Son los ambientes, desde la óptica morfodinámica, críticos.

La conjunción de los elementos anteriores da como resultado la división de las vertientes en veinticuatro (24) zonas homogéneas (diseminadas a lo largo y ancho del barrio, pero que al repetirse indiferenciadamente en el espacio dan lugar a cien particiones), que son estudiadas por lo menos con una sección de análisis, sí y sólo sí exista la posibilidad de gestación de procesos de inestabilidad. En este contexto las subunidades LEI-eradu-1, en el marco de las manzanas 75, 76, 80 y 81, LEI-eradu-3, en el seno de las manzanas 92, 94 y 93, Lei-Lst-1, y LEI-Lsr-A-1, en el corredor del bloque 75 (véase el *Plano 5*), por sus bondades geométricas, traducidas en laderas con buzamientos inferiores a los quince grados, talladas en cubiertas de rellenos antrópicos, suelos residual son abstraídas. La sinopsis del trabajo de zonificación se encuentra en la *Tabla 5.21* y en el *Plano 7*; los dos contienen para cada zona homogénea, la unidad y origen geomorfológico, la secuencia litológica, el patrón estructural, el GSI y el o los mecanismos de falla.

REFERENCIAS

- BIENIAWSKI, Z. T. (1976). ROCK MASS CLASSIFICATION IN ROCK ENGINEERING. IN EXPLORATION FOR ROCK ENGINEERING. CAPE TOWN.
- CODUTO DONALD P. (2001). "FOUNDATION DESIGN, PRINCIPLES AND PRACTICES". SECOND EDITION. PRENTICE HALL, NEW JERSEY.
- CORNFORTH D H (2005). "LANDSLIDE IN PRACTICE – INVESTIGATION, ANALYSIS, AND REMEDIAL/PREVENTATIVE OPTION IN SOIL". JOHN WILEY AND SONS.
- DAS BRAJA M. (2004). "PRINCIPLES OF FOUNDATION ENGINEERING". 5E. CALIFORNIA. THOMSON LEARNING INC.
- DUNCAN J. M. AND WRIGHT S. G. (2005). "SOIL STRENGTH AND SLOPE STABILITY". WILEY AND SONS INC. NEW JERSEY.
- GIA CONSULTORES LTDA (2006). "ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA DEL PREDIO EL CLAVEL, POR REUBICACIÓN DEL COLEGIO MOCHUELO BAJO DE LA LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C.". SECRETARÍA DISTRITAL DE EDUCACIÓN. BOGOTÁ D.C.
- GÓMEZ S., JOSÉ (2008). "NOTAS DE CLASE – GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS". PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. FACULTAD DE INGENIERÍA. BOGOTÁ D.C.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO LUIS, EL AL (2004). "INGENIERÍA GEOLÓGICA". MADRID. PEARSON PRENTICE HALL, 2004.
- HOEK, EVERT (1995). "SUPPORT OF UNDERGROUND EXCAVATION IN HARD ROCK". JANUARY, 1995. AA. BALKEMA PUBLISHER.
- ISRM. (1981). "ROCK CARACTHERIZATION. TESTING AND MONITORING". ISRM SUGGESTED METHODS. BROWN, E. T. ED. COMMISION ON TESTING AND MONITORING. INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS. PERGAMON PRESS.
- LEE M. E, AND JONES D. K C. (2004). "LANDSLIDE RISK ASSESMENT". THOMAS TELFORD.
- KULHAWY, F. H. AND MAYNE, P.W. (1990). "MANUAL ON ESTIMATING SOIL PROPERTIES FOR FOUNDATION DESIGN". FINAL REPORT. RESEARCH PROJECT 1493-6. CORNELL UNIVERSITY. ELECTRIC POWER RESEARCH INSITITUTE. ITHACA, NEW YORK. PP. 1-1 TO 2-39.
- SALCEDO A., DANIEL (1996). "MACIZOS ROCOSOS: CARACTERIZACIÓN, RESISTENCIA AL CORTE Y MECANISMOS DE ROTURA". PRIMER SEMINARIO DE MOVIMIENTOS DE MASAS. SOCIEDAD VENEZOLANA DE GEOTECNIA. MARACAIBO, VENEZUELA.

TABLA 5.21 ZONAS HOMOGÉNEAS

SÍMBOLO DE LA ZONA HOMOGÉNEA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	MORFOLOGÍA	ORIGEN	SECUENCIA LITOLÓGICA	DISCONTINUIDADES*	REGIÓN ESTRUCTURAL	GSI	MECANISMO DE FALLA
CEI-LL-1	CEI-LL	Escarpado a muy escarpado (36º - 65º)	Estructural Antrópico	QTpc-Sr-L Tpc-A1 Tpc-L Tpc-L1 Ktgs	E1= 311/51 D2=122/48 D3=100/46 D4=46/72 D5=50/89 D6=29/89 D7=208/89 D8=231/89 D9=288/47	I	35 - 60	Falla Planar y Falla en Cuña
CEI-LA-1	CEI-LA	Escarpado a muy escarpado (36º - 65º)	Estructural Antrópico	Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L1				Caida de Rocas
CEI-LsrL-1	CEI-LsrL	Escarpado (23º - 25º)	Estructural Antrópico	Qarm Tpc-A1 Tpc-L1 Ktgs				Deslizamientos Traslaciones y Rotacionales, y Deslaves
CEI-LsrL-3								
CEI-esrdu-1	CEI-esrdu	Moderadamente escarpado a escarpado (16º - 36º)	Estructural Antrópico	Qarm QTpc-Sr-L Tpc-A1 Tpc-L Ktgs				
CEI-esrdu-3								
CEI-eradu-1	CEI-eradu	Moderadamente escarpado a escarpado (14º - 46º)	Estructural Antrópico	Qarm Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L1 Ktgs				
CEI-eradu-3								
CEI-trat-1	CEI-trat	Escarpado (34º - 54º)	Estructural Denudacional	Qco Tpc-A1				Caida de Rocas y Fallas en Cuña
LEI-LA-1	LEI-LA	Escarpado (24º - 49º)	Estructural Antrópico	Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L Tpc-L1				Falla Planar y Falla en Cuña
LEI-LA-2								
LEI-LsrA-1	LEI-LsrA	Moderadamente escarpado a muy escarpado (18º - 48º)	Estructural Antrópico	Qarm QTpc-Sr-A Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L Tpc-L1				Deslizamientos Traslaciones y Rotacionales, y Desplomes
LEI-LsrA-2								
LEI-LsrL-1	LEI-LsrL	Escarpado (23º - 25º)	Estructural Antrópico	Qarm Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L Tpc-L1				
LEI - eAdu-1	LEI - eAdu	Moderadamente escarpado a escarpado (14º - 34º)	Estructural Antrópico	Qarm Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L Tpc-L1				
LEI - eAdu-2								
LEI - esrdu-1	LEI -esrdu	Moderadamente escarpado a escarpado (16º - 36º)	Estructural Antrópico	QTpc-Sr-A Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L				Deslizamientos Traslacionales y Rotacionales
LEI - esrdu-2								
ebfdu-1	ebfdu	Moderadamente escarpado a muy escarpado (17º - 59º)	Estructural Antrópico	Tpc-Bf-A2		Zona de Falla	**25 - 45**	Caida de Rocas y Falla en Cuña
LEI - eradu-1	LEI - eradu	Moderadamente escarpado a escarpado (14º - 46º)	Estructural Antrópico	Qarm Qarb QTpc-Sr-A Tpc-A1 Tpc-A2 Tpc-L Tpc-L1 Ktgs		I	**35 - 60**	Deslizamientos Traslacionales y Rotacionales, Deslaves y Desplomes
LEI - eradu-2								
LEI - eradu-3								
LEI - trat-1	LEI - trat	Escarpado (34º - 54º)	Estructural Denudacional	Qco Tpc-L1 Tpc-L Tpc-A1 Tpc-A2				Deslizamiento Traslacional y Deslaves
LEI - trat-2								

* Planos reportados en Azimut de Buzamiento / Buzamiento

CAPÍTULO 6

HIDROCLIMATOLOGÍA, COBERTURA Y USOS DEL SUELO

CAPÍTULO 6

HIDROCLIMATOLOGÍA, COBERTURA Y USOS DEL SUELO

El agua es el factor más comúnmente asociado con la movilización de los taludes y de las laderas, debido a que la mayor parte de los deslizamientos ocurre después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos, como consecuencia del aumento en las presiones de poros, o como reducción de la succión. El agua produce también alteración y cambios en la estructura de los materiales, erosión y pérdida de la cobertura vegetal, efectos precedentes o subsecuentes a los deslizamientos que subrayan la importancia de: a) conocer el régimen temporal y espacial de la precipitación, su influencia como agente detonante o contribuyente de los fenómenos de remoción en masa, y b) dilucidar la participación de la cobertura vegetal y del uso del suelo como condicionantes en las expresiones morfodinámicas.

6.1 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA Y CLIMATOLÓGICA

6.1.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

6.1.1.1 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A fe de conocer el patrón de respuesta de la precipitación en la porción de la vertiente y de aportar elementos de juicio a la investigación de relación predictiva lluvia-deslizamiento, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Consulta de la plancha topográfica M-11 del IGAC (1981).
- Consulta en el IDEAM de la información hidrológica y climatológica de la microcuenca. Información recolectada en la estación Vivero Venado de Oro, cuyas características se relacionan a continuación:

ESTACIÓN	COORDENADAS		CATEGORÍA	ELEVACIÓN	CÓDIGO
	ESTE	NORTE			
VIVERO VENADO DE ORO	103430.8	98262.4	CO	2725	2120558

En el instituto Geográfico se obtuvo la plancha M-11 a escala 1:2000, que cubre las laderas vertientes receptoras del barrio; sobre la plancha se delimitaron las microcuencas, de las corrientes principales. La información cartográfica se complementó con visitas de campo y con el levantamiento topográfico.

6.1.2 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

6.1.2.1 PRECIPITACIÓN

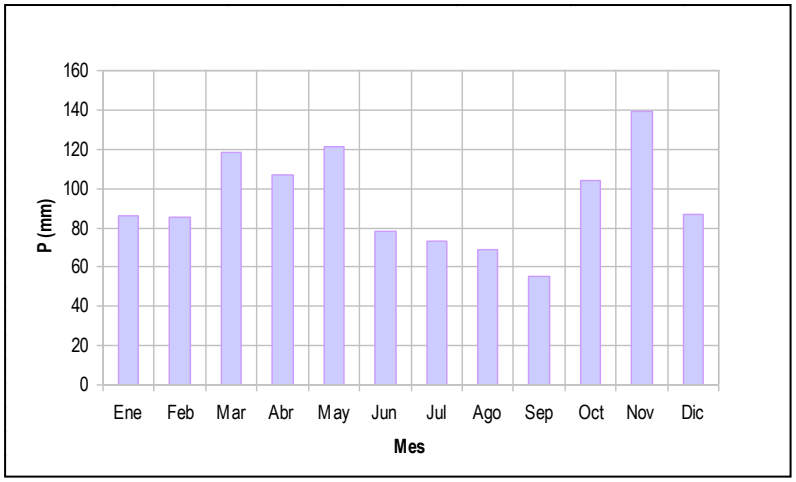
El área de estudio exhibe una precipitación media anual de 1122.4 mm, distribuida temporalmente a nivel mensual como lo indica la *Tabla 6.1* y la *Figura 6.1*.

TABLA 6.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
P(MM)	85.8	85.2	118.3	106.9	120.9	78.1	73.3	68.7	55.5	104.2	139.1	86.6

La precipitación media mensual es de carácter bimodal, es decir, que en un año, se presentan dos períodos húmedos y dos períodos secos o de verano. El primero, que ocurre entre los meses de Marzo a Mayo y Octubre a Noviembre, la precipitación media máxima alcanza 120.9 mm en el mes de Mayo y 139.1 mm en el mes de Noviembre. El segundo, sucede de Diciembre a Febrero y de Junio a Septiembre, siendo éste último el mes más seco (55.5 mm), mientras que en el primer período seco el mes que con menor precipitación media mensual es Febrero con 85.2 mm.

FIGURA 6.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL



6.1.2.2 BRILLO SOLAR

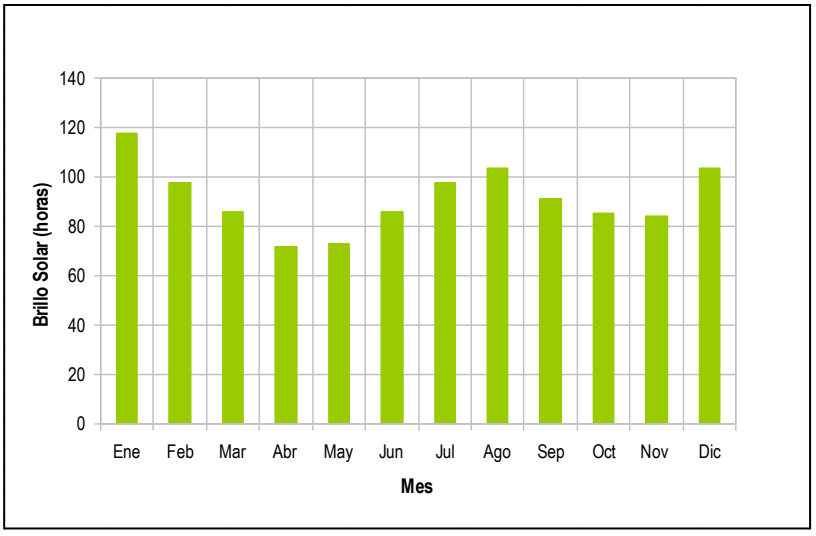
El brillo solar medio anual en el área de estudio es de 1098.3 horas, distribuido a nivel medio mensual como lo indica la *Tabla 6.2* y la *Figura 6.2.*

TABLA 6.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL BRILLO SOLAR MEDIO MENSUAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
B(HR)	117.5	97.9	85.9	72	73	86	97.8	103.8	91.4	85.4	84.2	103.6

La distribución temporal del Brillo Medio Mensual también es de carácter bimodal, pero inversa respecto a la de la precipitación media mensual; es decir también presenta dos períodos de mayor cantidad de horas de Brillo Solar y dos períodos de menor cantidad de Brillo Solar; sin embargo, los períodos de mayor Brillo Solar se presentan entre los meses de Diciembre a Febrero y de Junio a Septiembre, que coinciden con los períodos de menor precipitación media mensual. De otra parte, los períodos de menor Brillo Solar se presentan entre los meses de Marzo a Mayo y de Octubre a Noviembre, los cuales coinciden con los períodos de mayor precipitación media mensual.

FIGURA 6.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL BRILLO SOLAR MEDIO MENSUAL



El período de Diciembre a Febrero exhibe la mayor cantidad de horas de Brillo Solar, siendo Enero el mes más representativo con 117.5 horas. Enseguida, en el periodo Junio a Septiembre, agosto (con 103.8 horas) se posiciona como el mes con la mayor cantidad de horas de exposición del sol. Por otra parte entre los meses de Marzo a Mayo y Octubre a Noviembre la presencia del sol se reduce, siendo Abril y Noviembre los meses con los reportes más bajos, con valores promedio de 72 y 84.2 horas respectivamente.

6.1.2.3 HUMEDAD RELATIVA

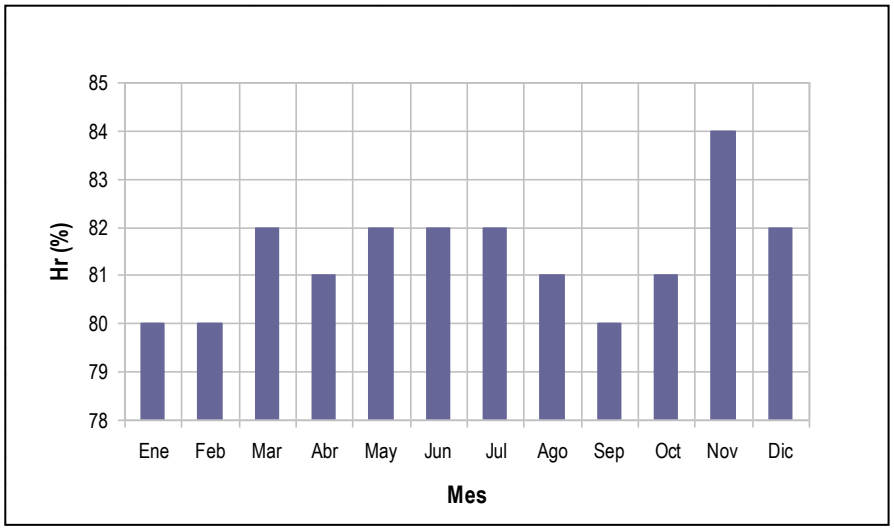
La humedad relativa media anual en Santa Rosa de Lima, es del 81%; sin embargo, los valores medios mensuales varían a lo largo del año, ya que están directamente relacionados con el comportamiento de la precipitación. La *Tabla 6.3* y la *Figura 6.3* exponen la variación temporal de éste parámetro.

TABLA 6.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
HR(%)	80	80	82	81	82	82	82	81	80	81	84	82

Los períodos de tiempo en que permanece la humedad relativa más baja, coincide con los períodos de tiempo en que ocurre la menor precipitación media mensual. Es así como entre Enero y Febrero la humedad relativa presenta los valores más bajos con el 80% y coincide con los dos últimos meses del primer período seco del año; de otra parte, en el mes de Septiembre también presenta el valor promedio de humedad relativa mensual del 80% y coincide con el final del segundo período seco del año.

FIGURA 6.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL



De otra parte, en los meses de Mayo y Noviembre, donde se presentan los picos de los dos períodos húmedos del año, se presentan humedades relativas altas de 82% y 84% respectivamente, siendo la mayor el valor del mes de Septiembre, durante el cual se presenta la mayor precipitación media mensual del año.

6.1.2.4 EVAPORACIÓN

La evaporación media anual en el área de estudio es de 741.9 mm y muestra una variación media mensual que está ligada a la variación del Brillo Solar. La *Tabla 6.4* y la *Figura 6.4* presenta la variación media mensual de la Evaporación.

Si bien en este caso la correlación esperada entre el Brillo Solar y la Evaporación parece no muy clara, si se observa que en el mes de Enero cuando se presenta la mayor cantidad de Brillo Solar, se presenta un alto valor de Evaporación con un valor de 66.7 mm y en el mes de Septiembre que corresponde al último mes del

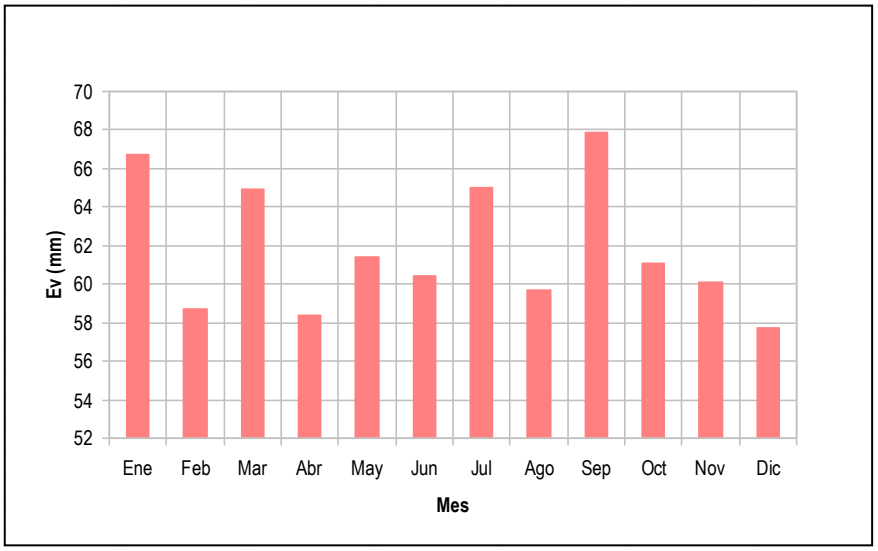
segundo período húmedo del año, se presenta el valor más alto de Evaporación media mensual con un valor de 67.9 mm.

TABLA 6.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
EV(MM)	66.7	58.7	64.9	58.4	61.4	60.4	65.0	59.7	67.9	61.1	60.1	57.7

De otra parte en el mes de Abril en cual se presenta el valor de Brillo Solar más bajo del año, se presenta un valor de Evaporación bajo con 58.4 mm; de otra parte en el mes de Noviembre que corresponde al último mes del segundo período de Brillo Solar bajo, se presenta un valor bajo de Evaporación con 60.1 mm.

FIGURA 6.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL



Se observan algunas inconsistencias en los valores de evaporación; por ejemplo en el mes de Diciembre cuando se presenta un alto valor de Brillo Solar (103.6 horas), se registra un valor bajo de Evaporación (57.7 mm). Así mismo en el mes de Febrero cuando el Brillo Solar es relativamente alto (97.9 horas), la evaporación registrada no sigue la misma tendencia con un valor de 58.7 mm. Finalmente en el mes de Agosto donde se registra un alto valor de Brillo Solar alto (103.8 horas), se registra una Evaporación bajo 59.7 mm.

6.1.2.5 BALANCE HÍDRICO

A pesar de las inconsistencias observadas, se procedió a la realización del balance hídrico, considerando los registros de precipitación y evaporación de la estación seleccionada. La *Tabla 6.5* presenta los resultados

obtenidos, donde se observa que en general la precipitación media mensual supera la evaporación media mensual, excepto durante el mes de Septiembre cuando se presenta deficiencia.

Lo anterior implica que en general si se plantea soluciones de estabilización que incluyan; por ejemplo, revegetalización de taludes, se puede esperar que no tengan problemas para su mantenimiento.

TABLA 6.5 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
P (MM)	85.8	85.2	118.3	106.9	120.9	78.1	73.3	68.7	55.5	104.2	139.1	86.6
EV (MM)	66.7	58.7	64.9	58.4	61.4	60.4	65.0	59.7	67.9	61.1	60.1	57.7
EXC (MM)	19.1	26.5	53.4	48.5	59.5	17.7	8.3	9.0		43.1	79.0	28.9
DEF (MM)									-12.4			

6.1.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

6.1.3.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Curvas de Intensidad – Duración – Periodo de Retorno

Con el propósito de contar con la información hidrológica básica que permita estimar caudales máximos en sitios de interés, se procedió al análisis de la precipitación máxima en 24 horas y con base en los estimativos de precipitación máxima para diferentes períodos de retorno, se desarrollaron las curvas de precipitación – duración – período de retorno e intensidad - duración – período de retorno. La metodología utilizada y las curvas obtenidas se presentan en lo que sigue.

Con base en los registros de precipitación máxima en 24 horas de la estación seleccionada, se conformó la serie anual de precipitación máxima que se presenta en la *Tabla 6.6*. El análisis estadístico de la serie anterior, se realizó ajustando los registros a una función de distribución de probabilidades Gumbel Tipo I, la ecuación adoptada se muestra a continuación:

$$P\max = 53.517 - \frac{16.8345}{0.9833}\left\{0.5035 + \ln\left(\ln\left(\frac{Tr}{Tr-1}\right)\right)\right\}$$

donde:

Pmax.- precipitación máxima en 24 horas en mm.
Tr.- período de retorno en años.

Con base en la función obtenida, se estimaron las precipitaciones máximas con diferentes periodos de retorno, y se obtuvieron los resultados que se presentan en la *Tabla 6.7*.

TABLA 6.6 SERIE ANUAL DE PRECIPITACIÓN MENSUAL EN 24 HORAS

ORDEN	PMAX (MM)
1	36.9
2	54.5
3	62.0
4	50.0
5	60.0
6	33.5
7	36.0
8	50.2
9	97.0
10	61.7
11	47.4
12	53.0

TABLA 6.7 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

TR (AÑOS)	PMAX (MM)
2.33	54.8
5	70.6
10	83.4
15	90.7
20	95.7
25	99.7
50	111.7
100	123.7

Con base en los estimativos de precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno, se construyeron las curvas de Precipitación – Duración – Período de Retorno. Con este fin, se partió de los resultados reportados por diversos investigadores como: B.M. Reich, D.M. Hershfield, L.L. Weiss y W.T. Wilson que han encontrado que las relaciones duración – lluvia obtenidas en Estados Unidos y otros países, pueden ser aplicadas en otras regiones del mundo, con localizaciones y climas muy variados. El Departamento Meteorológico de los Estados Unidos (U.S. Weather Bureau) y otros estudios realizados, han concluido que: "La lluvia de *t* minutos de duración tiene un cociente o relación estable con la lluvia de una hora y mismo período de retorno"; al respecto, F.C. Bell reporta las siguientes relaciones para duraciones cortas, indicando que tales cocientes son independientes del período de retorno:

DURACIÓN (MIN)	5	10	15	30	45	60	120
P (MM)	0.30	0.45	0.57	0.79	0.91	1.00	1.25

Por su parte, D.M. Hershfield y W.T. Wilson establecieron las siguientes relaciones entre la lluvia de 1 hora y la de 24 horas, cubriendo una amplia variedad de climas del mundo:

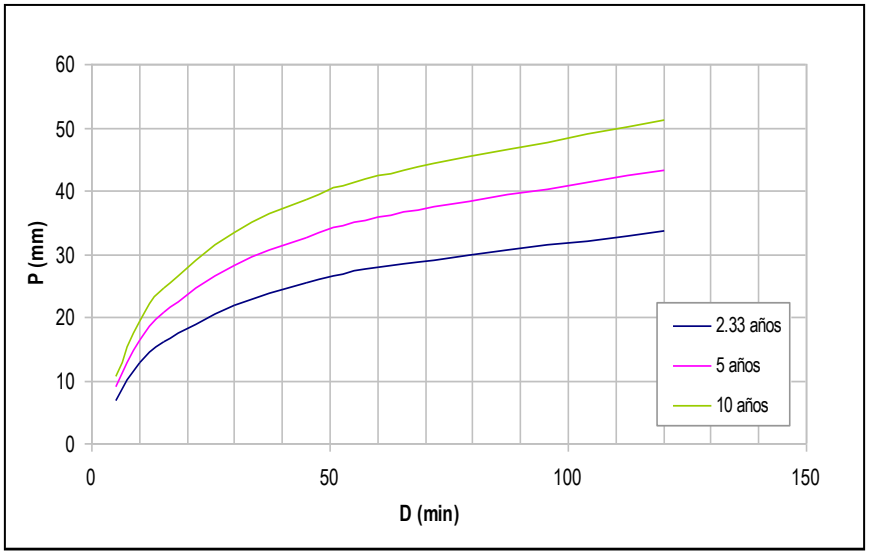
NO. MEDIO DE DIAS CON LLUVIA EN EL AÑO	1	8	16	24
RELACIÓN ENTRE LA LLUVIA DE 1 HORA Y 24 HORAS	0.20	0.30	0.40	0.50

Con el empleo de las relaciones anteriores, se construyen las curvas de Precipitación – Duración – Período de Retorno sintetizadas en la *Figura 6.5.*

TABLA 6.8 PRECIPITACIÓN – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO

TR (AÑOS)	DURACIÓN (MIN)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	6.9	12.8	16.2	22.0	25.4	27.8	33.6	54.5
5	8.9	16.4	20.8	28.3	32.7	35.8	43.3	70.2
10	10.6	19.4	24.6	33.5	38.7	42.3	51.2	83.0
15	11.5	21.1	26.7	36.4	42.0	46.0	55.7	90.2
20	12.1	22.3	28.2	38.4	44.4	48.6	58.8	95.3
25	12.6	23.2	29.4	40.0	46.2	50.6	61.2	99.1
50	14.1	26.0	32.9	44.8	51.8	56.7	68.6	111.1
100	15.6	28.8	36.5	49.6	57.3	62.8	75.9	123.0

FIGURA 6.5 CURVAS DE PRECIPITACIÓN – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO

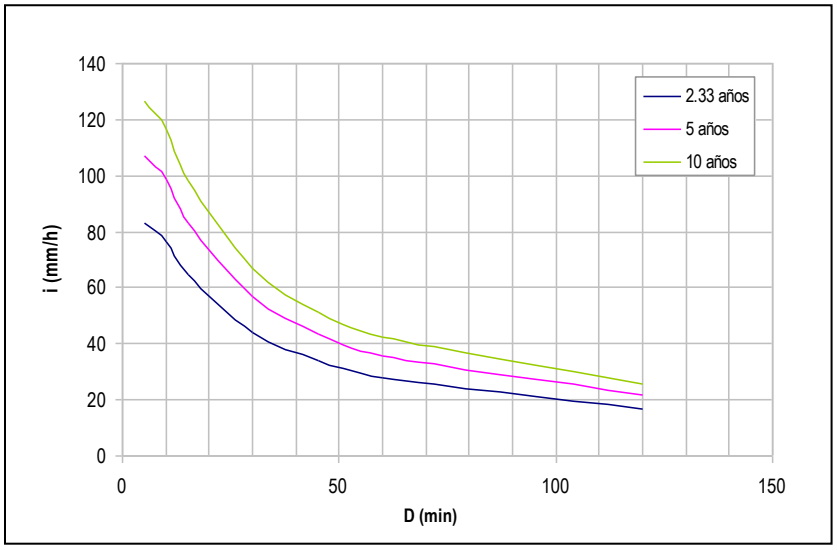


A partir de ellas se obtienen las curvas de Intensidad – Duración – Período de retorno, esbozadas en la *Figura 6.6*; las que se contrastan con las procesadas por El Acueducto para la zona 2 de Bogotá (acopiadas en el *Anexo F.2.)*. En éste último sentido, es claro que las diferencias entre los dos tratamientos no son sustanciales. Por lo tanto, se adoptan como derrotero para el predimensionamiento de las obras hidráulicas las curvas IDF del Acueducto.

TABLA 6.9 INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO

TR (AÑOS)	DURACIÓN (MIN)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	83.2	76.5	64.7	44.0	33.9	27.8	16.8	2.3
5	107.1	98.6	83.3	56.6	43.6	35.8	21.7	2.9
10	126.6	116.5	98.4	66.9	51.5	42.3	25.6	3.5
15	137.6	126.6	107.0	72.8	56.0	46.0	27.8	3.8
20	145.3	133.7	113.0	76.8	59.2	48.6	29.4	4.0
25	151.2	139.2	117.6	80.0	61.6	50.6	30.6	4.1
50	169.5	156.0	131.8	89.6	69.0	56.7	34.3	4.6
100	187.7	172.7	145.9	99.2	76.4	62.8	38.0	5.1

FIGURA 6.6 CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO



6.1.4 CONDICIONES ARTIFICIALES DEL DRENAJE

El área en estudio no cuenta con cuerpos drenantes naturales definidos, de lo que se desprende la predominante (y prácticamente absoluta) condición artificial del drenaje en Santa Rosa de Lima. Un entramado de tubería con diámetros que varían desde las 8" hasta las 24", con pendientes que divagan entre

el 0.53% y el 39.53%, y caudales entre los 0.138 m^3/s y los 0.508 m^3/s (DPAE, 2010), componen la red combinada de recolección de aguas servidas y aguas lluvias que sirve al barrio.

Los trazados principales yacen dispuestos a lo largo de las calles 1D y 2, de la transversal 5E y de la carrera 5E. El ducto que se ha instalado sobre la calle 1D (con entre 14" y 24" de diámetro) enmarca el cambio del curso de la quebrada Las Lajas que, en épocas pasadas, discurría por el lineamiento que describe la via. El *Plano 6* ilustra la distribución de la red.

6.1.5 RELACIÓN LLUVIA – DESLIZAMIENTO

Los fenómenos de remoción en masa están asociados con los periodos lluviosos; la precipitación es uno de los factores detonantes de los deslizamientos. La intensidad y la duración de la precipitación, pertinentes para disparar un movimiento, dependen de las condiciones iniciales de humedad y de la posición del nivel freático; estas variables guardan una estrecha relación con la precipitación precedente a que ha estado sometido el talud o la ladera.

El aumento de la humedad del suelo y la posición del nivel freático está influenciado por el factor antrópico. En el proceso de urbanización se elimina la cobertura vegetal y se propenden por el control, no siempre exitoso, del agua superficial y subterránea. Lo anterior repercute en que la erosión hídrica y la infiltración, dan lugar a la formación de frentes erosivos y fenómenos de remoción en masa en laderas intervenidas.

Uno de los procedimientos para encontrar la relación lluvia deslizamiento es: conocidas la frecuencia y las fechas de los eventos, se vinculan con la precipitación antecedente y se deducen las ecuaciones de regresión que describen, aproximadamente, la acción del agua en las superficies libres.

En este orden de ideas se por lo anterior se optó por utilizar las ecuaciones de regresión generales para Bogotá, obtenidas por González et al (1999), que vinculan la precipitación crítica con la precipitación media anual, y la duración de la lluvia acumulada en días con la precipitación critica, para obtener una relación preliminar de Lluvia – Deslizamiento.

Al aplicar el procedimiento referido en las estaciones seleccionadas se obtuvo:

- Estación Vitelma:
  Precipitación crítica = 163.5 mm,
  Duración = 8 días, y
  Periodo de retorno aproximado Tr =30 años

- Estación Vivero Venado de Oro:
  Precipitación crítica = 216.7 mm,
  Duración = 11 días, y
  Período de retorno aproximado Tr = 15 años

Los valores indican que la posibilidad de que ocurra un fenómeno de remoción en masa en la zona es latente si la precipitación acumulada es mayor o igual a 163.5 mm en 8 días. Respuesta que es similar en el tiempo y en el espacio en las dos estaciones.

6.2 COBERTURA Y USOS DEL SUELO

El levantamiento de la cobertura y uso del suelo puede definirse como el análisis y la clasificación de los diferentes componentes del medio en superficie y de los usos asociados que el hombre practica en un espacio determinado. La COBERTURA es un elemento integrante del paisaje y junto con la geoforma constituyen su expresión visible, y el USO es el empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, ya sea de forma cíclica o permanente, para satisfacer sus necesidades. Es evidente que las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

6.2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Existen diferentes sistemas de clasificación, preparados con el fin de estudiar coberturas locales con objetivos particulares. La mayoría de los sistemas toman como punto de partida las nueve (9) clases del sistema de clasificación de la Unión Geográfica Internacional, cuyo propósito fue unificar criterios sobre los diversos usos del suelo.

En el presente estudio se utiliza el sistema de clasificación de uso y cobertura del suelo CIAF y la metodología para la identificación de factores generadores de riesgos en zonas urbanas consolidadas de la DPAE, estos sistemas se basan en fijar criterios de jerarquización de clases correspondientes a categorías menores de manera que sean congruentes con las escalas de trabajo (IGAC, 1992). Estos métodos se fusionaron para complementarse entre sí, estableciendo una clara distinción entre los conceptos de uso y cobertura, y los clasifica en grupos diferentes de clases, puede ser ejecutado mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos de diversas fuentes y escalas. La clasificación involucra cuatro niveles de jerarquización que van de lo general a lo detallado así:

- Nivel 1: Exploratorio
- Nivel 2: Reconocimiento
- Nivel 3: Semi-detalle
- Nivel 4: Detalle

Para cada uno de los niveles aplica la clasificación expuesta en la *Tabla 6.10*.

Acorde con la escala de trabajo y con los requerimientos del estudio, el tratamiento de la cobertura y el uso es menester acometerlo desde el cuarto nivel exploratorio: de detalle.

6.2.2 CLASIFICACIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO

La cobertura de la tierra, entendida como los atributos de la superficie del terreno que interactúan entre sí para dar forma al paisaje, está integrada por cuatro componentes: Parches de vegetación corta, rellenos antrópicos mixtos y de basuras, vegetación herbácea, conformada por pastizales, y tierras eriales propias del suelo desnudo, de afloramientos rocosos y de procesos de inestabilidad, y obras humanas, estos últimos como elemento trascendente en la transformación del terreno. El uso es esencialmente urbano. Las calles son pavimentadas, adoquinadas y en afirmado, la mayoría con pendientes de hasta 53° grados. Las construcciones son unifamiliares, bifamiliares, multifamiliares y comerciales, las bifamiliares dominan en

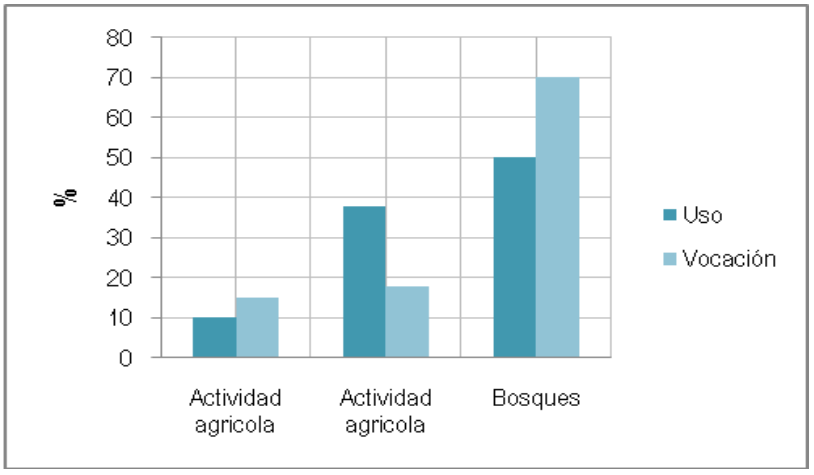
número, y las tiendas vecinales se destinan, desde hace más de cuarenta años, a la venta de productos alimenticios y de bebidas alcohólicas; el salón comunal, edificación de orden dotacional de equipamiento colectivo, funciona en dos pisos y comparte su recinto con el jardín infantil (el que opera en la primera planta); dan el matiz dominante a la mayor parte de la zona.

El uso que se le da a la cobertura vegetal como recurso es nulo: no existen cultivos de pan coger o plantas medicinales, en su mayoría es de protección y está a cargo de pastizales que crecen sin control alguno. Los rellenos de basuras son abundantes, en los vestigios de casas que son destinados como basureros, lo que genera abundancia de mosquitos y ratones, adicionalmente estos predios son focos de infecciones y malos olores que influyen negativamente en la salud de los habitantes. Los rellenos mixtos predominan en la base de las edificaciones que se ubican sobre la media ladera, cuya finalidad es la de terminar de conformar las terrazas de las viviendas. Y las tierras eriales describen los escarpes rocosos ubicados en zonas libres donde no se encuentran asentadas edificaciones.

Los Conflictos de uso de las tierras son el resultado de la diferencia entre el uso que el hombre hace del medio natural y aquel que debería tener. Esto es consecuencia de diversas causas, entre las que sobresalen la desigualdad en la distribución de las tierras, el predominio de intereses particulares sobre los intereses colectivos y el uso inadecuado y no racional del suelo. Los conflictos se presentan cuando las tierras son utilizadas inadecuadamente, ya sea por sobre o subutilización.

En Colombia se presentan conflictos de uso y vocación del suelo. El problema radica en que no hay correspondencia entre estos dos aspectos (usos actuales y potenciales) y por lo tanto existe un proceso creciente de degradación (Unal, 2008):

FIGURA 6.7 CONFLICTO DE USO DE TIERRAS EN COLOMBIA



El Plan de Ordenamiento Territorial (P.O.T) de Bogotá (Decreto 619 de 2000), fija los lineamientos generales del uso del suelo, que se muestran a continuación (Titulo II Componente Urbano, Subtitulo 1, Cap 1):

- Orientar los procesos de uso, ocupación y transformación del territorio Distrital, teniendo en cuenta las limitantes y potencialidades ambientales, con el objetivo de aprovechar en su totalidad los recursos

disponibles del territorio.

- Orientar espacial y cualitativamente el desarrollo de las redes y los equipamientos urbanos, bajo criterios ambientales, de modo que contribuyan a elevar la calidad de vida de la ciudad.

De acuerdo con lo anterior se puede concluir: que la mayor parte del barrio ha experimentado procesos de ocupación ilegales e inadecuados; la ubicación y construcción de las edificaciones genera problemas causados por la pendiente del terreno, la intervención de los habitantes al ejecutar cortes y rellenos y la presencia reiterada de aguas lluvias, de infiltración, sanitarias y la fuga de aguas blancas, contribuyen a la transformación del suelo en un elemento potencialmente peligroso en lo que concierne a su estabilidad.

La disposición de las redes, en especial las de aguas negras y las eléctricas; donde las primeras representan un problema constante para los habitantes, la presencia de tramos de tubería a la vista y el deterioro en su apariencia física así lo ratifican; las segundas representan un problema por la cercanía a las viviendas. Estos inconvenientes son recurrentes en algunas viviendas, generando malestar entre los habitantes, y disminuyendo la calidad de vida.

De la misma forma la trayectoria de las redes de gas es visible al interior de las edificaciones al estar ubicadas en el contorno de habitaciones, cocinas y otros espacios comunes, lo que facilita el daño y deterioro de las mismas.

TABLA 6.10 LEYENDA Y CLASIFICACIÓN DE USO Y COBERTURA DE LA TIERRA

1ER NIVEL EXPLORATORIO	2DO NIVEL EXPLORATORIO	3ER NIVEL EXPLORATORIO	4TO NIVEL EXPLORATORIO
I. CONSTRUCCIONES	A. URBANA	1.RESIDENCIAL	*UNIFAMILIARES,BIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES.
		2.COMERCIAL	*TIENDAS, RESTAURANTES, FERRETERÍAS, ALMACENES DE CONSTRUCCIÓN.
		3.PREDIOS DIAGNÓSTICO	*LUGARES DONDE SE HAN REGISTRADOS EMERGENCIAS DE DIFERENTES TIPOS, EMITIDOS POR LA DPAE.
		4.COMUNITARIA	*CENTRO DE CONVENCIONES, PORTAL INTERACTIVO, SALÓN COMUNAL.
		5.PREDIOS REASENTADOS	*PREDIOS QUE ESTÁN EN PROCESO DE REASENTAMIENTO NO MITIGABLE O YA HAN SIDO REASENTADO.
		6.DOTACIONAL	*DOTACIONES DEPORTIVAS, JARDINES INFANTILES, ESTABLECIMIENTOS DE SALUD.
		7.VIAS VEHICULARES	*VÍAS PAVIMENTADAS POR DONDE TRANSITAN VEHÍCULOS.
		8. VÍAS PEATONALES	*VÍAS ADOQUINADAS, VÍAS EN AFIRMADO Y ESCALERAS CON ALTA PENDIENTE.
II. VEGETACIÓN HERBÁCEA	A. PASTIZALES NATURALES	1. HERBÁCEOS	*PASTIZALES, RASTROJO BAJO
III. RELLENOS	A. ANTRÓPICO	1. BASURAS	* MATERIAL DESECHADO POR LOS HABITANTES.
		2. MIXTO	* CONFORMADO POR RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN, BASURAS MEZCLADAS CON TIERRA RESIDUAL.
IV. TIERRAS ERIALES	A. ROCAS EXPUESTAS	1. MASIVOS	* ESCARPES EN ARENISCAS Y LIMOLITAS
	B. SUELO DESNUDO	1. EROSIÓN PROVOCADA	* SURCOS EN RELLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS Y NIVELES SUPERIORES DE SUELOS RESIDUALES ARCILLOSOS.
		2. EROSIÓN NATURAL	* REMOCIÓN EN MASA

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL

Es indudable que cada día se hace más notorio el conflicto entre el uso que el hombre hace de su entorno y las potencialidades que éste le brinda. Entre los efectos más inmediatos de este conflicto de uso están los llamados desastres naturales. Mitigar los efectos desastrosos e impedir el acelerado deterioro ambiental requiere de la implementación de medidas racionales y oportunas en el marco de la factibilidad técnica y económica (Ojeda, J, 1996). Tales medidas deben ser el resultado de estudios con nivel de confiabilidad aceptable, dentro de los más relevantes sobresalen los de amenaza, en particular los de zonificación.

Según Hernández (1996, citado por Ojeda, 1996), "subdividir un área geográfica es, a la vez, un arte y una ciencia provenientes de la taxonomía. Como arte requiere del ingenio y creatividad suficientes para escoger los factores más relevantes en el acto de clasificar y para encontrar las relaciones ocultas entre estos factores, y como ciencia debe establecer unos procedimientos claros, expeditos, matemáticos y repetibles para hacer la síntesis de los factores y obtener unos resultados que sean una aproximación adecuada de la realidad".

Pero la selección y definición del procedimiento, o método de evaluación, es función del fenómeno en consideración, de los factores condicionantes y detonantes involucrados en su ocurrencia, del conocimiento que se tenga de ellos, de la relación de causalidad y de la escala de trabajo. El marco de acción es en extremo amplio y diverso, al punto de ir desde la perspectiva de los procedimientos cualitativos hasta los cuantitativos, estadísticos o probabilísticos.

Santa Rosa de Lima es un laboratorio a escala, regido por la conjunción, al menos desde el orbe socio-natural (acorde con la clasificación de los fenómenos propuesta de la DPAE), de eventos o poco frecuentes pero con gran capacidad de devastación como los sismos, o recurrentes aunque menos graves como los deslizamientos, o silenciosos pero de gran diseminación como los biológicos, particularmente las epidemias y la insalubridad ambiental. Este particular abanico, trae consigo la aplicación de métodos estadísticos, probabilísticos (o determinísticos) y de razonamiento aproximado (cualitativos). Escenario que da sentido a este capítulo y que se trata en adelante.

7.1 EVENTOS SÍSMICOS

La región andina es considerada a nivel global como altamente propensa a la actividad sísmica, puesto que se encuentra afectada por un complejo sistema de fuerzas tectónicas derivadas de la interacción de tres

placas principales: la Nazca, la Suramericana y la Caribe (Rubiano y otros, 1996). Complejo que se expresa en dos modelos de fallas, una de tipo inverso, regida por la falla de Bogotá con dirección N-S, rectora del marco en el que se entalla Santa Rosa de Lima, y otra normal, ejemplificada por las fallas Usaquen-Sasaima y San Cristóbal con dirección general NW-SE.

Entre 1500 y 1994 en el distrito capital ocurrieron catorce sismos de intensidad MM mayor a VI (Escala Modificada de Mercali), de ellos cinco fueron de intensidad IX y uno de intensidad X. De otra parte la sismicidad instrumental 200Km alrededor de la ciudad, indica que se han registrado 396 sismos, 120 con Magnitudes mayores a 3 (en la escala de Richter). Los antecedentes sísmicos, sumados a la especial tectónica del distrito, a las características morfológicas y estratigráficas, conformadas bien por espesas masas de suelos blandos o bien por amplios corredores rocosos, exóticamente explotados, y reconfigurados con llenos antrópicos (en ocasiones espesos), justificaron la realización del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, tarea a cargo del Ingeominas y de la Universidad de los Andes. Estudio que concluyó con la zonificación de la ciudad de acuerdo con la respuesta sísmica local del subsuelo.

Sin embargo, y aunque parece estar todo cubierto, localmente la amenaza cambia en función de las características del subsuelo y de las condiciones topográficas, unas y otras inciden en los efectos de la amplificación de las ondas sísmicas. La vulnerabilidad de las edificaciones, producto de la improvisación y la informalidad, empeoran el escenario. Pero los estudios de efecto local (o de amplificación) no sólo obligan al tratamiento de una gama amplia de variables y a la obtención de parámetros dinámicos, sino a la definición de las curvas promedio de transferencia de la señal sísmica y a la aplicación de modelos en una, dos o tres dimensiones, distantes de los objetivos y alcances de este proyecto.

En este sentido, se recurre al empleo de métodos de razonamiento aproximado, que tienen como punto de partida los planteamientos y resultados obtenidos por Medvedev (1965), la AIS (1996) y la Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas, 1996), incluida la modificación plasmada en el Decreto 523 de 2010. Cada uno permite clasificar las unidades de suelo y roca, y fijar los parámetros de amplificación, que llevan a determinar la aceleración media, y a clasificar el escenario sísmico (en el barrio).

7.1.1 FUENTES SISMOGÉNICAS

El desarrollo de este numeral y la cuantificación de la amenaza sísmica se fundan, exclusivamente, en el análisis y recopilación de la información secundaria, es decir en estudios regionales y locales que involucran el distrito capital. La Información consolidada y consultada para el desarrollo de este apartado es presentada a continuación:

Estudio General de Amenaza Sísmica (AIS – Ingeominas – Uniandes, 1996)

Este documento, incorporado a las normas NSR-98 y NSR-10, califica la amenaza sísmica de Bogotá, idealizándola como un punto. Enmarca a la ciudad capital en la región 5, catalogada como de Amenaza Sísmica Intermedia, y le fija como aceleración máxima horizontal a nivel de roca, Aa, 0.20g, para eventos con periodos de retorno de 475 años. La *Tabla 7.1* condensa y discrimina las fuentes sismogénicas relevantes consideradas por la AIS (1996), su tipo de evento y su aporte a la amenaza. Sin embargo es perentorio recalcar que la condición de amenaza para el barrio es media, tal como la asignada para todo el distrito capital, a pesar de encontrarse muy cerca a fallas de importancia regional, como lo son las Fallas de Bogotá y de Mochuelo.

TABLA 7.1 FUENTES SISMOGÉNICAS PARA AMENAZA SÍSMICA EN BOGOTÁ Y SU ZONA RURAL

NOMBRE DE FUENTE ACTIVA	CARÁCTER DEL EVENTO	APORTE A LA AMENAZA
FRONTAL CORDILLERA ORIENTAL	INTRAPLACA	67.60%
SALINAS	INTRAPLACA	27.70%
OTRAS FALLAS	INTRAPLACA E INTERPLACA	4.70%

Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas – Uniandes, 1997)

Define cinco zonas de comportamiento homogéneo en el Distrito capital, caracterizadas por parámetros sísmicos y espectros de respuesta, es decir especifica las aceleraciones pico efectiva Ag y la mínima Ad, con sus períodos de retorno y recurrencia, útiles para el diseño y construcción de líneas vitales. Tales zonas y sus parámetros hacen parte de la Norma de Construcciones Sismorresistentes de la Ciudad.

Acorde con el estudio, y su modificación expresa en el Decreto 523 de 2010, el universo espacial al que pertenece el Barrio Santa Rosa de Lima, está ubicada dentro de la Zona 1 – Cerros, y su aceleración pico en roca es 0.18g para un período de retorno de 475 años. De las secciones de análisis se abstrajo por similitud morfológica, que la aceleración máxima en roca utilizada en los análisis pseudos estáticos es equivalente a la aceleración pico.

7.1.2 CUALIFICACIÓN DE LA AMENAZA LOCAL

Con base en las fuentes secundarias reseñadas, para el Barrio Santa Rosa de Lima y sus aéreas circunvecinas se tienen tres sistemas sismogénicos principales:

Fuente Local

Responde a un evento en el dominio del Campo Cercano proveniente de alguna de las fallas que trasiegan al suroriente de la ciudad como son las Fallas de: Bogotá, San Cristóbal, Ruque, Alto del Cabo y Yerbabuena, circunscritas en un radio de acción de 15 Km alrededor del barrio, con foco de poca profundidad y Magnitud máxima probable, Ms, entre 6.0 y 6.5. La aceleración máxima horizontal a nivel de roca es de 0.24g. Los acelerogramas típicos esperados son de corta duración y su periodo fundamental pequeño: T<0.30 seg.

Fuente Intermedia

Involucra eventos sísmicos generados por el Sistema de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, también denominado sistema de Guaicaramo, a una distancia de 60 Km. Su profundidad oscila entre los 15 Km y los 60 Km. Esta fuente contribuye con el 67.6% de la amenaza sísmica para el campo intermedio y sus eventos tienen una magnitud máxima probable, Ms, de 7.5; la aceleración máxima horizontal esperada en roca es de 0.20g.

Fuente Lejana

Designa a los eventos producidos en la Zona de Subducción del Pacífico, a una distancia entre 350 Km y 400 Km del área de estudio y con una aceleración horizontal en roca de 0.04g.

7.1.3 RESPUESTA SÍSMICA: EFECTO LOCAL

Si bien los modelos de respuesta de sitio que se esbozan en adelante son a todas luces una simplificación gruesa, pues implican exclusivamente la mayoración (cualitativa) del coeficiente de aceleración horizontal en roca en función del tipo de material y de su espesor, y del escenario de aceleración máxima horizontal, i.e. de la fuente sismogénica, no se ignora que el desarrollo riguroso del tema implica: a) la definición de los acelerogramas típicos para cada fuente sismogénica, b) la determinación de los parámetros dinámicos de las unidades de suelo y roca, i.e. relación de poisson, velocidad de corte y Módulo de corte máximo, Gmax, y las curvas de amortiguamiento por material, entre otros, y c) la modelación; tal procedimiento está fuera de los alcances del estudio.

Bajo este panorama, los factores de amplificación, Fv y Fa, son tomados de fuentes secundarias: bien de Medvedev (1965) o bien de la NSR (1998 y 2010). En el primer caso Fv se asume igual a la unidad y Fa es una constante que toma valores entre 0.10 y 3.90, según el perfil lo domine rocas duras o depósitos antrópicos, respectivamente. La discriminación del conjunto de coeficientes se ilustra en la *Tabla 7.2*.

Si la herramienta técnica recae en la NSR, es pertinente el tratamiento de los siguientes elementos básicos: a) el periodo fundamental de la fuente sismogénica; b) el perfil típico en la ladera; c) los coeficientes de amplificación: Fa y Fv según el periodo de análisis, y d) el espectro de diseño, así:

Fuente Sismogénica:

Si es local el periodo de vibración fundamental es inferior a 0.30 seg, registro extraído del acelerograma de Loma Prieta – Corralitos (1989); y si es frontal o lejana el periodo oscila entre 0.90 seg y 1.0 seg, el primero tomado del sismo de México (1985 – Fuente lejana) y el segundo del de Riviera.

Perfil Típico:

Está constituido en esencia por módulos cuaternarios, Qco, Qarm, Qarb, y de suelos residuales de areniscas y arcillolitas de la Formación Cacho, con espesores no mayores a 12 metros, que descansan, espacialmente, sobre potentes bancos de areniscas, lodolitas o arcillolitas, lo que indefectiblemente los clasifica dentro de perfiles Tipo B, C o D (véase la Tabla H-1-1 de la NSR,1998, y la Tabla A.2.4-1de la NSR, 2010). La secuencia indiferenciada se describe a continuación:

- Depósitos coluviales (Qco): Agrupan suelos arcillosos, en ocasiones con fragmentos pétreos de gran tamaño, con espesores menores al metro, ubicados indiferentemente en laderas inclinadas.

- Depósitos antrópicos (Qarm, Qarb): Son masas heterogéneas, que aglutinan bloques y cantos de areniscas, lodolitas y residuos sólidos (plásticos, zapatos, etc.) en una matriz limosa a arcillosa. Los espesores típicos trasiegan desde los 6 metros hasta los 10 metros.

- Suelos residuales (QTpc-sr-L y QTpc-sr-A): entrelaza horizontes arcillosos a areno-arcillosos, con fragmentos arcillosos. Espacialmente subyace a los cuerpos coluviales y antrópicos. En general su espesor es superior a los 2 m y yacen con ángulos próximos a los veinticinco grados.

- Formaciones Cacho y Guaduas: están marcadas por secuencias de areniscas, limolitas y arcillolitas puestas en capas gruesas a muy gruesas (de más de 14 metros de espesor, de acuerdo con los

sondeos y la columna estratigráfica levantada) y configuran bancos hasta de 100 m (extraído de la secuencia en presentada en los modelos geológicos).

TABLA 7.2 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO (MEDVEDEV, 1965)

NO	GRUPO DE ROCAS	SUELO TIPO NSR-10	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN, FA
1	ROCAS DURAS	A	0.1 - 0.8
2	ROCAS ALTERADAS	B	0.7 - 1.1
3	DEPÓSITOS GRANULARES NO COHESIVOS: BLOQUES, GRAVAS, ARENAS.	C	0.9 - 1.5
			1.2 - 1.8
4	DEPÓSITOS BLANDOS COHESIVOS: ARCILLAS, LIMOS.	D	1.2 - 1.6
			1.3 - 1.8
5	ANTRÓPICOS: ESCOMBRERAS, SUELOS ORGÁNICOS.	E	2.3 - 2.6
			2.6 - 3.0
6	DEPÓSITOS SATURADOS: BLOQUES, GRAVAS, ARENOSOS, ARCILLOSOS ANTRÓPICOS.	F	1.6 - 2.0
			2.0 - 2.4
			2.4 - 2.8
			3.3 - 3.9

Los Coeficientes de Amplificación, Fa y Fv

Hacen referencia a los valores fijados en las figuras H-1-3 y H-1-4 de la NSR (1998) y en las Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 de la NSR (2010). Acorde con los perfiles referidos atrás los coeficientes son:

- Fa = Fv = 1.0, si se trata del perfil tipo B, y
- Fa = 1.20 o 1.70 y Fv = 1.60 a 3.2, en lo que atañe a los Perfiles Tipo C, D o E, según el coeficiente de aceleración máximo sea de 0.24g o 0.20g, respectivamente.

Espectro de Diseño

Como el periodo fundamental de los sismos de referencia es próximo al segundo, se adopta como espectro fundamental:

Sa = 1.20*Aa*Fv*I/T

en la que:

Aa: es la aceleración máxima horizontal en roca
Fv: Coeficiente de amplificación tomado de la Tabla H-1-4 (NSR, 1998) y de la Tabla A.2.4-4 (NSR, 2010)
I: Coeficiente de importancia, equivalente a uno
T: periodo del sismo, en este caso 1 segundo

De la conjunción de las variables anteriores, para uno u otro procedimiento (o fuente técnica), las aceleraciones a nivel de superficie oscilan entre 0.18g y 0.768g. El primer coeficiente toda vez que la secuencia sea exclusivamente rocosa, y el paradigma que rige es la Microzonificación Sísmica (o en su defecto el Decreto 523 de 2010), y el segundo en el irrestricto escenario del cuaternario: llenos, depósitos traslocados y suelos residuales. La *Tabla 7.3* agrupa las aceleraciones máximas en superficie y las aceleraciones para diseño que se adoptan al amparo de este proyecto. En virtud del marco de referencia esbozado, y acorde con los valores de aceleración (y apoyados en la clasificación sísmica propuesta por la AIS, 1996, y la NSR, 2010), la amenaza sísmica o es irrestrictamente media, toda vez que primen la directrices de la MSB (2010), u oscila entre media y alta, si el rector es la NSR (2010), basta repasar la *Figura 7.1*. Ahora bien, debido al amplio soporte técnico que rodea a la microzonificación sísmica de Bogotá y a la especificidad del marco de investigación (la capital colombiana), se adoptan aquí los resultados obtenidos de la aplicación y adaptación de ésta como el espectro de amenaza sísmica en Santa Rosa.

FIGURA 7.1 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA SÍSMICA

TABLA 7.3 ACELERACIONES MÁXIMAS EN SUPERFICIE Y DE DISEÑO

MATERIAL	TIPO DE SUELO NSR-98	TIPO DE SUELO NSR-10	MSB (2010)*	FACTORES DE AMPLIFICACIÓN							ACELERACIÓN EN SUPERFICIE, SA				ACELERACIÓN DE DISEÑO – MSB (2010)	**ACELERACIÓN DE DISEÑO – NSR - 10
				MEDVEDEV	NSR – 1998		NSR – 2010		MSB (2010)*		MEDVEDEV (1965)	NSR (1998)	NSR (2010)	MSB (2010)		
				FA	FA	FV	FA	FV	FA	FV					AA (O SA)	2/3 *SA
QCO	S4	E	PIEDEMONTE A O C	1.20 A 1.60 (SE ADOPTA 1.40)	1.2	1.8	1,7	3,2	1,65	2,00	0.34 g	0.432 g	0,768 g	0,22 g	0,15 g (0,22 g)	0,322 g
QARM Y QARB																
QTPC-SR-L Y QTPC-SR-A																
TPC Y KTG	S1 (A)	A	CERROS	0.7 - 1.10 (SE ADOPTA 1.0)	1.1	1.6	0,8	0,8	1.35	1.30	0.24 g	0.384 g	0,192 g	0,18 g	0,15 g (0,18 g)	0,130 g
BRECHA DE FALLA	S1 (A)	B	CERROS	0.7 - 1.10 (SE ADOPTA 1.0)	1.1	1.6	1,0	1,0	1.35	1.30	0.24 g	0.384 g	0,240 g	0,18 g	0,15 g (0,18 g)	0,146 g

* MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ, DECRETO 523 DE 2010.

( ) COEFICIENTES DE ACELERACIÓN MÁXIMA EN SUPERFICIE ADOPTADOS EN LA MSB, DECRETO 523 DE 2010

**RESPONDE A LOS 2/3 DEL PROMEDIO ENTRE LA ACELERACIÓN EB ROCA Y LA ACELERACIÓN EN SUPERFICIE

7.2 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La primera etapa del análisis de estabilidad se enfoca al estudio direccional de los modos y posibilidades de deslizamiento a lo largo de los planos de debilidad estructural, en el marco de exposición del macizo rocoso, segundo ambiente de trabajo en importancia en las laderas, y a la determinación de la influencia de las superficies de discontinuidad en los mecanismos de movilización de los depósitos cuaternarios recientes (i.e de los suelos residuales), todo ello a partir de la aplicación del análisis cinemático (derroteros fijados por Goodman, 1989, y Hoek y Bray, 1974).

En una segunda etapa se modelan con ayuda de los métodos de equilibrio límite, la respuesta seudoestática de los modos probables de movilización (según el tipo de material y su disposición estratigráfica) en los principales cuerpos del cuaternario, mediante deslizamientos rotacionales y traslacionales, y en los medios rocosos como fallas traslacionales e infinitas.

7.2.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO

En este numeral se evalúan los modos probables de falla para el conjunto de laderas en las que se expresa el macizo rocoso, i.e en las zonas homogéneas LEI-LA-1, LEI-LA-2, CEI-LA-1, ebfdu y CEI-LL-1 (véase el *Plano 7*), y su papel como catalizador o condicionante de las amplias y espesas masas de llenos y suelos residuales, enmarcadas en la regiones LEI-eradu-1, LEI-eradu-2, CEI-eradu-1 y LEI-LsrA-2, estadios en los que el buzamiento de la unidad de análisis responde al del contacto suelo-roca (y la definición del talud, habida cuenta de las limitaciones cartográficas, se expresa ambiguamente en los cuerpos del cuaternario), contrastándolos con los posibles planos de movilización. La relación geométrica entre las discontinuidades, su ángulo de fricción básico –asumido en esencia igual para todos los planos, y en el dominio [26° - 34°] (abstraídos de las muestras S2M4 y S2M10: véase la *Tabla 5.9*), y la orientación de los cortes determina la posibilidad cinemática. En la *Tabla 7.4* se listan las características de los cortes estudiados, nomenclados desde el T1 hasta el T61, entre las que se citan: el rumbo, la pendiente, la altura y el subdominio estructural; mientras que su ubicación espacial se reseña en la *Figura 7.2*.

El resumen de las memorias del análisis cinemático (cobijado bajo el nombre de *Anexo H.1.1*), tanto para las familias de discontinuidades, como para el conjunto completo de mecanismos se condensa en la *Tabla 7.5*. En ella se evidencia que bajo las condiciones geométricas para los taludes, los que representan las superficies libres de movilización, y del patrón estructural reseñado en el *Capítulo 5*, *Numeral 5.2.2.2*, las laderas exponen posibilidad de movilización por falla planar y en cuña en los cortes: T7, T11, T15, T18, T21, T22, T29, T31, T32, T33, T34, T35, T36, T40, T41, T44, T47, T48, T49 y T51 a lo largo de las familias E1, D9, D2 y D3, y de las intersección E1D9 (o I_{19}), E1D7 (I_{17}), D4D9 (I_{49}), D2D5 (I_{25}), D2D8 (I_{28}), D3D8 (I_{38}), D6D9 (I_{69}), D7D9 (I_{79}), D2D3 (I_{23}) y D2D4 (I_{24}) conforman los escenarios con mayor predisposición; la falla por volteo tiene cabida sólo en las superficies T1, T4, T15, T17, T19, T21, T23, T24, T27, T42, T46, T50 y T54 incubada por las discontinuidades: E1 (311/51), D4 (46/72), D5 (50/89), D6 (29/89), D7 (208789) y D8 (231/89); y los contactos suelo-roca, representados por las unidades de ladera: T55 a T61 coartan cualquier predisposición cinemática.

Este fenómeno tiene explicación por tres fundamentos básicos:

- Las laderas están, direccionalmente, paralelas a las familias promedio de discontinuidades involucradas.
- Los buzamientos de los planos estructurales desfavorablemente orientados, es decir, con rumbo paralelo al de las superficies libres, son inferiores o iguales a las inclinaciones de los taludes.
- El ángulo de fricción básico de los planos estructurales con posibilidad cinemática, es inferior tanto al buzamiento de la mayoría de las superficies de movilización (fallas planar o por volteo), como al de sus intersecciones (falla en cuña).

Si bien la posibilidad cinemática de falla por volteo tiene asidero, carece de condiciones físicas y geométricas para su desarrollo: la persistencia medida de los planos principales es, en el mejor de los casos, poco continua, la pendiente de las superficies libres oscila entre los 30° y los 60°, y el material rocoso por excelencia opera cubierto. El universo de las cuñas y de las fallas planares es, en buen número, también, físicamente inoperante, la exigua diferencia entre el buzamiento de la intersección o de la discontinuidad desfavorable y la pendiente del talud, patente en las superficies T7, T11, T15, T18, T21, T22, T29, T31, T33, T34, T35, T40 y T41, da lugar a bloques claves muy delgados, agudos y paralelos a la superficie libre, asimilables a los deslaves (o a las fallas planares infinitas).

Finalmente, la movilización de los cuaternarios (i.e. llenos antrópicos y suelos residuales), dista mucho de estar controlada o condicionada por el patrón estructural del macizo; los planos de diaclasamiento en ningún caso son receptores o sirven de superficie de reposo o de despegue a los cuerpos antrópicos o residuales; y la estratificación juega papel indiferente, bien porque difiere en su azimut de buzamiento con el de las superficies de movilización (contexto propio de las contrapendientes) o bien porque diagrama inclinaciones muy superiores a las del contacto suelo-roca (derrotero esbozado en las unidades de ladera estructural).

7.2.2 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE ESTABILIDAD

Hipótesis de Trabajo

Con este apartado se pretende más que obtener valores absolutos del factor de seguridad para condiciones unitemporales (base de los modelos determinísticos), es ilustrar el espectro de posibilidades para el que los cortes pueden mantenerse estables o fallar. El análisis de estabilidad alcanza, entonces, mayor representatividad cuando se expresa en términos de probabilidad de falla, que cuando reporta un factor de seguridad, el que no es sino el simbolismo numérico de uno de los múltiples eventos factibles; su objetivo principal es servir de insumo para la estimación de la probabilidad condicional de falla, mediante la evaluación del factor de seguridad F.S. como parámetro específico de estabilidad (Sánchez, 2.000). Pero la deducción de la probabilidad de falla implica conocer la distribución estadística del factor de seguridad (González, 2.001), específicamente la de sus dos primeros momentos: μ_{FS} y σ_{FS}, i.e el promedio y la desviación estándar.

La solución a la relación predictiva entre estas dos variables (la Pf y el Fs) y la obtención de ellas, se plantea aquí con el empleo de métodos aproximados; es decir, gracias al soporte de los lineamientos metodológicos de los Estimativos Puntuales, PEM (Rosenblueth, 1.975 y Harr, 1.987). El PEM calcula la función de interés en puntos estratégicos (extremos), conocidas las distribuciones estadísticas de los *n* parámetros que intervienen en el problema, combinados en un algoritmo que resulta en un factor de seguridad, y utiliza esta información para obtener el promedio y la desviación estándar del FS, y por ende, la probabilidad condicional.

TABLA 7.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS TALUDES - ESTADO ACTUAL

LADERA	ORIENTACIÓN*	BUZAMIENTO(°)	ALTURA (m)	SUBDOMINIO
T 1	N25W/31SW	31	3,7	
T 2	N89W/57SW	57	11.3	
T 3	N69W/44SW	44	14,7	
T 4	N54W/32NE	32	5,6	
T 5	N79E/40NW	40	6,0	
T 6	N24E/34NW	34	4,0	
T 7	N15E/49NW	49	5,5	
T 8	N86W/55SW	55	6,0	
T 9	N02E/36NW	36	4,5	
T 10	N05E/61NW	61	4,0	
T 11	N59E/45NW	45	7,5	
T 12	N35E/39NW	39	4,5	
T 13	E-W/46S	46	5,5	
T 14	N82E/83SE	83	6,0	
T 15	N56E/87SE	87	7,5	
T 16	N76W/78SW	78	6	
T 17	N48W/70SW	70	5,5	
T 18	N10E/48NW	48	4,2	
T 19	N36W/55SW	55	6,0	
T 20	N88W/83SW	83	4,0	
T 21	N46E/75SE	75	3,5	
T 22	N62E/79SE	79	3,2	
T 23	N17W/60SW	60	4,0	
T 24	N41W/74SW	74	5,5	
T 25	N83E/56SE	56	6,0	
T 26	N89W/63SW	63	4,5	
T 27	N38W/56SW	56	6,0	
T 28	N76W/42SW	42	8,0	
T 29	N22E/63NW	63	2,5	
T 30	N36E/38NW	39	5,0	
T 31	N21E/50NW	50	4,0	I
T 32	N07E/57NW	57	6,0	
T 33	N11E/52NW	52	4,0	
T 34	N15E/51NW	51	6,0	
T 35	N08W/49SW	49	3,0	
T 36	N07E/54NW	54	2,5	
T 37	N16E/36NW	36	4,0	
T 38	N10E/41NW	41	4,0	
T 39	N02W/42SW	42	5,5	
T 40	N13E/50NW	50	12,5	
T 41	N04W/50SW	50	4,0	
T 42	N13W/49SW	49	6,5	
T 43	N60W/42SW	42	8,0	
T 44	N70E/64SE	64	3,5	
T 45	N87W/59SW	50	3,0	
T 46	N19W/62NE	62	4,0	
T 47	N23E/52SE	52	2,2	
T 48	N05W/55NE	55	4,0	
T 49	N15E/59NW	59	4,0	
T 50	N20W/39SW	39	6,5	
T 51	N72E/55SE	55	2,5	
T 52	N09W/46SW	46	3,2	
T 53	N05E/43NW	43	3,0	
T 54	N18W/37NE	37	2,5	
T-55	N42E/20NW	20	13,5	
T-56	N67E/53NW	31	4,0	
T-57	N56/E37NW	37	8,6	
T-58	N83W/30SW	30	6,8	
T-59	N15W/25SW	25	12,1	
T-60	N28E/17NW	17	2,14	
T-61	N83W/26SW	26	3,6	

* Orientación expresada en Rumbo / Buzamiento

Nota: La orientación de las superficies libres T55, T56, T57, T58, T59, T60 y T61 responden al plano de contacto entre el depósito y el macizo. Su representación en superficie es entonces simbólica, y es producto de las limitaciones cartográficas.

TABLA 7.5 RESUMEN DEL ANÁLISIS CINEMÁTICO

LADERA		AZ. DE BUZAM/ BUZAMIENTO	REGIÓN ESTRUCTURAL	FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES		POSIBILIDAD CINEMÁTICA		
ID	ORIENTACIÓN*			PLANOS**	CUÑAS**	PLANAR	CUÑA	VOLTEO
T 1	N25W/31SW	245/31	I	E1= 311/51 D2=122/48 D3=100/46 D4=46/72 D5=50/89 D6=29/89 D7=208/89 D8=231/89 D9=288/47	E1D2=37/5 E1D3=27/17 E1D4=337/48 E1D5=312/51 E1D6=300/51 E1D7=297/50 E1D8=320/51 E1D9=280/47 D2D3=101/46 D2D4=115/48 D2D5=139/47 D2D6=118/48 D2D7=119/48 D2D8=142/46 D2D9=205/08 D3D4=117/45 D3D5=139/39 D3D6=18/45 D3D7=119/44 D3D8=142/38 D3D9=14/04 D4D5=320/13 D4D6=118/44 D4D7=119/42 D4D8=312/14 D4D9=331/38 D5D6=40/89 D5D7=129/85 D5D8=321/27 D5D9=312/42 D6D7=119/27 D6D8=310/85 D6D9=30/46 D7D8=220/89 D7D9=297/47 D8D9=320/42	N.A.	N.A.	D5
T 2	N89W/57SW	181/57				N.A.	N.A.	N.A.
T 3	N69W/44SW	201/44				N.A.	N.A.	N.A.
T 4	N54W/32NE	36/32				N.A.	N.A.	D7, D8
T 5	N79E/40NW	349/40				N.A.	D4D9	N.A.
T 6	N24E/34NW	294/34				N.A.	N.A.	N.A.
T 7	N15E/49NW	285/49				D9	E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 8	N86W/55SW	184/55				N.A.	N.A.	N.A.
T 9	N02E/36NW	272/36				N.A.	N.A.	N.A.
T 10	N05E/61NW	275/61				D9	E1D9	N.A.
T 11	N59E/45NW	329/45				N.A.	D4D9, D5D9, D8D9	N.A.
T 12	N35E/39NW	305/39				N.A.	N.A.	N.A.
T 13	E-W/46S	180/46				N.A.	N.A.	N.A.
T 14	N82E/83SE	172/83				N.A.	N.A.	N.A.
T 15	N56E/87SE	146/87				N.A.	D2D5, D2D8, D3D5, D3D8, D5D7	E1
T 16	N76W/78SW	194/78				N.A.	N.A.	N.A.
T 17	N48W/70SW	222/70				N.A.	N.A.	D4, D5, D6
T 18	N10E/48NW	280/48				D9	E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 19	N36W/55SW	234/55				N.A.	N.A.	D4, D5, D6
T 20	N88W/83SW	182/83				N.A.	N.A.	N.A.
T 21	N46E/75SE	136/75				D2	D2D5, D2D6, D2D7, D2D8, D3D4, D3D5, D3D6, D3D7, D3D8, D4D6, D4D7	E1, D9
T 22	N62E/79SE	152/79				N.A.	D2D5, D2D8, D3D5, D3D8	N.A.
T 23	N17W/60SW	253/60				N.A.	N.A.	D4, D5
T 24	N41W/74SW	229/74				N.A.	N.A.	D4, D5, D6
T 25	N83E/56SE	173/56				N.A.	N.A.	N.A.
T 26	N89W/63SW	181/63				N.A.	N.A.	N.A.
T 27	N38W/56SW	232/56				N.A.	N.A.	D4, D5, D6
T 28	N76W/42SW	194/42				N.A.	N.A.	N.A.
T 29	N22E/63NW	292/63				E1, D9	E1D6, E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 30	N36E/39NW	306/39				N.A.	N.A.	N.A.
T 31	N21E/50NW	291/50				D9	E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 32	N07E/57NW	277/57				D9	E1D7, E1D9, D7D9	N.A.
T 33	N11E/52NW	281/52				D9	E1D6, E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 34	N15E/51NW	285/51				D9	E1D6, E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 35	N08W/49SW	262/49				N.A.	E1D9	N.A.
T 36	N07E/54NW	277/54				D9	E1D7, E1D9, D7D9	N.A.
T 37	N16E/36NW	286/36				N.A.	N.A.	N.A.
T 38	N10E/41NW	280/41				N.A.	N.A.	N.A.
T 39	N02W/42SW	268/42				N.A.	N.A.	N.A.
T 40	N13E/50NW	283/50				D9	E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 41	N04W/50SW	266/50				N.A.	E1D9	N.A.
T 42	N13W/49SW	257/49				N.A.	N.A.	D5
T 43	N60W/42SW	210/42				N.A.	N.A.	N.A.
T 44	N70E/64SE	160/64				N.A.	D2D8, D3D8	N.A.
T 45	N87W/59SW	183/59				N.A.	N.A.	N.A.
T 46	N19W/62NE	71/62				N.A.	N.A.	D8
T 47	N23E/52SE	113/52				D2, D3	D2D3, D2D4, D2D6, D2D7, D3D4, D3D6, D3D7, D4D6, D4D7	N.A.
T 48	N05W/55NE	85/55				D3	D2D3	N.A.
T 49	N15E/59NW	285/59				D9	E1D6, E1D7, E1D9, D6D9, D7D9	N.A.
T 50	N20W/39SW	250/39				N.A.	N.A.	D5
T 51	N72E/55SE	162/55				N.A.	D2D8, D3D8	N.A.
T 52	N09W/46SW	261/46				N.A.	N.A.	N.A.
T 53	N05E/43NW	275/43				N.A.	N.A.	N.A.
T 54	N18W/37NE	72/37				N.A.	N.A.	D8
T-55***	N42E/20NW	312/20				N.A.	N.A.	N.A.
T-56***	N67E/53NW	337/53				N.A.	N.A.	N.A.
T-57***	N56E/37NW	326/37				N.A.	N.A.	N.A.
T-58***	N83W/30SW	228/30				N.A.	N.A.	N.A.
T-59***	N15W/25SW	255/25				N.A.	N.A.	N.A.
T-60***	N28E/17NW	298/17				N.A.	N.A.	N.A.
T-61***	N83W/26SW	187/26				N.A.	N.A.	N.A.

* Orientación expresada en Rumbo / Buzamiento
** Planos reportados en Azimut de Buzamiento / Buzamiento
*** La orientación de las superficies libres T55, T56, T57, T58, T59, T60 y T61 responden al plano de contacto entre el depósito y el macizo. Su representación en superficie es entonces simbólica, y es producto de las limitaciones cartográficas.
N.A.: Sin posibilidad cinemática

FIGURA 7.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO

En consecuencia, la probabilidad de ocurrencia de un evento particular (FRM) se determina en términos de sus eventos condicionantes, a través de la ley de probabilidades totales; de tal manera la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento está definida por la siguiente ecuación:

$$p(D) = P(D/LS)p(LS) + P(D/L\overline{S})p(L\overline{S}) + P(D/\overline{L}S)p(\overline{L}S) + P(D/\overline{LS})p(\overline{LS})$$

Dicha probabilidad, como lo expresan sus términos, es función de las probabilidades condicionales de presentarse el deslizamiento para todas las posibles combinaciones de lluvia y sismo, así:

$p(D)$: Es la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento.

$P(D/LS)$: Es la probabilidad condicional de que acaezca el deslizamiento dado que haya lluvia y sismo.

$p(LS)$: Es la probabilidad de que se presenten la lluvia y el sismo simultáneamente.

$P(D/L\overline{S})$: Es la probabilidad condicional de que se genere el deslizamiento dado que haya lluvia y no se geste el sismo.

$p(L\overline{S})$: Es la probabilidad de que haya lluvia y no se produzca el sismo.

$P(D/\overline{L}S)$: Es la probabilidad condicional de que ocurra el deslizamiento dado que se presente el sismo y que no tenga lugar la lluvia.

$p(\overline{L}S)$: Es la probabilidad de que haya lugar al sismo, pero no la lluvia.

$P(D/\overline{LS})$: Es la probabilidad condicional de que ocurra el deslizamiento dado que no haya lluvia ni sismo.

$p(\overline{LS})$: Es la probabilidad de que no tenga lugar el sismo ni la lluvia.

En este orden de ideas, es más convincente y representativo estudiar toda la gama de los estados de trabajo a los que podrían estar sometidas las laderas. Pero el desarrollo de este tema requiere el tratamiento previo de cuatro hipótesis: 1) el o los mecanismos de falla; 2) el procedimiento de evaluación: método de análisis; 3) los parámetros efectivos de resistencia de cada material; y 4) los eventos detonantes. Las dos primeras hipótesis se entrelazan como unidades determinísticas, es decir, se consideran invariables, expeditas y conocidas; en tanto que las dos últimas están regidas por los principios de la incertidumbre, i.e. son aleatorias, bien sea por la variabilidad espacial (y temporal) de los parámetros de resistencia o bien por la variabilidad temporal de los agentes detonantes, por lo que se les asignan distribuciones de probabilidad. A continuación se aborda una a una las llamadas hipótesis de trabajo.

7.2.2.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Se obtuvieron de cuatro fuentes básicas: 1) los ensayos de campo y de laboratorio del marco de este proyecto, vg. corte directo, cargas puntuales, bloques deslizantes y Spt, y que están consignados en las *Tablas 5.6 a 5.9*, en la *Tabla 5.10* y en la *Tabla 5.11*, en las *Figuras 5.2*, a *5.6* y en el *Anexo E.2*; 2) la información secundaria: ensayos de clasificación, compresiones inconfinadas, cortes directos y sondajes (spt) en las lodolitas y suelos residuales de las Formaciones Cacho y Guaduas, seleccionados por similitud litológica y geomorfológica y adoptada de GIA C. L. (2006); 3) el Método de Larson: conjuga parte del universo muestral, pues es excluyente al admitir únicamente los ensayos de corte directo; con ellos se toman las relaciones τ/σ máximos y se incorporan en una gráfica τ' vs σ', los coeficientes (c´, ϕ´) de las regresiones

lineales superior e inferior representan los parámetros geomecánicos efectivos buscados; la *Figura 7.3*, la *Figura 7.4*, la *Figura 7.5* y la *Figura 7.6* sintetizan los resultados encontrados en los rellenos antrópicos mixtos, Qarm, en los suelos residuales de arenisca, QTpc-sr-A, en las lodolitas, Tpc-L, y en las areniscas, Tpc-A, materiales con el más amplio universo muestral; y revelan el primer espectro probable de variación de los ángulos de fricción, enmarcado entre 29.8º y 35.8º, en el caso del Qarm, 33.0º y 40.3º para el QTpc-sr-A, desde 26.9º hasta 47.9º, si se trata del Tpc-L, y entre 29.9º y 36.9º en el Tpc-A (panorama refinado en adelante) 4) la retroalimentación iterativa de los propios análisis de estabilidad en los cuerpos potencialmente inestables, para los que se adoptó como criterio que la combinación de parámetros geomecánicos mínimos en estados de no lluvia sin sismo, condujera a una condición estable (FS ≥ 1.05), tal como lo evidencia la configuración hoy día del terreno; supuesto de trascendencia en la definición de los coeficientes operativos mínimos en los suelos llenos mixtos (Qarm) y en los residuales (QTpc-sr-L y QTpc-sr-A), representados en las superficies libres 1-1´, 2-2´ y 5-5´.

Finalmente, y al amparo de las fuentes señaladas y con ayuda del criterio propuesto por la DPAE (2.000), se definieron los límites de los intervalos de las variables endógenas. Así, los parámetros promedio por material se obtienen como la media aritmética de la información fuente disponible (primaria y secundaria), y los valores máximos y mínimos esperados, se calculan mediante la suma y sustracción de los coeficientes de variación (cv) para c' y para tgϕ'; empero, justificados los extremos del dominio bien con partes del espacio muestral, es decir, con parejas c', ϕ' provenientes de cortes directos, tal y como lo reseña la *Tabla 7.6* y la *Tabla 7.7*. Este procedimiento implicó trabajar las endógenas como variables independientes (supuesto no siempre es válido), así:

$$c'_{\max} = c'_{prom} + c.v_c * c'_{prom} \qquad tg\phi'_{\max} = tg\phi'_{prom} + c.v_t \cdot tg\phi'_{prom}$$

$$c'_{\min} = c'_{prom} - c.v_c * c'_{prom} \qquad tg\phi'_{\min} = tg\phi'_{prom} - c.v_t \cdot tg\phi'_{prom}$$

o lo que es lo mismo:

$$c'_{prom} = \frac{c'_{\max}}{(1 + c.v_c)} \qquad c'_{prom} = \frac{c'_{\min}}{(1 - c.v_c)}$$

$$tg\phi'_{prom} = \frac{tg\phi'_{\max}}{(1 + c.v_t)} \qquad tg\phi'_{prom} = \frac{tg\phi'_{\min}}{(1 - c.v_t)}$$

La suma de las líneas descritas se expresa en la *Tabla 7.6* y en el *Anexo H.1.2*. En una y otro se listan y diagraman en planos c´- ϕ´ los valores promedio y los intervalos de dominio de los parámetros de resistencia, según el tipo de material y su fuente deductiva. Otros espectros de parámetros estudiados se condensan en las tablas del *Anexo H.1.2*, ellos fueron rechazados puesto que no satisfacían el criterio de retroalimentación.

Finalmente, si bien la posibilidad de gestación de mecanismos de falla controlados por las discontinuidades en los macizos rocosos es poco relevante (baste repasar la *Tabla 7.5*) e inmodificable en el tiempo, no lo es su estado ni su comportamiento mecánico; máxime si se precisa la vedada influencia del complejo tectónico. Este marco de acción abre el espacio para diferenciar y discriminar las funciones de distribución de los coeficientes de resistencia de los macizos y de los planos de discontinuidades.

FIGURA 7.3 ENVOLVENTE DE LARSON: QARM

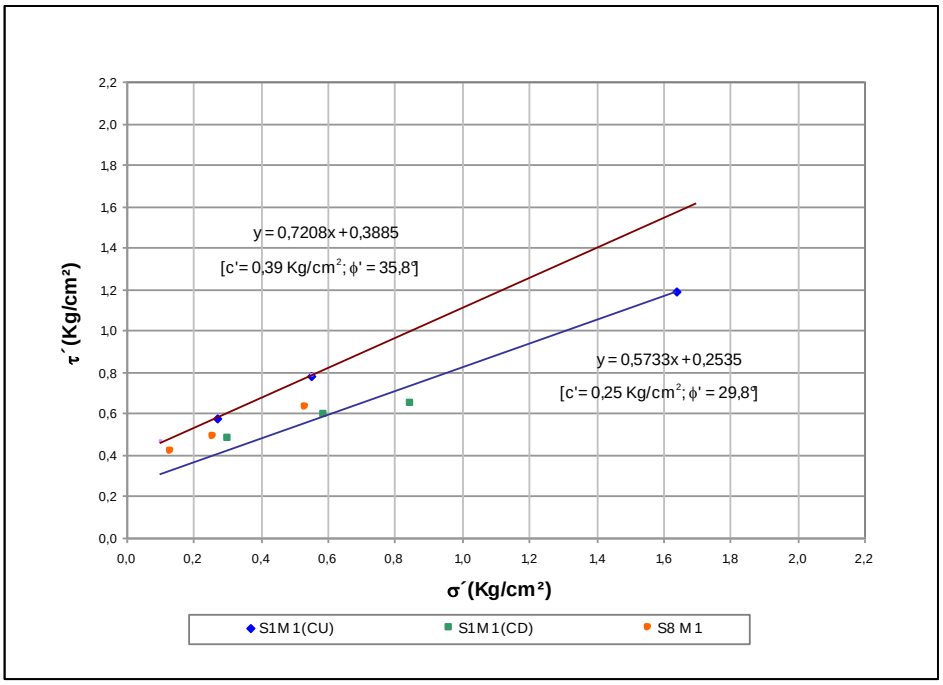


FIGURA 7.4 ENVOLVENTE DE LARSON: QTPC-SR-A

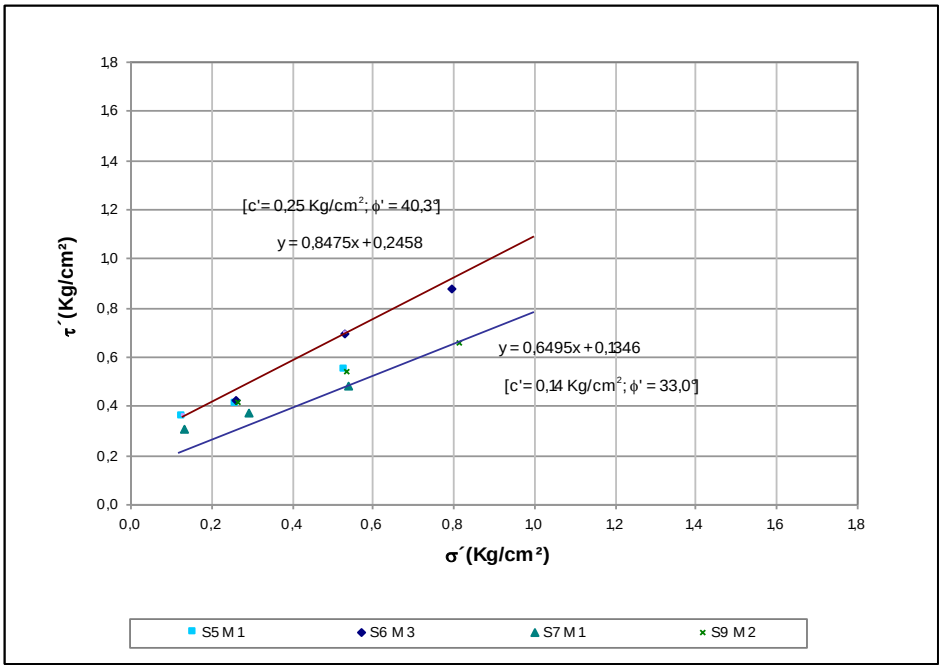


FIGURA 7.5 ENVOLVENTE DE LARSON: TPC-A1 Y TPC--A2

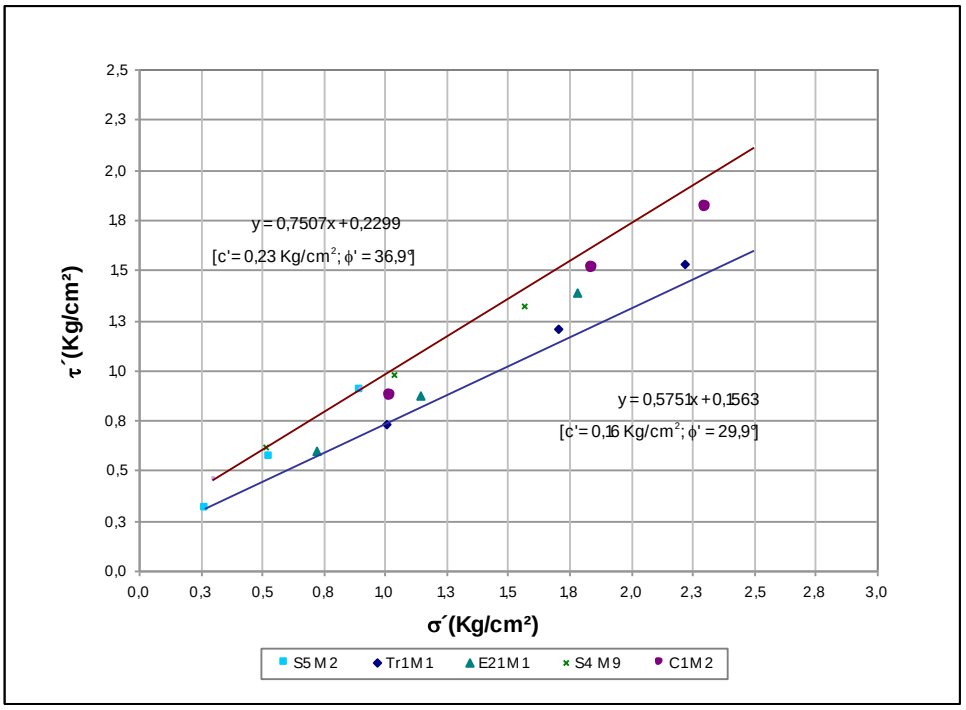


FIGURA 7.6 ENVOLVENTE DE LARSON: TPC-L

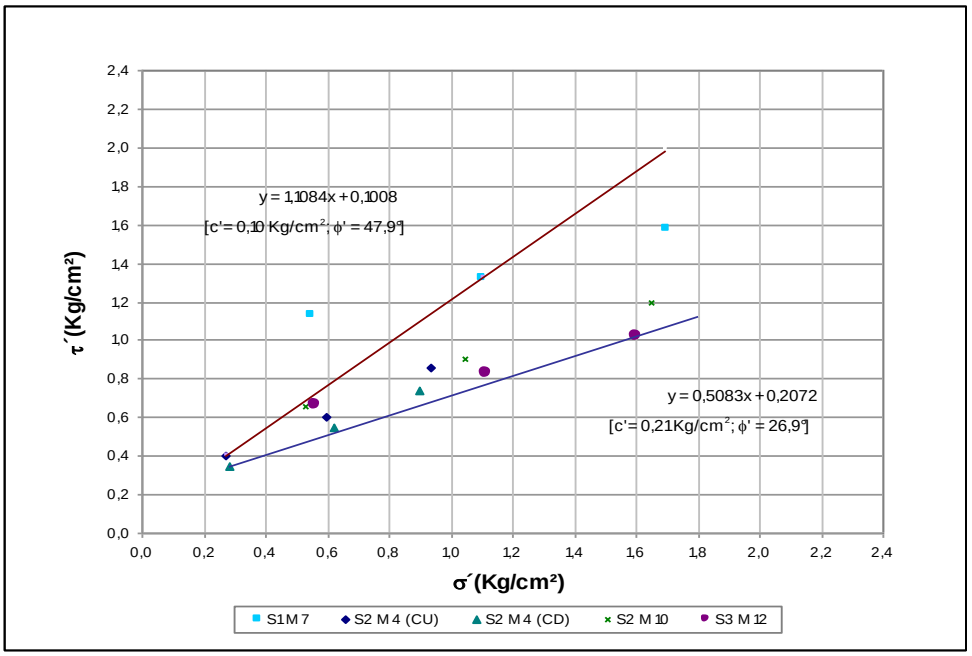


TABLA 7.6 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

					SPT		CORTE DIRECTO		VALOR PROMEDIO				VALOR MÍNIMO				VALOR MÁXIMO				OBSERVACIONES
									Estáticos		Dinámicos		Estáticos		Dinámicos		Estáticos		Dinámicos		
No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	γ (Ton/m³)	γ Sat (Ton/m³)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	Cohesión (Ton/m²)	ϕ (°)	
1	Qarm y Qarb	Rellenos Antrópicos Mixtos	1,9		0	32,2	0,34	16,5	0,40	22,2			0,34	16,5			0,45	27,9			Los mínimos se adoptan del ensayo de corte directo de la muestra S1-M1, al igual que el valor máximo de la cohesión; el máximo valor del ángulo de fricción se adopta del corte directo de la muestra S8-M1 .
						25,8	0,45	27,9													
2	Qco	Depóstos Coluviales	1,80		0,36	17,60			0,36	17,6			0,22								
3	QTpc-sr-L	Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Cacho	1,89		3,00	34,50	0,21	23,3	0,21	23,3			0,13	19,0			0,29	27,3			Los promedios se abstraen del ensayo en la muestra S8 M6 (c´=2,10 ton/m2, y ϕ´=23.3°). Los máximos y los mínimos se abstraen con base en coeficientes de variación: cv_c= 0,40 y un cv_f=0,20.
					0,02	44,40															
4	QTpc-sr-A	Suelos Residuales de las Areniscas de la Formación Cacho	2,0				1,00	26,5	1,90	33,0			1,00	26,50			2,80	39,50			Los promedios se determinan del universo muestral. Los mínimos se abstraen a partir de la aplicación del criterio de retroalimentación iterariva, pero justificados con los cortes directos. Los máximos se fijan gracias a los coeficientes de variación cv_c=0.42 y cv_f=0.20, pero ligados a los ensayos de corte.
							1,90	33,0													
							2,80	39,5													
5	Tpc-L	Lodolitas de la Formación Cacho	2,09				0,92	21,4	0,47	24,31			0,20	16,5			0,92	34,0			Los máximos se abstraen del ensayo en la muestra S1M7 (c´=9.2 ton/m2, y ϕ´=21.4°).
							0,22	34,0													
							0,39	26,0													
							0,47	19,1													
							0,20	32,0													
							0,81	16,5													
							0,27	21,2													
6	Tpc-A	Areniscas de la Formación Cacho	1,98				0,21	22,8	0,26	32,60			0,21	22,8			0,30	42,4			Se deduce el promedio del universo muestral disponible.
							0,30	42,4													
7		Discontinuidad Formación Cacho	2,08						0,90	35,0			0,80	30,0			1,00	40,0			
8	Klg	Formación Guaduas	2,25										2,1	19			9,4	24			

TABLA 7.7 INTERVALOS DE DOMINIO DEDUCIDOS DE LA FUENTE PRIMARIA (SPT Y ENSAYOS DE LABORATORIO)

ENSAYO	MATERIAL	c' (Kg./cm^2)			ϕ' (º)		
		MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO
SPT	QTpc-Sr-L	0.019	0	0	44.4	39.9	34.5
	Tpc-L	--	0	--	--	45	--
	Qarm	0	0	0	32.2	28.8	25.8
	Tpc-A	0.019	0	0	44.4	38.3	30.6
	QTpc-Sr-A	0.081	0.022	0	31.8	29.3	26.5
Corte directo	Qarm	0.45	0.38	0.34	27.90	22.60	16.50
	QTpc-Sr-A	0.30	0.27	0.21	40.6	28.4	33.4
	Tpc-A2	0.27	0.14	0.08	42.4	35.8	22.8
	Tpc-Bf-A2	--	0.10	--	--	35.6	--
	Tpc-L	--	0.92	--	--	21.14	--
	Tpc-L1	0.47	0.36	0.22	34.0	26.4	19.1
	Tpc-L2	--	0.17	--	--	32	--
	QTpc-Sr-L	--	0.21	--	--	23.3	--
Corte directo residual	Qarm	0.37	0.37	0.36	23.0	19.4	17.6
	Tpc-L	--	0.81	--	--	16.5	--
	Tpc-L1	0.41	0.29	0.20	32.0	23.7	17.8
	Tpc-L2	--	0.18	--	--	29	--

7.2.2.2 MECANISMOS DE FALLA

Se dedujeron de la evolución morfodinámica de las laderas, (véase los *numerales 5.5.2 y 5.6* del *Capítulo 5*) y de su predisposición cinemática, entre ellos se cuentan:

a) Deslizamientos rotacionales o traslacionales (simulados como rotacionales amplio radio), locales y generales, en los suelos residuales: QTpc-sr-L y QTpc-sr-A, y en los horizontes coluviales y antrópicos: Qco y Qarm, gestados por reblandecimiento, por saturación súbita o por presurización (i.e por cambios drásticos en el régimen de aguas).

   A este conjunto hace parte la retrogresión de los cuerpos de deslizamiento. Modelamiento adelantado sin detrimento de la expresión morfológica hoy día (es decir conservándola) al someter al suelo a la pérdida progresiva o instantánea de resistencia, representada en la mutación de los coeficientes de resistencia (efectivos), v.g. con la supresión de la cohesión gracias al trabajo del agua lluvia y de infiltración).

   También se vinculan los deslizamientos locales en las terrazas para el desarrollo urbanístico, configuradas en buena parte en llenos mixtos, y talladas (en su exterior) por muros de confinamiento en piedra pegada o en mampostería simple, que en ocasiones cumplen a su vez el papel de muros divisorios. Algunos pocos ejemplos se exponen en la *Foto 7.1*.



FOTO 7.1 EJEMPLOS DEL EMPLEO DE LOS MUROS PARA LA CONFIGURACIÓN DE LAS TERRAZAS DE ADECUACIÓN

La contribución de las estructuras, traducida en los parámetros operativos, está representa por un coeficiente de cohesión de 60 KN/m^2. Cantidad obtenida a través de la correlación entre el esfuerzo cortante del concreto (i.e de la pega) y la resistencia al corte del suelo, toda vez que $\phi'=0$, f'c de 2.0 MPa y Fs=3,0, valores que simbolizan las particularidades constructivas (resumidas en la baja calidad constructiva, las irregularidades en las unidades cerámicas, y las anomalías en las pegas), tal y como se plantea en las siguientes líneas:

$Vc=\tau_c$
$Vc=0.17\lambda\sqrt{f'c}$ en MPa (NSR-10)
$\tau_c = c'+\delta'tang\phi'$.

b) Fallas planares sin grieta de tracción, fallas en cuña y fallas por volteo, en los espacios cinemáticamente viables en los que se expone el macizo rocoso. Las primeras incubadas a lo largo del plano de estratificación (E_1=311/51) o de las familias de diaclasas D_2= 122/48, D_3= 100/46 y D_9= 288/47, en las exposiciones de los bancos de arenisca (Tpc-A1 y Tpc-A2), específicamente en los cortes T48 y T47, rotulados como Modelo 1; en el T47 y en el T21, propios del Modelo 2; en las superficies T32, T36, T18, T33, T40, T7, T34, T49, T31 y T29, integradas al Modelo 3, y en el T29, ejemplificado en el Modelo 4. Las segundas, las fallas en cuña, tienen lugar a través de un vasto universo que incluye las intersecciones, I_{16} (o E1D6), I_{17}, I_{18}, I_{49}, I_{59}, I_{69}, I_{79}, I_{89}, I_{23}, I_{24}, I_{34}, I_{25}, I_{35}, I_{26},

I_{28}, I_{38}, I_{46}, I_{47}, I_{57}. Las terceras son favorecidas por la casi totalidad de las discontinuidades, excepto la D2 y la D3. El panorama completo de las superficies libres y de los planos de movilización (y de los modelos) se compila en la *Tabla 7.5*, en la *Figura 7.2* y en el *Anexo H.1.3*.

Como los modelos de falla en cuña son sensibles a la cohesión, en el análisis de estabilidad se desprecia este parámetro, máxime si participan los parámetros residuales.

El modelo de falla progresiva, fue descartado puesto que las laderas al norte, al sur y al nororiente mantienen sus expresiones morfológicas en los últimos años, según lo ratifican los testimonios de los habitantes y la contrastación morfológica entre las aerofotografías de 1955 y de 1985, y la cartografía del estudio (GIA, 2010). Igual suerte recae en los deslizamientos rotacionales en el macizo rocoso (sano o ligeramente alterado). Hipótesis desprendida de la baja calidad del macizo (traducida en valores modales de GSI y RQD inferiores a 50) y de la disposición estructural (se reitera la configuración como pendiente estructural), pero desvirtuada en parte por la separación modal de las familias de discontinuidad que alcanza los dos metros, y en parte por lo delgado de los horizontes alterados (deducidos de las columnas estratigráficas) prevalentes: en ningún caso superiores a los tres (3) metros. En la *Tabla 5.21* se señalan para las distintas zonas homogéneas del escenario hoy día, los mecanismos de falla y los materiales involucrados en la secuencia estratigráfica.

7.2.2.3 EVENTOS DETONANTES

Los agentes detonantes, definidos como variables aleatorias o fuentes de incertidumbre se establecen como condiciones asociadas a la ocurrencia de lluvia (Ll) y sismo (Eq). Estas variables, denominadas exógenas o eventos condicionantes, recibieron tratamientos basados en los registros históricos disponibles y en análisis de sensibilidad.

7.2.2.3.1 Agua

En la definición de los agentes exógenos, la mayor incertidumbre radica en la relación entre la ocurrencia de las lluvias y la presencia del agua al interior del talud; en este sentido, a fe de dar respuesta o en el peor escenario delinear un modelo predictivo, se apeló al coeficiente de presión de poros, ru, como variable sustitutiva (y discriminante) y al análisis de sensibilidad como instrumento para delinear los estados operativos (análisis en el que las probabilidades de falla iguales a cero son resultado de elementos de borde, tal y como se justifica en el *Anexo H.1.2*); labor que deja al descubierto como hipótesis de trabajo las siguientes:

a) El desempeño parcialmente saturado del macizo rocoso (sano y alterado), traducido como porcentajes máximos de altura de agua (Hw/H) en el plano o la cuña de despegue de hasta el 75%. Estas últimas para estados instantáneos. Comportamiento aboceteado en la *Figura 7.7*, en la *Figura 7.8*, en la *Figura 7.9* y en la *Figura 7.10*.

b) La saturación parcial o total de las capas de suelo –llenos o residuales–; la relación máxima de presión de poros, $ru_{máx}$ reposa en 0,40m, y la mínima, $ru_{mín}$, en 0,10. Uno y otro escenario gestado, bajo condiciones de flujo libre, por el aporte de los efluentes provenientes de la rotura de las redes de servicio, de las conexiones erradas, del patrón hidrogeológico, o de la migración descendente del agua lluvia en períodos invernales.

FIGURA 7.7 VARIACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN FUNCIÓN DEL AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA PLANAR

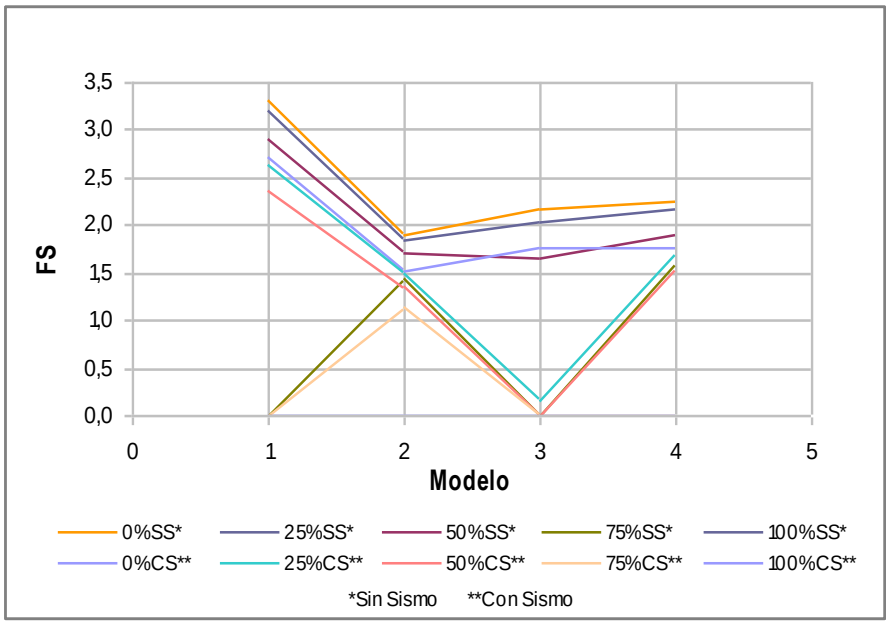


FIGURA 7.8 VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA PLANAR

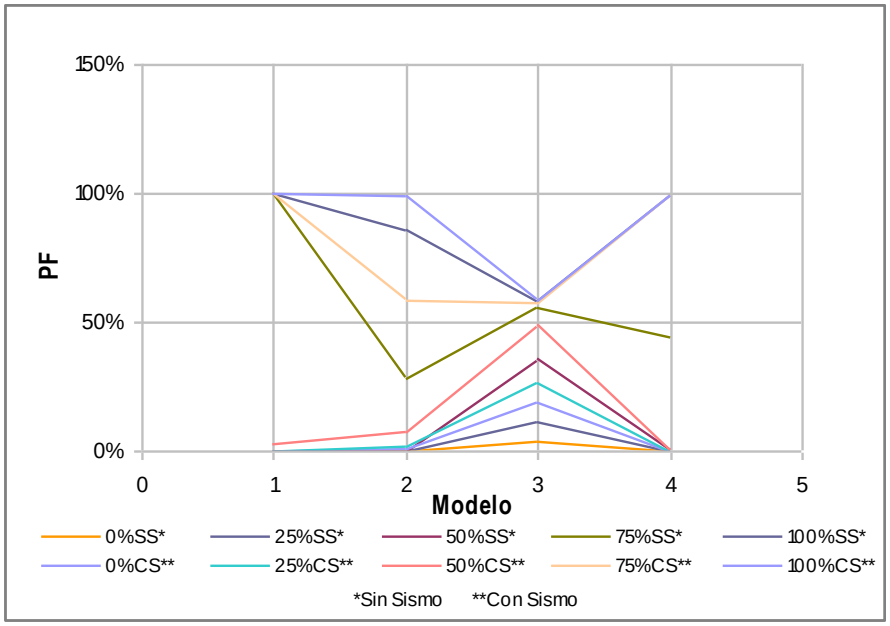


FIGURA 7.9 VARIACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN FUNCIÓN AL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA EN CUÑA

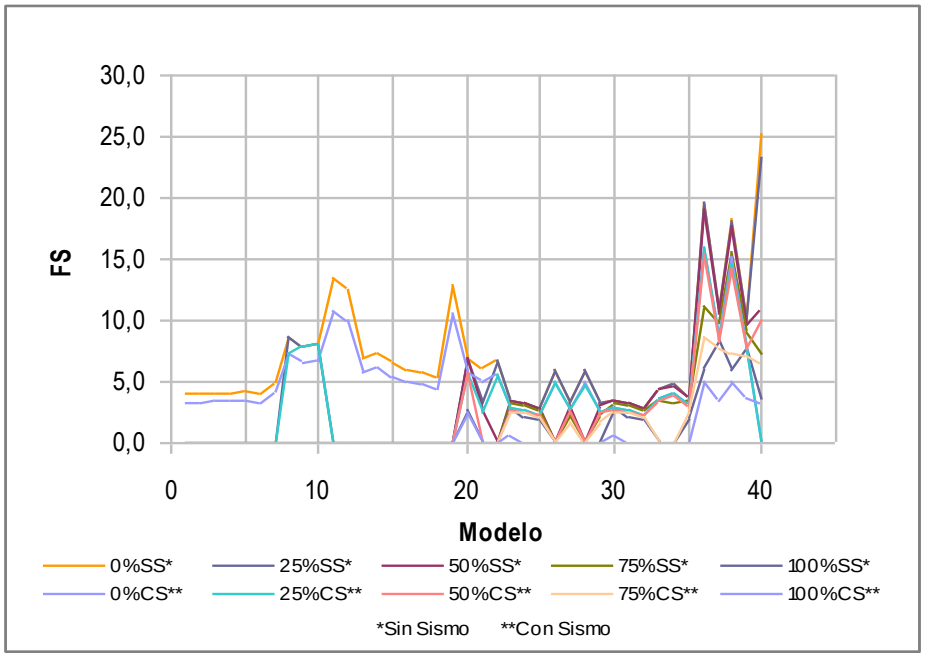
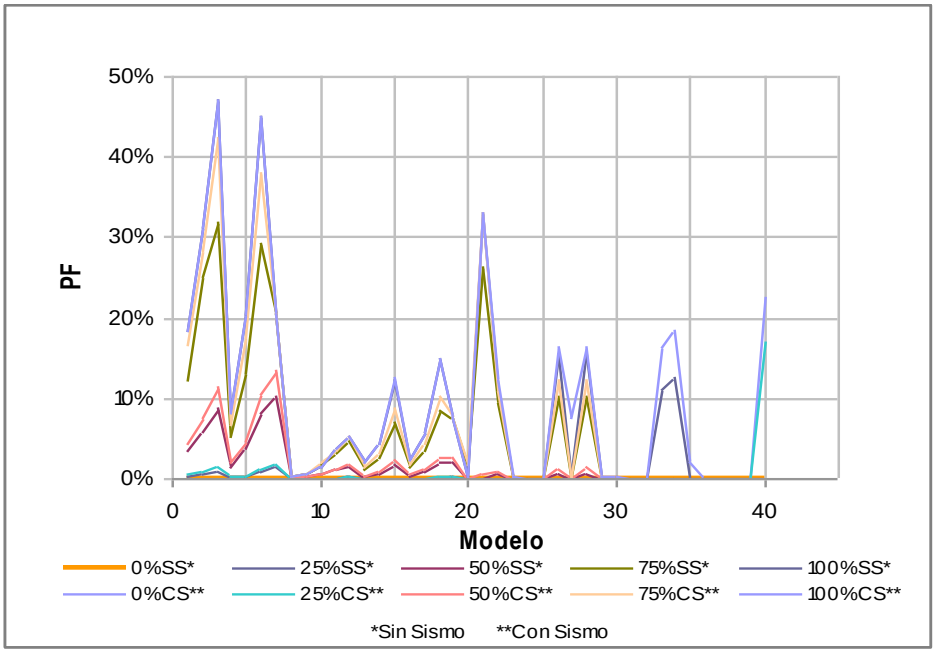


FIGURA 7.10 VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS DISCONTINUIDADES: MODELOS DE FALLA CUÑA



7.2.2.3.2 Sismo

En cuanto a la variable sismo, se toma como bastión el Estudio de microzonificación sísmica de Bogotá, que fija para Bogotá un am de 0.24 g para un período de retorno Tr= 475 (para una probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años). Las aceleraciones máximas en superficie y las de diseño son tomadas de fuentes secundarias: bien de Medvedev (1.965), bien del NSR (2010) o bien de MSB (2010), tal como se explica en el numeral 7.1 de este capítulo. Contexto que da pie para fijar como coeficientes máximos 0,22g para los suelos y 0,18 g para los espacios en roca.

Finalmente, la probabilidad de ocurrencia y de no ocurrencia de todas las combinaciones de sismo y lluvia críticas se calculó con base en su periodo de retorno (Tr=30 años, para la lluvia, tomado del artículo "Relaciones de Precipitación Crítica-Duración de Lluvias que Disparan Movimientos en Masa en Santa Fe de Bogotá – Colombia", González y otros, 1.998, véase el *numeral 6.1.3* del capítulo 6), al tener en cuenta tres escenarios: corto plazo (un año), mediano plazo (10 años) y largo plazo (50 años) según las expresiones que aparecen a continuación. Los resultados de la formulación se compilan en la *Tabla 7.8*.

$$P^{+} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{n}$$

$$P^{-} = 1 - P^{+}$$

donde:
P+= probabilidad de ocurrencia del evento crítico
P- = probabilidad de no ocurrencia del evento crítico
T = período de retorno
n = período de análisis

TABLA 7.8 PROBABILIDADES DE AGENTES EXÓGENOS

PERÍODO DE ANÁLISIS	ACTUAL (1AÑO)		MEDIANO PLAZO (10 AÑOS)		LARGO PLAZO (50 AÑOS)	
AGENTE EXÓGENO	OCURRENCIA	NO OCURRENCIA	OCURRENCIA	NO OCURRENCIA	OCURRENCIA	NO OCURRENCIA
Agua, T = 30 años	0.033	0.967	0.288	0.712	0.816	0.184
Sismo, T= 475 años	0.002	0.998	0.021	0.979	0.100	0.900

7.2.2.4 MODELACIÓN DE ESTABILIDAD

La modelación se planteó gracias a los métodos de equilibrio límite, basados en el criterio de resistencia de Mohr – Coulomb pero como función de los mecanismos de deslizamiento, así para las fallas planar en roca y la falla en cuña los planteamientos de Norrisahnd and Wyllie (1996), que son versiones generalizadas de las de Hoek y Bray (1974); para los deslizamientos traslacionales en suelo la solución de Taylor (1948), toda vez que el movimiento se produzca en un plano paralelo a la superficies libre (proceso también conocido como falla planar infinita); y para los deslizamientos rotacionales-traslacionales en suelo, la técnica de las dovelas de Jambu (1954 y 1973, citado por Duncan and Wright, 2005) y Bishop (1955, citado por Duncan and Wright, 2005). Se emplearon como herramientas de trabajo los programas Slide V5 para los mecanismos de falla rotacional y traslacional en el cuaternario; y Rockplane y Swedge para lo concerniente a los mecanismos de falla planar y falla en cuña, respectivamente.

Bajo los lineamientos anteriores, y con el fin de adelantar la tarea de evaluación de estabilidad, se establecen siete (7) secciones de trabajo (nomencladas desde la S1 hasta la S7), que se ilustran en planta en el *Plano 4* y en perfil en el *Plano 4A*. Las secciones se subdividieron acorde con las zonas homogéneas y con los materiales susceptibles; sobre los tramos resultantes se evalúan los cuerpos potencialmente inestables según su dirección probable de movilización para estadios: normales, extremos de agua, sismo máximo, y sismo y agua máximos. Se asume, entonces, que el grado de estabilidad de cada sección (o sus partes) es atribuible a la región homogénea a la que pertenece.

7.2.3 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

7.2.3.1 CONSIDERACIONES

Fijos los comportamientos de las fuentes de incertidumbre, las funciones de probabilidad de las variables se constituyen en elementos fundamentales para la determinación de la función de la probabilidad de falla. En este sentido se determina el FS para múltiples casos: dieciséis (16) producto de las cuatro (4) condiciones de eventos detonantes para las cuatro posibles combinaciones de parámetros. Todas las valoraciones se efectúan para tres escenarios de exposición: a corto plazo (1 año), mediano plazo (10 años) y a largo plazo (50 años), a fe de establecer la sensibilidad con respecto a esta variable. Con los factores de seguridad (F.S) se calculan las curvas de densidad, a partir de las que se obtiene la probabilidad de falla como el área bajo la curva para niveles del F.S. menores a la unidad.

7.2.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El compendio completo de los factores de seguridad y de las probabilidades de falla FS-P_f, agrupados en la *Tabla 7.9* y en la *Tabla 7.10*, permite definir las condiciones que mejor develan el comportamiento de las laderas hoy día. De éstas se extrae que los taludes, indistinto del espacio de análisis (sección o superficie libre) y del agente exógeno que participe, poseen probabilidades de falla en un año inferiores al 1%; su progresión (movilización) sería inocua, aún si operan los parámetros de resistencia mínimos.

Los factores de seguridad (Fs) en condiciones normales de trabajo (combinaciones de agentes detonantes y parámetros), cualquiera sea el material, es inferior a 1.30, umbral obtenido indistintamente en las secciones S1 y S6 (véase el *Plano 4*). Respuesta apenas lógica: los movimientos hoy día son activados, por lo menos el DT-001 y el DT-002 bajo estadios de saturación y reblandecimiento. Corolario ratificado por las probabilidades de falla en la *Tabla 7.10* y en el *Anexo H.1.4*.

El panorama es igualmente prometedor, si la exposición toca los 10 años, las probabilidades condicionales trasiegan del 0.02% (secciones 2-2´, 3-3´, 6-6´ y los taludes T-7, T-15, T-18, T-21, T-22, T-29, T-31, T-32, T-33, T-34, T-36, T-44, T-49, T-51 y T-57) al 28%, umbral delineado sólo por las superficies libre T-47 y T-48 (véase la *Figura 7.2* y la *Tabla 7.10*). Y adquiere tintes preocupantes a los cincuenta años, la movilización se restringe a la sección 1-1´, y a las superficies libres T-7, T-18, T-29, T-31, T-32, T-33, T-34, T-40 y T-49, todas talladas en macizos rocosos; las probabilidades de falla oscilarían entre el 41% y el 81% (véase la *Tabla 7.10*). El mayor reparo se ciñe en las laderas T-47 y T-48 (su ubicación se ilustra en la *Figura 7.2*), su activación toma lugar bajo la apariencia de fallas planares sin grieta de tracción o deslaves, y con la participación individual o conjunta del agua y del sismo.

TABLA 7.9 FACTORES DE SEGURIDAD

MATERIAL	TIPO DE FALLA	SECCIÓN	ZONA	CONDICION NORMAL			CONDICION NORMAL SISMO			CONDICION AGUA EXTREMA			CONDICION SISMO AGUA EXTREMA		
				FS	PF	AMENAZA	FS	PF	AMENAZA	FS	PF	AMENAZA	FS	PF	AMENAZA
SUELO	ROTACIONAL	1-1	General	1.561	0.0%	Media	1.241	8.8%	Media	1.323	5.4%	Baja	1.043	39.5%	Media
			2	1.993	0.0%	Baja	1.643	0.0%	Baja	1.856	0.0%	Baja	1.494	0.0%	Baja
			3	1.442	0.3%	Media	1.154	19.4%	Media	1.187	17.8%	Media	0.962	61.1%	Alta
			4	1.377	1.7%	Media	1.116	25.8%	Media	1.152	23.5%	Media	0.926	64.3%	Alta
		3-3	General	2.188	0.0%	Baja	1.919	0.0%	Baja	2.039	0.0%	Baja	1.802	0.0%	Baja
			1	3.384	0.0%	Baja	3.098	0.0%	Baja	3.33	0.0%	Baja	3.048	0.0%	Baja
			2	2.133	0.0%	Baja	1.877	0.0%	Baja	1.941	0.0%	Baja	1.586	5.2%	Baja
			3	2.656	0.0%	Baja	2.116	0.0%	Baja	2.249	0.0%	Baja	1.778	2.8%	Baja
		7-7	General	1.383	0.0%	Media	1.233	8.1%	Media	1.222	9.4%	Media	1.099	30.6%	Media
			1	4.292	0.0%	Media	3.404	0.0%	Baja	4.012	0.0%	Baja	3.176	0.0%	Baja
			2	1.352	0.6%	Baja	1.203	12.3%	Media	1.188	16.4%	Media	1.062	37.0%	Media
			3	2.299	0.0%	Baja	1.856	0.0%	Baja	1.828	0.0%	Baja	1.484	11.7%	Baja
		2-2	1	5.439	0.0%	Baja	3.52	0.0%	Baja	5.087	0.0%	Baja	3.29	0.0%	Baja
			2	3.432	0.0%	Baja	2.377	0.0%	Baja	3.123	0.0%	Baja	2.161	0.0%	Baja
			3	19.363	0.0%	Baja	8.807	0.0%	Baja	18.648	0.0%	Baja	8.481	0.0%	Baja
			4	6.281	0.0%	Baja	4.136	0.0%	Baja	5.84	0.0%	Baja	3.843	0.0%	Baja
		6-6	General	1.934	0.0%	Baja	1.735	0.0%	Baja	1.769	0.0%	Baja	1.584	0.0%	Baja
			1	1.814	0.0%	Media	1.697	0.0%	Baja	1.657	0.0%	Baja	1.558	0.0%	Baja
			2	2.482	0.0%	Baja	1.898	0.0%	Baja	2.052	0.0%	Baja	1.551	8.4%	Baja
			3	2.425	0.0%	Baja	1.902	0.0%	Baja	1.975	0.0%	Baja	1.533	8.9%	Baja
		5-5	General	1.38	0.0%	Media	1.192	16.4%	Media	1.106	27.9%	Media	1.019	44.6%	Media
			1	1.54	0.0%	Media	1.305	0.3%	Baja	1.279	3.9%	Media	1.106	21.6%	Media
			2	1.34	1.8%	Media	1.155	21.2%	Media	1.12	29.9%	Media	0.968	54.6%	Alta
			3	1.331	1.7%	Media	1.164	21.3%	Media	1.095	32.7%	Media	0.983	51.3%	Alta
ROCA	PLANAR	Modelo 1		3.304	0.0%	Baja	2.707	0.0%	Baja	0.000	100.0%	Alta	0.000	100.0%	Alta
		Modelo 2		1.896	0.0%	Media	1.523	1.4%	Baja	1.445	28.0%	Baja	1.135	58.1%	Media
		Modelo 3		2.181	4.0%	Baja	1.760	18.5%	Baja	0.000	55.5%	Alta	0.000	57.7%	Alta
		Modelo 4		2.264	0.0%	Baja	1.773	0.0%	Baja	1.603	44.4%	Baja	0.000	99.8%	Alta
	CUÑA	Modelo 1	7.50	4.020	0.0%	Baja	3.358	0.0%	Baja	0.000	12.3%	Alta	0.000	16.7%	Alta
		Modelo 1	4.50	4.005	0.0%	Baja	3.364	0.0%	Baja	0.000	25.2%	Alta	0.000	28.3%	Alta
		Modelo 1	3.00	4.054	0.0%	Baja	3.423	0.0%	Baja	0.000	32.0%	Alta	0.000	42.5%	Alta
		Modelo 2	15.50	4.103	0.0%	Baja	3.448	0.0%	Baja	0.000	5.3%	Alta	0.000	6.8%	Alta
		Modelo 2	6.75	4.194	0.0%	Baja	3.494	0.0%	Baja	0.000	13.1%	Alta	0.000	17.4%	Alta
		Modelo 2	3.00	3.974	0.0%	Baja	3.344	0.0%	Baja	0.000	29.3%	Alta	0.000	38.2%	Alta
		Modelo 3	5.00	5.010	0.0%	Baja	4.275	0.0%	Baja	0.000	20.5%	Alta	0.000	20.5%	Alta
		Modelo 4	17.00	8.688	0.0%	Baja	7.272	0.0%	Baja	0.000	0.2%	Alta	0.000	0.3%	Alta
		Modelo 4	7.50	7.974	0.0%	Baja	6.631	0.0%	Baja	0.000	0.7%	Alta	0.000	0.7%	Alta
		Modelo 4	3.00	8.092	0.0%	Baja	6.753	0.0%	Baja	0.000	1.7%	Alta	0.000	2.0%	Alta
		Modelo 5	13.50	13.465	0.0%	Baja	10.737	0.0%	Baja	0.000	3.3%	Alta	0.000	3.6%	Alta
		Modelo 5	9.50	12.407	0.0%	Baja	9.967	0.0%	Baja	0.000	4.8%	Alta	0.000	5.2%	Alta
		Modelo 6	15.50	6.880	0.0%	Baja	5.782	0.0%	Baja	0.000	1.2%	Alta	0.000	1.4%	Alta
		Modelo 6	7.50	7.301	0.0%	Baja	6.168	0.0%	Baja	0.000	2.6%	Alta	0.000	3.2%	Alta
		Modelo 6	3.00	6.492	0.0%	Baja	5.472	0.0%	Baja	0.000	7.2%	Alta	0.000	8.8%	Alta
		Modelo 7	15.50	5.884	0.0%	Baja	4.937	0.0%	Baja	0.000	1.4%	Alta	0.000	1.7%	Alta
		Modelo 7	7.00	5.774	0.0%	Baja	4.862	0.0%	Baja	0.000	3.5%	Alta	0.000	4.2%	Alta
		Modelo 7	3.00	5.315	0.0%	Baja	4.440	0.0%	Baja	0.000	8.4%	Alta	0.000	10.3%	Alta
		Modelo 8	9.50	12.929	0.0%	Baja	10.617	0.0%	Baja	0.000	7.5%	Alta	0.000	7.5%	Alta
		Modelo 9	4.50	7.004	0.0%	Baja	5.860	0.0%	Baja	0.000	1.5%	Alta	0.000	1.8%	Alta
		Modelo 10	2.50	6.097	0.0%	Baja	5.067	0.0%	Baja	0.000	26.2%	Alta	0.000	32.9%	Alta
		Modelo 11	2.50	6.749	0.0%	Baja	5.589	0.0%	Baja	0.000	9.3%	Alta	0.000	10.8%	Alta
		Modelo 12	4.50	3.531	0.0%	Baja	2.820	0.0%	Baja	3.240	0.0%	Baja	2.575	0.0%	Baja
		Modelo 13	7.50	3.282	0.0%	Baja	2.641	0.0%	Baja	3.041	0.0%	Baja	2.437	0.0%	Baja
		Modelo 13	4.50	2.861	0.0%	Baja	2.312	0.0%	Baja	2.649	0.0%	Baja	2.132	0.0%	Baja
		Modelo 14	2.50	6.025	0.0%	Baja	4.985	0.0%	Baja	0.000	10.1%	Alta	0.000	12.2%	Alta
		Modelo 15	4.50	3.233	0.0%	Baja	2.633	0.0%	Baja	2.320	0.0%	Baja	1.744	0.0%	Baja
		Modelo 16	2.50	5.942	0.0%	Baja	4.910	0.0%	Baja	0.000	10.2%	Alta	0.000	12.3%	Alta
		Modelo 17	4.50	3.192	0.0%	Baja	2.596	0.0%	Baja	2.282	0.0%	Baja	1.709	0.0%	Baja
		Modelo 18	4.50	3.550	0.0%	Baja	2.820	0.0%	Baja	3.262	0.0%	Baja	2.579	0.0%	Baja
		Modelo 19	7.50	3.297	0.0%	Baja	2.641	0.0%	Baja	3.059	0.0%	Baja	2.440	0.0%	Baja
		Modelo 19	4.50	2.871	0.0%	Baja	2.311	0.0%	Baja	2.662	0.0%	Baja	2.133	0.0%	Baja
		Modelo 20	4.00	4.494	0.0%	Baja	3.663	0.0%	Baja	3.446	0.0%	Baja	0.000	0.1%	Alta
		Modelo 20	3.50	4.865	0.0%	Baja	3.980	0.0%	Baja	3.332	0.0%	Baja	0.000	0.1%	Alta
		Modelo 21	4.50	3.744	0.0%	Baja	3.026	0.0%	Baja	3.391	0.0%	Baja	2.613	0.0%	Baja
		Modelo 22	2.50	19.662	0.0%	Baja	16.032	0.0%	Baja	11.094	0.0%	Baja	8.735	0.0%	Baja
		Modelo 23	4.50	10.788	0.0%	Baja	8.579	0.0%	Baja	9.830	0.0%	Baja	7.774	0.0%	Baja
		Modelo 24	2.50	18.206	0.0%	Baja	15.235	0.0%	Baja	15.550	0.0%	Baja	7.283	0.0%	Baja
		Modelo 25	4.50	9.961	0.0%	Baja	7.806	0.0%	Baja	9.096	0.0%	Baja	7.138	0.0%	Baja
		Modelo 26	2.50	25.321	0.0%	Baja	0.000	22.7%	Alta	7.179	0.0%	Baja	6.565	0.0%	Baja
	VOLTEO	Modelo 1		6.2	0%	Baja	2.42	2%	Baja	5.78	0%	Baja	2.35	2%	Baja
		Modelo 2		4.15	0%	Baja	1.71	12%	Baja	4	0%	Baja	1.68	13%	Baja
		Modelo 3		2.54	0%	Baja	1.61	2%	Baja	2.49	0%	Baja	1.59	3%	Baja
		Modelo 4		71.4	0%	Baja	4.62	4%	Baja	42.5	0%	Baja	4.43	5%	Baja

TABLA 7.10 PROBABILIDADES DE FALLA

MATERIAL	TIPO DE FALLA	SECCIÓN	ZONA	AMENAZA A 1 AÑO		AMENAZA A 10 AÑOS		AMENAZA A 50 AÑOS	
				Pf	CALIFICACIÓN	Pf	CALIFICACIÓN	Pf	CALIFICACIÓN
SUELO	ROTACIONAL	1-1	General	0.00	baja	0.02	baja	0.07	baja
			2	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			3	0.01	baja	0.06	baja	0.20	media
			4	0.02	baja	0.08	baja	0.48	alta
		3-3	General	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			1	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			2	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			3	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		7-7	General	0.00	baja	0.03	baja	0.09	baja
			1	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			2	0.01	baja	0.05	baja	0.15	media
			3	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		2-2	1	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			2	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			3	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			4	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		6-6	General	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			1	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
			2	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
			3	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		5-5	General	0.01	baja	0.08	baja	0.24	media
			1	0.00	baja	0.01	baja	0.05	baja
			2	0.03	baja	0.10	baja	0.27	media
			3	0.03	baja	0.11	baja	0.28	media
ROCA	PLANAR	Modelo 1		0.03	baja	0.28	media	0.81	alta
		Modelo 2		0.01	baja	0.08	baja	0.25	media
		Modelo 3		0.06	baja	0.19	media	0.46	alta
		Modelo 4		0.01	baja	0.13	media	0.41	alta
	CUÑA	Modelo 1	7.50	0.00	baja	0.04	baja	0.10	baja
		Modelo 1	4.50	0.01	baja	0.07	baja	0.21	media
		Modelo 1	3.00	0.01	baja	0.09	baja	0.27	media
		Modelo 2	15.50	0.00	baja	0.02	baja	0.04	baja
		Modelo 2	6.75	0.00	baja	0.04	baja	0.11	baja
		Modelo 2	3.00	0.01	baja	0.08	baja	0.24	media
		Modelo 3	5.00	0.01	baja	0.06	baja	0.17	media
		Modelo 4	17.00	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 4	7.50	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 4	3.00	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 5	13.50	0.00	baja	0.01	baja	0.03	baja
		Modelo 5	9.50	0.00	baja	0.01	baja	0.04	baja
		Modelo 6	15.50	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 6	7.50	0.00	baja	0.01	baja	0.02	baja
		Modelo 6	3.00	0.00	baja	0.02	baja	0.06	baja
		Modelo 7	15.50	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 7	7.00	0.00	baja	0.01	baja	0.03	baja
		Modelo 7	3.00	0.00	baja	0.02	baja	0.07	baja
		Modelo 8	9.50	0.00	baja	0.02	baja	0.06	baja
		Modelo 9	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 10	2.50	0.01	baja	0.07	baja	0.22	media
		Modelo 11	2.50	0.00	baja	0.03	baja	0.08	baja
		Modelo 12	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 13	7.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 13	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 14	2.50	0.00	baja	0.03	baja	0.08	baja
		Modelo 15	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 16	2.50	0.00	baja	0.03	baja	0.08	baja
		Modelo 17	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 18	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 19	7.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 19	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 20	4.00	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 20	3.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 21	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 22	2.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 23	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 24	2.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 25	4.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 26	2.50	0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
	VOLTEO	Modelo 1		0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 2		0.00	baja	0.00	baja	0.01	baja
		Modelo 3		0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja
		Modelo 4		0.00	baja	0.00	baja	0.00	baja

Las cuñas aunque sustanciales en número, distan de configurar nichos de deslizamiento (y de riesgo). Los factores de seguridad, contrario a los parámetros operativos, son excelsos y las probabilidades condicionales exiguas. Los cuerpos ciertos se limitan a los cortes T-29, T-32, T-47 y T-49 (véase la *Tabla 7.9* y la *Figura 7.2*); los demás o revelan coincidencias geométricas (i.e. igual buzamiento entre el plano estructural y la superficie libre) o redundan en pequeños deslaves carentes de daño.

El cuaternario diagrama aceptables estadios de trabajo, excepto por la zona 4 de la sección 1-1´; los cuerpos potenciales encierran condiciones seguras en estado seco, en patrones normales de agua, o en ausencia de uno de los agentes detonantes. Los factores de seguridad se circunscriben entre 1,02 y el 8,80 (*Tabla 7.9*); la activación, expresada como deslizamientos rotacionales o fallas planares infinitas, tiene asidero, eventualmente, toda vez que participen los coeficientes de resistencia mínimos y los agentes exógenos en simultánea.

7.2.3.3 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Conocidas la composición geotécnica de cada ladera y las probabilidades condicionales, el último paso para obtener el mapa de Zonificación de Amenaza consiste en determinar los corredores de afectación esperados por los procesos. Tales espacios se limitan una vez estimadas las distancias probables de viaje de las masas así:

a) en los suelos residuales (incluidos los macizos alterados), a través de la implementación del modelo establecido por P.J. Finlay et al (1.998), sus variables de entrada son: la morfometría del talud, la altura y la pendiente, y la profundidad de la masa involucrada, todas en función de coeficientes promedios o máximos (promedios más una desviación estándar) y que responden a la siguiente ecuación:

$$LogL = C0 + C1xI1 + C2xI2$$

Donde

C0, C1 y C2:	Constantes del análisis estadístico (P.J. Finlay et al)
I1:	Log H (altura del talud)
I2:	Log (tan A) (inclinación de la cara del talud)

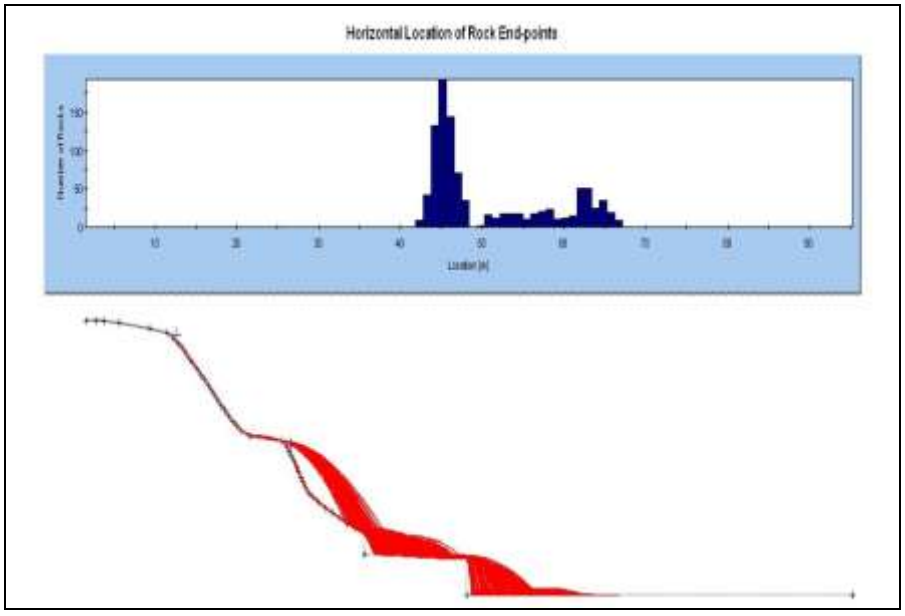
y b) en los macizos rocosos definida igual bien a la altura del talud, si el mecanismo reinante reside en la falla planar, planteamiento, en concordancia a que los masas se desplazan hasta alcanzar el ángulo de fricción del material, o bien a la distancia necesaria para la disipación de la emergencia cinética, contexto prevalerte en la caída de rocas en las fallas en cuña.

Ahora bien, a fe de estimar el alcance de los bloques móviles es necesario conocer sus dimensiones; establecer la morfología (o topografía) de la trayectoria; fijar (o por lo menos estimar) las condiciones de caída; y simular trayectorias aleatorias, particularidad rectora del comportamiento de este tipo de eventos. La geometría del bloque, se define acorde con las observaciones de campo, los caídos, aunque variados en sus dimensiones, encierran aspectos alargados (dos de sus dimensiones mayores a la tercera), y con la separación y la persistencia de las discontinuidades. Sin embargo, la situación más crítica alberga masas esferoidales de 0,5 m^3 (volumen arrojado por el análisis de estabilidad) y de 10 kg de peso, pero con máximo de 12 kg.

La topografía se abstrae, en tres secciones, de los corredores sometidos en el pasado a esta fenomenología (es decir los que históricamente han sido atendidos por la caída de bloques) o de las unidades de ladera que

esbozan la mayor predisposición cinemática (la *Figura 7.11* exhibe a manera de ejemplo una de estas secciones). Las condiciones de caída, están demarcadas, en medida alguna, por el agente disparador, y están sintetizadas por la acción de la gravedad (i.e. caída libre) o por la acción de un agente externo, vg. un sismo, idealizado por una velocidad inicial: 3,10 m/s, deducida al suponer que el movimiento es uniformemente acelerado, que la distancia es cinco veces el diámetro del bloque clave (y establecido en 2,50 m), que la velocidad inicial es despreciable, y que la aceleración es de apenas 0,18g. Y la simulación se dejo en manos del programa Colorado Rockfall (2000, creado por Jones L C), que tiene como parámetros de ingreso las dimensiones del fragmento rocoso, la topografía matizada por medio de los coeficientes de rugosidad normal y tangencial, y las condiciones iniciales de velocidad.

FIGURA 7.11 MODELO DE SECCIÓN (1-1´) PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE VIAJE



En el *Anexo H.1.5* se condensan las longitudes calculadas para los cuerpos potencialmente inestables, indistintos de la sección en consideración, en función de la probabilidad de ocurrencia. Conjugados los datos obtenidos tanto del PEM, como de los modelos para distancias de viaje, se dividió la zona de estudio, según la categorización de Amenaza propuesta por González y Millán (1.999), demarcada en el "Estudio de Zonificación de Santa Fe de Bogotá" y adaptada a Santa Rosa de Lima (véase la *Tabla 7.11*).

El *Plano 8* ilustra los resultados de la zonificación de amenaza a 10 años, definida en adelante como actual. Los escenarios de amenaza alta, se concentran en los cuerpos de deslizamientos y en parte de las zonas homogéneas LEI-eradu-1, LEI-eradu-2, LEI-esradu-1 y LEI-esradu-2, gestados en rellenos antrópicos y en suelos residuales; le siguen en importancia pequeñas islas en las regiones LEI-LsrA-2, LEI-eAdu-1, LEI-LA-1, LEI-LA-2, LEI-LsrA-1, LEI-LsrL-1, CEI-LsrL-1, CEI-LL-1, CEI-LsrL-1, CEI-LA-1, CEI-eradu-1, LEI-trat-1, ebfdu-1 y CEI-esrdu-1 (representadas en el *Plano 7*), todas con categoría media, erigidas en el ecuador del barrio, entre los dos accidentes topográficos (los cerros), entrelazan horizontes arcillosos o areno-arcillosos (residuales de más de dos metros de talle), y laderas y contrapendientes estructurales esculpidas en areniscas y lodolitas, proclives a desplazarse bien por presurización o por reblandecimiento. Los escenarios más conservadores, o

de amenaza baja, encierran buena parte del espacio urbanizado, es decir las laderas al oriente, sur y occidente, en especial las unidades LEI-esrdu-1, LEI-esrdu-2, LEI-eradu-1, LEI-eradu-2 y LEI-eradu-3 (véase el *Plano 7*).

TABLA 7.11 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA (ADAPTADO DE GONZÁLEZ Y MILLÁN, 1999)

FACTOR DE SEGURIDAD		PROBABILIDAD DE FALLA		NIVEL DE AMENAZA	
DE	A	DE	A		
0.1954	1.2000	0.9569	0.3894	ALTA	A
1.2000	1.900	0.3894	0.1243	MEDIA	M
1.900	4.8764	0.1243	0.0040	BAJA	B

La imagen es más drástica hacia el futuro: 50 años. El deterioro en la condición de amenaza en Santa Rosa, aunque no tan marcado si es evidente; unas pocas franjas otrora de cualificación baja mutan a media, y las de media se encumbran en alta (véase el *Plano 8A*); transición incubada por demás en forma lenta (baste mirar la ratificación fijada en la *Tabla 7.10*) los deslizamientos rotacionales en los residuales de las lodolitas y de las areniscas, las fallas planares infinitas o no en los macizos rocosos alterados, y tienen lugar protagónico. El uso residencial (hoy día latente), independientemente de las cortapisas ambientales y funcionales (tema que se toca en el capítulo 10) dista de ser el más apropiado. Restricción con la que si bien hay que convivir puede convertirse en llevadera, en la medida en que se acometan sistemas de estabilización, contención y mitigación, p.e. pantallas con pilotes, muros de contención, perfilados (reconformación morfológica), sistemas, invariablemente, acompañados por redes de drenaje superficial (cunetas y descoles) y subdrenaje; o se reasienten las viviendas más vulnerables (respuesta descrita en el capítulo 9) o más tendentes al colapso (i.e las más deterioradas).

Distante, pero no menos importante, al lugar ocupado por los procesos de inestabilidad es el deterioro estructural de las edificaciones, esbozado por grietas transversales y longitudinales de hasta varios centímetros (véase el *Anexo K.2*), favorecidas no sólo por la ausencia de elementos de amarre, por su escueta estructura, distante de los planteamientos y especificaciones sintetizados en la norma NSR-10, o por su edad (cercana o superior a los 50 años acorde con la información de la comunidad) sino por el reblandecimiento del suelo, catalizado por las roturas de las redes de servicio, en buena parte promovidas por autoconstrucción, y causante, a priori, del aumento en los asentamientos, del menoscabo en la respuesta geomecánica de la cimentación y de la activación de los procesos de inestabilidad. Materias que son revisadas y evaluadas al interior de los capítulos 8, si se trata del colapso, 9 y 10, en cuanto a la vulnerabilidad se refiere.

7.3 FENÓMENOS BIOLÓGICOS

Las poblaciones se ven enfrentadas a diferentes amenazas, unas muy estudiadas como la sísmica, y otras menos valoradas como las ambientales (o biológicas), pero con impacto representativo en la vida diaria.

Estas últimas, encierran un vasto grupo de fenómenos que involucran entre otras: las intoxicaciones masivas, la insalubridad ambiental y las epidemias; su análisis se alimenta de la conjugación de variables sociales, económicas, educativas, políticas, ambientales, de salud, nutricionales y culturales, por mencionar algunas, las que determinan el estado de salud ambiental, asociado a la salubridad.

Su evaluación, distante en medida alguna de los métodos probabilísticos y estadísticos, con excepción de las epidemias, está más cerca de las directrices del razonamiento aproximado, en especial de la opinión de expertos; tal vez por lo complejo de los sistemas y de las variables involucradas o tal vez por el sinnúmero de incógnitas reinantes. De cualquier manera, e indistinto del procedimiento de evaluación, el primer paso para su tratamiento reside en la estructuración y contextualización del marco de referencia, que no es otra cosa que el diagnóstico o la línea base. En este orden de ideas, y previo al devenir propio de la amenaza, se establece, gracias a las informaciones primaria y secundaria (pe. Barón, Quintero y Tarquino, 2008), el marco de referencia del barrio y de la localidad (pues a nivel distrital la unidad básica de estudio es la localidad) en temas globales, que permiten entender la dinámica situacional y que tienen, además, especial importancia para la valoración de la amenaza (y del riesgo); posteriormente se priorizan y valoran los determinantes en salud ambiental, se fija (y delinea) su método de evaluación, y se acopian los resultados, fuente para la generación de las recomendaciones.

7.3.1 LÍNEA BASE

La determinación del riesgo (y por consiguiente la amenaza) biológico lleva intrínseca la evaluación de diversos factores, descritos cualitativamente en capítulos anteriores, puesto que su cuantificación es engorrosa, que afectan de manera transversal todos los procesos que ocurren en el barrio, entre ellos: el microclima, específico de cada ambiente; el urbanismo y las fuentes de abastecimiento, reducidas (o casi nulas) en Santa Rosa y que dificultan la adquisición de bienes de consumo; los problemas viales, que impactan la movilidad de las personas (el ingreso y la salida); la tasa de desempleo, relacionada con el nivel de ingresos, que influye en la compra de productos ó servicios y en la permanencia de los habitantes dentro del barrio; y el nivel de educación, que sesga los hábitos de consumo y las oportunidades de crecimiento personal y profesional. Estos son sólo algunos condicionantes, que por suerte coinciden de alguna manera, con los puntos de evaluación de la Encuesta de Calidad de Vida, ECV, concebida, dirigida y llevada a cabo por la SDS (Secretaría Distrital de Salud) en el año 2007, y que es fuente ineludible y escencial para la diagramación y estructuración de este capítulo.

El análisis de la ECV pone en evidencia que en la localidad de Santa Fé del total de hogares encuestados, los pobres, con una o más Necesidad Básica Insatisfecha, NBI, son el 9,2%, y los hogares en miseria, de dos o más NBI, son el 2,5%. El hacinamiento es la necesidad básica con el mayor porcentaje de prevalencia, encumbrada en el 9,5%, seguida por la dependencia económica y la vivienda inadecuada, con el 5,5% y el 2,8%, respectivamente; cifras superiores a los del orbe Distrital, en el que los hogares pobres son el 5,0% y los hogares en miseria son el 0,5%. Cantidades que ponen de manifiesto la alta fragilidad social de la localidad; fragilidad incubada (y de manera alguna promovida también) por la falta de oportunidades laborales, por el desempleo, por la inseguridad, por los embarazos a temprana edad y por la deserción escolar, entre otros condicionantes (o detonantes). Conviene precisar que las NBI, están definidas por indicadores como: las viviendas inadecuadas, el hacinamiento crítico (definido cuando más de dos personas conviven en una habitación de 4 mx4 m), los servicios inadecuados, la alta dependencia económica, y la inasistencia escolar.

La ECV (2007) refleja que en cada hogar de la localidad residen 3,18 personas; sin embargo, hay un alto grado de subarriendo en forma de inquilinatos, pero sin cifras precisas al respecto (Pnud, 2007). La auto percepción de condición de pobreza manifiesta que el 48,5% de las personas se considera pobre frente al 47,5% del año 2003, y el 50,5% manifiesta no poder cubrir sus gastos mínimos (DANE, 2005).

La localidad presenta atraso en su desarrollo (DANE, 2005). 614 hogares (el 1,5%) están ubicados en zonas de riesgo por inundación, 618 hogares (el 1,5%) habitan cerca de basureros y 2515 (el 6,1%) están apostados próximos a caños de aguas negras, lo que favorece la contaminación del aire y del agua para su consumo, y representa un deterioro en las condiciones de vida de las familias. Del total de hogares, el 12,7% tiene un miembro que no consumió ninguna de las tres comidas en uno o más días de la semana, cifra que dobla en porcentaje a Bogotá D.C, que apenas llega al 6,5% (Barón, Quintero y Tarquino, 2008).

Las realidades señaladas están relacionadas con los altos niveles de desempleo, con los bajos ingresos de la población trabajadora y con las precarias condiciones de inserción en el mercado laboral; además, con la desigualdad en el reparto de los ingresos, expresada en la alta concentración de dinero y de la propiedad, lo que afecta los modos de vida, principalmente los de los grupos étnicos y los de las personas en situación de desplazamiento (Barón, Quintero, Tarquino, 2008).

7.3.1.1 ESTRATEGIA VIVIENDA SALUDABLE

La vivienda saludable como estrategia, es el desarrollo de una iniciativa que consiste en la ejecución de actividades que promueven y protegen la salud de las personas de los peligros a los que están expuestas en la vivienda y en el contexto en el que están inmersas (MAVDT, 2006); alude por lo tanto a un espacio de residencia que favorece la salud de sus moradores; este espacio incluye: la casa, el refugio físico en el que reside un individuo, el hogar (i.e. el grupo de individuos que viven bajo un mismo techo), el entorno, representado por el ambiente físico y sicosocial inmediatamente exterior a la casa, y la comunidad, definido como el grupo de individuos identificados como vecinos por los residentes (OPS/OMS, 2007).

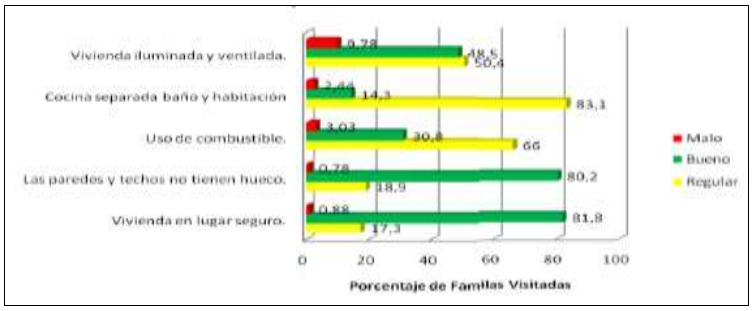
En gracia de este marco ideológico, su tratamiento está promovido y soportado gracias a encuestas directas, que tienen como bastiones principales los módulos: “Vivienda como Espacio Vital”, “Sorbos de Vida Agua para Consumo en la Vivienda”, “las Excretas y las Aguas Sucias Andan por Ahí”, “los Residuos Sólidos en la Vivienda”, “Échele Ojo a las Plagas” y “Alimentos y Vivienda con Higiene y Salud”. Y su valoración se da en tres colores, el rojo: equivalente a un mal estado de la vivienda, representa a la familia que no ha cumplido con ninguno de los aspectos abordados en instancias de educación anteriores; el amarillo: propio de un regular estado, simboliza un avance paulatino en el proceso de la implementación de la estrategia; y el verde: atado a un buen estado de la vivienda y del núcleo familiar, toma lugar toda vez que se ha implementado de forma satisfactoria la estrategia, y por consiguiente se han abordado en forma positiva los factores protectores y se han controlado o mitigado sus determinantes (Barón, Quintero y TARQUINO, 2008).

A la luz de las encuestas de vivienda saludable, en Santa Rosa de Lima se cuenta con información de 2038 moradores (de los cerca de 4000 habitantes que residen en sus linderos); de ellos el 78,12 % (1592 personas) fue visitado en el año 2005, el 1,82 % (37 habitantes) en el año 2006, el 2,16 % (44 moradores) en el año 2007, el 3,58 % (73 personas) en el año 2008, el 3,19 % (65 habitantes) en el año 2009, y el 11,14 % (227 moradores) en el año 2010 (véase el *Anexo I.1*).

Espacio vital

El consolidado de la estrategia en el año 2009 encontró que para las viviendas de la localidad, en el 50,4% predominó el color amarillo (regular) en cuanto a su iluminación y ventilación; en el 83,1% no estaban totalmente separadas la cocina del baño; en el 66% las familias cocinaban con combustible; en el 80,2% las paredes y los techos estaban en buenas condiciones; y en el 81,8% estaban ubicadas en un lugar seguro. Contexto esbozado en la *Figura 7.12*.

FIGURA 7.12 MÓDULO ESPACIO VITAL LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

Para Santa Rosa de Lima la estrategia arrojó que para 111 (7 %) habitantes en el año 2005, 2 (5,4 %) en el año 2006, 6 (13,6 %) en el año 2007, 14 (19,2 %) en el año 2008, 8 (12,3 %) en el año 2009, y 36 (15,9 %) en el año 2010, las edificaciones carecían de cocina independiente; para 57 (3,6 %) moradores en el año 2005, 2 (5,4 %) en el año 2006, 1 (1,4 %) en el año 2008, y 10 (0,4 %) en el año 2010, las familias cocinaban con gas y sólo 4 (0,3 %) personas en el año 2005 seguían cocinando con leña. En las visitas realizadas a las viviendas al amparo de este proyecto del barrio, se confirma la permanencia de las situaciones mencionadas, tal es el caso del predio 3B de la manzana 85 (véase la *Foto 7.2*), en el que la cocina no es independiente; el hecho de que el 58 (14.7%) familias encuestadas reportaron carecer de servicio de gas natural.

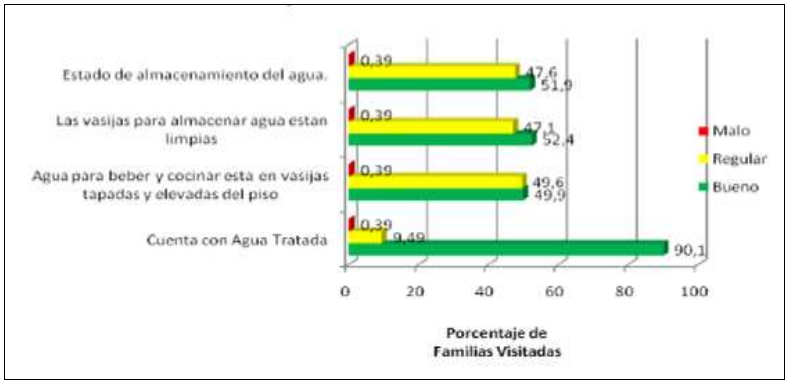


FOTO 7.2 VIVIENDA CON LA COCINA Y EL BAÑO EN UN ESPACIO COMÚN

Sorbos de vida

El 90% de los núcleos familiares, en el año 2009, estaban abastecidas con agua tratada; más de la mitad de las familias de la localidad (el 51.9%) almacenaban el agua en buenas condiciones; el 52,4% disponía el agua en vasijas limpias; y sólo en el 49,9% de las viviendas que empleaban el agua para beber y cocinar las vasijas estaban bien tapadas (véase la *Figura 7.13*).

FIGURA 7.13 MÓDULO SORBOS DE VIDA – AGUA PARA CONSUMIR EN LA VIVIENDA LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

En Santa Rosa para el año 2005, 39 habitantes (2,4 %), para el año 2008, 5 personas (6,8 %) y para el año 2010, 2 moradores (0,9 %), carecían de servicio de acueducto. Sin embargo, el panorama hoy día no es mucho mejor (así lo confirma el inventario de viviendas); si bien la mayoría de las viviendas (y de las familias) están cubiertos por la EAAB, el 5% de los predios (i.e. 20 inmuebles) están por fuera de los afiliados, lo que genera problemas de salubridad; los ejemplos más resonantes cobijan los predios 10, 25 y 13 de las manzanas 4, 85 y 90, respectivamente (véase la *Foto 7.3*).

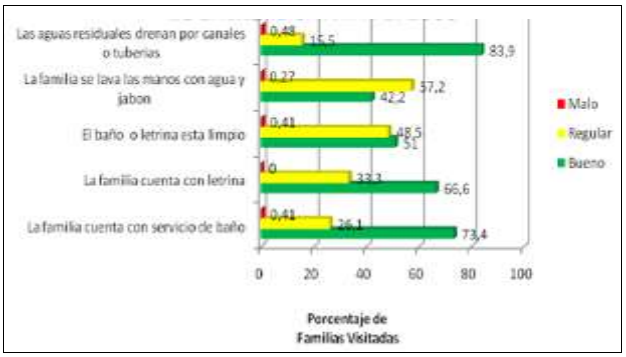


FOTO 7.3 VIVIENDA CON PROBLEMAS DE SALUBRIDAD POR FALTA DE ACUEDUCTO

Excretas y aguas sucias

En el año 2009 para el 83,9% de las familias las aguas residuales de la localidad drenan por canales o tuberías; el 42,2% de las familias se lava las manos con agua y jabón; en el 51% de las residencias el baño o letrina está limpio; y el 73,4% de las familias poseen servicio de baño (véase la *Figura 7.14*).

FIGURA 7.14 MÓDULO EXCRETAS Y AGUAS SUCIAS LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

Santa Rosa de Lima refleja que de los 2038 registros 238 presentan condiciones de aseo inadecuadas en los baños, siendo el año 2008 el más crítico (27,4 %), seguido del año 2009 (26,2 %), posteriormente el año 2007 (20,5 %), sigue el año 2010 (19,4%), a continuación el año 2006 (9 %) y por último el año 2005 (9 %). De la encuesta realizada por el consorcio se sabe que la cobertura de alcantarillado no le llega a 27 predios (casi un 7%) lo que propicia la aparición de vectores por problemas de salubridad, y se evidencia en predios como el 28 de la manzana 4 (véase la *Foto 7.4*), el 12 de la 84, el 7 de la manzana 79, el 25 de la 85 y el 13 de la manzana 90.

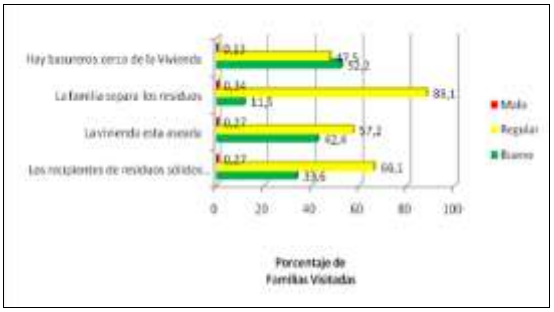


FOTO 7.4 VIVIENDA CON PROBLEMAS DE SALUBRIDAD POR FALTA DE ALCANTARILLADO

Residuos sólidos

Durante el año 2009 para la localidad tercera en el 52,2% de las viviendas hay un basurero cerca; el 88,1% de las familias separa a medias los residuos sólidos; en el momento que se hizo la visita se encontró que el 42,4% de las viviendas estaban bien aseadas; y solamente el 33,6% de los recipientes de residuos sólidos están bien ubicados y con tapa, (véase la *Figura 7.15*).

FIGURA 7.15 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

La estrategia en el barrio reporta que en los años 2005, 2006, 2008 y 2010 hay habitantes que no perciben el servicio de aseo, que se dividen según los años así: 35 (2,2%), 2 (10,8 %), 10 (13,7 %) y 14 (6,2 %), respectivamente, por lo que el año 2008 fue el más crítico. Información verificada por el consorcio, a través de la encuesta, y se revela que el servicio es prestado, pero que un poco más del 2% (9 predios) contaban con acumulación de residuos, siendo los predios más representativos el 28 de la manzana 4, el 7 de la manzana 79, el 3 de la manzana 82, el 36 de la manzana 85 (véase la *Foto 7.5*) y el 13 de la manzana 90.



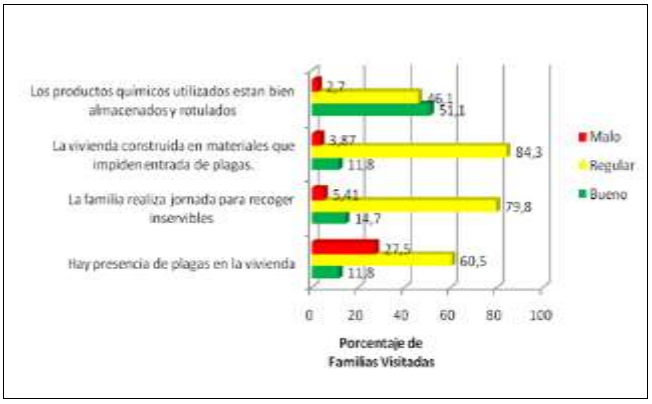
FOTO 7.5 VIVIENDA CON ACUMULACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las plagas

El 51,1% de las familias de la localidad de Santa Fé para el año 2009 almacenaba bien los productos químicos; en el 11,8% de las familias la vivienda está construida en materiales que impiden la entrada de

plagas; el 14,7% de las familias realizan jornadas para recoger inservibles; y en el 27,5% de los casos hay presencia de plagas (véase la *Figura 7.16*).

FIGURA 7.16 ÉCHELE OJO A LAS PLAGAS LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

El consorcio, con base en las encuestas realizadas en Santa Rosa de Lima, conoce que por lo menos en 16 predios (el 4%) se comprobó la presencia de plagas, pero es considerado un problema generalizado, los predios característicos son el 28 y el 31 de la manzana 4, el 12 de la manzana 84, el 20 de la manzana 88, el 7 de la manzana 79 (véase la *Foto 7.6*), el 29 de la manzana 85 y el 13 de la manzana 90.

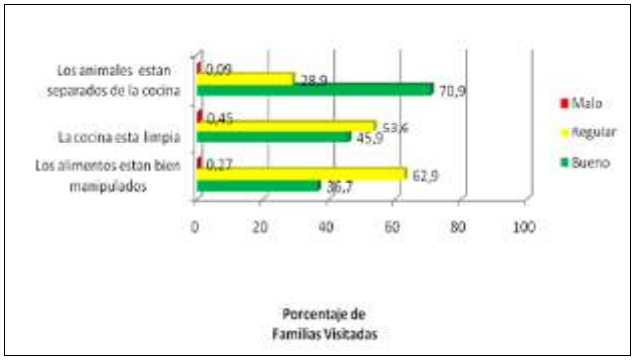


FOTO 7.6 PRESENCIA DE PLAGAS EN LA VIVIENDA

Alimentos y vivienda con higiene y salud

La estrategia durante el año 2009 en la localidad reportó que el 70,9% de los animales están fuera de la vivienda; en el 45,9% de los casos la cocina estaba limpia; y el 62,9% de las familias están aprendiendo a manipular los alimentos (véase la *Figura 7.17*).

FIGURA 7.17 MÓDULO ALIMENTOS Y VIVIENDA CON HIGIENE Y SALUD LOCALIDAD SANTA FÉ



FUENTE: BARON, QUINTERO, TARQUINO (2008).

La información que se reporta del barrio a lo largo del programa vivienda saludable refleja en las visitas realizadas se presentaba un inadecuado aseo de la cocina, en el año 2005 141 personas (8,9 %) presentaban la falencia, en el año 2006 eran 5 habitantes (13,5 %), en el año 2007 fueron 9 moradores (20,5 %), en el año 2008 eran 8 personas (11 %), en el año 2009 fueron 5 personas (7,7 %) y para el año 2010 fueron 18 personas (7,9 %). De la encuesta realizada en Santa Rosa de Lima, se determinaron problemas en 5 viviendas (un poco más del 1%) con el manejo de las mascotas, con los predios 23 y 28 (véase la *Foto 7.7*) de la manzana 4 como claros ejemplos.



FOTO 7.7 PROBLEMA DE ANIMALES

7.3.1.2 EVENTOS TRANSMISIBLES DE ORIGEN ZOONÓTICO

En 1959 el comité de expertos de la OMS define la zoonosis como “enfermedades que se transmiten entre los animales y el hombre” y se visualiza en forma tácita el concepto de compartidas, pretendiendo con ello adjudicarle un sentido más amplio y menos antropocéntrico. Adquieren cada vez mayor importancia debido al constante aumento de la población humana, lo que hace suponer un aumento en la posibilidad de transmisión o surgimiento de distintas enfermedades, conocidas o desconocidas, con o aún sin tratamiento; tal fenómeno

se presenta como producto de la búsqueda de nuevos espacios para habitar, llevando a compartir hábitats que tradicional y naturalmente pertenecen a animales y a insectos. Tiene implicaciones a nivel sociocultural, que se expresan en pérdidas a nivel humano (tasas de morbilidad y mortalidad elevadas, carga ambiental de la enfermedad aproximadamente en un 10%) y a nivel animal (potencial productivo de los animales, baja productividad y calidad de los alimentos).

Los vectores de mayor importancia para el distrito capital comprenden roedores como la rata de los alcantarillados (rattus norvegicus), la rata de techo o tejados (rattus rattus), el ratón doméstico (mus musculus) y artrópodos como el zancudo culex quinquefaciatus, la mosca doméstica, las pulgas, las garrapatas, las cucarachas y los piojos. Los factores que determinan la presencia de vectores y roedores en cada localidad del distrito capital son:

- Contaminación de cuerpos de agua: Se refiere a la presencia de aguas residuales en ríos, en caños, en meandros, en humedales y en quebradas.
- La mala disposición de residuos sólidos: Se refiere a todas aquellas zonas en donde se acumulan residuos sólidos bien sea rellenos sanitarios o botaderos ilegales de basuras y su presencia en las rondas de los ríos.
- Los perros callejeros además de representar un riesgo por transmisión de enfermedades como rabia y ser vectores de artrópodos como pulgas, garrapatas y piojos también ocasionan la presencia de residuos al romper e invadir los contenedores de basura.
- Los mataderos y las curtiembres al desarrollar sus actividades, depositan residuos peligrosos en cuerpos de agua o se acumulan en lugares donde atraen vectores y roedores.
- La crianza inadecuada de animales domésticos también es un factor atrayente para vectores y roedores debido a la mala disposición de excrementos y las bajas condiciones de salubridad.

En el Distrito Capital de las familias caracterizadas por los equipos de Salud a su Casa (SASC) durante los años 2004 a 2009□, en el 29% de los casos las mascotas conviven con las familias, las localidades con situación crítica son: Chapinero (48%), Sumapaz (43%), Usme (43%), Candelaria (43%) y Ciudad Bolívar (37%); en la localidad de Santa Fé, se caracterizaron 13578 hogares de los que el 33% convive con animales (4476) (SDS, 2009), para el barrio santa Rosa de Lima según la información recopilada por la estrategia de vivienda saludable se sabe que 853 personas conviven con animales, por períodos los datos se resumen así: 685 (43%) en el año 2005, 70 (30,8 %) en el año 2010, 28 para los años 2008 (38,4 %) y 2009 (43,1 %), 24 (54,4 %) en el año 2007 y 18 (48,6 %) en el año 2006.

La SDS realizó un estudio poblacional de perros y de gatos para el año 2005, que evidencia su alta densificación, haciendo posible la generación de zoonosis y facilitando la propagación de insectos, roedores y malos olores por el manejo no adecuado de excretas y residuos por parte de sus responsables.

Según proyección del DANE con base en el Censo Nacional de Población; para el año 2009 cerca de 7259597 personas habitarían la ciudad, por otra parte la población canina en el Distrito es de 599513 para el mismo año, lo que indica que la relación era de un (1) canino por cada doce (12) personas (SDS, 2009); así las cosas según la encuesta realizada, la población del barrio Santa Rosa de Lima es de aproximadamente 2380 habitantes (año 2010) a lo que corresponderían alrededor de 198 perros; por su parte, la estrategia vivienda saludable, en su trayectoria, reporta la existencia de 132 perros caseros (53 en el año 2010, 22 en el año 2009, 18 en el año 2007, 17 en el año 2007 y 11 en los años 2005 y 2006) y 23 gatos caseros (11 en el año 2010, 9 en el año 2007, 2 en el año 2006 y 1 en el año 2008) para el barrio. (**Continúa en la parte 2**).

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de prevención y
Atención a Emergencias

CLASIFICADO

ESTUDIO DE RIESGOS SOCIO-NATURALES Y ANTRÓPICO NO INTENCIONAL Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA EL BARRIO SANTA ROSA DE LIMA DE LA LOCALIDAD DE SANTA FE, EN BOGOTÁ D.C.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Diagonal 47 Nº 77B-09 Interior 11

PBX: 4297414

Bogotá D.C., Colombia

GIA - 063- 10

CONTRATO No. Cons. 448 - 2010

INFORME FINAL

PARTE 2 (pp. 201 – 399) DE 6 PARTES

ORIGINAL - TEXTO

ABRIL DE 2011

De acuerdo con el artículo 20 de la Ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE.

INGERCIVIL LTDA

CONSORCIO GIA - INGERCIVIL

Carrera 16 A No. 86 A – 02 Of. 202

Bogotá D.C., Colombia

GIA CONSULTORES LTDA

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL (CONTINUACIÓN)

EVALUACIÓN DE AMENAZA SOCIO-NATURAL (CONTINUACIÓN)

La población canina objeto de vacunación presentó un incremento de 11 puntos porcentuales entre el año 2004 y el año 2006, siendo Kennedy, Suba, Engativá, Ciudad Bolívar y Usaquén las localidades con mayor número de canes; la población canina objeto de vacunación disminuyó entre el año 2006 al año 2009 trece puntos porcentuales (13%), pasando de 686943 a 599513, siendo incluso inferior a la registrada en el año 2004 (SDS, 2009); en Santa Fé se evidencia el descenso, para el año 2004 se vacunaron 14714 canes, para el 2006 fueron 15446, en el año 2007 fueron 9468 canes, para llegar en el año 2009 a 8753 canes (SDS, 2010). La encuesta realizada en la estrategia de viviendas saludables reporta hasta febrero del año 2011 que existían 10 perros caseros (3 en el año 2005 y el 2009, 2 en el año 2006 y 1 en el año 2007 y 2008) y 8 gatos caseros (5 en el año 2010, 2 en el año 2006 y 1 en el año 2008) sin vacunar.

Si bien algunas especies de animales ejercen efectos benéficos, desde el punto de vista productivo, de salud, de bienestar o de compañía, hay que referirse a otras que desencadenan situaciones de riesgo para la población, ya sea por picadura, por mordedura o por simple molestia, sin olvidar a aquellas que son vehículos de transmisión de enfermedades infecciosas, como por ejemplo determinados tipos de insectos, artrópodos y mamíferos que producen entre otras afecciones: la peste, la turalemia, la rabia, el tifus endémico, la enfermedad del sueño, la fiebre amarilla, la malaria y el dengue (SDS, 2009).

De las enfermedades anteriormente mencionadas no se reporta por parte del HCO ni de la SDS ningún evento relacionado en el barrio Santa Rosa de Lima, y en la localidad tercera ha habido reportes de dengue (3 casos de dengue clásico y 2 de dengue hemorrágico en el año 2005, 4 casos de dengue clásico en el año 2006 y 11 para el año 2007 además de 4 casos de dengue hemorrágico (SISVEA, 2006), de malaria (3 casos por la especie falciparum y 2 por vivax, para un total de un caso en el año 2007 (SISVEA, 2007) y de rabia.

La rabia, es una de las patologías controladas por la SDS como enfermedades inmunoprevenibles, las localidades en donde se presentan la mayor cantidad de accidentes relacionados son: Usaquén (13,4%), Ciudad Bolívar (13%) y Suba (12,3%); en Santa Fé, en el año 2006 se presentaron 201 (3,64%) casos, en el año 2007 fueron 213 (3,36%), para el 2008 fueron 272 (3,2) casos y en el 2009 se reportaron 178 (2,3) casos, siendo el menor registro (SDS, 2010).

El Distrito realiza la vacunación antirrábica, para el año 2006 el promedio de cobertura fue de 62,5%, porcentaje que en el año 2007 llegó al 70,74% y en el año 2008 alcanzó el 70,92% en caninos y 30,07% en felinos, población que alcanza los 144945 individuos, para el año 2009 en caninos decreció (65%) pero en

felinos incrementó a 32%; en Santa Fé para el año 2007 la cobertura de vacunación canina fue del 79.26% (7505), en el año 2008 fue del 97.06% (9190) para llegar finalmente en el 2009 al 83% (7305) de la cobertura (SDS, 2010).

7.3.1.3 ALIMENTOS SANOS Y SEGUROS

El concepto de inocuidad de alimentos comprende el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, la elaboración, el almacenamiento, la distribución y la preparación de los alimentos para asegurar que una vez ingeridos no representen riesgo para la salud de quienes lo consumen (FAO).

Las enfermedades de origen alimenticio, incluidas las intoxicaciones e infecciones, son patologías producidas por la ingestión accidental, incidental o intencional de alimentos o agua contaminados en cantidades suficientes con agentes químicos o microbiológicos, debido a la deficiencia en el proceso de elaboración, de manipulación, de conservación, de transporte, de distribución o de comercialización de los alimentos y del agua (Benenson, 1997: 272-273). Las fuentes de contaminación de los alimentos son varias: el propio alimento, las superficies de contacto, el medio ambiente (suelo, agua), agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos y parásitos), agentes químicos (metales pesados y otros compuestos orgánicos), los seres vivos (plantas y vegetales, animales, pescado, hombre), y los productos derivados de éste (SDS, 2010).

Los alimentos que se consumen pertenecen generalmente al reino animal y al vegetal; y los microorganismos en los alimentos proceden tanto de la microflora de la materia prima como de los que se introducen durante las operaciones de recolección, de sacrificio, de tratamiento, de almacenamiento, de distribución y de consumo (SDS, 2010).

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) adquieren cada vez mayor importancia debido al incremento en la producción y a la globalización, ya que el constante aumento de la población humana exige un acelerado proceso en materia de producción de alimentos, lo que hace suponer un aumento en la posibilidad de transmisión o surgimiento de distintas enfermedades, conocidas o desconocidas, con o aún sin tratamiento; se expresan en pérdidas a nivel humano (tasas de morbilidad y mortalidad elevadas, carga ambiental de la enfermedad aproximadamente de un 10%) y a nivel animal (baja productividad y calidad de los alimentos) (SDS, 2010). En el barrio Santa Rosa de Lima, según la estrategia de viviendas saludables, no se reporta ningún caso de hospitalización por enfermedad diarreica aguda dentro del intervalo de años 2005 a 2010.

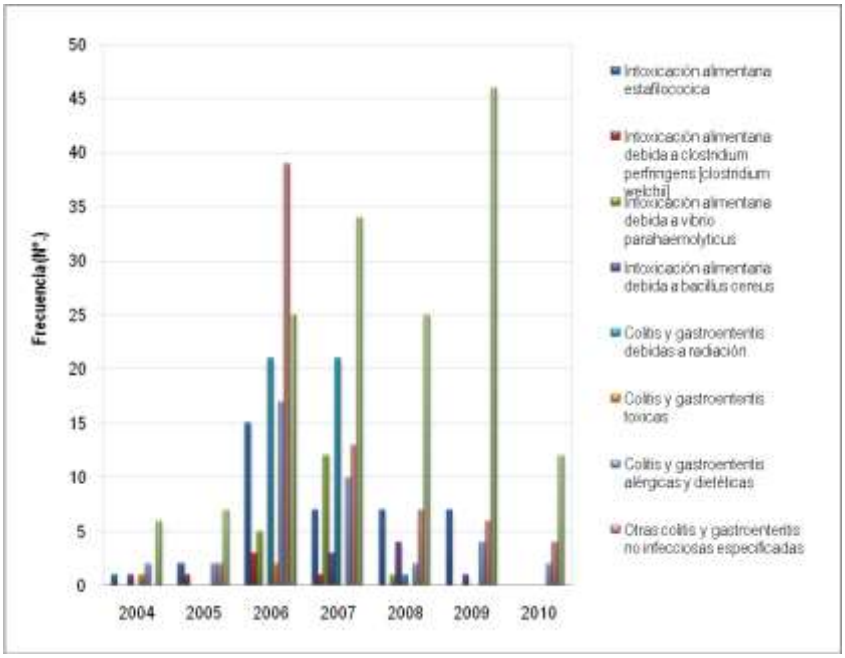
La SDS ha calculado la distribución y la tasa de incidencia de brotes por ETA en cada una de las localidades para el año 2009, de la localidad de Santa Fé no aparece reporte alguno; la SDS, igualmente reporta que la mayoría de los casos (el 35%) son incubados por consumo de alimentos en los hogares, seguido del 20.7% que es incubado en establecimientos comerciales, lo que evidencia la importancia del manejo higiénico de los alientos en los hogares (SIVIGILA, 2009).

Aunque la SDS no reporta en su consolidado a la localidad de Santa Fé, la misma entidad ha recopilado la frecuencia de intoxicaciones del año 2004 al año 2010 y se presentan los siguientes cuadros clínicos (véase la *Figura 7.18*): colitis y gastroenteritis no infecciosas, no especificadas (155 atenciones), otras colitis y gastroenteritis no infecciosas especificadas (71 atenciones), colitis y gastroenteritis debidas a radiación (43 atenciones), intoxicación alimentaria estafilocócica (39 atenciones), colitis y gastroenteritis alérgicas y dietéticas (39 atenciones), intoxicación alimentaria debida a vibrio parahaemolyticus (18 atenciones),

intoxicación alimentaria debida a bacillus cereus (9 atenciones) e intoxicación alimentaria debida a clostridium perfringens [clostridium welchii] (5 atenciones). Casos asociados al consumo de alimentos en mal estado, sobre todo carne y derivados del pollo, contaminados con bacterias o parásitos, entre ellos staphylococcus aureus, campylobacter, salmonella typhi, shigella y escherichia coli (véase el *Anexo I.2*).

Es de resaltar que el consumo de alimentos en el barrio es bajo, ya que, como lo comprueba la encuesta de la estrategia de viviendas saludables, 356 personas (324 – 20,4 % en el año 2005, 9 – 20,5 % en el año 2007, 4 – 5,5 % en el año 2008, 2 – 3,1% en el año 2009 y 17 – 7,5% en el año 2010) reportan la reducción en la cantidad de alimentos que consumen, también registra que 385 habitantes (332 – 20,9 % en el año 2005, 13 – 29,5 % en el año 2007, 5 – 6,8% en el año 2008 y 35 – 15,4% en el año 2010) por falta de dinero redujeron el consumo de alimentos, y 16 habitantes (7 – 0,4 % en el año 2005, 5 – 13,5 % en el año 2006, 1 – 2,3 % en el año 2007, 2 – 2,7 % en el año 2008 y 1 – 1,5% en el año 2009) presentan desnutrición.

FIGURA 7.18 FRECUENCIA DE DIAGNÓSTICOS POR EPIDEMIAS, INTOXICACIONES E INSALUBRIDAD AMBIENTAL LOCALIDAD SANTA FÉ – AÑO 2004 A 2010



Por ser global la información y no poderse puntualizar en el barrio Santa Rosa de Lima, se deben hacer salvedades, por ejemplo, que no hay establecimientos distribuidores de carne, de lácteos, ni plazas de mercado en las que se comercialicen productos ó comedores comunitarios, por lo que no se considera un tema a estudiar al no contar con la información pertinente.

7.3.1.4 CALIDAD DEL AIRE

La valoración de la calidad del aire empieza por reconocer la existencia de puntos de monitoreo y si bien dentro de la zona de estudio no existe ninguna estación en funcionamiento, las más cercanas son la de

Vitelma, la de San Cristóbal y la Estación Móvil, operadas por la Secretaria Distrital de Ambiente – SDA -; y la estación Sagrado Corazón operada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT-. La información emanada por los respectivos entes se representa en la *Tabla 7.12* y *Tabla 7.13.*

Ninguna estación supera los límites máximos permisibles (en realidad, se encuentran muy por debajo), suponiendo así que el barrio Santa Rosa de Lima cuenta con igual característica atmosférica y la vulnerabilidad ambiental es baja; le ayuda al barrio, el disminuido tránsito vehicular de transporte masivo (por la falta de vías de acceso), el reducido tránsito de vehículos particulares (dado el nivel socioeconómico de las personas que allí habitan), y la ausencia de establecimientos industriales.

TABLA 7.12 REPORTE ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ESTACIÓN MÓVIL

Estación Móvil							
Índice de Calidad del Aire	Dióxido de carbono (CO)	Ozono (O_3)	Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Dióxido de azufre (SO_2)	Partículas suspendidas totales (PST)	Material particulado inferior a 10 micras (PM_{10})	Material particulado inferior a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)
Año	ppm	ppb	ppb	ppb	µg/m^3	µg/m^3	µg/m^3
2010	0.97	8.3	11.77	5.19	5.19	55	563.68
2009	0.65	10.4	18.84	7.32	7.32	50	563.45
2008	1.1	5.8	17.41	8.76	8.76	51	562.12
2007	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
Límite normativo	*8.8*	*41*	*53*	*31*	*100*	*70*	*No Definido*

TABLA 7.13 REPORTE ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ESTACIÓN SAGRADO CORAZÓN

Sagrado Corazón			
Índice de Calidad del Aire	Dióxido de carbono (CO)	Ozono (O_3)	Material particulado inferior a 10 micras (PM_{10})
Año	ppm	ppb	µg/m^3
2010	0.84	18.8	54
2009	1.21	15.9	0
2008	0	0	24
2007	0	0	0
2006	0	0	0
Límite normativo	*8.8*	*41*	*70*

Es de resaltar que hasta los 27 años de edad las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores es el primer ítem en la consulta externa en el HCO sede asistencial Santa Rosa de Lima durante el año 2009 y que la estrategia de viviendas saludables reporta 26 casos (1,6 %) para el año 2005 de hospitalización por enfermedades respiratorias agudas. Información de trascendencia si se tiene en cuenta que en Bogotá D.C. se ha comprobado que el número total de consultas por enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años está asociado con la concentración de PM_{10} en los días precedentes; un aumento de su concentración de 10 µg/m^3 produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria aguda en niños menores de 14 años (SDS, 2009). A nivel internacional se reconoce que por cada aumento de 10 µg/m^3 en los niveles de PM_{10} se puede tener un incremento entre el 0,6 y el 3,5% en los casos

de mortalidad aguda y del 3% al 3,8 % en los casos de mortalidad crónica (SDS, 2009). Bajo esta premisa se han calculado las pérdidas monetarias que generaría el aumento del PM_{10}, a nivel internacional, como se evidencia en la *Tabla 7.14*.

De otra parte, cocinar y calentar con combustibles sólidos en fuegos abiertos o estufas tradicionales resulta en altos niveles de contaminación del aire de interiores, el humo en interiores contiene una amplia gama de contaminantes perjudiciales para la salud, tales como pequeñas partículas y el monóxido de carbono. De acuerdo con el informe sobre la salud en el mundo del año 2002, la contaminación del aire de interiores es responsable del 2,7 % de la carga global de la enfermedad.

TABLA 7.14 INDICADORES FRENTE AL AUMENTO DE PM10

INDICADOR	% DE CAMBIO POR CADA 10 µG/M^3 DE PM_{10} (PROMEDIO DIARIO)
DÍAS LABORALES PERDIDOS - ADULTOS	7,74
DÍAS ESCOLARES – NIÑOS	7,74
EN PERSONA ASMÁTICAS – ATAQUES DE ASMA	7,74

FUENTE: SECRETARÍA DE SALUD DE MÉXICO, PROGRAMA PATRA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE 2002 – 2010

La SDS reporta que en la localidad de Santa Fé, para un total de 8338 familias, el 9,21% cocina con gasolina, el 5,49 con gas, el 4,08% con leña y el 4,67 con luz (SDS, 2008), lo que preocupa por la contaminación intramural; para el caso del barrio, de la auscultación se sabe que 58 (14,7%) viviendas no presentan conexión con la red instalada de gas natural, por lo que se utilizan otros combustibles que propician la generación de enfermedades respiratorias y que el 29,4 % de los predios se sitúa sobre una vía sin pavimentar. La estrategia de vivienda saludable reporta 548 fumadores dentro de las viviendas (458 en el año 2005, 2 en el año 2006, 11 en el año 2007, 12 en el año 2008 y 65 en el año 2010) lo que empeora la calidad del aire interior.

7.3.1.5 AGUA POTABLE Y AGUA RESIDUAL

Según los datos del DANE del censo realizado en el año 2005, la densidad poblacional que soporta la ciudad de Bogotá D.C. es de 176 habitantes por hectárea, para la localidad de Santa Fé, el indicador disminuye a 139,8, pero para el barrio Santa Rosa de Lima, el indicador se dispara, por cada hectárea habitan 413 personas, para un promedio de 6 personas por vivienda, evidenciando un hacinamiento en el barrio; lo que además de generar problemas de insalubridad, genera una presión sobre los recursos naturales, para el caso particular, la demanda de agua potable y la generación de aguas residuales por tratar.

La empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá – EAAB - reporta una cobertura del 100% para ambos servicios en el barrio, pero en las visitas realizadas, se reportaron viviendas sin ninguno de los servicios (4,3%), lo que conlleva a establecer focos de insalubridad por ser los servicios públicos más representativos para la determinación del saneamiento básico; más si se tiene en cuenta que como resultado del monitoreo de la calidad del agua, se obtuvo un 63,6% de no aceptabilidad fisicoquímica y un 75% de no aceptabilidad microbiológica en el primer semestre del año 2003 (Alcaldía de Bogotá, 2007).

7.3.1.6 RECURSO SUELO

El manejo que se le ha dado al recurso suelo en el barrio es de especial importancia, y se remite a los inicios del centro urbano, cuando la zona era usada para la explotación de chircales o como reservorio de escombros provenientes de la ciudad; personas de escasos recursos empezaron a construir sus viviendas en las laderas, lo que generó graves problemas de inestabilidad que son descritos con detenimiento anteriormente.

Otro factor relacionado con el suelo superficial, es la disposición de los residuos sólidos sobre las vías principales (puntos de acopio artesanales establecidos por la comunidad pero sin ninguna demarcación), donde hay acumulación y se presentan focos insalubres, que serán evaluados con detenimiento; su producción se ve ligada a las condiciones socioeconómicas y al urbanismo en general, que propicia la compra reducida de elementos plásticos, empaques e icopor, y se compren sólo los productos indispensables para la canasta familiar y el aseo personal, por lo que el porcentaje de residuos orgánicos pasa por el 60%; es importante evaluar la vulnerabilidad de su producción y su consecuente riesgo dentro de la población del barrio. Se hace la salvedad, de la presencia de dos casos aislados de quema indiscriminada de residuos sólidos que han tenido que ser atendidos por el cuerpo oficial de bomberos.

7.3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

La evaluación de la amenaza biológica trajo consigo la revisión y contrastación de diferentes procedimientos de análisis, algunos nacidos en el seno del Consorcio y otros tomados de fuentes secundarias, seleccionados de manera tal que permitieran la obtención de resultados concretos y satisficieran los objetivos básicos del proyecto, pero con el empleo de variables medibles y de fácil (o por lo menos objetiva) obtención. Todos, sin distinción alguna y como característica esencial, hacen parte de las técnicas de razonamiento aproximado o métodos cualitativos.

Por la amplitud y ambigüedad del tema son muchos los aspectos que pueden (y deben) considerarse, máxime si se precisa que no existe paradigmas ni métodos (o técnicas) establecidas, por lo que en forma discrecional y acorde con la línea base se enmarcan en tres: el manejo de agua potable y residual, el manejo de los residuos sólidos, y la salud ambiental: las epidemias.

7.3.2.1 INSALUBRIDAD AMBIENTAL

El eje central de estudio cubre la generación de residuos sólidos, su transporte (medio funcional), su acopio, exposición y su descomposición. Acciones en las que intervienen el hombre, los perros, los gatos, las palomas y los roedores (en los puntos de acopio), como condicionantes o iniciantes de la formación de focos de insalubridad. No obstante, la determinación de los tiempos de descomposición de las basuras, la deducción de las probabilidades de formación de los nichos de insalubridad y de la acción de los animales y del hombre, la definición de los tiempos máximos de suspensión del servicio de recolección, atados en manera alguna a la ocurrencia de los fenómenos capaces de interrumpir la actividad normal, vg. los sismos, los paros (o bloqueos, ejemplo reciente el de la Ciudad de Cali en el año 2009) y los procesos de inestabilidad de mediana o gran magnitud (precísese el cierre temporal de Doña Juana o la pérdida de la infraestructura vial de ingreso al barrio), requerirían de un amplio tiempo de estudio, y del acopio de una generosa cantidad de información (confiable) carente de cabida en el marco de acción de este proyecto.

En este sentido y a fe de suplir las limitaciones reseñadas se recurre al uso de métodos cualitativos basados

en relaciones causa-efecto. El más versátil, práctico y rico, particularidades que permitieron aquí su selección como herramienta de trabajo, es el de la Matriz de Modos de Falla, Efectos y Análisis Crítico o FMECA (Lee y Jones, 2004) –nombre dado por sus siglas en inglés-; esta técnica evalúa con un enfoque sistemático las partes de un sistema. Cada modo de falla es evaluado a fe de estimar los efectos de su fracaso y de identificar su importancia para la estabilidad del sistema en general. El FMECA proporciona así un marco de trabajo estructurado.

El enfoque implica el desarrollo y análisis de un diagrama LCI (por sus siglas en inglés Location, Cause, Indicator): Escenario o elemento, Causa, Indicador, que establece los componentes individuales de cada escenario (o sitio), las posibles causas y los indicadores (o cualificadores), la convolución de estos tres elementos en arreglo horizontal define los fenómenos amenazantes y los escenarios de riesgo dominantes (denominados las vías de las causas).

El procedimiento de evaluación consiste en calificar para cada vía de causa y elemento en consideración, la causa y el indicador. La primera destaca la importancia del fenómeno amenazante, y se clasifica en alta, media o baja Y el indicador, el algoritmo mismo de evaluación, congrega tres variables: la consecuencia, la probabilidad de falla y la confiabilidad de la información (o del evaluador), valoradas en el dominio [1 a 5]; la consecuencia, expresada en términos de fracaso, es evaluada como 1 si el error en el elemento es poco probable que conduzca a la falla, y como 5 si por la falta del elemento es muy probable que se llegue al fracaso; la probabilidad de falla del elemento recorre el intervalo de 1 a 5, el menor por los estadios menos probables y el mayor para los espectros críticos (o más probables); y la confiabilidad de la información (o del evaluador) es 1 si una y otro son muy fiables, y 5 si hay poca o muy poca confianza en los dos.

El uso del diagrama LCI exige experiencia y es importante que los resultados sean el producto de un cuidadoso escrutinio, idealmente estructurado y dirigido por un grupo o panel de expertos; pormenor que redunda en la aplicación de la teoría de conjuntos difusos, a fe de que el proceso sea objetivo y el razonamiento detrás de la asignación de cada valor quede debidamente documentado.

La permutación o el producto punto de las tres componentes del indicador conduce, entonces, a identificar los elementos que más contribuyen en la amenaza (y al riesgo) global, a deducir la amenaza, subjetiva en esencia, y a estimar el índice de riesgo, todo gracias a tres parámetros: el valor del elemento, el valor crítico y el riesgo relativo, definidos así:

- Valor del elemento (V_E) = Consecuencia (en términos de falla) (C) x Probabilidad de falla (P)

permite conocer el grado de riesgo asociado a un elemento particular, los valores altos indican que son necesarias medidas correctivas para prevenir el riesgo.

- Valor Crítico (V_C) = Valor del elemento (V_E) x Indicador de confianza (I_C)

es una medida de la amenaza (y de manera directa del riesgo) para cada una de las vías de causa; las puntuaciones más altas destacan la necesidad de una mayor investigación. Y

- Riesgo relativo = Valor crítico (V_C) x Cualificación de impacto (P_I)

se asocia con la falla de elementos particulares y se puede establecer como el producto de la criticidad por el impacto.

Este último estimado a través del uso de otros factores condicionantes (E_G y E_{DR}). En el caso de Santa Rosa, se relaciona con la población por manzana o bloque (P_M); con la población total (P_{total}); con la producción per cápita de residuos sólidos (PPC), relacionada en medida alguna con el estrato social; con la composición física de los residuos sólidos, con su potencial o nivel crítico y con el porcentaje de residuos sólidos que pueden generar problemas de insalubridad por su mal manejo (en particular con la parte orgánica, de fácil descomposición), porcentaje rotulado: volumen crítico, y representado por el símbolo $\%V_C$.

De esta manera la tasa de generación (E_G) se expresa como:

$$E_G = \frac{P_M}{P_T} * PPC * \%V_C$$

y varía entre 1 y 0. El primer término, $\frac{P_M}{P_T} * PPC$, pone de manifiesto el nivel de criticidad de la manzana, tanto más cuanto más próximo a uno este; y el segundo término, $\%V_C$, es una constante para las unidades de estudio, asociadas con las rutas de movilidad (o transporte) de los residuos sólidos. La estimación de la cualificación por disposición de residuos (E_{DR}) se deduce tomando en cuenta el volumen total de residuos sólidos generados y el área de disposición de los mismos

La cualificación del impacto comienza, entonces, con la determinación de la producción per cápita (PPC) de residuos sólidos en el barrio, la primera fuente de información fue el reglamento técnico normativo del sector de agua potable y saneamiento básico –Ras 2000-, que para un nivel de complejidad medio (menos de 12500 habitantes pero mayor a los 2500) la PPC mínima es de 0.3 kg/hab-día, la máxima es de 0.95 kg/hab-día y la promedio es de 0.45 kg/hab-día; de otro lado, un estudio realizado en Cali (2004) por Emsirva EPS., la PPC promedio para los estratos 1 y 2 es de 0.4 kg/hab-día. No obstante, a fe de validar o afinar los supuestos globales, se escruto cerca del 10% del universo muestral; tarea adelantada en dos campañas de muestreo y pesaje discrecional; las viviendas fueron escogidas en función del número de habitantes por familia. Las campañas arrojaron como PPC promedio 0.34 kg/hab-día y como desviación estándar de 0.2 kg/hab-día (véase el *Anexo I.3*).

Sin embargo, la generación de residuos sólidos dista de ser el problema, su almacenamiento y descomposición es lo que acarrea consecuencias. Es por eso que se determinó el volumen critico (V_C), que corresponde al porcentaje de residuos orgánicos presentes en el volumen producido, para ello se partió de los estudios realizados por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP – entre el año 2001 y el 2009 en el relleno sanitario Doña Juana y que calculó un promedio anual del 68.13%, siendo el mínimo el 47,16% para el año 2001 y el máximo el 80,12% en el año 2007; por su lado Emsirva EPS. (2004) estableció que el 64.3% de los residuos sólidos provienen de desperdicios de comida.

El barrio posee ocho (8) puntos de acopio principales, unos promovidos por las restricciones y particularidades urbanísticas del barrio y otros fomentados por el imaginario cultural, distribuidos a lo largo de la vía principal (calle 2), y por los que pasa el vehículo recolector tres veces por semana (los lunes, los miércoles y los viernes), en tres rutas; dos en la mañana, una a las 6 am, que recoge principalmente lo producido en las manzanas 92, 93 y 94, atendida a lo largo de la carrera 8 A Este, con un vehículo de tres toneladas de capacidad; y otra entre 10 am y 11 am, que recolecta parte de las manzanas 78, 79 y 80, pasa por la avenida circunvalar con un vehículo de 8 ó 12 toneladas; y una en la tarde, la ruta principal, que pasa de 2 a 4 pm., recibe los residuos de las manzanas 4, 75, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88 y 90 con un vehículo de 8 ó 12 toneladas.

El tiempo máximo de recolección es de, a aproximadamente, cuarenta (40) minutos, cantidad consumida los días lunes puesto que se retiran los residuos producidos durante el fin de semana. Parte importante de este lapso de tiempo es empleado en el punto de acopio de la manzana 4; allí se aglomera la mayor cantidad de residuos sólidos. Los días miércoles y viernes el tiempo de recolección disminuye casi a la mitad. Tema que adquiere especial trascendencia por las dificultades de acceso y circulación a las partes altas del barrio: el tiempo de desplazamiento para que una familia (o una persona) disponga los desechos oscila entre 1,30 minutos y 2,27 minutos, lo que representa velocidades desde 0,8 m/s hasta 1,08 m/s (véase el *Anexo I.3*), insuficientes si se pretende sustraer los acopios, modificar los patrones culturales de comportamiento o reducir las frecuencias de recolección: la acumulación de basuras en este última instancia sería incuestionable.

7.3.2.2 EPIDEMIAS

Para determinar la amenaza (y el riesgo, si se precisa que la vulnerabilidad es igual para toda una población homogénea y equivalente a 1) por epidemias es preciso partir de su definición. Se entiende como epidemia una enfermedad de transmisión rápida en una población humana particular, en un grupo de edad o de sexo definido, que puede transmitirse periódicamente. Del término se desprende la epidemiología, que no es más que el estudio de la incidencia, distribución y etiología de las enfermedades del hombre. Etimológicamente la palabra epidemia (del griego epi, por sobre y demos, pueblo), es la descripción en la salud comunitaria que ocurre cuando una enfermedad afecta a un número de individuos superior al esperado en una población durante un tiempo determinado.

La información epidemiológica de la capital se encuentra a cargo de la SDS; ella evalúa por medio del Protocolo de Vigilancia de Salud Pública, en el que realiza una inspección in situ para el diligenciamiento de la Ficha Epidemiológica de Campo, y valora aspectos socioambientales como el agua potable, la energía, la eliminación adecuada de excretas y desechos, el número promedio de personas por cuarto, el hacinamiento (más de dos personas en una habitación de 4x4) y los hogares por vivienda; determinantes considerados en la evaluación de riesgo ambiental por su incidencia como transmisores de las enfermedades.

El primer paso, entonces, reside en seleccionar las enfermedades de interés público. En este sentido, se consultó a la SDS, que determina como enfermedades de vigilancia para la salud pública la IRA viral, el dengue IgM, la Elisa IgM, la rubéola, la Elisa IgM, el sarampión, la EDA; las enfermedades transmitidas por alimentos como el cólera y la hepatitis A, y las enfermedades transmitidas por vectores, vg. la malaria, la fiebre amarilla, el dengue y la peste (diagnósticos no reportados en la localidad como primeras causas de morbilidad). De este vasto universo las enfermedades a considerar dentro del estudio se seleccionan con base en:

- Las vigiladas por la SDS, dentro de ella la IRA viral y la EDA, entendidas en el perfil epidemiológico como otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y la helmintiasis.

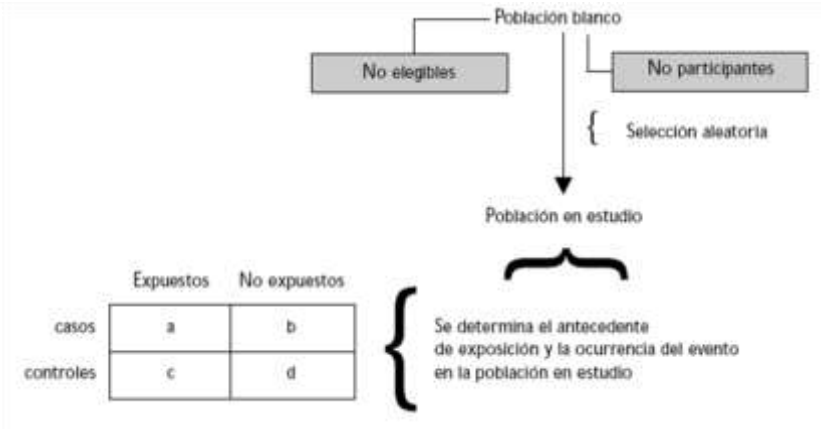
- Las principales enfermedades en la población más vulnerable (por deficiencias en el sistema inmunológico), los menores de 5 años (la SDS, en su estrategia de viviendas saludables reporta que uno de cada 8 individuos no tiene completo el esquema de vacunación en el año 2010) y los mayores de 59 años, que son: las enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo y la hipertensión esencial (primaria).

- Las principales enfermedades en la población laboralmente activa, para la estimación de pérdidas monetarias por mano de obra, que son: otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, gastritis y duodenitis, otras enfermedades del sistema urinario y otras dorsopatias.

Se debe tener cuidado con la información suministrada, dado que la evaluación de los casos clínicos no es del todo cierta; los habitantes en la mayoría de los casos prefieren los remedios caseros que ir al centro de salud; como lo corrobora la SDS, entre 2005 y 2008, de los habitantes que se sintieron enfermos sólo uno en el año 2008 acudió al promotor de enfermería, tres (dos en el año 2005 y una en el año 2006) acudieron al farmaceuta, seis (4 en el año 2005 y 2 en el año 2006) usaron remedios caseros, tres (1 en el año 2005 y 2 en el año 2006) se autorecetaron, y 190 (183 en el año 2005, 1 en el año 2007, 1 en el año 2009 y 5 en el año 2010) no acudieron al médico.

El panorama anterior sumado a que los registros epidemiológicos del barrio obtenidos se circunscriben exclusivamente al año 2009, y a que de la localidad tan sólo se pudo acceder a la información de dos años: el 2007 y el 2008, inclinaron la balanza hacia los estudios epidemiológicos transversales como método de evaluación. Los estudios epidemiológicos experimentales, pe. casos y controles, de cohorte de ninguna manera tienen aquí aplicación en parte porque su temporalidad (que puede ser prospectiva o retrospectiva) requiere de la búsqueda de la relación causa - efecto de la enfermedad, en parte por las deficiencias de la información (que redundan en baja confiabilidad) y en parte por el tiempo necesario para su desarrollo (no menos de un año), tiempo que raya con el del proyecto.

FIGURA 7.19 ESTUDIO TRANSVERSAL O DE ENCUESTA



Los estudios epidemiológicos transversales engloban escala baja en términos de causalidad y debe ser interpretados con mucha cautela, sin embargo son útiles para la planeación de los servicios de salud, para la caracterización unitemporal del estado de salud de la población (Ávila, Latorre y Moreno, 2000), y para dilucidar la probabilidad de presentarse determinada patología dado un factor determinante (Ávila, Latorre y Moreno, 2000). Su desarrollo, diagramado en la *Figura 7.19*, involucra conocer el número de casos expuestos que han presentado determinada patología a un periodo de tiempo (preferiblemente un año), los no expuestos que no han presentado la patología en el mismo intervalo de tiempo, y los casos y controles, definidos, para Santa Rosa, por los grupos etarios: los menores de 5 años, los niños en edad escolar (de 5 a 14 años), la población laboralmente activa (de los 15 a las 59 años) y los mayores de 60 años (adultos

mayores); con estos parámetros y la relación entre ambas probabilidades, se abstrae la razón de prevalencia, y se concluye si el determinante para la enfermedad es un factor de riesgo (la propicia) o un factor de protección (no es realmente un determinante).

7.3.3 EVALUACIÓN DE AMENAZA

7.3.3.1 INSALUBRIDAD AMBIENTAL

Su estudio parte de tres escenarios o grandes problemas que tienen asidero en el barrio: los sitios de acopio de los residuos sólidos, los sitios de insalubridad, y la dispersión de los residuos sólidos. Cada escenario posee sus causas, sus indicadores (vías de posibles causas) y las calificaciones de la consecuencia, de la probabilidad y de la confiabilidad.

Las dos cusas con mayor grado de afectación son la interrupción del servicio de recolección de residuos sólidos y la presencia de focos insalubres, de ellas la más crítica es la generación de vectores (36 puntos), seguida muy de cerca por las condiciones de aseo en las viviendas (32 puntos), rutas que hay que prevenir (véase la *Figura 7.20*). El valor crítico está encabezado por las condiciones de aseo en las viviendas, empero su incertidumbre es alta, y no es una variable confiable, por lo tanto es importante recabar sobre este tema; le sigue en importancia la generación de residuos sólidos, confiable y crítico. Las demás vías de causa poseen valores menos representativos, con niveles de confianza aceptables (2 puntos).

A continuación se desglosan los cálculos para conocer la cualificación del impacto (P_I) para obtener el riesgo relativo, tanto para la generación (E_G) como para la disposición de residuos sólidos (E_{DR}), acorde con los indicadores que rigen para Bogotá D.C., de manera tal que se tenga un marco de comparación, que permita comprender la dinámica de la localidad en este tema.

FIGURA 7.20 DIAGRAMA LCI INSALUBRIDAD AMBIENTAL

UBICACIÓN	CAUSA	INDICADOR	VALOR ELEMENTO (V_E)	VALOR CRÍTICO (V_C)	RIESGO RELATIVO (R_R)
Acopio	Interrupción del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos	Acumulación de Residuos Sólidos	$V_E = C \times P$	$V_C = V_E \times I_C$	$R_R = V_C \times P_I$
	C: A	C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36
		Generación de Vectores			
		C: 4, P: 4, I_C: 2	16	32	64
		Generación de Malos Olores			
		C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36
		Aumento de Enfermedades Compartidas			
		C: 3, P: 2, I_C: 2	6	12	24
Focos de Insalubridad Ambiental	Presencia de Focos Insalubres	Falta de Acueducto en las Viviendas			
	C: A	C: 4, P: 3, I_C: 1	12	12	24
		Falta de Alcantarillado en las Viviendas			
		C: 4, P: 3, I_C: 1	12	12	24
		Excretas de Animales por las Vías			
		C: 2, P: 2, I_C: 2	4	8	16
		Tenencia de Animales en las Viviendas			
		C: 3, P: 2, I_C: 2	6	12	24
		Condiciones de Aseo en las Viviendas			
		C: 4, P: 3, I_C: 3	12	36	72
Dispersión de Residuos Sólidos	Dispersión por el Componente Biológico	Morbi-mortalidad por Enfermedades Compartidas			
	C: B	C: 2, P: 2, I_C: 4	4	16	32
		Tasa de aumento de perros y gastos domésticos		.	
		C: 2, P: 2, I_C: 4	4	16	32
	Dispersión por el Componente Antrópico - Recicladores	Tránsito de Vehículos de Tracción Animal			
	C: B	C: 2, P: 2, I_C: 4	4	16	32
	Fallas del Medio Funcional (Equipamentos)	Tiempos de disposición			
	C: M	C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36
		Puntos de Acopio no Autorizados			
		C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36
		Distancia a Puntos de Acopio			
		C: 3, P: 2, I_C: 2	6	12	24
	Medio Ambiente Natural (Intemperie)	Temporada de Invierno (Lluvias)			
	C: M	C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36
		Época Seca (Días Soleados)			
		C: 2, P: 3, I_C: 2	6	12	24
		Alteración del Paisaje			
		C: 3, P: 3, I_C: 2	9	18	36

A	Alta
M	Media
B	Baja

C	Consecuencia
P	Probabilidad
I_C	Indicador de confianza

Cualificación del Impacto por Generación de Residuos Sólidos (E_G)

Se deduce para las ocho rutas que se presentan en el barrio; el cálculo parte de estimar el $\%V_C$, que es tomado como el 68%, dado que para la ciudad el indicador es de esta índole y el barrio, por presentar las características socioeconómicas mencionadas anteriormente hace que el porcentaje de residuos orgánicos se iguale con el promedio de la ciudad. Posteriormente, para conocer los habitantes promedio de control, se toma el dato de los ciudadanos promedio en Bogotá D.C. y en la localidad de Santa Fé, que es igual a tres (BARÓN, QUINTERO, TARQUINO, 2008); además la PPC promedio de Bogotá D.C. es igual a 0.74 (DANE, 2005). Para el barrio, se toma una PPC de 0,4 con base en los registros de la ciudad y en la prueba realizada. Con la información obtenida se conoce la amenaza por generación, tanto del control (Bogotá D.C.) como del barrio (véase la *Tabla 7.15*).

TABLA 7.15 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN - E_G

Ruta	% V_C	D_P	Hab Promedio Control	P_M	P_M / P_{total}	Producción Residuos Control	Producción Residuos Ruta	E_G por Ruta	E_G promedio Control
1	68	68	204	370	0.16	150.96	148.00	0.044	0.0868
2	68	34	102	210	0.09	75.48	84.00	0.025	0.0434
3	68	56	168	307	0.13	124.32	122.80	0.036	0.0715
4	68	45	135	267	0.12	99.90	106.80	0.032	0.0575
5	68	49	147	338	0.15	108.78	135.20	0.040	0.0626
6	68	32	96	181	0.08	71.04	72.40	0.022	0.0409
7	68	58	174	352	0.15	128.76	140.80	0.042	0.0741
8	68	52	156	264	0.12	115.44	105.60	0.031	0.0664
Suma		394	1182	2289		874.68	915.60		

% V_C	Porcentaje de volumen crítico
Dp	Número de predios por ruta
P_M	Población por manzana
E_G	Estimación por Generación

Para determinar los intervalos de evaluación, se partió de la información obtenida del cálculo por generación promedio para el control (Bogotá D.C.), y así con la desviación estándar y el promedio se obtuvieron los valores máximo y mínimo (véase la *Tabla 7.16*).

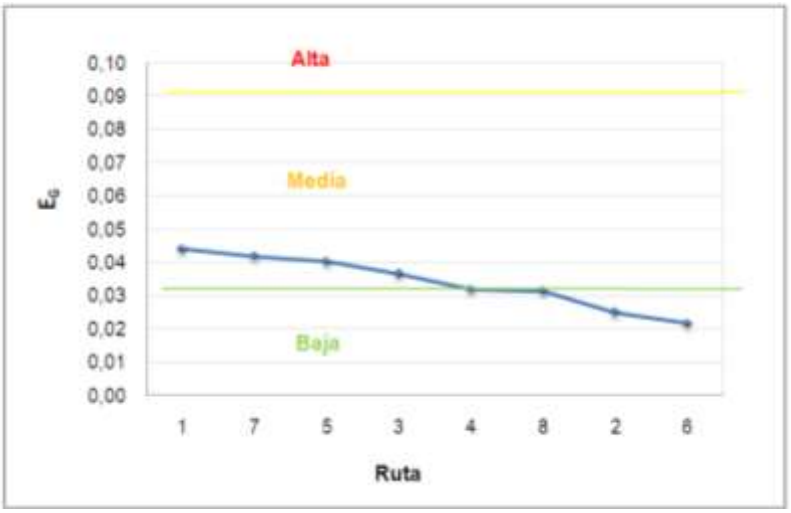
TABLA 7.16 INTERVALO DE LA CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN

E_G promedio Control	
Promedio	0.063
Desviación estándar	0.015
Máximo	0.094
Mínimo	0.032

El cálculo permite establecer los intervalos del valor de impacto, los valores de E_G por ruta inferiores a 0.032 serán demarcados con un valor bajo (1 punto) y los que se encuentren por encima del valor 0.094 serán

designados con un valor alto (3 puntos), y los valores intermedios representaran la amenaza media (2 puntos) (véase la *Figura 7.21*).

FIGURA 7.21 NIVELES DE LA CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN



En conclusión, para el barrio Santa Rosa de Lima no se obtuvo un valor de cualificación por generación alto, dista mucho de encontrarse, básicamente por la diferencia en la PPC producida por el barrio en comparación con el promedio del control (Bogotá D.C.). La cualificación del impacto por generación se reparte equitativamente entre valores medios y bajos, por tanto se toma una puntuación de dos (véase la *Tabla 7.17*).

TABLA 7.17 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN

Ruta	Valor A_G
1	0.0440
7	0.0418
5	0.0402
3	0.0365
4	0.0317
8	0.0314
2	0.0250
6	0.0215

Cualificación del Impacto por la Disposición de Residuos Sólidos (E_{DR})

El barrio posee ocho puntos de disposición (véase el *Anexo I.3*), en los que actualmente la gente acopia los residuos a la espera del carro recolector, cada uno ocupa un área específica que en el momento de ocurrir un fenómeno de primer orden (sismo, deslizamiento, paro) podría no dar abasto, por ausencia en el servicio de

recolección. La evaluación de la cualificación del impacto se realiza en dos escenarios, uno crítico (el sismo) y uno menos representativo (el paro).

Para el caso del paro (primer escenario), se toman seis días en los que el servicio no sería prestado y habría acumulación de residuos sólidos en cada uno de los puntos, además de esto se presume que el peso unitario de las basuras es de 1,1 toneladas por m^3, y que la bolsa tipo tiene un volumen de 0.045 m^3 y el área estimada es de 0.15 m^2; con la información se calcula el E_{DR}, si el valor es negativo indica que el área es suficiente (véase la *Tabla 7.18*).

TABLA 7.18 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR DISPOSICIÓN PARA EL EVENTO PARO - E_{DR}

Rutas	Área sitio de disposicion (m^2)	Producción (kg/día)	Peso total de recolección (T)	Volumen total de recolección (m^3)	Número estimado de bolsas	Área Estimada (m^2)	Área de disposición (m^2)
	A_D	W_T	W_{TR}	V_{TR}	N_B	A_I	$A_{DR} = A_I - A_D$
1	15.00	148.00	0.89	0.81	17.94	2.69	-12.31
2	1.20	84.00	0.50	0.46	10.18	1.53	0.33
3	1.80	122.80	0.74	0.67	14.88	2.23	0.43
4	1.44	106.80	0.64	0.58	12.95	1.94	0.50
5	4.00	135.20	0.81	0.74	16.39	2.46	-1.54
6	15.00	72.40	0.43	0.39	8.78	1.32	-13.68
7	2.40	140.80	0.84	0.77	17.07	2.56	0.16
8	5.00	105.60	0.63	0.58	12.80	1.92	-3.08

Es así como los puntos de disposición de las rutas 1, 5, 6 y 8 darían abasto bajo un escenario de acumulación de 6 días, lo que representa el 50% de las rutas, escenario no del todo catastrófico ya que ninguno de los puntos necesitaría el doble del área para poder soportar la carga que tendría.

En el evento del sismo (evento catastrófico), los días en los que se vería afectada la recolección son 20, lo que generaría ya un grave problema de salubridad porque la materia orgánica presentaría descomposición, lo que llevaría a la aparición de enfermedades compartidas. Con los mismos valores de peso unitario de las basuras y las dimensiones de las bolsas del escenario pasado, el E_{DR} se puede verificar en la *Tabla 7.19*.

Bajo este panorama hipotético, serían sólo las rutas 1 y 6 las que darían abasto para controlar la situación, y el resto de rutas necesitarían hasta tres veces su área para contener el volumen de residuos generados.

Los intervalos de evaluación se presentan en tres niveles así:

- A_D: Directa que corresponde al borde físico A_D. Valor = 3 puntos.
- A_{DR}: Indirecta que corresponde a la diferencia entre A_I-A_D. Valor = 2 puntos.
- Fuera del rango: valor de impacto bajo. Valor = 1 punto.

El valor de impacto bajo las perspectivas presentadas es tomado con el valor de 2, ya que para ambos casos, la mayoría se encuentra evaluado dentro del rango medio (véase la *Tabla 7.20*).

TABLA 7.19 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR DISPOSICIÓN PARA EL EVENTO SISMO - EDR

Rutas	Área sitio de disposicion (m^2)	Producción (kg/día)	Peso total de recolección (T)	Volumen total de recolección (m^3)	Número estimado de bolsas	Área Estimada (m^2)	Área de disposición (m^2)
	A_D	W_T	W_{TR}	V_{TR}	N_B	A_I	$A_{DR} = A_I - A_D$
1	15.00	148.00	2.96	2.69	59.80	8.97	-6.03
2	1.20	84.00	1.68	1.53	33.94	5.09	3.89
3	1.80	122.80	2.46	2.23	49.62	7.44	5.64
4	1.44	106.80	2.14	1.94	43.15	6.47	5.03
5	4.00	135.20	2.70	2.46	54.63	8.19	4.19
6	15.00	72.40	1.45	1.32	29.25	4.39	-10.61
7	2.40	140.80	2.82	2.56	56.89	8.53	6.13
8	5.00	105.60	2.11	1.92	42.67	6.40	1.40

TABLA 7.20 CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO (P_I)

CUALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (EG)	
ALTO	3
MEDIO	**2**
BAJO	1
CUALIFICACIÓN DEL IMPACTO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (EDR)	
ALTO	3
MEDIO	**2**
BAJO	1

7.3.3.2 EPIDEMIAS

Para el análisis de la información epidemiológica se debe hacer claridad en las limitaciones de la información, por un lado, es importante mencionar que fue obtenida de la red de hospitales del Distrito, en este caso el HCO específicamente la UPA ubicada en Santa Rosa de Lima para el año 2009; aún así, no se puede inferir que la información hace referencia exactamente a los habitantes del barrio, ya que el mayor porcentaje de habitantes son de régimen contributivo y no subsidiado, por lo que no utilizan la red de hospitales distritales. Es por esto que los resultados que a continuación se presentan son sólo una tendencia de lo que realmente sucede en el barrio, pero no es una verdad absoluta, ya que no se sabe exactamente qué población del barrio acude a la UPA y si sólo ellos son los que disfrutan de sus servicios (véase el *Anexo I.4*).

De la información obtenida en las encuestas realizadas por el grupo consultor se obtuvo la proyección de población por grupos etarios para el año 2009, del total obtenido se separo el porcentaje de población que es del régimen subsidiado, y que según el Dr. Luis Jorge Hernández de la SDS es cercana al 40%, y dadas las condiciones sociales del barrio (estrato 1 y 2), se trato de verificar la información con 46 viviendas de las que el 46% (21 viviendas) resultaron ser del régimen subsidiado, por lo que sólo este porcentaje de la población será tenido en cuenta para los cálculos posteriores (véase la *Tabla 7.21*).

TABLA 7.21 POBLACIÓN POR GRUPO ETARIO AÑO 2009

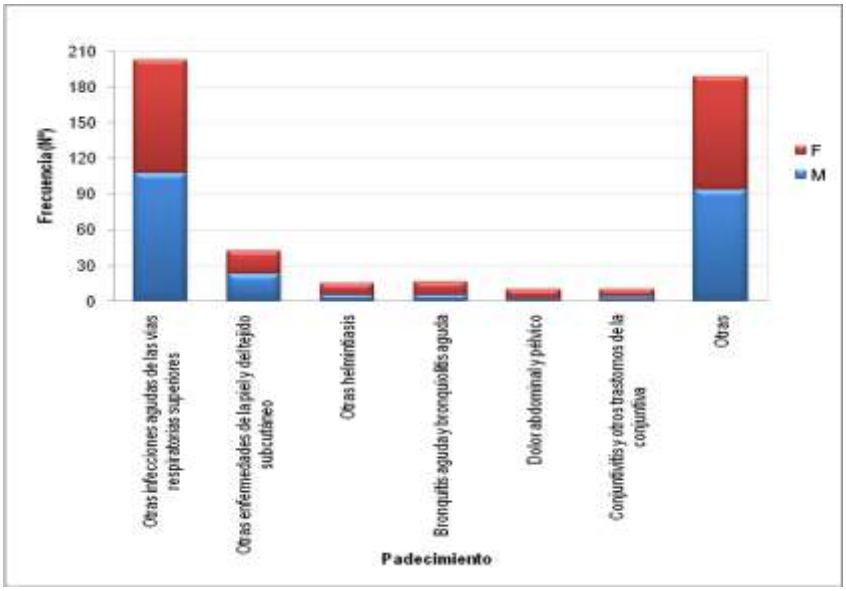
GRUPO ETARIO	HAB	HAB SISBENIZADOS
Menor a 5 años	209	96
De 5 a 14 años	278	128
De 15 a 17 años	138	64
De 18 a 26 años	342	157
De 27 a 59 años	732	337
Mayor a 60 años	179	82
Total	1878	864

El análisis de la información se realizó separando a los habitantes del barrio por grupos de edad, un primero fueron los menores de 5 años, el siguiente grupo los escolares de 5 a 14 años, posteriormente la fuerza laboral de barrio, de los 15 a los 59 años y finalmente, los adultos mayores, de 60 años o más. Para cada grupo se calculó la amenaza por prevalencia de enfermedades características para su edad dado el perfil epidemiológico entregado por el HCO.

Grupo poblacional menor a 5 años

El conjunto de habitantes es afectado por 6 afecciones claramente definidas, de las que dos hacen parte, o son tomadas para el estudio como enfermedades de interés para la SDS: otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y otras helmintiasis, además de otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo, son los tres padecimientos a estudiar y que representan el 47,6% del total, es de anotar que otras causas tiene un peso frecuencial del 32,6% (véase la *Figura 7.22*).

FIGURA 7.22 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA - MENORES DE 5 AÑOS



La afección de mayor importancia es otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, siendo la población masculina la más afectada; se aclara que el perfil epidemiológico presenta como enfermas a 203 personas, pero con la muestra que se seleccionó (96 personas – 11,14% de la población) esto representaría más del 100%, por lo que el valor tomado para hallar el cálculo de prevalencia es el del 100%. En la *Tabla 7.22* se muestran los tres diagnósticos seleccionados para establecer la prevalencia de enfermedades para los menores de 5 años, teniendo en cuenta la totalidad de la población.

TABLA 7.22 MENORES DE 5 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009

	Menor de 5 años			Mayor de 6 años		
	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	**96**	0	96	239	529	768
Otras helmintiasis	15	81	96	35	733	768
Otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	42	54	96	98	670	768

Cada una de las sintomatologías especificadas anteriormente fueron estudiadas analíticamente para obtener la prevalencia y la razón de prevalencia, como era de suponer, la enfermedad respiratoria tiene una probabilidad de ocurrencia dentro de los menores de 5 años del 100%, mientras que para los mayores de 6 años la probabilidad se reduce al 31%, por lo que un infante de menos de cinco años tiene 3,21 veces más prevalencia de presentar el síntoma (véase la *Tabla 7.23*). La enfermedad gastrointestinal presenta la menor probabilidad de ocurrencia dentro de los infantes menores a 5 años (16%), por lo que la relación de prevalencia es de 3,43 veces en comparación con el resto de grupos etarios, valor equivalente para las enfermedades cutáneas, pero teniendo en cuenta que la probabilidad de ocurrencia para los menores de 5 años y para el resto de la población es mayor, 44% y 13%, respectivamente. Ser un menor de cinco años dentro del barrio es un factor de riesgo para presentar ó enfermedad respiratoria ó gastrointestinal ó cutánea.

TABLA 7.23 EVALUACIÓN ANALÍTICA MENORES DE 5 AÑOS

Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	1.00	F_R
+	**96**	0	96	P (F_N/E)	c / c + d	0.31	
-	239	529	768	R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	3.21	
Total	335	529	864	R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.69	
Otras helmintiasis							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	0.16	F_R
+	15	81	96	P (F_N/E)	c / c + d	0.05	
-	35	733	768	RP	P (F/E) / P (F_N/E)	3.43	
Total	50	814	864	RA	P (F/E) - P (F_N/E)	0.11	
Otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	0.44	F_R
+	42	54	96	P (F_N/E)	c / c + d	0.13	
-	98	670	768	RP	P (F/E) / P (F_N/E)	3.43	
Total	140	724	864	RA	P (F/E) - P (F_N/E)	0.31	

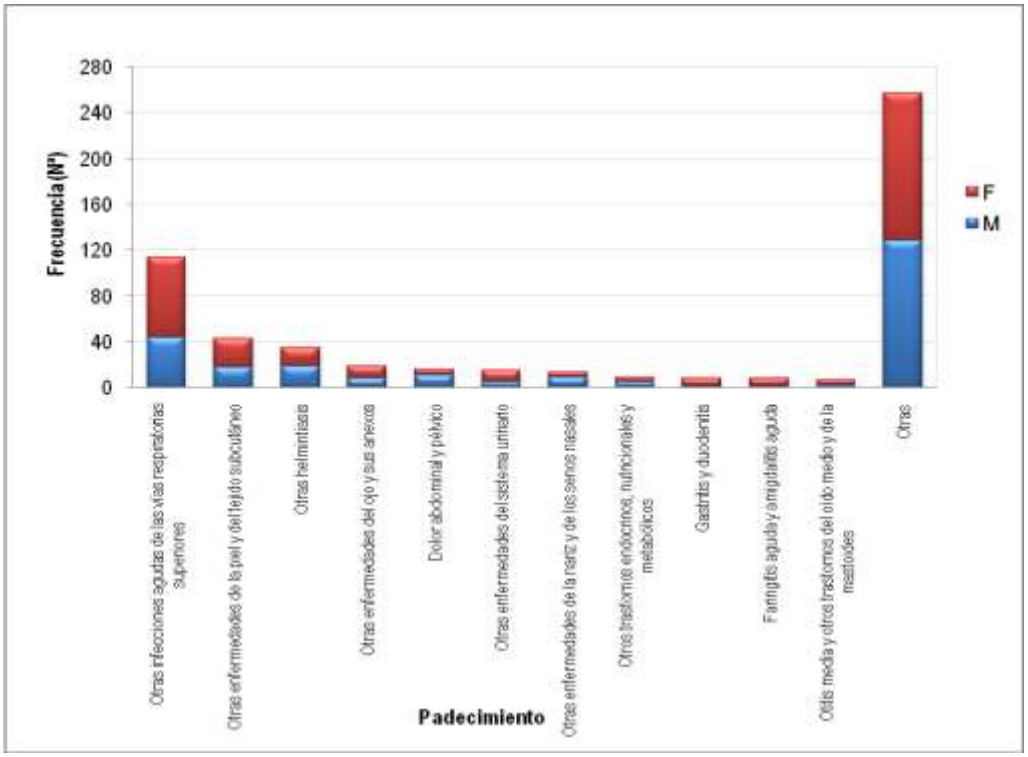
P (F/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS EXPUESTOS. P (FN/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS NO EXPUESTOS. FR: FACTOR DE RIESGO PARA ENFERMAR [P(F/E)>P(FN/E)]. FP: FACTOR DE PROTECCIÓN PARA ENFERMAR [P(F/E)<P(FN/E)]. RP: RAZÓN DE PREVALENCIA. RA: RIESGO ATRIBUIBLE.

De los dos años inmediatamente anteriores se analizó la morbilidad por consulta total en la localidad, en el año 2008, las enfermedades respiratorias ocuparon igualmente el primer puesto, pero en el año 2007 fue el cuarto; las enfermedades de la piel en el año 2008 fueron la 4 causa de consulta y en el 2007 fueron la 7; las enfermedades gastrointestinales, en el año 2008 ocuparon el 8 lugar dentro de las diez primeras causas de consulta, mientras que para el 2007, como diarrea y gastroenteritis, ocupó la 4 casilla. Estando estas tres dolencias en la lista de las diez primeras causas de consulta, en general para la localidad y para el barrio.

Grupo poblacional entre los 5 y los 14 años (Escolares)

Los 128 habitantes (14,8% de la población) del barrio sufren tres dolencias en especial: otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, otras helmintiasis y otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo, que representa el 35,2% del total; la sumatoria no alcanza a superar el 47,2% indefinido que se encuentra dentro de otras causas (véase la *Figura 7.23*). El género femenino es el que se ve más afectado dentro del grupo en lo que respecta a las dos sintomatologías más frecuentes.

FIGURA 7.23 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – EDAD ESCOLAR



Es nuevamente la afección respiratoria la pionera en casos, tanto en la edad escolar como en el resto de la población, seguida de las afecciones de la piel y posteriormente las afecciones gastrointestinales, resaltándose que para el primer caso se presenta la particularidad que son más las personas con diagnóstico, que las que no lo poseen para la población a evaluar (véase la *Tabla 7.24*).

TABLA 7.24 MENORES ENTRE LOS 5 Y LOS 14 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009

	Entre 5 y 14 años			Menor de 5 años y mayor de 15 años		
	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	114	14	128	328	408	736
Otras helmintiasis	35	93	128	15	721	736
Otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	43	85	128	97	639	736

La razón de prevalencia que presenta la enfermedad gastrointestinal (otras helmintiasis) es de especial importancia, ya que los escolares tienen 13,24 veces más prevalencia de presentar el diagnóstico que el resto de la población, aunque su probabilidad de presentar la afección sea la menor de todos los síntomas (27%). La enfermedad respiratoria es la que presenta la mayor probabilidad de ocurrencia para el grupo poblacional auscultado (89%), pero su razón de prevalencia es la menor del grupo evaluado. Las tres enfermedades representan un factor de riesgo para el grupo poblacional (véase la *Tabla 7.25*).

TABLA 7.25 EVALUACIÓN ANALÍTICA MENORES ENTRE LOS 5 Y LOS 14 AÑOS

Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	0.89	F_R
+	114	14	128	P (F_N/E)	c / c + d	0.45	
-	328	408	736	R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	2.00	
Total	442	422	864	R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.44	
Otras helmintiasis							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	0.27	F_R
+	35	93	128	P (F_N/E)	c / c + d	0.02	
-	15	721	736	R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	13.42	
Total	50	814	864	R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.25	
Otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo							
	+	-	Total	P (F/E)	a / a + b	0.34	F_R
+	43	85	128	P (F_N/E)	c / c + d	0.13	
-	97	639	736	R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	2.55	
Total	140	724	864	R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.20	

P (F/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS EXPUESTOS. P (FN/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS NO EXPUESTOS. FR: FACTOR DE RIESGO PARA ENFERMAR [P(F/E)>P(FN/E)]. FP: FACTOR DE PROTECCIÓN PARA ENFERMAR [P(F/E)<P(FN/E)]. RP: RAZÓN DE PREVALENCIA. RA: RIESGO ATRIBUIBLE.

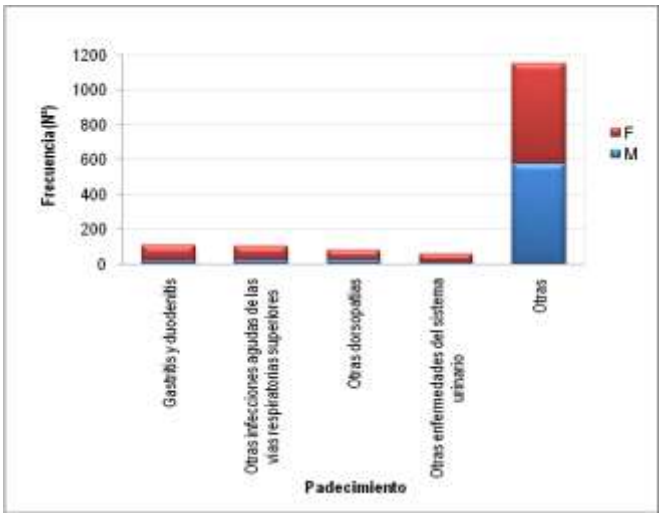
En años pasados (2008 y 2007) se examinaron las diez primeras causas de morbilidad por consulta total en la localidad tercera, en el año 2008 la enfermedad respiratoria ocupo el 3 lugar de la lista, las enfermedades cutáneas el 6 y las enfermedades gastrointestinales el 5; en el año 2007, la enfermedad respiratoria no aparece registrada, las enfermedades de piel se encuentran en el 6 lugar y las gastrointestinales en el 7.

Grupo poblacional entre los 15 y los 59 años (Fuerza laboral)

La fuerza laboral de Santa Rosa de Lima, al presentar un amplio intervalo de edades, las enfermedades en común son escasas y son muchas las dolencias que se presentan, por lo que de las causas indefinidas

representan el 53,7% y las cuatro molestias principales (gastritis y duodenitis, otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, otras dorsopatias y otras enfermedades del sistema urinario) sólo suman el 16% (véase la *Figura 7.24*). En este grupo poblacional son las mujeres las que mayor participación tienen doblando y más la participación de los hombres. Para este caso, las dos primeras enfermedades son tenidas en cuenta por la SDS ya que son referentes a temas gastrointestinales y respiratorios, por su parte las enfermedades del sistema urinario y las dorsopatias no son de interés en salud pública.

FIGURA 7.24 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – FUERZA LABORAL



En la *Tabla 7.26* se evidencia que la gama de enfermedades posibles que afectan al grupo poblacional en mención son variables, por lo que los habitantes sin diagnóstico son la mayoría, sólo hay un caso aislado, que es el de las enfermedades respiratorias, en el que las personas que no pertenecen al grupo poblacional estudiado son el 100% de los con diagnóstico al realizar la reducción de la población al 46%. Es importante resaltar que el grupo poblacional representa el 64.53% de la población (la mayoría).

TABLA 7.26 HABITANTES ENTRE LOS 15 Y LOS 59 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009

	Entre 15 y 59 años			Menor de 15 años y mayor de 59 años		
	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total
Gastritis y duodenitis	108	449	557	44	262	306
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	104	453	557	**306**	0	306
Otras dorsopatias	77	480	557	32	274	306
Otras enfermedades del sistema urinario	58	499	557	39	267	306

En el grupo poblacional se encuentran dos padecimientos que son factor de protección (otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y otras enfermedades del sistema urinario) y dos que son factores de riesgo (gastritis y duodenitis y otras dorsopatias) que presentan la mayor relación de prevalencia, aunque no alcanzan a ser 1,5 veces más prevalente que el resto de habitantes del barrio (véase la *Tabla 7.27*). La probabilidad de ocurrencia de cada una de las enfermedades es mucho menor que los anteriores grupos

poblacionales estudiados, su probabilidad de ocurrencia varía entre el 10% (para otras dosopatias) y el 19% (para gastritis y duodenitis).

TABLA 7.27 EVALUACIÓN ANALÍTICA HABITANTES ENTRE LOS 15 Y LOS 59 AÑOS

Gastritis y duodenitis								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	0.19	F_R
+	108	449	557		P (F_N/E)	c / c + d	0.14	
-	44	262	306		R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	1.35	
Total	152	711	863		R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.05	
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	0.19	F_P
+	104	453	557		P (F_N/E)	c / c + d	1.00	
-	**306**	0	306		R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	0.19	
Total	410	453	863		R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	-0.81	
Otras dorsopatias								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	0.14	F_R
+	77	480	557		P (F_N/E)	c / c + d	0.10	
-	32	274	306		R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	1.32	
Total	109	754	863		R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	0.03	
Otras enfermedades del sistema urinario								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	0.10	F_P
+	58	499	557		P (F_N/E)	c / c + d	0.13	
-	39	267	306		R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	0.82	
Total	97	766	863		R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	-0.02	

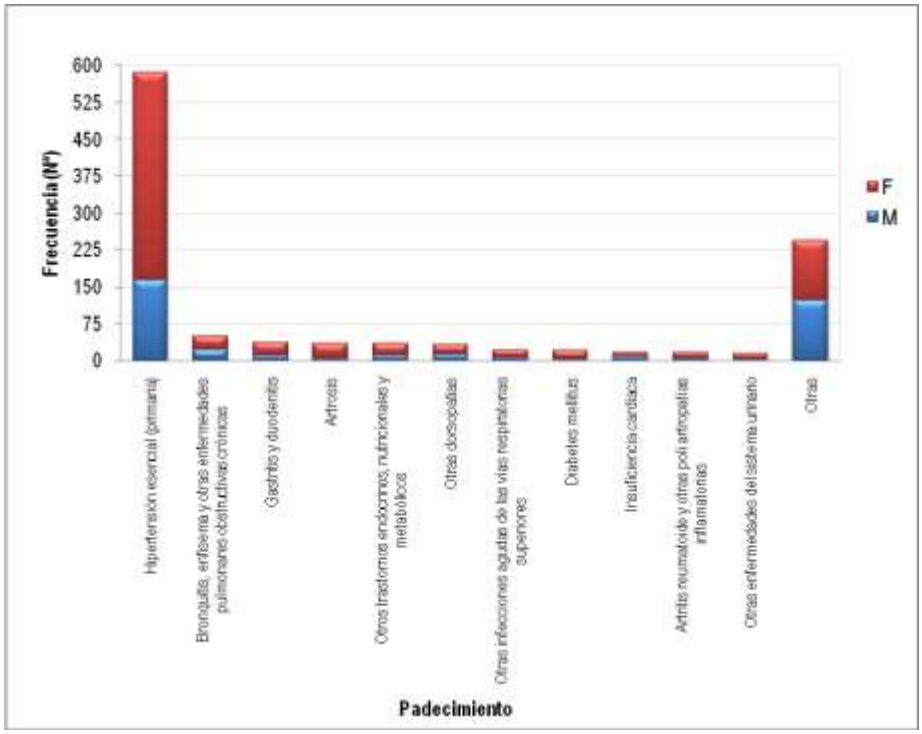
P (F/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS EXPUESTOS. P (FN/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS NO EXPUESTOS. FR: FACTOR DE RIESGO PARA ENFERMAR [P(F/E)>P(FN/E)]. FP: FACTOR DE PROTECCIÓN PARA ENFERMAR [P(F/E)<P(FN/E)]. RP: RAZÓN DE PREVALENCIA. RA: RIESGO ATRIBUIBLE.

Las diez primeras causas de morbilidad por consulta total en la localidad de Santa Fé para el año 2008 incluye: gastritis y duodenitis (2 lugar), otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (6 lugar), otras dorsopartias (9 lugar) y otras enfermedades del sistema urinario (5 lugar); para el año 2007, el 7 puesto es para otras dorsopartias y el 4 puesto es para enfermedades del sistema urinario, las dolencias de gastritis y duodenitis y de otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, no son reportadas en el perfil epidemiológico.

Grupo poblacional mayor a los 60 años (Adulto mayor)

Los adultos mayores representan el 9,53% del total de los habitantes estudiados, y a diferencia de los grupos poblacionales anteriores, otras casusas sólo representan el 22,1% (véase la *Figura 7.25*) y las dolencias a estudiar: hipertensión esencial primaria (1 causa) y otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (5 causa), representan el 55% del total, siendo las mujeres las mayoritariamente afectadas; y anquen es la hipertensión la prioridad en el grupo, para la SDS no es una enfermedad de vigilancia epidemiológica en salud pública.

FIGURA 7.25 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – ADULTO MAYOR



La dinámica de las enfermedades en la población a evaluar y en el resto de los habitantes es diferente para ambas sintomatologías, en la enfermedad respiratoria los mayores de 60 años con diagnóstico son menos que los sin diagnóstico, al contrario del resto de la población; en el caso de la hipertensión, los mayores de 60 años, según el perfil epidemiológico, superan la población a estudiar, por lo que se toma el 100% de los casos expuestos; para el resto de la población evaluada la hipertensión se comporta de manera contraria (véase la *Tabla 7.28*).

TABLA 7.28 HABITANTES MAYORES A LOS 60 AÑOS DADO UN PADECIMIENTO - AÑO 2009

	Mayor de 60 años			Menor de 59 años		
	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total	Con Diagnóstico	Sin Diagnóstico	Total
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	21	61	82	421	361	782
Hipertensión esencial (primaria)	**82**	0	82	177	605	782

La diferencia en la dinámica de las enfermedades hace que una actué como un factor protector (enfermedad respiratoria) y la otra como un factor de riesgo (hipertensión), que es importante por presentar una razón de prevalencia de 4,42 y con el agravante de que la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad para mayores de 60 años en el barrio Santa Rosa de Lima es del 100% (véase la *Tabla 7.29*).

TABLA 7.29 EVALUACIÓN ANALÍTICA HABITANTES MAYORES A LOS 60 AÑOS

Hipertensión esencial (primaria)								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	1.00	F_R
+	**82**	0	82		P (F_N/E)	c / c + d	0.23	
-	177	605	782		R_P	P (F/E) / P (FN/E)	4.42	
Total	259	605	864		R_A	P (F/E) - P (FN/E)	0.77	
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores								
	+	-	Total		P (F/E)	a / a + b	0.26	F_P
+	21	61	82		P (F_N/E)	c / c + d	0.54	
-	421	361	782		R_P	P (F/E) / P (F_N/E)	0.48	
Total	442	422	864		R_A	P (F/E) - P (F_N/E)	-0.28	

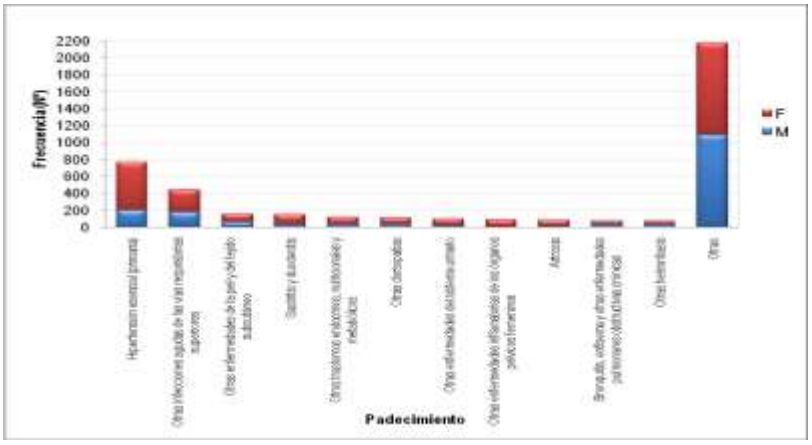
P (F/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS EXPUESTOS. P (FN/E): PROBABILIDAD DE ENFERMAR ENTRE LOS NO EXPUESTOS. FR: FACTOR DE RIESGO PARA ENFERMAR [P(F/E)>P(FN/E)]. FP: FACTOR DE PROTECCIÓN PARA ENFERMAR [P(F/E)<P(FN/E)]. RP: RAZÓN DE PREVALENCIA. RA: RIESGO ATRIBUIBLE.

Las diez primeras causas de morbilidad por consulta total en la localidad de Santa Fé para los años 2008 y 2007 son encabezadas por la hipertensión, mientras que las afecciones respiratorias no se encuentran en el perfil epidemiológico.

Total grupos etarios

El consolidado de morbilidad por consulta externa en medicina general para el año 2009 en la sede asistencial de Santa Rosa para todos los grupos etarios deja ver que el 50% de los casos presentados son catalogados como otros, y que las enfermedades analizadas (hipertensión arterial primaria, otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo, gastritis y duodenitis, otras dorsopatias, otras enfermedades del sistema urinario y otras helmintiasis) representa el 38% y las enfermedades respiratorias y las gastrointestinales sólo representan el 15,5%, que son las de interés para la SDS y la vigilancia epidemiológica en salud pública que realiza (véase la *Figura 7.26*). Como era de esperarse por comportamientos anteriores, son las mujeres las que se ven afectadas en más de la mitad de los casos (59,9%).

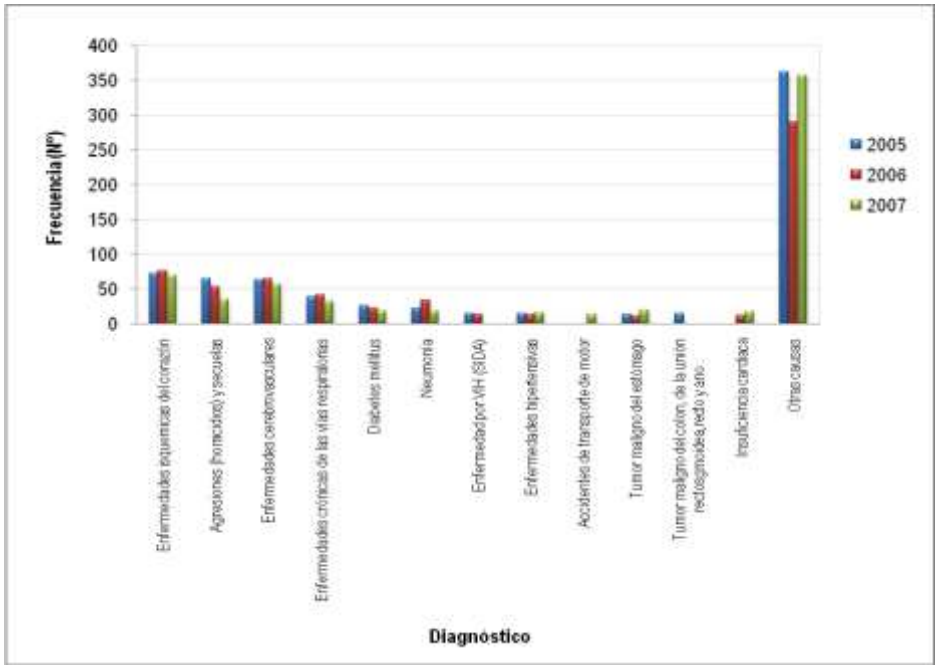
FIGURA 7.26 MORBILIDAD CONSULTA MEDICINA GENERAL AÑO 2009 SEDE ASISTENCIAL SANTA ROSA – TOTAL GRUPOS ETARIOS



Mortalidad

Se verificaron las diez primeras causas de mortalidad de los años 2005 al 2007 en la localidad de Santa Fé (véase el *Anexo I.5*), para establecer si alguna de las enfermedades de interés para la vigilancia epidemiológica en salud pública causaban alguna de las muertes, y con la única sintomatología con la que se encontró relación directa fue con las enfermedades respiratorias, que es la cuarta causa de mortalidad; el grupo que mayor peso genera sobre esta estadística son las personas mayores de 60 años para los tres años (véase la *7.27*).

FIGURA 7.27 MORTALIDAD SEGÚN LUGAR DE RESIDENCIA AÑOS 2005 A 2007 LOCALIDAD DE SANTA FÉ



7.3.4 RECOMENDACIONES

Los puntos de acopio en donde son depositados los residuos sólidos provenientes del barrio deben ser reevaluados, ya que son foco de vectores, de roedores y de artrópodos, por lo que se aconseja instalar recipientes plásticos con tapa de capacidad de 1000 litros en cada punto, para evitar la fácil propagación de los animales mencionados, para mejorar la calidad visual del barrio, para agilizar los tiempos de recolección del carro (ya que hay que hacer barrido, porque los residuos muchas veces son dispuestos de manera suelta y no en bolsas), y para que agentes externos como perros, gastos, palomas, humanos y la intemperie (lluvia, sol) no dispersen los residuos sólidos alrededor del punto de acopio y se evite la rápida descomposición de la materia orgánica.

Los contenedores son importantes especialmente para los habitantes de las zonas altas del barrio por donde no pasa el carro recolector y se realizan grandes recorridos para ir a disponerlos, lo que facilitaría que se dispusieran los residuos no sólo los días en los que el carro hace el recorrido, como debe ser prioritariamente, sino que en otro día u horario se podría realizar, sin causar mayor estrago, como lo es hoy día.

La promoción de la salud es un pilar fundamental dentro del barrio, por lo que se deben fortalecer los programas de vacunación en niños, los programas de seguridad alimentaria y nutricional, los espacios 100% libres de humo (campañas antitabaco), los programas de salud sexual y reproductiva, los programas de mujeres gestantes, los programas de prevención del cáncer de cuello uterino, y estrategias como la de vivienda saludable, son sólo algunos de los programas que adelanta la SDS y que deben ser explotados dentro del barrio para lograr la aceptación de los habitantes, para así prevenir al máximo la aparición de enfermedades, ya que el barrio no cuenta con los suficientes equipamientos para la atención de urgencias; por lo que resulta conveniente económicamente darle prioridad a los programas para evitar la aparición de enfermedades que puedan solicitar camas y sea evidente su ausencia dentro del barrio.

La educación dentro de la población es importante para hacerles entender que los problemas de salubridad a veces se gestan debido a sus prácticas ahorrativas, en el manejo del agua, de los residuos y de los materiales de combustión para la cocción de alimentos, y así cambiar sus hábitos, ya que como lo reconoce la OMS "cuando las personas comprenden el sentido de mejorar su vivienda y su entorno pueden cambiar sus hábitos, sus comportamientos y sus actitudes frente a su salud y la de los seres más cercanos a su familia".

Es de resaltar que la situación socioeconómica del barrio hace que los programas que se implementen deban ser dispuestos y enfocados para la población que se está manejando, siendo consientes de las limitaciones económicas, de los valores manejados al interior de la comunidad, los miedos, los tabús, el nivel de estudio, lo que da una connotación diferente y hace que los programas se encaucen y sean parte de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (2009). "Agenda Ambiental Localidad 3 Santa Fe".
- ÁVILA, M., LATORRE, F., MORENO, S. (2000). "Diseño de Estudios Epidemiológicos". Salud Pública de México. Volumen 42, número 2, marzo - abril, 2000.
- BARÓN, S., QUINTERO, L., TARQUINO, V. (2010). "La vivienda saludable como estrategia en la localidad Santa Fe – Bogotá, año 2008". Fundación Universitaria del Área Andina. Especialización en epidemiología.
- HOSPITAL DE CENTRO ORIENTE (2010). "Perfil epidemiológico Localidad Santa Fe".
- SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD (2006). "Diagnóstico local con participación social". Colección: Diagnósticos locales de salud con participación social.
- SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD (2009). "La salud y la calidad de vida en la localidad 3 – Santa Fe".
- ZAFRA C.A. (2009). "Metodología de diseño para la recogida de Residuos Sólidos Urbanos mediante Factores Punta de Generación: Sistema de Caja Física (SCF)". II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla (Colombia)

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN DE AMENAZA: ANTRÓPICO NO INTENCIONAL

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN DE AMENAZA: ANTRÓPICO NO INTENCIONAL

El término amenaza es usado, como lo sugiere Kolluru (1996, citado por Muños-Cardona, 2001), para describir el agente (químico, físico, biológico, humano, etc) o grupo de condiciones o eventos que tienen el potencial de causar daño; recorre, entonces, una gran variedad, desde aquellos cuya ocurrencia se considera exclusivamente de origen natural, como los terremotos, los huracanes, las erupciones volcánicas, los deslizamientos, etc, hasta los que su origen se considera exclusivamente humano, razón por la que se les designa como antrópicos no intencionales, tales como las guerras, el colapso de las construcciones, los funcionales y los accidentes industriales. Entre estos dos extremos hay un amplio espectro de fenómenos, como por ejemplo las hambrunas, las inundaciones y los mismos deslizamientos, que son provocados por factores naturales y humanos (Cardona, 2001), y a los que se les reconoce en ciertas circunstancias en el dominio de los socio-naturales, y en otras en el campo de los antrópicos no intencionales.

Los desastres son por lo tanto, situaciones o procesos sociales que se desencadenan como resultado de dos factores concomitantes y mutuamente condicionantes. Por una parte, la inminencia o efectiva ocurrencia de un fenómeno, es decir de la amenaza, y por otra parte, la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante la amenaza; que no es otra cosa diferente que aquellas condiciones que favorecen o facilitan que una vez materializada la amenaza se causen efectos severos sobre los contextos urbano, ambiental y social, los dos primeros componentes de los ecosistemas.

Un desastre tiene, entonces, dimensiones variables en términos de volumen, tiempo y espacio. Algunos causan pocas pérdidas de vida; otros afectan millones de personas (v.g. los sismos y las inundaciones); algunos son momentáneos; otros son lentos y duran muchos El repaso por los fenómenos más locales, momentáneos y de menor daño en la vida humana pero con mayores implicaciones para el devenir diario: los antrópicos no intencionales, integran las siguientes páginas. El ramillete de amenazas son desencadenadas por las deficiencias en la organización tecnológica y funcional o por el deterioro en las edificaciones; y su marco de modelación es amplio y diverso, al punto de ir desde los procedimientos cualitativos hasta los cuantitativos (i.e los estadísticos, los probabilísticos, los determinísticos, etc).

8.1 AMENAZA TECNOLÓGICA

Las industrias encierran los procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos, impulsando y especializando a las zonas aledañas en la misma dirección, es decir hacen posible la interrelación entre los diferentes sectores conformando las cadenas productivas entre pequeños y

grandes productores. Hoy día Santa Rosa de Lima carece de algún tipo de industria (formal o informal), de estaciones de gasolina y de depósitos de almacenamiento de sustancias peligrosas, en su lugar emergen 15 establecimientos comerciales, la mayoría sin una línea fija de producción pero destinadas a la venta al por menor de víveres; por esta razón el tratamiento de este tema se circunscribe a la evaluación de la red de gas natural y al estudio de las posibles causas (representadas en los sismo, los fenómenos de remoción en masa, el colapso de edificaciones, etc) de su activación.

Los primeros pasos para la determinación del riesgo en las líneas de gas radican en: el estudio tanto de los procesos que pueden interrumpir o alterar su normal funcionamiento como de los agentes que las pueden detonarlo, y en la cuantificación de su probabilidad de ocurrencia. El cumplimiento de estos objetivos implica evaluar el comportamiento intrínseco de las unidades constitutivas de la red y estimar la influencia de los agentes externos como detonantes de la amenaza.

La investigación del comportamiento intrínseco de la red haría del análisis de amenaza un tema complejo y extenso, pues implica considerar un apreciable número de variables, dentro de las que se pueden citar: el tiempo de instalación, la calidad de mantenimiento y la calidad de los materiales. Esfuerzo que se desconoce si redundaría en la obtención de una mayor precisión frente a técnicas más sencillas como la estadística (fundada en la frecuencia histórica).

Por su parte, los agentes externos debido a su naturaleza aleatoria pueden ser observados o medidos desde distintas perspectivas (Devore J, 1998). El interés de esta sección es la cuantificación exclusiva de la amenaza por escapes de gas y la incidencia de las causas humanas en su activación.

Con el ánimo de reducir la incertidumbre de las variables y del análisis mismo, y hacer más expedito el trabajo, sin perder de vista su concordancia con la escala de trabajo, objetivos y nivel de detalle, se recurre a un método estadístico para evaluar la amenaza. El cumplimiento de esta tarea encierra la contrastación de dos procedimientos; el primero, denominado: Modelo de relación escape-evento detonante, conjuga como etapas básicas:

- La identificación de causas y de modos de falla
- La selección de causas para eventos iniciantes
- La identificación de eventos iniciantes y desencadenantes
- La determinación de la probabilidad de ocurrencia

y, el segundo, acotado como Modelo frecuentista, toma los registros históricos de escapes en el barrio o la UPZ y los traduce en probabilidades de ocurrencia. En gracia de los planteamientos expuestos, este capítulo contempla la formulación, descripción y resultados en cada uno de los temas precedentes para las componentes más relevantes, i.e las tuberías de ¾", 1", 2" y 3".

8.1.1 MODELO DE RELACIÓN ESCAPE – EVENTO DETONANTE

8.1.1.1 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y MODOS DE FALLA

Las líneas de gas, pueden verse afectadas por diversos fenómenos amenazantes (p.e. sismos, deslizamientos FRM, errores de diseño); por tal razón es necesario enmarcar las causas que pueden alterar su normal funcionamiento, así:

Líneas de Proceso: Conducción

En secciones de líneas de proceso los tipos de avería recurrentes corresponden a escapes o rupturas. Sólo en casos extremos la corrosión es una causa de bloqueo. El daño mecánico, resultado de explosiones, puede doblar las redes lo suficientemente como para detener el flujo, especialmente en los puntos bajos de alguna sección. La obstrucción por deficiencia en el mantenimiento, se puede convertir en un agente generador de este tipo de problemas.

Los escapes o las rupturas de líneas son causados por:

- Corrosión o erosión
- Sobrepresión. Tiene lugar cuando una línea es usada como soporte estructural (especialmente durante construcciones o instalaciones)
- Movimiento en estructuras
- Procesos de excavación; ellos afectan en mayor proporción las líneas subterráneas
- Explosiones o sobrepresiones internas o externas
- Sobrecalentamiento debido a procesos o por incendios
- Vibración. Este fenómeno desencadena la fatiga
- Muy altas temperaturas

8.1.1.2 SELECCIÓN DE CAUSAS

A las causas señaladas en la sección anterior, se suman otras de orden social que no pueden ser despreciadas y que es pertinente involucrarlas en la evaluación de la amenaza, tal es el caso de las rupturas accidentales causadas por los habitantes, y los eventuales enfrentamientos armados. Cada causa se analiza desde dos puntos de vista: el primero es la frecuencia con que puede ocurrir y el segundo es su capacidad de incitar un escape. La frecuencia de ocurrencia y el grado de incidencia de la causa, se valoran con base en una técnica cualitativa (heurística), en la que se les asignan valores enteros de 1, 2 ó 3. El valor 1 significa causas de frecuencia e incidencia bajas; el valor 2, frecuencia e incidencia medias, y el 3 aplica para causas de frecuencia e incidencia altas.

El producto de la frecuencia de ocurrencia de la causa y de la incidencia para generar escape, permite establecer que causas son seleccionables, descartándose aquellas para las que su producto es menor a 3. La *Tabla 8.1, la Tabla 8.2, la Tabla 8.3, la Tabla 8.4 y la Tabla 8.5* resumen el proceso de identificación y selección de causas aplicables a las líneas de gas, la primera ilustra la calificación asignada a cada una según el grupo técnico y la segunda expone la justificación de la cualificación. La representación matricial de la selección se ilustra en la *Figura 8.1*.

Es claro bajo el prisma del procedimiento anterior, y del ciclo de incubación de los fenómenos amenazantes en las líneas de gas, que hoy día las causas de tipo constructivo, en especial las intervenciones por parte de los habitantes (construcción de viviendas) dominio al que pertenecen las deficiencias humanas, son las más relevantes; su importancia reposa en la frecuencia de ocurrencia, y los de origen natural ligados a los procesos de remoción en masa, y los sismos. Las causas de tipo constructivo acaparan el principal foco de atención; sin embargo no son los más catastróficos, este reglón lo ocupan los procesos de origen natural: sismos y deslizamientos FRM.

TABLA 8.1 CALIFICACIÓN DE CAUSAS

FACTOR	ID	CAUSA	FRECUENCIA	INCIDENCIA	F*I	SELECCIÓN
CAUSAS INTERNAS DE ORIGEN SOCIAL						
PERSONAL	C1	HUELGA	1	1	1	NO
	C2	PARO	1	1	1	NO
	C3	MEETING	1	1	1	NO
	C4	SABOTAJE	1	1	1	NO
CONTRATISTAS	C5	PARO	2	1	2	NO
	C6	MEETING	1	1	1	NO
	C7	SABOTAJE	1	1	1	NO
	C8	FRAUDE	1	1	1	NO
	C9	HURTO	1	1	1	NO
	C10	PRESIONES SOCIOECONÓMICAS	1	1	1	NO
CAUSAS EXTERNAS DE ORIGEN SOCIAL						
GUERRILLA	C11	VOLADURAS	1	1	1	NO
	C12	INTIMIDACIÓN	1	1	1	NO
	C13	ENFRENTAMIENTOS ARMADOS	1	1	1	NO
COMUNIDADES	C14	PARO	1	1	1	NO
	C15	ATENTADO	1	1	1	NO
	C16	HURTO	2	1	2	NO
	C17	INVASIONES	1	1	1	NO
DELINCUENCIA	C18	HURTO	2	2	4	SI
CAUSAS DE ORIGEN OPERACIONAL						
NIVEL DE ACTIVIDAD	C19	TRÁFICO VEHICULAR	2	1	2	NO
	C20	TRABAJOS DE INFRAESTRUCTURA	2	1	2	NO
FALLA MECÁNICA	C21	FALLA DE MATERIAL POR VIBRACIÓN	2	1	2	NO
	C22	FALLA DE MATERIAL POR CALENTAMIENTO	1	1	1	NO
	C23	FALLA DE MATERIAL POR PRESIÓN – ALIVIO	3	1	3	SI
ABRASIÓN	C24	DESGASTE POR FRICCIÓN	3	1	3	SI
	C25	CORROSIÓN INTERNA	3	1	3	SI
	C26	CORROSIÓN EXTERNA-FALLA DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA	1	1	1	NO
	C27	CORROSIÓN EXTERNA-FALLA DEL RECUBRIMIENTO	1	1	1	NO
ACCIONES HUMANAS	C28	FALLA POR NO ENTRENAMIENTO	1	1	1	NO
	C29	FALLAS POR LABORES DE MANTENIMIENTO	1	2	2	NO
	C30	FALLAS POR DESCUIDO EN LA OPERACIÓN	1	2	2	NO
SISTEMAS DE CONTROL	C31	FALLAS EN SISTEMAS DE CONTROL	1	1	1	NO
FALLA ELÉCTRICA	C32	CORTO CIRCUITO	1	1	1	NO
	C33	CORTE DEL SUMINISTRO	1	1	1	NO

TABLA 8.2 CALIFICACIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN)

FACTOR	ID	CAUSA	FRECUENCIA	INCIDENCIA	F*I	SELECCIÓN
CAUSAS DE TIPO CONSTRUCTIVO Y DE DISEÑO						
FALLAS EN DISEÑO	C34	ERRORES DE DISEÑO DEL SISTEMA	1	2	2	NO
	C35	VARIACIÓN DE LA OPERACIÓN	1	1	1	NO
FALLAS DE CONSTRUCCIÓN	C36	INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DEFECTUOSOS	1	2	2	NO
	C37	INSTALACIÓN DEFECTUOSA DE ELEMENTOS	1	2	2	NO
SISMOS	C38	DEFORMACIÓN DE SUELOS	1	3	3	SI
	C39	RUPTURA SUPERFICIAL	2	1	2	SI
	C40	LICUACIÓN	1	1	1	NO
VOLCANES	C41	ERUPCIONES	1	1	1	NO
MOVIMIENTOS EN MASA	C42	DESLIZAMIENTOS	2	2	4	SI
	C43	DESPRENDIMIENTOS	2	1	2	NO
	C44	REPTACIÓN	1	1	1	NO
	C45	SOLIFLUXIÓN	1	1	1	NO
	C46	ESCURRIMIENTO LATERAL	1	1	1	NO
	C47	SUBSIDENCIA	1	2	2	NO
	C48	FLUJOS DE TIERRA	3	1	3	SI
	C49	AVALANCHAS	1	1	1	NO
FENÓMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS	C50	TORMENTAS	1	2	2	NO
	C51	INUNDACIONES	1	1	1	NO
	C52	AMENAZA CERAÚNICA	1	1	1	NO
FACTORES BIOLÓGICOS	C53	BIOLÓGICOS	1	1	1	NO
EROSIÓN	C54	PLUVIAL	1	1	1	NO
	C55	SOCAVACIÓN	1	1	1	NO
PROCESOS MARÍTIMOS	C56	EFECTOS FLUVIALES	1	1	1	NO

TABLA 8.3 SELECCIÓN DE CAUSAS

ID	CAUSA	JUSTIFICACIÓN
CAUSAS INTERNAS DE ORIGEN SOCIAL		
C1 C2 C3	HUELGA DE PERSONAL PARO DE PERSONAL MEETING DE PERSONAL	A NIVEL GENERAL, LOS TRABAJADORES DE GAS NATURAL SE DEFINEN COMO PERSONAL DE CONFIANZA, ASÍ QUE NO SE ESPERA SUSPENSIÓN DE LAS OPERACIONES. SI LLEGASE A OCURRIR SU INCIDENCIA SERÍA BAJA
C4	SABOTAJE DE PERSONAL	EN EL BARRIO NO HA OCURRIDO Y SU PROBABILIDAD DE OCURRENCIA ES MUY BAJA
C5 C6	PARO DE CONTRATISTAS MEETING DE CONTRATISTAS	LOS CESES LABORALES POR PARTE DE LOS CONTRATISTAS SE EXCLUYEN, PUES ÉSTOS IMPLICAN CANCELACIÓN DEL CONTRATO Y CAMBIO DE PERSONAL. SU INCIDENCIA ES MÍNIMA POR LAS CONSIDERACIONES ENUNCIADAS
C7 C8 C9	SABOTAJE DE CONTRATISTAS FRAUDE DE CONTRATISTAS HURTO DE CONTRATISTAS	LOS CONTRATISTAS OBLIGADOS POR LA COMPETITIVIDAD DEL MERCADO, PROPENDEN POR UN BUEN TRABAJO. EN ESTE SENTIDO CARECE DE RELEVANCIA
C10	PRESIONES SOCIOECONÓMICAS	AUNQUE ESTE TIPO DE CAUSA HA DIBUJADO ALGUNOS BROTES EN EL PASADO, POCA INCIDENCIA HA TENIDO EN LA OPERACIÓN DE LA RED DE GAS

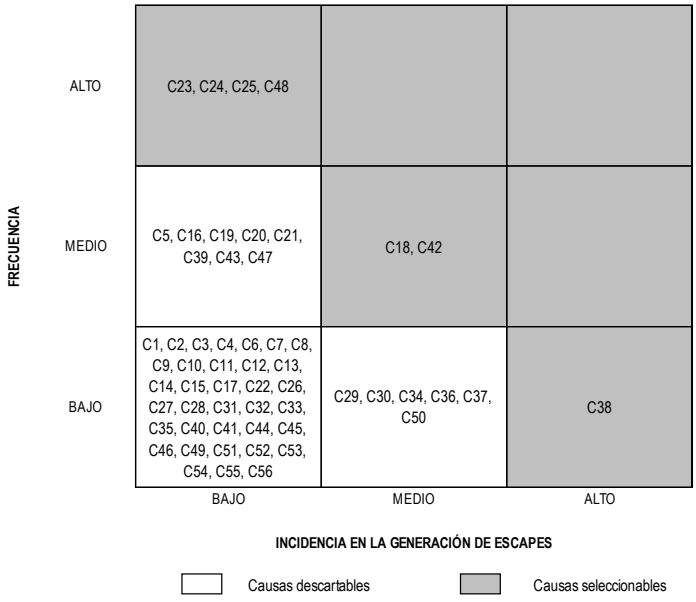
TABLA 8.4 SELECCIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN)

ID	CAUSA	JUSTIFICACIÓN
CAUSAS EXTERNAS DE ORIGEN SOCIAL		
C11	VOLADURAS	HASTA EL MOMENTO NO HAN TENIDO LUGAR EVENTOS DE ESTE TIPO, PERO SI LLEGASEN A OCURRIR SU INCIDENCIA ES ALTA. CUALQUIER VOLADURA EN LAS LÍNEAS DE FLUJO CAUSARÍA UNA GRAN EXPLOSIÓN
C12	INTIMIDACIÓN DE GRUPOS AL MARGEN DE LA LEY	INTIMIDACIONES DIRECTAS SOBRE LA OPERACIÓN DE LAS REDES NO HAN OCURRIDO. SE ESPERA QUE ESTÁ CAUSA NO INCIDA EN LA GENERACIÓN DE ESCAPES O EXPLOSIONES
C13	ENFRENTAMIENTOS ARMADOS	SU INCIDENCIA ES BAJA E INTRANSCENDENTE PARA LOS ESCAPES
C14	PARO DE COMUNIDADES	LA ACTIVIDAD DE LA RED ES TOTALMENTE INDEPENDIENTE AL DESEMPEÑO DE LA POBLACIÓN
C15	ATENTADO DE COMUNIDADES	NO SE HAN PRESENTADO EVENTOS DE ESTE TIPO
C16	HURTO DE COMUNIDADES	SE CARECE DE REGISTROS EN ESTE SENTIDO
C17	INVASIONES DE COMUNIDADES	SI BIEN, ES POSIBLE SU OCURRENCIA, NO SE ESPERA QUE PROVOQUE ESCAPES O DERRAMES
C18	HURTO DE DELINCUENCIA ORGANIZADA	NO SE HAN DETECTADO NI HAN OCURRIDO ROBOS DE ELEMENTOS DENTRO DE LA RED. SU PROBABILIDAD DE OCURRENCIA ES MEDIA
CAUSAS DE ORIGEN OPERACIONAL		
C19	TRÁFICO VEHICULAR	ES MUY POCO PROBABLE LA OCURRENCIA DE ACCIDENTES POR ESTA CAUSA; LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA RED ESTÁN FUERA DE LA LÍNEA DE TRÁNSITO O SON SUBTERRÁNEOS
C20	TRABAJOS EN INFRAESTRUCTURA	EN EL BARRIO TIENEN LUGAR OPERACIONES DE MANTENIMIENTO, SU INCIDENCIA SOBRE EL INMOBILIARIO ACTUAL ES MEDIO; LOS EQUIPOS QUE SE EMPLEAN NO EN TODOS LOS CASOS SON LIVIANOS O DE MANO
C21	FALLA DEL MATERIAL POR VIBRACIÓN	LA PRESIÓN MANEJADA POR LAS INSTALACIONES ES BAJA Y CONTROLADA PERMANENTEMENTE; POR LO QUE ESTA CAUSA ES POCO PROBABLE QUE ORIGINE DERRAMES O ESCAPES
C22	FALLA DEL MATERIAL POR CALENTAMIENTO	LOS EFECTOS DE TEMPERATURA SON POCO NOTORIOS: LOS PROCESOS NO INVOLUCRAN EL CALENTAMIENTO DEL PRODUCTO
C23	FALLA DE MATERIAL POR PRESIÓN – ALIVIO	ES UNA CAUSA FRECUENTE PERO SU INCIDENCIA ES BAJA, PUES LOS ESCAPES SON MÍNIMOS Y DE RÁPIDO CONTROL
C24	DESGASTE POR FRICCIÓN	SE MANIFIESTA CON FRECUENCIA EN EL SELLO DE LAS VÁLVULAS. LOS DERRAMES ORIGINADOS POR ÉL SON PEQUEÑOS
C25	CORROSIÓN INTERNA	ÉSTA PUEDE GENERAR ESCAPES DE PEQUEÑO TAMAÑO SÓLO AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS. LA CAPACIDAD DE CONTROL ES BAJA, PUES NO SE REALIZAN INSPECCIONES PERIÓDICAS
C26	CORROSIÓN EXTERNA - FALLA DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA	NO EXISTE PROTECCIÓN CATÓDICA Y CARECE DE APLICABILIDAD
C27	CORROSIÓN EXTERNA - FALLA DEL RECUBRIMIENTO	LA RED PRINCIPAL ES SUBTERRÁNEA Y EN POLIETILENO. EN LAS EDIFICACIONES POCO O NADA SE INSPECCIONA EL RECUBRIMIENTO DE LOS ELEMENTOS. LOS PROBABLES ESCAPES SERÍAN MÍNIMOS
C28	FALLAS POR AUSENCIA DE ENTRENAMIENTO O ENTRENAMIENTO DEFECTUOSO	GAS NATURAL POSEE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA EL PERSONAL
C29	FALLAS POR LABORES DE MANTENIMIENTO	LOS REGISTROS DE LAS EMERGENCIAS NO SEÑALAN ESTA CAUSA COMO PERTINENTE. EXISTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVIO QUE PERMITE LA SUSPENSIÓN DE LAS OPERACIONES
C30	FALLAS POR DESCUIDO EN LA OPERACIÓN	SÍ BIEN, HAN OCURRIDO ALGUNAS VECES POR CIERRES INADECUADOS DE VÁLVULAS, SÓLO PROVOCARON PEQUEÑOS DERRAMES DE PRODUCTO
C31	FALLAS EN LOS SISTEMAS DE CONTROL	NO HAY REPORTE DE EMERGENCIAS EN ESTE SENTIDO
C32	CORTO CIRCUITO	NO HAN TENIDO LUGAR PROBLEMAS DE ESTE TIPO (POR LO MENOS EN EL REPORTE DE GAS NATURAL PARA EL AÑO 2010)
C33	CORTE DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	EL SUMINISTRO DE ENERGÍA SÓLO AFECTA EL SISTEMA DE BOMBAS Y DE CONTROL, UNIDADES DISTANTES DEL BARRIO

TABLA 8.5 SELECCIÓN DE CAUSAS (CONTINUACIÓN)

ID	CAUSA	JUSTIFICACIÓN
CAUSAS DE TIPO CONSTRUCTIVO		
C34	ERRORES DE DISEÑO DEL SISTEMA	PARA LAS ACTUALES CONDICIONES DE OPERACIÓN, EL SISTEMA ESTÁ SOBREDIMENSIONADO, POR LO TANTO ES BAJA LA INCIDENCIA DE ESTA CAUSA PARA GENERAR ESCAPES Y DERRAMES.
C35	VARIACIÓN EN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN	ES POCO PROBABLE LA EXISTENCIA DE ESTA CAUSA (BASTA REPASAR LOS REGISTROS DE EMERGENCIAS: *ANEXO B*).
C36 C37	INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DEFECTUOSOS INSTALACIÓN DEFECTUOSA DE ELEMENTOS	AUNQUE ESTO OCURRE ESPORÁDICAMENTE, LOS ELEMENTOS QUE PUEDEN RESULTAR DEFECTUOSOS O MAL INSTALADOS NO PRESENTAN ESCAPES CONSIDERABLES. LOS REGISTROS HISTÓRICOS SEÑALAN POCA O NINGUNA RELEVANCIA EN ESTE CASO (VÉASE EL *ANEXO B*)
C38 C39	DEFORMACIÓN DE SUELOS (SISMOS) RUPTURA SUPERFICIAL (SISMOS)	ES INCIERTA LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS ESTRUCTURAS ANTE EVENTOS SÍSMICOS. EMPERO CIUDADES COMO ARMENIA Y PEREIRA REVELARON DAÑOS EN LAS REDES DE SERVICIOS PARA EL EVENTO MÁXIMO ESPERADO (SISMO DE 1999). LAS RUPTURAS ESPERADAS PARA LA RED DE GAS ALCANZAN LAS 0.693 POR KILÓMETRO (INGEOMINAS, 1996: MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA).
C40	LICUACIÓN	EL CUATERNARIO POSEE UNA FRACCIÓN ARCILLOSA SUPERIOR AL 15% (VÉASE EL CAPÍTULO 4). EN CONSECUENCIA LA FORMACIÓN DE ESTE TIPO DE PROBLEMAS ES MUY BAJA
C41	ERUPCIONES (VOLCANES)	EL CUADRÁNGULO DONDE ESTÁ LOCALIZADO EL CAMPO NO PERTENECE A UN AMBIENTE VOLCÁNICO (VÉASE EL *PLANO 3*)
C42	DESLIZAMIENTOS	EL CONTEXTO MORFOLÓGICO OCUPADO POR LAS INSTALACIONES DEL BARRIO, LA PREVALENCIA DE MASAS COLUVIALES, DE RELLENOS Y DE SUELOS RESIDUALES, FINCADAS EN UN AMBIENTE ESTRUCTURAL COMPLEJO Y EN UN MACIZO ROCOSO BLANDO, HACEN PROBABLE LA GENERACIÓN DE CUALQUIER FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA. HIPÓTESIS CONFIRMADA POR LOS DIAGNÓSTICOS DE LA DPAE, Y LAS EVIDENCIAS MORFODINÁMICAS FIJADAS EN EL *PLANO 6*.
C43 C44 C45 C46 C47 C48 C49	DESPRENDIMIENTOS SOLIFLUXIÓN REPTACIÓN ESCURRIMIENTO LATERAL SUBSIDENCIA FLUJOS DE TIERRA AVALANCHAS	LOS REGISTROS HISTÓRICOS (PROVENIENTES DE 1997 Y CON FUENTE ÚNICA EN LA DPAE) Y EL INVENTARIO DE PROCESOS EN EL BARRIO (GIA, 2010) RESTAN CUALQUIER RELEVANCIA A ESTE CONJUNTO DE PROCESOS.
C50	TORMENTAS	LAS REDES DE GAS SON SUBTERRÁNEAS, POR LO TANTO LAS TORMENTAS NO INCIDEN SOBRE EL ESCAPE (O ES MÍNIMO)
C51	INUNDACIONES	EL BARRIO ES PARTE DE UN AMBIENTE DE MONTAÑA; SIN DISECCIÓN HIDRÁULICA (VÉASE EL *PLANO 2*).
C52	AMENAZA CERÁUNICA	NO ES MUY FRECUENTE LA OCURRENCIA DE ESTE FENÓMENO NATURAL. SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DE ESCAPES O INCENDIOS ES MÍNIMA (CONFIRMACIÓN DADA POR EL INVENTARIO DE EMERGENCIAS, VÉASE EL *ANEXO B*).
C53	BIOLÓGICOS	PUEDEN GENERAR ESCAPES Y DERRAMES DE MEDIANO TAMAÑO.
C54	EROSIÓN PLUVIAL	AUNQUE LAS LADERAS RECIBEN ALGÚN RETRABAJAMIENTO EN ESTE SENTIDO, NO AFECTA LA INFRAESTRUCTURA, CONCLUSIÓN PATENTE EN EL *PLANO 6*.
C55	SOCAVACIÓN	LOS EFECTOS DE SOCAVACIÓN SON NULOS; EL BARRIO SE ENCUENTRAN FUERA DE LA ACCIÓN DE CUERPO DE AGUA ALGUNO.
C56	EFECTOS SUBFLUVIALES	LOS CUERPOS DE AGUA PRÓXIMOS AL BARRIO EN NADA ENCIERRAN ESTOS EFECTOS.

FIGURA 8.1 MATRIZ DE SELECCIÓN DE CAUSAS DE FALLA



Como los procesos están regidos por el devenir (i.e la dinámica), el entrenamiento, los controles de seguridad, la implantación de medidas de estabilización y los programas de monitoreo, sólo por citar algunas posibles acciones, pueden transformar el panorama descrito, y llevar a las causas referidas, en especial a las operativas, en el corto o mediano plazo, a un segundo plano. Son, entonces, taxativamente las deficiencias humanas y la participación de terceros (generadas por la manipulación) eventos desencadenantes tanto del fenómeno amenazante primario: el escape, como de los de segundo y tercer orden; en absoluto son ellas las amenazas.

8.1.1.3 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS INICIANTES (FENÓMENOS POTENCIALMENTE DAÑINOS)

Todos los eventos iniciantes o de primer orden, definidos así pues son gestores de otros (estos últimos eventos de segundo y tercer orden como lo son: la explosión, el bleve, el chorro de fuego y la llamarada) y único interés del presente documento, están relacionados con la liberación de gas, ya sea por rotura o escape. A continuación, se resumen los eventos iniciantes analizados.

- Rotura parcial de los tramos
- Escapes de gas

8.1.1.4 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS AMENAZANTES

La *Tabla 8.6* plasma el evento amenazante para las redes de gas que facilitaría el desarrollo de procesos con efectos térmicos.

TABLA 8.6 EVENTO AMENAZANTE EN LAS LÍNEAS DE GAS

ESCENARIO	ORIFICIO DE ESCAPE	ESCAPE
LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE 1", 2", 3" Y 3/4"	TOTAL	X
	PARCIAL	X

8.1.1.5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

La amenaza por escape de producto inflamable se cuantifica en términos de la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes. En particular para cualquier sistema, se define como:

ECUACIÓN 8.1 PROBABILIDAD

$$Probabilidad = \frac{\#\ de\ eventos\ amenazantes}{año}$$

La obtención de este término depende de la frecuencia con que ocurran los eventos iniciantes (escapes) y de la probabilidad de estos para desencadenar otros eventos que afecten el entorno. La *Ecuación 8.2* expresa la relación de dichos términos así:

ECUACIÓN 8.2 PROBABILIDAD DE EVENTO AMENAZANTE

$$P.\ Evento\ Amenazante = \frac{\#\ de\ escapes}{elemento * año} * \#\ elementos * \frac{eventos\ amenazantes}{escapes}$$

En este sentido, el último paso de la evaluación de amenaza industrial, de este primer procedimiento obliga a emplear bases de datos internacionales como fuente principal de información para la obtención de la probabilidad de ocurrencia de escapes. Dos de las principales fuentes de referencia como son: La del DET NORKE VERITAS Y TAYLOR (1988), sobre escapes de los principales elementos de una instalación Petrolera, que se relacionan en la *Tabla 8.7*.

Sin embargo, los valores anteriores son un reflejo de las condiciones de trabajo internacional que distan del ambiente particular del país caracterizado por ataques terroristas e intervención de grupos al margen de la ley. Por tal razón, se definió que la probabilidad de ocurrencia de un escape es igual a la suma algebraica de las probabilidades en situación normal (definida por los registros internacionales) y bajo orden público; esta última equivalente a la ocurrencia de un ataque terrorista en el tiempo de vida operacional promedio de un escenario petrolero: 50 años.

La *Tabla 8.8* expone los resultados encontrados tanto el de cada componente del sistema como el global para el conjunto (i.e. isla o terraza). La categorización de la amenaza, que aparece en la *Tabla 8.9*, se plantea con base en la vida operacional de las islas y terrazas siguiendo la propuesta formulada por Ecopetrol (2000) para el campo Cicuco. En este sentido, la amenaza puede calificarse en cinco categorías que van desde improbables, para eventos con posibilidad máxima de ocurrencia de uno en cincuenta años, hasta frecuentes si tiene lugar al menos un accidente por mes.

TABLA 8.7 FRECUENCIAS DE ESCAPE POR ELEMENTOS

ELEMENTO	ROTURA TOTAL	ROTURA PARCIAL
LÍNEA DE PROCESO 2 " (1)	$1.7*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO	$7.5*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 3" (1)	$2.0*10^{-7}$ ESCAPE / M AÑO	$5.9*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 4" (1)	$2.2*10^{-7}$ ESCAPE / M AÑO	$4.5*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 6" (1)	$2.4*10^{-7}$ ESCAPE / M AÑO	$2.8*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 8" (1)	$5.6*10^{-7}$ ESCAPE / M AÑO	$2.25*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 10" (1)	$7.2*10^{-8}$ ESCAPE / M AÑO	$1.78*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
LÍNEA DE PROCESO 12" (1)	$3.3*10^{-8}$ ESCAPE / M AÑO	$1.5*10^{-6}$ ESCAPE / M AÑO
TANQUES (2)	$2*10^{-5}$ ESCAPES / TANQUE AÑO	
INCENDIO DEL TANQUE (2)	$4.3*10^{-4}$ INCENDIOS / TANQUE AÑO	

FUENTE: (1) SOFTWARE LEAK V 2.0 DNV TÉCNICA – DET NORSKE VERITAS. (2) REVIEW OF FAILURE RATE DATA FOR RISK ANALICES FEBRUARY 1998.J.R TAYLOR

TABLA 8.8 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS AMENAZANTES EN LA BATERÍA

UNIDAD/ELEMENTO	ROTURA PARCIAL	DESCRIPCIÓN	ROTURA TOTAL	DESCRIPCIÓN	SUMA DE PROBABILIDADES
LÍNEAS DE PRODUCCIÓN:2", 3", 4" Y 6".	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00E^{-02}$
LÍNEAS A MANIFOLD	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
INYECTOR DE QUÍMICOS – MANIFOLD	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
SEPARADOR GENERAL	$2.00E^{-02}$	R	$1.80E^{-02}$	R	$3.80\ E^{-02}$
LÍNEA A TANQUES	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
LÍNEA A TANQUE DE PRUEBA, 8"	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
TANQUE DE ALMACENAMIENTO 15000 BLS	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
TANQUE BLS	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$
ESTACIÓN DE BOMBEO	$2.00E^{-02}$	R	$2.00E^{-02}$	R	$4.00\ E^{-02}$

TABLA 8.9 CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN	CÓDIGO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN
IMPROBABLE	BAJA	I	$F \leq 0.02$	MÁS DE CINCUENTA AÑOS PARA UNA OCURRENCIA
REMOTO	BAJA	R	$0.02 < F \leq 0.2$	HASTA 1 EVENTO CADA 50 AÑOS
OCASIONAL	MEDIA	O	$0.2 < F \leq 2.0$	HASTA 1 EVENTO CADA 5 AÑOS
MODERADO	MEDIA	M	$2.0 < F \leq 12$	HASTA 1 EVENTO CADA ½ AÑO
FRECUENTE	ALTA	P	$F > 12$	MÁS DE UN ACCIDENTE POR MES

En los 51 años de existencia del barrio, no se ha presentado ningún evento relacionado con la rotura parcial o total de alguna de las tuberías en el área de estudio que llegase a provocar un escape por rotura y posteriormente una posible llamarada, como lo ratifica el comunicado 11361671-0 de la empresa Gas Natural (véase el *Anexo J.1*), información corroborada por la comunidad, que en las encuestas realizadas por el consorcio no reporto ningún evento especifico relacionado con la red de gas natural.

Por tanto, para el cálculo de la probabilidad se parte de las estadísticas históricas, como las que se evidenciaron en las tablas anteriores, y que proporcionan una fuente de información confiable, razón por la que se toma como un caso remoto (amenaza baja) el que se produzca hasta una avería en cincuenta años y la probabilidad de ocurrencia es de $4.00E^{-02}$ en el peor de los escenarios, porque el valor puede variar en el intervalo de $2.0*10^{-7}$ escape/m en un año y $7.5*10^{-6}$ escape/m en un año, para las tuberías de entre 2 y 3 pulgadas, que aunque son las que minoritariamente se presentan en el barrio, son las que podrían llegar a presentar un evento catastrófico.

8.2 AMENAZA FUNCIONAL

Se define como la probabilidad de ocurrencia de falla o errores en la localización, en el diseño estructural o funcional, en la operación y en el mantenimiento de las obras de infraestructura, de los sistemas de servicio público, del transporte y de los centros de abastecimiento, entre otros, que puedan provocar desabastecimiento, interrupción del flujo de bienes y de la movilidad, y colapso de estructuras (Fopae, 2010). Encierra un basto universo de procesos y variables, por momentos interrelacionados e interconectados con otros fenómenos, en particular con los sismos, los procesos de inestabilidad y con los tecnológicos, que hacen del planteamiento y del tratamiento temas complejos y extensos. Esta particularidad le otorga tintes especiales para la aplicación de las redes neuronales como método de evaluación; sin embargo, su puesta en marcha lo haría insalvable bajo los requerimientos (en especial los de tiempo) del proyecto. En su lugar, y dada la presunción de certeza, se recurre al uso de métodos de razonamiento aproximado, en particular el de manejo de evidencia: opinión de expertos. Y como elementos de auscultación: el barrio, las viviendas, las redes de servicios (incluidas las vías).

Así, la carencia de diseño estructural y las deficiencias constructivas de las viviendas, son condiciones inherentes a Santa Rosa. Condiciones exaltadas por ser parte de un escenario no planificado, y porque su origen entremezcla factores como la pobreza, la exclusión social y el desempleo, entre otros. El barrio se originó y fue ocupado de forma ilegal a comienzos de 1962, en los vestigios de antiguos chircales, en nada reconformados, y los predios fueron receptores de los residuos sólidos de los asentamientos circunvecinos, reparos que hacían de éste un espacio no apto para el uso residencial; lo anterior sugiere la carencia de servicios públicos en los primeros años, por lo menos hasta 1973; momento en el que se pone en marcha el sistema de acueducto y alcantarillado (causantes de algunos deslizamientos). En 1998 se erige el tendido eléctrico; y en el 2001 hace su aparición la red de gas, tal vez la de mejor comportamiento hasta hoy día.

La ubicación del barrio sobre laderas pronunciadas, que carecen de espacios aptos para la construcción de viviendas, obliga a los habitantes a estructurar terrazas (de corte–relleno), que las debilitan y las deterioran y condicionan su movilización. Las edificaciones, autoconstrucciones en su mayoría de uso residencial, carecen de diseño estructural y funcional, patente en la marcada brecha que existe con la NSR-10, y en el deterioro y deficiente estado de algunas viviendas, lo que las convierte en sitios peligrosos para habitar, en especial por las personas de la tercera edad, por los niños y por los discapacitados.

La infraestructura vehicular, vieja en sus alineamientos y limitada en número, dista de cumplir requerimientos mínimos de diseño; las pendientes longitudinales oscilan entre el 7.7% y el 16%, la distancia de visibilidad es reducida y por espacios insuficiente (máxime en las curvas), las señalizaciones horizontal y vertical son exiguas, y en ocasiones hasta ilusorias, y las calzadas en ningún caso superan los 6.9 metros (aunque varían entre 3.38 m y 6.89 m), y están obligadas a compartir la operación de los vehículos y de los peatones, estos últimos sometidos a su empleo por el reducido tamaño (o ancho) de los andenes. Los pasos peatonales son en escalera o rampa, pe. la carrera 5A Este, la Carrera 5B Este, la carrera 6 Este y la carrera 7 Este; los senderos son irregulares, estrechos, con anchos que van desde el metro hasta los dos metros, y se tienden con ángulos entre 17.7° (31.9%) y 27.2° (51.4%).

Todas estas particularidades realzan no sólo las dificultades de acceso e intercomunicación en el barrio, y entre éste y la ciudad, sino las deficiencias en la conceptualización, diseño y operación a las que están sometidos los adultos mayores, los niños y los discapacitados. Por lo tanto la probabilidad de encontrar desaciertos en el diseño y en la operación de las edificaciones y las vías es, inobjetablemente, unitaria (1,0).
Ahora bien como la amenaza funcional, por lo menos para las redes de servicio, carece de esencia propia, máxime por no ser un fenómeno de primero o de segundo orden, la pérdida de funcionalidad o la suspensión del servicio por periodos prolongados está atada a la ocurrencia de otros eventos desastrosos como los sismos, los fenómenos de remoción en masa y los fenómenos industriales. En este sentido la probabilidad de falla de los sistemas es, indudablemente, equivalente a la probabilidad de ocurrencia del sismo, si se trata del evento crítico, o a la probabilidad de movilización de las laderas o de la ocurrencia de escapes, y chorros de fuego, si se trata de los eventos más frecuentes o recurrentes. Temas incluidos en el capítulo 7 y en el numeral 8.1 de este capítulo.

8.3 AMENAZA POR COLAPSO DE EDIFICACIONES

Su análisis se realiza a partir de los registros históricos en poder de la DPAE (rotulado como primer escenario) y en encuestas realizadas a los propietarios residentes más antiguos en el barrio (bautizado como segundo escenario). En uno y otro escenario, se define el colapso como una variable discreta (mejor aún como un evento discreto), bajo este contexto se calcula la probabilidad de ocurrencia anual; no obstante esta hipótesis se fundamenta en asumir la muestra como homogénea, afirmación distante de ser válida en el barrio; la diversidad en el tipo de estructuras, en la edad de las edificaciones, en los materiales empleados, en la calidad constructiva, en el número de pisos y en el estado de las viviendas no sólo así lo confirman sino que ponen de manifiesto la necesidad de ajustar de la evaluación.

La solución de este problema y de describir y descifrar el colapso como una variable continua, más aún porque el registro histórico es incierto y el periodo de recurrencia, abren la posibilidad al empleo de la propuesta de Finlay y Fell (1995, citados por Lee and Jones 2004). De esta manera la probabilidad de falla se particulariza a cada edificación gracias a la aplicación de factores de ajuste de sitio (cuatro en total), que cobijan la calidad y la edad de la construcción, el tipo de sistema estructural y el estado de la vivienda (i.e los daños), y es el resultado del producto punto de la probabilidad anual por los factores de ajuste. Si bien la los factores de ajuste y su calificación son definidos de manera discrecional (por el experto, es decir por el analista en riesgos), su calificación debe ser el resultado de la aplicación de la teoría de conjuntos difusos. Sin embargo, la puesta en marcha de este procedimiento implicaría grandes inversiones de tiempo y la construcción de funciones de importancia y de peso, tareas fuera del alcance de este estudio. Empero, surge desde ya como labor indispensable si se ratifica el uso del modelo descrito.

8.3.1 ANÁLISIS FRECUENTISTA

Primer Escenario

Se forja gracias a los registros capturados por la DPAE en los últimos 10 años, y en los que se reporta solo un caso por colapso. De él se desprende que:

la probabilidad anual del evento es:

$$P\,(E)_{1\,Año} = 1/10 = 0{,}10$$

la probabilidad del no evento para n = 10 años es:

$$P\,(No\ Evento) = (1- 0{,}10)^{10} = 0{,}35 \approx 35\%$$

Y la probabilidad de que ocurra el evento en 10 años es:

$$P\,(Evento)_{10\,Años} = 1- 0{,}35 = 0{,}65 \approx 65\%$$

Es decir en 10 años el 65% de las viviendas actualmente en pie pueden colapsar. Panorama aterrador si se visualiza la magnitud de las pérdidas materiales y humanas, así como el impacto y daños irreversibles en la comunidad. En la *Tabla 8.10* se ilustra la probabilidad acumulada a 50 años. Contexto que respalda las conclusiones señaladas.

Segundo Escenario

Tiene como punto de partida las encuestas con los propietarios más antiguos en el barrio, específicamente los que viven allí hace más de 40 años, y cuya única pregunta reside en el número de viviendas falladas en ausencia de deslizamientos o sismos. Aunque las respuestas fueron ambiguas en cuanto al número y las causas de afectación, se optó, con base en el grado de conocimiento y claridad de la explicación, por escoger la opinión del Señor Salustiano Danla, residente hace más de 48 años, y que afirma que durante el tiempo de vida allí se han venido abajo dos viviendas. A partir de este marco de trabajo, se deduce:

la probabilidad anual del evento:

$$P\,(E)_{1\,Año} = 2/48 = 0{,}042$$

la probabilidad del no evento para n = 48 años:

$$P\,(No\ Evento) = (1- 0{,}042)^{48} = 0{,}13 \approx 13\%$$

y la probabilidad acumulada para el mismo periodo de exposición:

$$P\,(Evento)_{48\,Años} = 1- 0{,}13 = 0{,}87 \approx 87\%$$

TABLA 8.10 PROBABILIDAD DEL EVENTO A 50 AÑOS – ESCENARIO 1

AÑO	PROBABILIDAD ANUAL	PROBABILIDAD ACUMULADA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA EN AÑOS N²	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA
1	0,1	0,100	0,100	0,900
2	0,1	0,190	0,090	0,810
3	0,1	0,271	0,081	0,729
4	0,1	0,344	0,073	0,656
5	0,1	0,410	0,066	0,590
6	0,1	0,469	0,059	0,531
7	0,1	0,522	0,053	0,478
8	0,1	0,570	0,048	0,430
9	0,1	0,613	0,043	0,387
10	0,1	0,651	0,039	0,349
11	0,1	0,686	0,035	0,314
12	0,1	0,718	0,031	0,282
13	0,1	0,746	0,028	0,254
14	0,1	0,771	0,025	0,229
15	0,1	0,794	0,023	0,206
16	0,1	0,815	0,021	0,185
17	0,1	0,833	0,019	0,167
18	0,1	0,850	0,017	0,150
19	0,1	0,865	0,015	0,135
20	0,1	0,878	0,014	0,122
21	0,1	0,891	0,012	0,109
22	0,1	0,902	0,011	0,098
23	0,1	0,911	0,010	0,089
24	0,1	0,920	0,009	0,080
25	0,1	0,928	0,008	0,072
26	0,1	0,935	0,007	0,065
27	0,1	0,942	0,006	0,058
28	0,1	0,948	0,006	0,052
29	0,1	0,953	0,005	0,047
30	0,1	0,958	0,005	0,042
31	0,1	0,962	0,004	0,038
32	0,1	0,966	0,004	0,034
33	0,1	0,969	0,003	0,031
34	0,1	0,972	0,003	0,028
35	0,1	0,975	0,003	0,025
36	0,1	0,977	0,003	0,023
37	0,1	0,980	0,002	0,020
38	0,1	0,982	0,002	0,018
39	0,1	0,984	0,002	0,016
40	0,1	0,985	0,002	0,015
41	0,1	0,987	0,001	0,013
42	0,1	0,988	0,001	0,012
43	0,1	0,989	0,001	0,011
44	0,1	0,990	0,001	0,010
45	0,1	0,991	0,001	0,009
46	0,1	0,992	0,001	0,008
47	0,1	0,993	0,001	0,007
48	0,1	0,994	0,001	0,006
49	0,1	0,994	0,001	0,006
50	0,1	0,995	0,001	0,005

TABLA 8.11 PROBABILIDAD DEL EVENTO A 50 AÑOS – ESCENARIO 2

AÑO	PROBABILIDAD ANUAL	PROBABILIDAD ACUMULADA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA EN AÑOS N²	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA
1	0,042	0,042	0,042	0,958
2	0,042	0,082	0,040	0,918
3	0,042	0,121	0,039	0,879
4	0,042	0,158	0,037	0,842
5	0,042	0,193	0,035	0,807
6	0,042	0,227	0,034	0,773
7	0,042	0,259	0,032	0,741
8	0,042	0,291	0,031	0,709
9	0,042	0,320	0,030	0,680
10	0,042	0,349	0,029	0,651
11	0,042	0,376	0,027	0,624
12	0,042	0,402	0,026	0,598
13	0,042	0,428	0,025	0,572
14	0,042	0,452	0,024	0,548
15	0,042	0,475	0,023	0,525
16	0,042	0,497	0,022	0,503
17	0,042	0,518	0,021	0,482
18	0,042	0,538	0,020	0,462
19	0,042	0,557	0,019	0,443
20	0,042	0,576	0,019	0,424
21	0,042	0,594	0,018	0,406
22	0,042	0,611	0,017	0,389
23	0,042	0,627	0,016	0,373
24	0,042	0,643	0,016	0,357
25	0,042	0,658	0,015	0,342
26	0,042	0,672	0,014	0,328
27	0,042	0,686	0,014	0,314
28	0,042	0,699	0,013	0,301
29	0,042	0,712	0,013	0,288
30	0,042	0,724	0,012	0,276
31	0,042	0,736	0,012	0,264
32	0,042	0,747	0,011	0,253
33	0,042	0,757	0,011	0,243
34	0,042	0,767	0,010	0,233
35	0,042	0,777	0,010	0,223
36	0,042	0,787	0,009	0,213
37	0,042	0,796	0,009	0,204
38	0,042	0,804	0,009	0,196
39	0,042	0,812	0,008	0,188
40	0,042	0,820	0,008	0,180
41	0,042	0,828	0,008	0,172
42	0,042	0,835	0,007	0,165
43	0,042	0,842	0,007	0,158
44	0,042	0,849	0,007	0,151
45	0,042	0,855	0,006	0,145
46	0,042	0,861	0,006	0,139
47	0,042	0,867	0,006	0,133
48	0,042	0,872	0,006	0,128
49	0,042	0,878	0,005	0,122
50	0,042	0,883	0,005	0,117

Es decir en 48 años el 87% de las viviendas estarán colapsadas, casi la totalidad del barrio. Sin embargo se deben tener en cuenta que estas cifras son más una guía del panorama que se puede presentar, que una aseveración. De la misma forma se proyectó la amenaza a 50 años para este escenario dando como resultado la *Tabla 8.14* que permite vislumbrar un horizonte desolador para esa época, con un 88% de las viviendas colapsadas. Estos porcentajes son susceptibles de ser modificados por variables como: el aumento de la población, cambios en el clima (cada vez más agresivos) y la intervención del hombre (rellenos antrópicos). Cualquiera sea la ruta seguida, el panorama general de la amenaza por colapso de edificaciones, no es muy alentador.

Una vez definida la probabilidad anual, la discretización para todas y cada una de las edificaciones, implica la definición y cualificación de cuatro factores de ajuste, estos son: la condición estructural, el número de pisos, la edad y el daño en la construcción (véase la *Tabla 8.12*, la *Tabla 8.13*, la *Tabla 8.14* y la *Tabla 8.15*). Estos factores recopilan la situación de la mayoría de las viviendas, matizada por espacios mal distribuidos, escasamente iluminados y pobremente ventilados. Las edificaciones son poco confortables e inseguras, y su diseño interior encaja en la concepción de multifamiliares. La construcción es progresiva, es decir se adelanta en etapas; característica que otorga ese tinte desordenado a la zona. Las condiciones estructurales son el reflejo de la construcción de viviendas ejecutada por los propietarios, las edificaciones se crean en mampostería simple con o sin vigas y columnas de confinamiento, hechas en concreto reforzado, en sistema estructural losa-columna, o como una combinación de la mampostería y madera o materiales de recuperación (aluminio, cartón y residuos de demolición).

La calidad de la mampostería varía entre regular y mala, sustentada en la presencia de juntas desiguales y discontinuas y la combinación de diferentes tipos de estructura y mampostería de dimensiones diferentes. La posición de la cimentación es dispar, lo que reproduce empujes de diversa magnitud en la periferia; la pendiente del terreno, particularmente pronunciada, da lugar a preparaciones del terreno en corte-lleno. Los planos de desnivel son recurrentes. La configuración en planta es en extremo irregular y alberga marcados desplazamientos de los planos de acción. Las cubiertas carecen de apoyo en los extremos o de viga cumbrera en ocasiones son planas y en concreto reforzado. El estado de conservación es en el mejor caso aceptable. El conjunto de las probabilidades subjetivas para las 394 viviendas, y de sus factores de ajuste se compila en la *Tabla 8.17*. De acuerdo con lo anterior es evidente que la presencia de ésta amenaza es latente y casi inherente a la forma de construcción. La condición de colapso sólo se puede evidenciar en estados avanzados de la construcción, razón que hace complejo su análisis, por la implicación de precondiciones (materiales de construcción, dimensiones alejadas de la NSR-10, cuantías elevadas o muy inferiores para cada elemento estructural).

TABLA 8.12 F1 EDAD DE LA EDIFICACIÓN

AÑOS	CALIFICACIÓN
<1970	1,5
1970 - 1984	1,4
1984 - 1998	1,3
>1998	1,2

TABLA 8.13 F2 DAÑO EN LA CONSTRUCCIÓN

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
NINGUNO	SIN FISURAS, NI FRACTURA ALGUNA O CON GRIETAS MUY DELGADAS.	0,75
LEVE	INCLUYEN GRIETAS DELGADAS (O ESBELTAS) QUE PUEDEN SER FÁCILMENTE CUBIERTAS Y FÁCILMENTE TRATADAS, SUELEN APARECER EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCIÓN, SON VISIBLES EXTERNAMENTE CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS. GRIETAS VISIBLES CON UNA INSPECCIÓN CERCANA.	1,00
MODERADO	GRIETAS CON ALGUNA ABERTURA SIGNIFICATIVA, QUE PUEDEN SER RESANADAS CONVENIENTEMENTE, SON VISIBLES EN LOS MUROS EXTERIORES POR LO QUE ES POSIBLE QUE UNA PEQUEÑA PARTE REQUIERA SER REEMPLAZADA	1,25
ALTO PARCIAL	GRIETAS GRANDES QUE REQUIEREN UN EXTENSO TRABAJO DE REPARACIÓN, QUE INCLUYE LA DEMOLICIÓN Y EL REEMPLAZO DE SECCIONES DE PAREDES (SOBRETODO CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS), MARCOS DEFORMADOS, PISOS Y PAREDES PERCEPTIBLEMENTE INCLINADOS, PERO, PERCIBIDOS EN UN SÓLO ELEMENTO ESTRUCTURAL O NO ESTRUCTURAL	1,50
ALTO TOTAL	GRIETAS GRANDES QUE REQUIEREN UN EXTENSO TRABAJO DE REPARACIÓN QUE INCLUYE LA DEMOLICIÓN Y EL REEMPLAZO DE SECCIONES DE PAREDES (SOBRETODO CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS). LOS MARCOS SE EXPONEN DEFORMADOS, LOS PISOS Y LAS PAREDES YACEN PERCEPTIBLEMENTE INCLINADOS, HAY PROTUBERANCIAS EN MUROS, PÉRDIDA DE SOPORTE EN VIGAS Y TUBERÍAS DE SERVICIO INTERRUMPIDAS; TODO REPLICADO EN VARIOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	1,75
SEVERO PARCIAL	REQUIERE TRABAJOS DE REPARACIÓN MAYOR DEL ELEMENTO DETERIORADO (I.E. RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O TOTAL). ES NOTORIA LA PÉRDIDA DE SOPORTE EN LAS VIGAS, LAS PAREDES DEBEN SER APUNTALADAS; LAS VENTANAS SE EXPONEN ROTAS POR DEFORMACIÓN, Y EXISTE PELIGRO POR INESTABILIDAD ESTRUCTURAL EN UN SÓLO ELEMENTO DE LA ESTRUCTURA	2,00
SEVERO TOTAL	ACOGE TRABAJOS DE REPARACIÓN MAYOR, RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O COMPLETA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES. ES PATENTE LA PÉRDIDA DE PORTE EN LAS VIGAS; LAS PAREDES DEBEN SER APUNTALADAS; LAS VENTANAS SE EXPONEN ROTAS POR DEFORMACIÓN; Y EL PELIGRO POR INESTABILIDAD ESTRUCTURAL ES LATENTE EN UN VARIOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	

TABLA 8.14 F3 CONDICIÓN ESTRUCTURAL

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
NIVEL A	INTEGRA VIVIENDAS QUE CUMPLEN CON PARÁMETROS MÍNIMOS DE RIGIDEZ Y SOLIDEZ ESTRUCTURAL, DE TIPO PÓRTICO, MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL O DE MUROS CONFINADOS.	0,50
NIVEL B	UNIDADES RESIDENCIALES CON PARÁMETROS MÍNIMOS DE RIGIDEZ Y SOLIDEZ ESTRUCTURAL, TIPO PÓRTICO, MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL O DE MUROS PORTANTES CONFINADOS, TAMBIÉN CASAS PREFABRICADAS CON CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE BUENA A REGULAR.	0,75
NIVEL C	EL SISTEMA ESTRUCTURAL ES DE MUROS PORTANTES NO CONFINADOS, O COMBINACIÓN DE CONFINADOS Y PÓRTICO CON MUROS NO CONFINADOS, CON DAÑOS NO MAYORES A MODERADOS Y CALIDAD REGULAR DE LA CONSTRUCCIÓN.	1,0
NIVEL D	ENCIERRA MUROS PORTANTES NO CONFINADOS O COMBINACIÓN DE CONFINADOS Y PÓRTICO CON MUROS NO CONFINADOS, CUBIERTAS EN ASBESTO-CEMENTO O ZINC Y CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE REGULAR A MALA.	1,10
NIVEL E	EL SISTEMA ESTRUCTURAL ES DE MUROS PORTANTES NO CONFINADOS, O COMBINACIÓN DE CONFINADOS Y PÓRTICO CON MUROS NO CONFINADOS, CUBIERTAS EN ASBESTO-CEMENTO O ZINC SOBRE ESTRUCTURAS DE MADERA, CON MALA CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN.	1,2
NIVEL F	VIVIENDAS CON MUROS NO CONFINADOS, O HECHAS CON MATERIALES DE RECUPERACIÓN, LAS CUBIERTAS SON EN CARTÓN, ZINC, MADERA, U OTROS MENOS RESISTENTES.	2,0
NIVEL G	LO COMPRENDEN EDIFICACIONES EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y LOTES VACÍOS.	0,50

Finalmente, la zonificación toma cuerpo, al categorizar las probabilidades subjetivas, tal y como se expresa en la *Tabla 8.16*). Su representación numérica y gráfica se expone en la *Tabla 8.17* y en el *Plano 9* proporcionando una visión más clara de la situación actual. De ellos se desprende que cerca del 8% de los predios poseen amenaza por colapso alta; el 81% media y el 9% baja. Finalmente, los predios sin amenaza alguna, representados en el 2% del universo muestra, que responden a baldíos, reubicados por la DPAE o por decisión del propietario.

TABLA 8.15 F4 NÚMERO DE PISOS

PISOS	CALIFICACIÓN
1	1,1
1 - 2	1,3
> 3	1,5

TABLA 8.16 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA

NIVEL DE AMENAZA	INTERVALOS DE PROBABILIDAD SUBJETIVA
Bajo	0 – 0,13
Medio	0.13 – 0.40
Alto	> 0.40

TABLA 8.17 EVALUACIÓN DE AMENAZA PARA CADA VIVIENDA

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

CAPÍTULO 9

VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIO-NATURAL

CAPÍTULO 9

VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIO-NATURAL

La vulnerabilidad, entendida como la predisposición intrínseca de un sujeto o de un elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas (La Red, 2000), es función de la exposición y de la resistencia; variables dependientes a su vez de la solicitud v.g. un deslizamiento, un sismo, una epidemia. Es medible el grado de severidad de las consecuencias esperadas. Su cuantificación está dada por dos connotaciones: una en términos de los costos por el daño físico y otra por el peso específico de las variables que inciden en la función socioeconómica (Millán, J.A., 2000). Su evolución contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso; en otras palabras, tiene como objetivo analizar la respuesta de los elementos frente a los diferentes fenómenos de sismo, remoción en masa y eventos biológicos, potenciales y actuales y, junto con la evaluación de amenaza, dilucidar el(los) tratamiento(s) por adelantar. Dentro del referido contexto, por ejemplo, si las viviendas no se localizan en la zona de influencia o se encuentran expuestos y gracias a su resistencia no sufren daño alguno, puede optarse por convivir con el problema; en caso contrario, y según sea la gravedad de las consecuencias, se debe recurrir a obras de estabilidad o a programas de reubicación.

9.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

Inventario de Viviendas

El formato de recolección de información de las edificaciones (véase el *Anexo K.1*) está conformado por 4 secciones: La primera de ellas denominada Datos Generales, comprende información concerniente al propietario, el número de personas residentes, y su distribución por edades y género, a la ubicación espacial y catastral de los predios y a las características orgánicas de las viviendas. La segunda: Condición Estructural, indaga acerca de las características de fundación y de estructura de las construcciones así como de su calidad constructiva. La tercera titulada: Daños, se enfoca hacia la categorización de las averías o expresiones "patológicas" en elementos estructurales y no estructurales, a la auscultación sobre filtraciones, y al planteamiento de alguna medida a priori de acuerdo con lo observado. Y la última condensa datos enmarcados en el contexto social. Finalmente, contiene un espacio para observaciones, en las que se plasman comentarios de los habitantes o apreciaciones del aforador que en alguna medida contribuyen al estudio. El instructivo se expone en el *Anexo K.2*.

9.2 VULNERABILIDAD FÍSICA POR SISMO

Las ciudades colombianas ubicadas en zonas de alta amenaza sísmica, deben considerar la posible respuesta de sus edificaciones ante la eventualidad de la ocurrencia de un sismo. La mayoría de las ciudades no se ha desarrollado previa una planificación y buena parte de ellas ha crecido acompañada de asentamientos subnormales, característicos de las poblaciones más vulnerables económicamente (Chio y Maldonado, 2008). Se obliga entonces a la estimación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, con el fin de plantear medidas de mitigación del riesgo que permitan disminuir el nivel de pérdidas económicas y en vidas humanas ante la ocurrencia de un evento sísmico.

La vulnerabilidad de las edificaciones depende de las características de los materiales que la componen y del sistema estructural como un ente global. Se reconocen materiales de buen comportamiento y estructuraciones que por su costo y por su comportamiento sísmico adecuado, son ampliamente utilizados. Sin embargo, las limitantes económicas hacen que las poblaciones pobres, en la necesidad de proveerse de un techo, incurran en fallas que van desde la utilización de materiales no adecuados y defectuosos (producto de demoliciones), hasta el desconocimiento técnico que conduce a malos procesos constructivos y en consecuencia a edificaciones altamente vulnerables.

9.2.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Actualmente existen diversos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras existentes. Éstas se pueden agrupar de diferentes formas: en función de la escala de aplicación (individual o a gran escala), del nivel de estudio, de acuerdo con el tipo de evaluación; si es calculada (cuantitativa) u observada (cualitativa); en relación directa con el tipo de resultado, se habla de técnicas directas, indirectas, convencionales e híbridas.

Las técnicas directas predicen directamente el daño que puede producir un sismo, luego, está limitado a estructuras cuyo comportamiento sísmico puede ser simulado por modelos teóricos. Los procedimientos de análisis más utilizados en esta técnica son los análisis estáticos lineales y no lineales; estáticos o dinámicos. Las técnicas indirectas identifican la vulnerabilidad y la relacionan con el daño por medio de estudios realizados después de la ocurrencia de un sismo. Las técnicas convencionales definen un índice de vulnerabilidad basado en características físicas de la estructura y en criterios propuestos por la Norma Sismo Resistente-NSR. Éste índice de vulnerabilidad es independiente de la predicción del daño.

Visto así, el resultado final en un estudio de vulnerabilidad es el índice de daño que sufriría una tipología estructural específica, sometida a una determinada acción sísmica. Éste resultado puede obtenerse mediante dos procedimientos; el primero; usa las denominadas matrices de probabilidad de daño, y el segundo; a través de las funciones de vulnerabilidad.

La selección de un método para evaluar la vulnerabilidad depende del objetivo del estudio, pero también de la disponibilidad de los datos y de la tecnología disponible, además está relacionada con la escala de análisis y con las características de los elementos a evaluar. Por ejemplo para establecer un análisis de riesgo sísmico de elementos particulares o aislados, tales como edificios esenciales, se utilizan métodos determinísticos; para la evaluación masiva de tipos de edificación con fines de cuantificación del riesgo sísmico en una región, se recomiendan los métodos probabilísticos y los cualitativos.

Si bien hay una amplia variedad de métodos entre los que se pueden citar: el de Hurtado y Cardona (1990), el de la AIS (2001), el LM1: Proyecto Risk-UE (2003); las funciones de Vulnerabilidad de Cartapati (1986), Angeletti (1988), solo por mencionar algunos; podría incurrirse en resultados poco confiables, pues aplican para las condiciones de las ciudades para las que han sido propuestos. Por esto, para el caso de Santa Rosa de Lima, se aplica el método del índice de Vulnerabilidad, de Maldonado y Chio (2008), implementado para la ciudad de Bucaramanga, ciudad del contexto colombiano y que dista en poco de las características constructivas de Bogotá.

Es un método de razonamiento aproximado, basado en la construcción de funciones de vulnerabilidad sísmica, que utiliza la teoría de los conjuntos difusos para definir los parámetros con mayor influencia, fijados por la opinión de expertos del contexto nacional e internacional. Inicialmente, establece los parámetros relevantes para la calificación de la vulnerabilidad símica de las edificaciones en dependencia con los sistemas estructurales. Para las edificaciones en mampostería, define once entre los que se hallan: la calidad de la mampostería, la resistencia estructural y la configuración en planta, y para el sistema de pórticos precisa catorce, algunos son: la resistencia convencional, la posición de la edificación y de la cimentación, y la configuración en altura. Basado en la opinión de expertos (teoría de conjuntos difusos) construye funciones de pertenencia para las calificaciones A, B, C Y D de cada parámetro, así también, para los grados de importancia relativa que existe entre los diferentes parámetros, (véase el *Anexo K.3*).

Establecidos los parámetros, las funciones de pertenencia y las de importancia, se procede al método tradicional de combinación de varias piezas de información difusas, con desigual importancia o peso, y es el que se utiliza para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica de viviendas, y su expresión se exhibe en la *Ecuación* 9.1.

$$I.V._J = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i K_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

ECUACIÓN 9.1

En la que, $I.V._{J,}$ es el índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación *j*, K, es una medida del grado de vulnerabilidad de la categoría del parámetro *i*. Los valores W, son una medida de la opinión de la importancia asociada al parámetro i respecto a los demás parámetros y *n* es el número de parámetros del modelo. Finalmente, el desarrollo numérico del índice de vulnerabilidad, IV (representado por la *ecuación 9.1*), tiene cabida a través de la desfusificación de las funciones de importancia y pertenencia, tarea en la que se emplea el método de máxima función de pertenencia; el *Anexo K.4*., relaciona las calificaciones asignadas.

9.2.1.1 PARÁMETROS DE VALORACIÓN

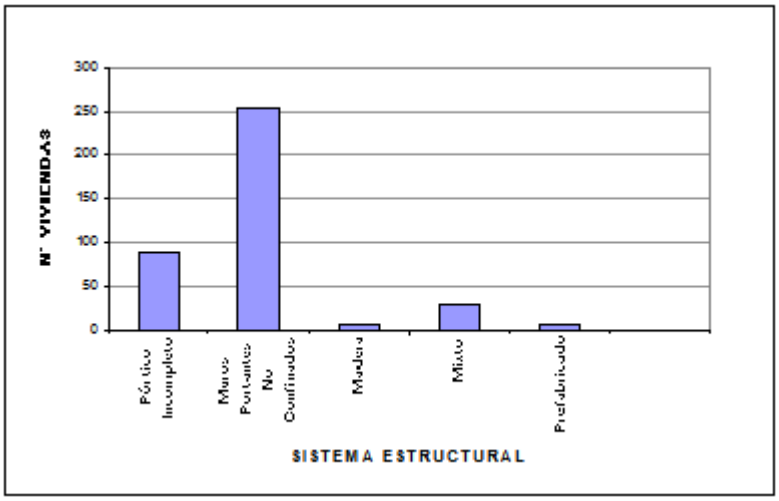
Del amplio abanico de sistemas estructurales (véase el formato de levantamiento: *Anexo K.1* y la *Tabla 9.1*) el 65.97 % de las viviendas están erigidas con muros portantes no confinados, el 22.85% encierran pórticos incompletos, el 7.80 % aglutinan sistemas mixtos: muros portantes no confinados y la madera, el 1.82 % son prefabricadas, y el 1.56 % están forjadas en madera (véase la *Figura 9.1*). Este panorama adquiere visos preocupantes, pues además de los irregularidades técnicas de las estructuras (expresas de la norma

sismorresistente, plasmadas en la NSR-10) se le suma la mala calidad de los materiales y las deficientes técnicas constructivas. Las edificaciones se enmarcan en la autoconstrucción y en varias etapas (progresividad) a la medida de las necesidades; ya sea por el crecimiento de la familia o por que las mejoras económicas así lo permitían. A pesar de que el asentamiento en el barrio data de hace más de cincuenta años gran parte de las viviendas se muestran incompletas o en construcción, sin que pueda calificarse como mejoras; las etapas más antiguas denotan mala calidad y al sumar pisos sólo aumentan su vulnerabilidad. A excepción de la Unidad Primaria de Atención-UPA, y el Salón de Acción Comunal donde se encuentra el Jardín Infantil y una vivienda, ninguno de los sistemas encontrados se ejecuta constructivamente como lo dicta la NSR-98.

TABLA 9.1 TIPOS DE SISTEMA ESTRUCTURAL

SISTEMAS ESTRUCTURALES	CLASIFICACIÓN PROPUESTA	CLASIFICACIÓN ENCONTRADA
PÓRTICOS	1	
PÓRTICOS EN TODAS LAS PLANTAS	1.1	
PÓRTICOS PARCIALES	1.2	1.2
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	2	
MAMPOSTERÍA-MUROS PORTANTES CONFINADOS	3	
MAMPOSTERÍA-MUROS PORTANTES NO CONFINADOS	4	4
MADERA	5	5
MIXTO	6	6
PREFABRICADA	7	7

FIGURA 9.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL



9.2.1.1.1 Parámetros de Mayor Influencia en la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones de Mampostería

Para la valoración de las edificaciones en mampostería, se identifican catorce (14) parámetros relevantes. Para las edificaciones en madera, para las mixtas (madera y materiales de reciclaje o mampostería y madera) y para las prefabricadas, dadas sus pésimas calidades constructivas, estado de la edificación y daños, se asumen las calificaciones más bajas de cada parámetro de la mampostería portante no confinada. La asignación de las calificaciones de cada edificación con respecto a cada uno de los parámetros, puede verificarse en la *Tabla 9.30*.

Parámetro 1. Sistema Estructural

Este parámetro estima la eficacia de la estructura en función de la existencia de columnas y vigas ignorando el tipo de material. Estos elementos cumplen la importante función de repartir cargas tanto horizontal como verticalmente a los muros, excluyendo las concentraciones de esfuerzo. Las calificaciones se designaron de acuerdo con la *Tabla 9.2*.

TABLA 9.2 PARÁMETRO 1. SISTEMA ESTRUCTURAL

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	MAMPOSTERÍA CONFINADA O REFORZADA EN TODAS LAS PLANTAS.	A
2	MAMPOSTERÍA CON VIGAS PERO SIN COLUMNAS O COLUMNAS PERO SIN VIGAS.	B
3	EDIFICACIÓN EN MAMPOSTERÍA QUE NO POSEE VIGAS Y COLUMNAS DE CONFINAMIENTO EN TODAS LAS PLANTAS.	C

Las 254 edificaciones identificadas en mampostería dentro del Barrio, corresponden a la clasificación 3, con ausencia total de vigas y columnas de confinamiento, los muros en si mismos son portantes de todas las cargas de la construcción, por lo que se les asigna la calificación C.

Parámetro 2. Calidad del Sistema Resistente

Estima la calidad de la mampostería, para lo que evalúa la regularidad de las propiedades del muro, de manera que se identifique la homogeneidad de su comportamiento. De esta manera se puede conocer la distribución de esfuerzos en las unidades o concentraciones de esfuerzos en ciertos sitios y consecuentemente los puntos débiles por donde el muro podría sufrir el fallo, para así evaluar la calidad del material y la calidad constructiva de la edificación. Para la evaluación se toman en cuenta tres aspectos: calidad del material, la homogeneidad y el ligamento de los elementos, así:

a) Calidad del material: califica la uniformidad, es decir, si las piezas poseen dimensiones constantes en la extensión del muro.
b) Homogeneidad: Depende de dos aspectos:
   - La Correcta disposición y secuencia de los elementos que conforman el muro, es decir, que las piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.
   - La no inclusión de diferentes tipos de unidades de mampostería.

c) Calidad del ligamento de los elementos: Los lineamientos para evaluar la calidad son las juntas, que se verifican de acuerdo con los siguientes aspectos:
   - La mampostería no se encuentra despegada del mortero.
   - El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm., tanto vertical como horizontalmente.
   - Las juntas son uniformes y continuas.

La calificación de este ítem se describe en la *Tabla 9.3.*

TABLA 9.3 PARÁMETRO 2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	MAMPOSTERÍA DE BUENA CALIDAD, PIEZAS HOMOGÉNEAS Y BUEN LIGAMENTO.	A
2	MAMPOSTERÍA DE BUENA CALIDAD, CON PIEZAS NO MUY HOMOGÉNEAS Y BIEN LIGADAS.	B
3	MAMPOSTERÍA DE BAJA CALIDAD CON PIEZAS HOMOGÉNEAS O NO MUY HOMOGÉNEAS Y QUE ESTÁN BIEN LIGADAS.	C
4	MAMPOSTERÍA DE BUENA O BAJA CALIDAD, CON PIEZAS NO HOMOGÉNEAS O MAL LIGADAS.	D

Del 100% de las edificaciones, el 59.84% se establece dentro de la clasificación 3, con calificación C, que describe la mampostería de baja calidad con piezas mas o menos bien ligadas, seguida por el 16.41% que describe las que obtuvieron la clasificación 4 con calificación D, que atañe a las de mampostería con piezas no homogéneas y/o mal ligadas, las calificaciones 1 y 2, las obtuvieron el 13.78% y el 10.24% respectivamente. Los porcentajes denotan que la característica predominante es la baja calidad de las piezas; con cortes irregulares e incluso incompletas (partidas) y los espesores de las pegas no son uniformes; que denotan la escasez o simplemente su ausencia.

Parámetro 3. Resistencia Estructural

Evalúa la resistencia de un edificio frente a cargas horizontales, mediante la relación entre el cortante resistente y el cortante actuante (hipótesis de la estructura ortogonal cerrada tipo cajón). Para evaluar el cortante resistente, se utiliza el concepto de coeficiente sísmico, C, definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio, mediante las siguientes ecuaciones:

$$C = \frac{\alpha_0 * t_K}{q * N} \qquad \textbf{ECUACIÓN 9.2}$$

$$\alpha 0 = \frac{A}{At}\ ;\ = \min\ [Ax;Ay] \qquad \textbf{ECUACIÓN 9.3}$$

$$q = \frac{(A_x + A_y) * h}{At} * P_m + P_s \qquad \textbf{ECUACIÓN 9.4}$$

N= Número de pisos
At=Área total en planta (m^2)
A_x y A_y=Áreas totales resistentes de muros en las direcciones x y y (m^2). Vinculadas al sistema de entrepiso y que no tengan aberturas que superen el 60% del área total de la pared, es decir, se excluyen las paredes que cumplen exclusivamente la función arquitectónica de dividir espacios y las que tengan grandes aberturas.
h= Es la altura en promedio de los entrepisos (m).
P_m= Es el peso específico de la mampostería (Ton/m^3).
Ps= Es el peso por unidad de área del diafragma (Ton/m^2).
q= Representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros mas el peso del diafragma horizontal.
t_k= Es la resistencia al cortante de los muros de mampostería (Ton/m^2).

La calificación de este parámetro se realiza mediante la relación a=C/Z, donde Z es un coeficiente sísmico de referencia, igual al valor del espectro elástico de aceleraciones Sa, que para el caso de Santa Rosa de Lima es igual a 0.69. La evaluación corresponde a las calificaciones expresadas en la *Tabla 9.4.*

TABLA 9.4 PARÁMETRO 3. RESISTENCIA ESTRUCTURAL

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE a≥1	A
2	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE A ENTRE 0.6 Y 1	B
3	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE A ENTRE 0.4 Y 0.6	C
4	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE a<0.4	D

De terminado el valor de a, resistencia estructural, los más significativos resultados son: 0.27 para 33 de las edificaciones, 0.40 para 103 y 0.80 para 106. Condiciones que marcan las calificaciones de D, C y B, respectivamente.

Parámetro 4: Posición de la Cimentación

Evalúa la influencia del entorno de la cimentación, frente a una solicitación sísmica; por tanto se toma en consideración la posible ubicación de la cimentación a diferentes alturas y el empuje de tierra por un talud adyacente. La calificación del ítem se refiere en la *Tabla 9.5.*

TABLA 9.5 PARÁMETRO 4 POSICIÓN DE LA CIMENTACIÓN

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	LA FUNDACIÓN SE UBICA A UNA MISMA COTA, AUSENCIA DE EMPUJE NO EQUILIBRADO POR TERRAPLÉN	A
2	DIFERENCIA ENTRE LAS COTAS DE LA FUNDACIÓN INFERIOR A 1 METRO, SIN EMPUJE NO EQUILIBRADO POR TERRAPLÉN O FUNDACIÓN A UNA MISMA COTA PERO CON EMPUJE POR TERRAPLÉN	B
3	LA DIFERENCIA MÁXIMA ENTRE COTAS EN INFERIOR A 1 METRO, CON EMPUJE DESEQUILIBRADO POR TERRAPLÉN.	C
4	LA DIFERENCIA MÁXIMA ENTRE LAS COTAS DE LA FUNDACIÓN ES SUPERIOR A 1 METRO.	D

El mayor número de edificaciones, 168, se ubicó en la calificación B, mientras que el menor lo hizo en la A, con sólo 28.

Parámetro 5. Suelo y Pendiente del Terreno

Es considerada la pendiente del terreno y la consistencia del suelo desde el punto de vista de la respuesta dinámica, de acuerdo con la *Tabla 9.6*

TABLA 9.6 PARÁMETRO 5 SUELO Y PENDIENTE DEL TERRENO

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE SUELO O ROCA CON PENDIENTE INFERIOR AL 10%	A
2	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE ROCA O SULO RÍGIDO CON PENDIENTE ENTRE 10 Y 30% O SOBRE LLENOS CON PENDIENTE ENTRE 10% Y 20%.	B
3	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE LLENOS CON PENDIENTE COMPRENDIDA ENTRE 20% Y 30% O SOBRE ROCA O SUELO RÍGIDO CON PENDIENTE ENTRE 30% Y 50%	C
4	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE LLENOS CON PENDIENTE MAYOR AL 30% O ROCA O SUELO RÍGIDO CON PENDIENTE MAYOR AL 50%	D

La clasificación 4, con calificación D, la consiguió 92 de las 254 edificaciones en mampostería, la sigue la clasificación 1 con calificación A, con 74 y la calificación 3 con calificación C con 72, el restante se ubicó en la B.

Parámetro 6. Diafragmas Horizontales

Valora la suficiente rigidez del diafragma en el plano y que las conexiones entre los elementos verticales sean adecuadas. Véase la *Tabla 9.7.*

TABLA 9.7 DIAFRAGMAS HORIZONTALES

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
3	EDIFICACIONES CON DIAFRAGMAS QUE SE NCUENTRAN A NIVEL, CON ABERTURA INFERIOR A 30%, APOYADOS ADECUADAMENTE A LOS MUROS DE SOPORTE, PROPORCIONANDO CONTINUIDAD Y MONOLITISMO	A
2	DIAFRAGMAS QUE CUMPLEN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CALIFICACIÓN A, PERO QUE NO CUMPLE CON UNA DE LAS CONDICIONES.	B
1	EDIFICACIÓN CON DIAFRAGMAS COMO LOS DE LA CLASE A, PERO QUE NO CUMPLEN DOS DE LAS CONDICIONES.	C
4	EDIFICACIÓN CUYOS DIAFRAGMAS NO CUMPLEN NINGUNA DE LAS TRES CONDICIONES.	D

Las edificaciones construidas con más de un piso son 145 de las que 104 son edificaciones de 2 pisos, 33 de 3 pisos y 8 de 4 pisos, de éstas 80 cumplen con la clasificación 1 y la calificación C.

Parámetro 7. Configuración en Planta

Se basa en la evaluación de las relaciones geométricas a/L y b/L, que son las relaciones entre el lado menor y el lado mayor, y la consideración de posibles protuberancias, véase la *Figura 9.2*. Para su calificación se registra lo relacionado en la *Tabla 9.8*.

FIGURA 9.2 REPRESENTACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES EN PLANTA-MAMPOSTERÍA

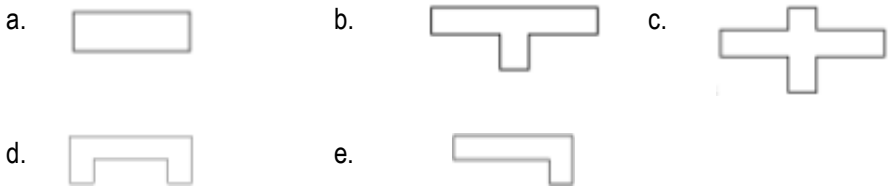


TABLA 9.8 CONFIGURACIÓN EN PLANTA

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICACIÓN CON A/L>0.8 O B/L<0.1	A
2	EDIFICACIÓN CON 0.8> A/L ≥ 0.6 O 0.1< B/L≤0.2	B
3	EDIFICACIÓN CON 0.6> A /L≥ 0.4 Ó 0.2 < B/L ≤ 0.3 O PRESENTA LAS IRREGULARIDADES EN PLANTA DE SISTEMAS NO PARALELOS.	C
4	EDIFICACIÓN CON 0.4> A/L Ó 0.3 < B/L O PRESENTA LA IRREGULARIDAD EN PLANTA (DESPLAZAMIENTO DE LOS PLANOS DE ACCIÓN)	D

Parámetro 8. Configuración en Elevación

Este parámetro pretende evaluar la simetría de la distribución de la masa y la rigidez en altura. Este ítem se califica en función de la relación $^{+}_{-}$ ΔM/M entre dos pisos sucesivos, donde ΔM es la variación máxima de la masa en dos pisos sucesivos y M es la masa del piso más bajo. La relación es positiva (+) si se trata de aumento o es negativa (-) si existe una disminución de masa hacia lo alto del edificio, tal como se califica en la *Tabla 9.9*.

TABLA 9.9 CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICACIÓN CON ΔM/M<10% O EDIFICACIONES DE UN SOLO PISO	A
2	10%≤ -ΔM/M<20%	B
3	ΔM/M>20%	C
4	ΔM/M>0	D

Parámetro 9. Distancia Máxima entre los Muros

Con este parámetro se revisa la presencia de muros cargueros interceptados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre sí. Se evalúa a partir del espaciamiento de los muros transversales (L) y el espesor del muro maestro (S), así, véase la *Tabla 9.10*.

TABLA 9.10 DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS CARGUEROS

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICIO CON L<15S	A
2	EDIFICIO CON L≥ Y <18S	B
3	EDIFICIO CON L≥18S Y L <25S	C
4	EDIFICIO CON L≥25S	D

Parámetro 10. Tipo de Cubierta

Evalúa la capacidad que tiene la cubierta para resistir un movimiento provocado por la fuerza sísmica, como se describe en la *Tabla 9.11*.

TABLA 9.11 TIPO DE CUBIERTA

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	EDIFICACIÓN CON CIBIERTAESTABLE Y PROVISTA DE VIGA CUMBRERA, O EDIFICIO CON CUBIERTA PLANA.	A
2	EDIFICIO CON CUBIERTA ESTABLE Y BIEN CONECTADA A LOS MUROS, PERO SIN VIGA CUMBRERA O EDIFICIO CON CUBIERTA PARCIALMENTE ESTABLE Y PROVISTA DE VIG CUMBRERA	B
3	EDIFICIO CON CUBIERTA QUE NO CUENTA CON APOYO EN UNO DE LOS EXTREMOS PERO ESTÁ PROVISTA DE VIGA CUMBRERA	C
4	EDIFICIO CON CUBIERTA QUE NO POSEE APOYO EN UNO DE LOS EXTREMOS Y NO TIENE VIGA CUMBRERA	D

Parámetro 11. Estado de Conservación

Se toma en cuenta el estado de conservación de la edificación, en la que se revisan las grietas y los daños, de acuerdo con el nivel de afectación a los elementos estructurales. Véase la *Tabla 9.12.*

La mayor parte de las edificaciones, 183, evidencia daños de clasificación 2, seguida a distancia por 39 que corresponden a la 3 y 30 que exhiben daños con nivel 4. Éstos están relacionados con asentamientos del terreno y la deficiencia de materiales y pegas.

TABLA 9.12 ESTADO DE CONSERVACIÓN

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1	MUROS EN BUENA CONDICIÓN SIN FISURAS VISIBLES	A
2	MUROS QUE PRESENTAN FISURAS NO EXTENDIDAS, PRODUCIDAS POR CAUSAS DIFERENTES A LA ACCIÓN SÍSMICA	B
3	MUROS CON FISURAS DE TAMAÑO MEDIO, ENTRE 2 A 3 MILÍMETROS DE ANCHO, PRODUCIDAS POR SISMOS O, EDIFICIO QUE NO PRESENTA FISURAS PERO QUE SE CARACTERIZA POR UN ESTADO MEDIOCRE DE CONSERVACIÓN DE LA MAPOSTERÍA.	C
4	MUROS QUE PRESENTAN UN FUERTE DETERIORO DE SUS MATERIALES CONSTITUYENTES O, FISURAS DE MÁS DE TRES MILÍMETROS DE ANCHO.	D

9.2.1.1.1.1 Índice de Vulnerabilidad Sísmica: Edificaciones en Mampostería

La participación en el índice de vulnerabilidad total para las edificaciones en mampostería, todas sin confinamiento, oscila entre medio y alto; el primero (el medio) se enmarca en el 68.50% de las 254 construcciones, y el segundo (el alto), propio del 31.50%, restante, recorre las viviendas con la más deficiente calidad del sistema resistente, i.e. muros con piezas poco homogéneas, de mala calidad y pegas deficientes. Los intervalos de cualificación de la vulnerabilidad, su clasificación y el número de predios inmersos en cada nivel se compilan en la *Tabla 9.13*. y el compendio par el universo muestral, incluida la información toma en campo y la calificación de los diez parámetros integran la *Tabla 9.30*, la representación grafica de los resultados se pueden revisar en el *Plano 10.*

TABLA 9.13 CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD- EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	INTERVALOS DEL ÍNDICE	N° DE PREDIOS DENTRO DEL INTERVALO
Alto	6.01-10.00	80
Medio	4.01-6.00	174

La calificación de alto se halla representada en 31 viviendas con índices de vulnerabilidad desde 6.01 hasta 6.10; 20 con intervalos 6.11 hasta 6.19; 19 con intervalos de 6.21 hasta 6.29 y las restantes se encuentran entre 6.35 y hasta 7.12. La categoría de medio la obtienen 174 edificaciones, 98 de éstas se hallan en el intervalo de 4.20 hasta 5.49, 43 en el de 5.5 hasta 5.7 y las 33 restantes van desde 5.75 hasta 5.94.

9.2.1.1.2 Parámetros de Mayor Influencia en la Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en Hormigón Reforzado

Para la valoración de las edificaciones cuyo sistema estructural responde a pórticos o en hormigón reforzado, se identifican catorce (14) parámetros relevantes. La asignación de las calificaciones de cada edificación con respecto a cada uno de los parámetros, puede verificarse en la *Tabla 9.30*.

Parámetro 1. Sistema Estructural

Las edificaciones de concreto reforzado se delinean por algunas variaciones constructivas, de las que también depende su resistencia sísmica:

- Sistema Losa Columna: Son sistemas en los que las funciones de las vigas son asumidas por las losas.
- Pórticos: Son sistemas que pueden resistir la carga sísmica basados en resistencias a flexión de los elementos que lo componen (vigas y columnas) y de su capacidad de deformarse inelásticamente para resistir las solicitaciones.

La clasificación para la calificación de este parámetro se describe en la *Tabla 9.14*.

TABLA 9.14 SISTEMA ESTRUCTURAL

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
4	SISTEMA MURO, SISTEMA DUAL O SISTEMA COMBINADO.	A
3	EDIFICIOS APORTICADOS CON SIETE O MENOS PISOS.	B
2	EDIFICIOS APORTICADOS CON MÁS DE SIETE PISOS.	C
1	SISTEMA LOSA COLUMNA U OTROS NO DEFINIDOS.	D

Para este parámetro se define la clasificación en función de las características encontradas (pórticos incompletos y deficientes con apoyo directo de la placa sobre la columna) y edificaciones desde 1 hasta cuatro pisos, por lo tanto se asigna la calificación de D, para todas.

Parámetro 2. Año de Construcción

Permite conocer los criterios de la Norma Sismorresistente Colombiana, bajo los que fueron diseñadas y construidas. Véase la *Tabla 9.15*.

TABLA 9.15 AÑO DE CONSTRUCCIÓN

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
3	EDIFICACIONES CONSTRUIDAS DESPUÉS DE 1998	A
2	EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ENTRE 1984 Y 1998	B
1	EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ANTES DE 1984	C

El 48.86 % del total de 88 viviendas identificadas con sistema estructural aporticado, fue construido antes de 1984, el 40.90% entre 1984 y 1998 y el restante pertenece a construcciones posteriores. Aunque estas fechas son la referencia de la publicación de Normas de Sismo Resistencia, el apoyo técnico a este respecto no ha tenido lugar, tal como se evidencia en las deficiencias constructivas, sin embargo si representa desgaste en las estructuras.

Parámetro 3. Calidad del Sistema Resistente

El proceso de construcción de la estructura y los materiales empleados, marcan el buen comportamiento del sistema resistente. Por tanto además de los materiales se evalúan las características de la mano de obra, la

calidad de la ejecución y detalles contractivos que puedan afectar la respuesta sísmica de la estructura, tales como la exposición del refuerzo. Las clasificaciones se proponen en la *Tabla 9.16*.

TABLA 9.16 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICIO CON HORMIGÓN DE BUENA CONSISTENCIA RESISTENTE AL RAYADO Y BIEN EJECUTADO. SINREFUERZO EXPUESTO EN LA SUPERFICIE. BUENA MANO DE OBRA Y PROCEDIMIENTOCONSTRUCTIVO EFICIENTE.
B	EDIFICIOS QUE NO CLASIFICAN COMO A Y C
C	EDIFICIOS QUE PRESENTAN DOS DE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: HORMIGÓN DE MALA CALIDAD JUNTAS MAL COSTRUIDAS, ACERO DE REFUERXO VISIBLE MALA CALIDAD DE LA OBRA, PÁNELES DE MAMPOSTERÍA DE MALA CALIDAD.

Solamente tres de las 88 construcciones en sistema estructural de pórticos, responde a las características expresadas para la calificación A, éstas son la UPA, el Salón de Acción Comunal donde se ubica el Jardín Infantil y la vivienda 1 de la Manzana 90.

Parámetro 4. Resistencia Convencional

Determina la capacidad que tiene la estructura para soportar la acción sísmica. Por tanto se evalúa un coeficiente de seguridad α, referido al nivel de fuerza sísmica de diseño mediante la utilización de hipótesis que simplifiquen el comportamiento de la estructura (acciones estáticas, ausencia de excentricidades, etc.). Las ecuaciones se enuncian a continuación:

$$\alpha = \frac{R*C}{Sa}$$ **ECUACIÓN 9.5**

donde C es el coeficiente sísmico, R el coeficiente de disipación de energía y Sa, es la aceleración espectral obtenida del espectro elástico.

$$C = \frac{\alpha_{0}*t}{q*N}$$ **ECUACIÓN 9.6**

$$\alpha_0 = \frac{A}{At}\ ;\ =\min\ [Ax;Ay]$$ **ECUACIÓN 9.7**

$$q = \frac{(A_x+A_y)*h}{At} \quad *P_c+P_s$$ **ECUACIÓN 9.8**

donde,

N= Número de pisos
At=Área total en planta (m^2)
A_x y A_y=Áreas totales resistentes de muros en las direcciones x y y (m^2). Vinculadas al sistema de entrepiso y que no tengan aberturas que superen el 60% del área total de la pared, es decir, se excluyen las paredes que cumplen exclusivamente la función arquitectónica de dividir espacios y las que tengan grandes aberturas.
h= Es la altura en promedio de los entrepisos (m).
P_s= Es el peso por unidad de área del diafragma (Ton/m^2).
Pc= Es el peso específico de los elementos del sistema resistente (Ton/m^3).
q= Representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros mas el peso del diafragma horizontal.
t= Es la resistencia al cortante de los elementos del sistema resistente (Ton/m^2).

La calificación del parámetro se expresa en la *Tabla 9.17*.

TABLA 9.17 RESISTENCIA CONVENCIONAL

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE A≥1,5
B	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE A ENTRE 1,5> A ≥ 0,8
C	EDIFICACIÓN CON UN VALOR DE A <0,8

Casi el total de las edificaciones obtiene la calificación B, sin embargo, debe tomarse en cuenta que los pórticos son incompletos, pues en la mayoría de los casos se construyen sólo para una planta.

Parámetro 5. Posición de la Edificación y de la Cimentación

Valora la influencia del entorno de la cimentación, frente la solicitación sísmica; toma en consideración la ubicación de la cimentación a diferentes alturas y el empuje de tierras por el talud adyacente. La calificación puede revisarse en la *Tabla 9.18*.

TABLA 9.18 POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN Y LA CIMENTACIÓN

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	LA FUNDACIÓN ESTÁ UBICADA A UNA MISMA COTA. AUSENCIA DE EMPUJE NO EQUILIBRADO DEBIDO A UN TERRAPLÉN
B	LA DIFERENCIA MÁXIMA ENTRE LAS COTAS DE LA FUNDACIÓNES INFERIOR A UN METRO. AUSENCIA DE EMPUJE NO EQUILIBRADO DEBIDO A UN TERRAPLÉN.
C	LA DIFERENCIA MÁXIMA DE LAS COTAS DE FUNDACIÓN ES SUPERIOR A UN METRO O HAY PRESENCIA DE EMPUJE NO EQUILIBRADO DEBIDO A UN TERRAPLÉN

Parámetro 6. Suelo y Pendiente

El tipo de suelo y el grado de pendiente del lugar donde se cimentó la edificación puede incrementar los niveles de daño cuando ocurra un sismo. Las características y las calificaciones se describen en la *Tabla 9.19*.

TABLA 9.19 SUELO Y PENDIENTE

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE ROCA CON PENDIENTE INFERIOR AL 30% O TERRENO ESTABLE CON PENDIENTE INFERIOR AL 15%
B	EDIFICACIONES QUE NO CUMPLEN CON LAS CONDICIONES A O C
C	EDIFICACIÓN CIMENTADA SOBRE SUELOS BLANDOS CON PENDIENTE MAYOR AL 30%, O ROCA O SUELO RÍGIDO CON PENDIENTE MAYOR AL 60%

El 53.40% de las edificaciones se establece sobre suelo estable, con pendientes más o menos bajas, que obtienen la calificación A; el 36.37% lo hace sobre suelos blandos ya sean llenos o residuales, que responden a la calificación C.

Parámetro 7. Diafragma de Piso

El diafragma juega un papel importante en el comportamiento sísmico de la estructura, pues se encarga de transferir las fuerzas sísmicas a los elementos verticales y asegura que trabajen en conjunto, para poder resistir las fuerzas laterales. En la tabla *Tabla 9.20* se dicta la calificación de los diafragmas de acuerdo con la rigidez en el plano y las conexiones con los elementos verticales.

TABLA 9.20 DIAFRAGMA DE PISO

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIONES QUE PRESENTAN DIAFRAGMAS CON DEFORMABILIDAD DESPRECIABLE Y CORRECTAMENTE CONECTADA A ELEMENTOS VERTICALES
B	EDIFICACIONES QUE NO CLASIFICAN COMO A O C
C	EDIFICACIÓN CON LOSAS CONECTADAS DEFICIENTEMENTE O POCO RÍGIDAS O CUYA ÁREA CUBRE MENOS DE UN 70% DEL ÁREA TOTAL

La característica predominante de los diafragmas de piso es que se conectan deficientemente a los elementos puntuales, por esto 80 de las edificaciones obtienen la calificación C.

Parámetro 8. Configuración en Planta

Las configuraciones simples, regulares y simétricas tienden a presentar mejor comportamiento ante un sismo, mientras que edificios no simétricos se inclinan a presentar esfuerzos torcionales y demandas localizadas de resistencia o ductilidad. Por tanto, este parámetro se evalúa con base en las relaciones geométricas a/L y b/L, que son las relaciones entre el lado menor y el mayor y la consideración de posibles protuberancias, véase la *Figura 9.3*.

FIGURA 9.3. REPRESENTACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES EN PLANTA- HORMIGÓN REFORZADO

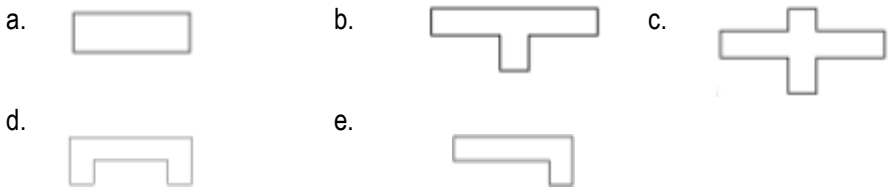


TABLA 9.21 CONFIGURACIONES EN PLANTA

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE CUMPLE CON : A/L≥0,6 O B/L E≤0,1D
B	EDIFICACIÓN QUE CUMPLE CON : A/L ≥ 0,6 Ó B/L≤ 0,2 Y 0,1D<E ≤ 0,2D
C	EDIFICACIÓN QUE NO CUMPLE LAS CONDICIONES A O B, O QUE PRESENTA LAS IRREGULARIDADES EN PLANTA DE SISTEMAS NO PARALELOS O DESPLAZAMIENTOS DE LOS PLANOS DE ACCIÓN.

El total de las edificaciones cumple con la configuración en planta de la opción a, y obtienen la calificación B, según su aspecto.

Parámetro 9. Configuración en Altura

En elevación, la regularidad que presente las edificaciones tanto en masa como en rigidez, producidas por variaciones en la masa de pisos consecutivos puede generar cambios bruscos en las fuerzas inerciales de cada piso y con ello, cambios en la forma de vibrar del edificio. Las variaciones abruptas de piso a piso pueden producir la formación de pisos blandos. La calificación se asigna de acuerdo con la *Tabla 9.22*.

TABLA 9.22 CONFIGURACIÓN EN ALTURA

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE PRESENTA DISMINUCIÓN EN LAS ÁREAS DE PISO MENOSRES AL 10%. NOEXISTEN CAMBIOS CNSIDERABLES EN RIGIDEZ DE UN PISO A OTRO.
B	EDIFICACIÓN QUE PRESENTA DISMINUCIÓN EN LAS ÁREAS DE PISO MAYORES AL 10% Y MENORES DEL 20%. NO EXISTEN CAMBIOS CONSIDERABLES EN RIGIDEZ DE UN PISO A OTRO.
C	EDIFICACIÓN QUE PRESENTA UNA DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES:
	DISMINUCIÓN EN LAS ÁREAS DE PISO MAYORES AL 20% O AUMENTOS MAYORES AL 5%
	FENÓMENO DE PISO DÉBIL, FENÓMENO DE PISO DÉBIL, LA MASA DE UN PISO ES MAYOR A 1.5 VECES LA MASA DE LOS PISOS ADYACENTES, EDIFICIOS QUE PRESENTAN RELACIONES DE ESBELTEZ(ALTURA/ANCHO) MAYORES A 5

El 88% de las construcciones se caracteriza por voladizos excesivos de un piso a otro, cada piso con voladizo. Por tanto obtienen la calificación de C.

Parámetro 10. Conexiones entre Elementos Críticos

Las conexiones de los elementos estructurales juegan un papel importante en el momento de la ocurrencia de un sismo, pues las conexiones deficientes pueden ocasionar la falla parcial o total de los elementos. La calificación de las conexiones se detalla en la *Tabla 9.23*.

TABLA 9.23 CONEXIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN CON CONEXIONES CORRECTAMENTE DETALLADAS, EN LA QUE SE SATISFACE QUE $s \leq 0.25$ Ó $s \leq H/2$ Y $e \leq 0.2b'_{min}$.
B	EDIFICACIÓN QUE NO CUMPLE LAS CONDICIONES A O C
C	EDIFICACIÓN CON CONEXIONES POBREMENTE DETALLADAS EN LA QUE MÁS DEL 70% DE LAS CONEXIONES NO CUMPLEN LA CONDICIÓN A, Ó SE PUEDE VERIFICAR QUE MÁS DEL 30% DE LAS CONEXIONES CUMPLEN QUE $s > 0.4b$ Ó $s > H$ Ó $e \geq 0.3b'_{min}$.

Sólo el 3.40% de las construcciones evidencia buena calidad constructiva en cuanto a la conexión de elementos estructurales se refiere y califican como A, el restante obedece a las características de la calificación C.

Parámetro 11. Presencia de Columnas Cortas

Son elementos de baja ductilidad que se originan cuando los muros de mampostería confinan parte de la columna, pero dejan libre una luz pequeña. En el momento de ocurrencia de un sismo la somete a concentración de esfuerzos que pueden ocasionar la falla del elemento. La calificación en cuanto a la presencia de columnas cortas en las edificaciones se refiere en la *Tabla 9.24*.

TABLA 9.24 PRESENCIA DE COLUMNAS CORTAS

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE NO PRESENTA COLUMNAS CORTAS
B	EDIFICIO QUE TIENE COLUMNAS CORTAS CUYO ELEMENTO MÁS CORTO TIENE UNA ALTURA INFERIOR A LA MITAD DE LA ALTURA DEL PISO
C	EDIFICACIÓN QUE PRESENTA COLUMNAS CORTAS CUYO ELEMENTO MÁS CORTO TIENE UNA ALTURA INFERIOR A LA CUARTA PARTE DE LA ALTURA DEL PISO

Parámetro 12. Elementos No Estructurales

Considera elementos que hacen parte de la edificación o no, como tanque elevados, balcones y voladizos que sostienen fachadas y que en el momento del sismo puedan caer y generar la pérdida de vidas. La calificación se asigna de acuerdo con la *Tabla 9.25*.

TABLA 9.25 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE NO CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE B O C
B	EDIFICACIÓN CON VOLADIZOS SOSTENIENDO BALCONES O CON PRESENCIA DE TANQUES ELEVADOS SOPORTADOS POR VARIOS PÓRTICOS O MUROS EN AMBAS DIRECCIONES.
C	EDIFICACIÓN CON TANQUES ELEVADOS SOSTENIDOS POR UN SOLO PÓRTICO, COLUMNA O MURO, CON VOLADIZOS SOSTENIENDO FACHADAS .

Parámetro 13. Estado de Conservación

El mal estado de la edificación, caracterizada por materiales deteriorados por ausencia de mantenimiento, puede generar mayor vulnerabilidad en la edificación. Las calificaciones de estado de conservación se designan en la *Tabla 9.26*.

TABLA 9.26 ESTADO DE CONSERVACIÓN

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES, SIN FISURAS DE LO ELEMENTOS ESTRUCTURALES O DAÑOS DE LA CIMENTACIÓN.
B	EDIFICACIÓN QUE NO CLASIFICA COMO A O C
C	EDIFICACIÓN QUE PRESENTA MÁS DEL 30% DE ELEMENTOS DEL SISTEMA RESISTENTE FISURADO, DAÑOS EN LA CIMENTACIÓN Y LA PLACA PRESENTA FISURAS MAYORES A 5MM.

El 67% de las edificaciones se califica como B, pues muestran daños bajos con grietas de hasta 1mm pasantes o no en elementos estructurales y muros, por el asentamiento normal de la edificación. El 20.45% se califica como C, por los daños intermedios con grietas de 2mm a 4mm o daños altos con grietas de 4mm a 1 cm.

Parámetro 14. Edificaciones Adyacentes

Las edificaciones adyacentes no distanciadas lo suficiente incrementa el daño cuando son sometidas a un sismo. Las calificaciones para calificar la separación de las edificaciones se relacionan en la *Tabla 9.27*.

TABLA 9.27 EDIFICACIONES ADYACENTES

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	EDIFICACIÓN QUE SE ENCUENTRA SEPARADA DE LAS ADYACENTES UN 1% DE LA ALTURA DEL EDIFICIO MÁS BAJO ENTRE LOS DOS ADYACENTES.
B	EDIFICACIÓN QUE NO CUMPLE LA CONDICIÓN A Y QUE PRESENTA LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: LOSAS AL MISMO NIVEL, LA RELACIÓN ENTRE LA ALTURA DEL EDIFICIO Y EL ADYACETE ES MAYOR A 0.5.
C	EDIFICACIÓN QUE NO CUMPLE CON LASCONDICIONES A O B.

9.2.1.1.2.1 Calificación de Vulnerabilidad Sísmica para las Edificaciones en Hormigón Reforzado

La participación de las edificaciones con sistema aporticado (incompleto en el 97.72% de los casos) en el índice de vulnerabilidad total, se ubica en la categoría de medio con el 80.68% de las construcciones, alto con 17.04% y bajo con sólo el 2.27%. La categorización, los intervalos y el número de predios involucrados se expresan en la *Tabla 9.28*. La información involucrada, y los resultados se muestran en la *Tabla 9.30* y en el *Plano 10*.

TABLA 9.28 CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD – HORMIGÓN REFORZADO

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	INTERVALOS DEL ÍNDICE	N° DE PREDIOS DENTRO DEL INTERVALO
ALTO	6.01- 10.00	15
MEDIO	4.01- 6.00	71
BAJO	0.00- 4.00	2

9.2.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR SISMO

Luego de develar la vulnerabilidad sísmica por cada uno de los sistemas estructurales, es preciso totalizar los resultados. A partir de los arrojados en la Tabla 9.29, se infiere, que el 34.51% de las viviendas manifiestan vulnerabilidad alta, el 62.69%, media y tan sólo el 2.79%, baja. Este fenómeno encuentra explicación en que los sistemas estructurales no sólo no cumplen satisfactoriamente las exigencias de la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-98), sino que la totalidad viviendas exhiben alguna patología de daño, y poseen una deficiente calidad en materiales y en técnicas de construcción; con entrepisos y cubiertas con estructuras incompletas. En este orden de ideas, los niveles altos de vulnerabilidad coinciden en mayor parte con viviendas de pésima calidad en mampostería y sistemas combinados de mampostería y madera, en mal estado. Los sistemas aporticados son a todas luces insuficientes y también aportan a esta categoría. Las de calificación media, aunque no distan mucho en su condición de las de calificación alta, por las malas técnicas constructivas, sobresalen con el 62.69%. Cabe notar que sólo una vivienda, el predio 1 de la manzana 90, adquiere la calidad de vulnerabilidad baja, los restantes en esta categoría son predios vacíos. La tabla 9.28 ilustra los resultados. La categorización de los resultados se expresa en la *Tabla 9.29.*, la representación gráfica se ilustra en el *Plano 10* y la información antecedente en la *Tabla 9.30*.

TABLA 9.29. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	INTERVALOS DEL ÍNDICE	N° TOTAL DE PREDIOS DENTRO DEL INTERVALO
ALTO	6.01-10.00	136
MEDIO	4.01-6.00	247
BAJO	0.00-4.00	11

TABLA 9.30 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA – SISMO

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

Vulnerabilidad de Líneas Vitales e Infraestructura de Transporte

Los sistemas de acueducto, de alcantarillado, de electricidad, de gas y de telecomunicaciones, son a todas luces altamente vulnerables, por su alta exposición en razón a su necesaria vinculación con el suelo, y su resistencia. Las líneas de postación, representan un valor agregado por la amenaza que representa su caída, sobre bienes y personas. Las vías vehiculares, ubicadas sobre las empinadas pendientes de Santa Rosa, no son ajenas a esta marcada categoría de alto. Su asentamiento sobre los llenos las hace susceptibles al colapso de sus estructuras. Así también las vías peatonales, escalonadas en gran parte de manera informal.

9.3 VULNERABILIDAD FÍSICA POR FRM

En Este aparte se relaciona las labores desarrolladas y la metodología involucradas en el análisis de la vulnerabilidad física –viviendas-, que se expresa como una medida porcentual de los costos de las averías originadas por un agente destructor, en este caso los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM). La fracción (expresado en partes por uno) del perjuicio sobre el inmueble, definido con ID (índice de daño), es proporcional a la exposición de los elementos e inversamente proporcional a su resistencia. El primer tópico se estudió con base en las posibles longitudes de viaje, y el segundo con la tipología de viviendas, los datos que conllevan al hallazgo del índice de vulnerabilidad se explican en lo que sigue, y la información recolectada se compila en la *Tabla 9.40*.

9.3.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Criterios Aplicados

A la luz de la concepción de vulnerabilidad adoptada en este proyecto, la determinación de un índice que permita evaluarla, involucra las variables: resistencia y solicitud. Su asignación trae consigo grados de incertidumbre que aunados con la ausencia de modelos objetivos, universales y de apropiado sustento teórico, hacen que esta tarea recaiga en los métodos de racionamiento aproximado, y por ende, encierre algún nivel de subjetividad. Sin embargo, y en aras de subsanar éstas limitaciones la metodología empleada en este estudio, está fundada en la propuesta de LEONE (1996) ajustada con algunas modificaciones del consultor. Este procedimiento expresa la vulnerabilidad en función de los posibles daños que pueden sufrir los elementos situados en la zona de afectación previsible por la remoción en masa, y que se definen en formas teórica y porcentual, a partir de las intensidades de daño. Aunque LEONE categoriza los niveles de resistencia con base en los sistemas estructurales de las edificaciones, en este caso se tuvieron en cuenta otras variables como: la calidad de la construcción, los sistemas de cimentación, la estructura y el recubrimiento de la cubierta y los daños en la construcción, tal vez la de mayor importancia. Las mencionadas variables son ponderadas (véanse las *Tabla 9.31* a *Tabla 9.35*).

De esta forma, la capacidad de respuesta de la estructura o los niveles de "resistencia" se clasificaron como:

- **NIVEL A**: Integra viviendas que cumplen con parámetros mínimos de rigidez y solidez estructural, de tipo pórtico, mampostería estructural o de muros confinados, exenta de daños o con leves daños, buena calidad de la construcción y de cubierta, y con zapatas y vigas de amarre.

- **NIVEL B**: Unidades residenciales con parámetros mínimos de rigidez y solidez estructural, tipo pórtico, mampostería estructural o de muros portantes confinados, con calidad de la construcción de buena a regular, cubiertas en concreto, cimentación en zapatas y viga de amarre, con daños catalogados desde leves hasta moderados.
- **NIVEL C:** El sistema estructural es de muros portantes no confinados, o combinación de confinados y pórtico con muros no confinados, con daños no mayores a moderados y calidad regular de la construcción. La cubierta es bien en concreto con entrepiso en madera o prefabricado, o bien en asbesto-cemento, y la cimentación es de zapatas aisladas o vigas de amarre, o de zapatas con vigas de amarre.
- **NIVEL D:** Encierra muros portantes no confinados o combinación de confinados y pórtico con muros no confinados, cubiertas en asbesto-cemento con entrepiso en madera o prefabricado, con daños moderados y calidad de la construcción de regular a mala. La cimentación está compuesta por zapatas aisladas o vigas de amarre, o por placas de concreto simple o ciclópeo.
- **NIVEL E:** El sistema estructural es de muros portantes no confinados, o combinación de confinados y pórtico con muros no confinados, cubiertas en asbesto-cemento o zinc, sobre estructuras de madera, con entrepiso en madera o prefabricado, con mala calidad de la construcción y daños hasta altos parciales. La cimentación es en placas de concreto simple o ciclópeo.
- **NIVEL F:** Viviendas de tres pisos en muros no confinados, casas prefabricadas o hechas con materiales de recuperación, las cubiertas son en cartón, zinc, madera, u otros menos resistentes. La cimentación es de placas de concreto simple o ciclópeo, o no es homologable con otros sistemas, o es inexistente.
- **NIVEL G:** Lo comprenden edificaciones en proceso de construcción y lotes vacíos.

TABLA 9.31 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LA EDIFICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE RESISTENCIA						
VARIABLE	**SISTEMA ESTRUCTURAL**	**CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN**	**PARTES ESTRUCTURALES (ENTREPISO)**	**TIPO DE CIMENTACIÓN**	**DAÑO EN LA CONSTRUCCIÓN**	**CALIFICACIÓN**
PESO IMPORTANCIA (%)	20	20	20	20	20	A, B, C, D, E, F O G.

TABLA 9.32 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: SISTEMA ESTRUCTURAL

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
BUENO	PÓRTICO COMPLETO	20
	PÓRTICO INCOMPLETO	14
	MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	20
	MUROS PORTANTES CONFINADOS	14
REGULAR	COMBINACIÓN DE MUROS CONFINADOS Y PÓRTICO CON MUROS NO CONFINADOS	12
	MUROS PORTANTES NO CONFINADOS	10
MALO	VIVIENDA DE 3 O MÁS PISOS CON MUROS PORTANTES NO CONFINADOS, ESTRUCTURAS EN MATERIALES DE RECUPERACIÓN O VIVIENDAS PREFABRICADAS	6

TABLA 9.33 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
BUENA	MUROS PLOMADOS, MAMPOSTERÍA DE BUENA CALIDAD, PIEZAS HOMOGÉNEAS, ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEFINIDOS GEOMÉTRICAMENTE. HORMIGÓN DE BUENA CALIDAD Y JUNTAS BIEN CONSTRUIDAS. BUEN RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO	15
ACEPTABLE	MAMPOSTERÍA DE BUENA CALIDAD, PIEZAS HOMOGÉNEAS O NO MUY HOMOGÉNEAS PERO BIEN LIGADAS	10
REGULAR	MUROS CON DESPLOME, CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES NO DEFINIDOS, HORMIGUEO, LOSAS IRREGULARES. MAMPOSTERÍA DE BUENA O BAJA CALIDAD, CON PIEZAS NO HOMOGÉNEAS. HORMIGÓN DE REGULAR CALIDAD Y JUNTAS MAL CONSTRUIDAS, MAL RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO	7
MALA	HORMIGUEO INTENSO, MUROS CON INCLINACIONES SEVEROS, PIEZAS NO HOMOGÉNEAS CON JUNTAS TOTALMENTE IRREGULARES	3

TABLA 9.34 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: PARTES ESTRUCTURALES

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
BUENO	ENTREPISOS Y/O PISOS EN CONCRETO, METAL O MADERA Y PLACA COMO CIMENTACIÓN; Y ENTREPISO Y/O PISOS EN CONCRETO Y VIGA DE AMARRE	20
REGULAR	ENTREPISOS Y/O PISOS EN CONCRETO O METAL Y CIMENTACIÓN EN CONCRETO CICLÓPEO; Y ENTREPISOS Y/O PISOS EN CONCRETO Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN MIXTO	15
MALO	ENTREPISOS Y/O PISOS EN MADERA Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN MIXTO O EN CONCRETO CICLÓPEO	10
PÉSIMO	ENTREPISOS Y/O PISOS METÁLICOS Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN MIXTO O INEXISTENTE	5

TABLA 9.35 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: SISTEMA DE CIMENTACIÓN

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
BUENO	ZAPATAS Y VIGAS DE AMARRE	17
REGULAR	ZAPATAS AISLADAS O VIGAS DE AMARRE.	13
MALO	PLACA DE CONCRETO, CONCRETO CICLÓPEO O SISTEMA MIXTO.	9
	PALAFITOS EN CONCRETO	6
PÉSIMO	NO HAY CIMENTACIÓN HOMOLOGABLE CON LOS ANTERIORES SISTEMAS O ES INEXISTENTE	3

TABLA 9.36 CALIFICACIÓN PARA VARIABLE: DAÑO EN LA CONSTRUCCIÓN (TOMADO Y ADAPTADO DE DAY, 1999)

CATEGORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	ABERTURA DE LA GRIETA (AI)	CALIFICACIÓN
NINGUNO	SIN FISURAS, NI FRACTURA ALGUNA O CON GRIETAS MUY DELGADAS	<0,1MM	20
LEVE	INCLUYEN GRIETAS DELGADAS (O ESBELTAS) QUE PUEDEN SER FÁCILMENTE CUBIERTAS Y FÁCILMENTE TRATADAS, SUELEN APARECER EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCIÓN, SON VISIBLES EXTERNAMENTE CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS. GRIETAS VISIBLES CON UNA INSPECCIÓN CERCANA	0,1MM<AI<5MM	16
MODERADO	GRIETAS CON ALGUNA ABERTURA SIGNIFICATIVA, QUE PUEDEN SER RESANADAS CONVENIENTEMENTE, SON VISIBLES EN LOS MUROS EXTERIORES POR LO QUE ES POSIBLE QUE UNA PEQUEÑA PARTE REQUIERA SER REEMPLAZADA	5 MM<AI <15 MM, O VARIAS GRIETAS LEVES	14
ALTO PARCIAL	GRIETAS GRANDES QUE REQUIEREN UN EXTENSO TRABAJO DE REPARACIÓN, QUE INCLUYE LA DEMOLICIÓN Y EL REEMPLAZO DE SECCIONES DE PAREDES (SOBRETODO CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS), MARCOS DEFORMADOS, PISOS Y PAREDES PERCEPTIBLEMENTE INCLINADOS, PERO, PERCIBIDOS EN UN SÓLO ELEMENTO ESTRUCTURAL O NO ESTRUCTURAL	15MM<AI<25MM (DEPENDE DEL NÚMERO DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS)	11
ALTO TOTAL	GRIETAS GRANDES QUE REQUIEREN UN EXTENSO TRABAJO DE REPARACIÓN QUE INCLUYE LA DEMOLICIÓN Y EL REEMPLAZO DE SECCIONES DE PAREDES (SOBRETODO CERCA A LAS PUERTAS Y A LAS VENTANAS). LOS MARCOS SE EXPONEN DEFORMADOS, LOS PISOS Y LAS PAREDES YACEN PERCEPTIBLEMENTE INCLINADOS, HAY PROTUBERANCIAS EN MUROS, PÉRDIDA DE SOPORTE EN VIGAS Y TUBERÍAS DE SERVICIO INTERRUMPIDAS; TODO REPLICADO EN VARIOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	15MM<AI<25MM (DEPENDE DEL NÚMERO DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS)	8
SEVERO PARCIAL	REQUIERE TRABAJOS DE REPARACIÓN MAYOR DEL ELEMENTO DETERIORADO (I.E. RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O TOTAL). ES NOTORIA LA PÉRDIDA DE SOPORTE EN LAS VIGAS, LAS PAREDES DEBEN SER APUNTALADAS; LAS VENTANAS SE EXPONEN ROTAS POR DEFORMACIÓN, Y EXISTE PELIGRO POR INESTABILIDAD ESTRUCTURAL EN UN SÓLO ELEMENTO DE LA ESTRUCTURA	AI≥25MM (DEPENDE DEL NÚMERO DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS)	4
SEVERO TOTAL	ACOGE TRABAJOS DE REPARACIÓN MAYOR, RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O COMPLETA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES. ES PATENTE LA PÉRDIDA DE PORTE EN LAS VIGAS; LAS PAREDES DEBEN SER APUNTALADAS; LAS VENTANAS SE EXPONEN ROTAS POR DEFORMACIÓN; Y EL PELIGRO POR INESTABILIDAD ESTRUCTURAL ES LATENTE EN UN VARIOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	AI≥25MM (DEPENDE DEL NÚMERO DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS)	1

9.3.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

9.3.2.1 DEFINICIÓN DEL TIPO DE SOLICITUD

La fijación de la solicitación se fundamenta en los resultados del análisis de amenaza; a partir de la evaluación de estabilidad descrita en el capítulo 7, de los resultados de amenaza y de la estimación del mecanismo de falla se determinaron los probables tipos de solicitaciones a los que están expuestas o se expondrían las unidades estructurales, resumidas en desplazamientos altos medios y bajos, impactos medios y altos, y empujes bajos y medios.

9.3.2.2 CUALIFICACIÓN DE DAÑOS

Los perjuicios que se producirían sobre las unidades, están condicionados por dos grupos de variables: el de exposición y el de resistencia. El primero involucra el tipo de evento, la localización de las viviendas con

respecto al mismo y la solicitación que el proceso ejerce sobre los componentes; el segundo, cubre la calidad, las propiedades y los atributos de las casas, que, como se ha expresado antes, se condensa en la tipología. La contribución de las variables ya expuestas para este estudio se registra en la matriz de intensidad de daño *Tabla 9.37*. La asociación de la intensidad con una descripción cualitativa del perjuicio y con una tasa de daño, se hizo de acuerdo con la tabla propuesta por el DRM (DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS) y presentada por LEONE, 1996 (véase la *Tabla 9.38*).

TABLA 9.37 MATRIZ DE INTENSIDAD DE DAÑO

SOLICITACIÓN	A	B	C	D	E	F	G
DESPLAZAMIENTO VERTICAL BAJO (<1CM)	1	1	2	2	3	4	4
DESPLAZAMIENTO VERTICAL MEDIO (1CM – 2CM)	1	2	2	3	4	4	5
DESPLAZAMIENTO VERTICAL ALTO (>2CM)	2	2	3	4	4	5	5
IMPACTO MEDIO	1	1	2	2	3	3	4
IMPACTO ALTO	2	3	3	4	5	5	5
EMPUJE BAJO (H*< 1/3)	2	2	2	3	3	4	4
EMPUJE MEDIO (1/3 < H* < 2/3)	2	3	3	3	4	5	5
EMPUJE ALTO (H*>2/3)	3	3	4	4	4	5	5

*** H: ES LA ALTURA DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN QUE PUEDE SER CUBIERTO POR LA MASA ACTIVA.**

TABLA 9.38 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE DAÑOS PROPUESTA POR DRM

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	DAÑOS LIGEROS NO ESTRUCTURALES. ESTABILIZACIÓN NO AFECTADA.	0.01 – 0.1
2	FISURACIÓN DE MUROS. REPARACIONES NO URGENTES.	0.2 – 0.3
3	DEFORMACIONES IMPORTANTES. FISURAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	0.4 – 0.6
4	FRACTURACIÓN DE LA ESTRUCTURA. EVACUACIÓN INMEDIATA.	0.7 – 0.8
5	DERRUMBE PARCIAL O TOTAL DE LA ESTRUCTURA	0.9 – 1.0

9.3.2.3 ÁREA DE AFECTACIÓN

Es la medida de la zona averiada en la ocurrencia del evento, y es siempre mayor al área de exposición (véase la *Tabla 9.39*).

9.3.2.4 TASA DE DAÑO

La tasa de daño (TD) representa el porcentaje de destrozos en la vivienda; y se obtiene al tomar el índice de daño -en términos de porcentaje de daño- multiplicado por el área de afectación.

$$TD = \%daño \times A_{afectació}$$

TABLA 9.39 ÁREA DE AFECTACIÓN SEGÚN ÁREA DE EXPOSICIÓN

ÁREA AFECTADA	
ÁREA EXPUESTA (EN TANTO POR UNO)	ÁREA AFECTADA (EN TANTO POR UNO)
1.00	0.1
1.00	0.2
1.00	0.3
1.00	0.4
1.00	0.5
1.00	0.6
1.00	0.8

9.3.2.5 COSTO DE DAÑOS O COSTO DE FALLA

El costo de los daños, C_f expresado en pesos, se totaliza al sintetizar el valor inicial del inmueble, VII (también en pesos) y la tasa de daño, TD, así:

$$C_f = VII \times TD$$

9.3.2.6 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA: IVF

Es entendido como el porcentaje de pérdida esperado, y se evalúa en función del valor inicial de la vivienda antes del evento y el valor final una vez que ocurre el daño.

$$IVF = \frac{C_f}{VII}$$

C_f : Costo de falla

VII : Valor inicial de inmueble

TABLA 9.40 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FRM

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

La *Tabla 9.40* muestra los diferentes componentes del análisis y el índice de vulnerabilidad para el abanico completo de edificaciones; por su parte la *Tabla 9.41* categoriza los niveles de vulnerabilidad desde Bajo hasta Alto.

TABLA 9.41 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD (IVF)

NIVEL DE VULNERABILIDAD	INTERVALOS DEL IVF
BAJO	<= 0.25
MEDIO	0.25 – 0.50
ALTO	> 0.50

9.3.3 ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD

A partir de los resultados obtenidos del análisis y expuestos en la *Tabla 9.40*, se extrae que el 10% de las edificaciones expone vulnerabilidad alta, el 62% media y el 28% restante, baja. La reducida cantidad de casas que poseen un nivel alto de susceptibilidad ante la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, a pesar de las precarias condiciones de la mayoría de las construcciones, se fundamenta en las reducidas zonas que representan niveles altos y medios de amenaza (véanse el *Capítulo 7* y el *Plano 8*), dicho de otro modo, este comportamiento se asocia al bajo nivel de solicitación de las estructuras.

Sin embargo, se aclara que los niveles medios y bajos de vulnerabilidad coinciden en muchos de los casos con edificaciones de regular y buena calidad (estas últimas: bien pocas), que exhiben daños moderados o leves, y que cumplen con niveles mínimos de resistencia que favorecen el panorama. El *Plano11* ilustra los resultados de este análisis.

9.4 VULNERABILIDAD AMBIENTAL

El decreto 1728 de 2002 la define como la susceptibilidad del entorno a ser deteriorado por actividades antrópicas o por fenómenos naturales que produzcan alteraciones de las características y condiciones naturales, medidos en términos de consecuencia. En el barrio, las consecuencias se representan en las pérdidas generadas por eventos de tipo biológico (intoxicaciones, epidemias, insalubridad), que se ven reflejadas en las personas por los malestares de salud, lo que genera el aumento de visitas médicas, el consumo de medicamentos, la aparición de incapacidades, de ausentismo escolar y demás sobrecostos.

La evaluación de la vulnerabilidad se caracteriza por ser la unidad (valor unitario) para la totalidad del barrio, ya que no se diferencia ni entre edad, ni género, ni condiciones de vivienda, ni nivel escolar, ya que los fenómenos biológicos en general son un problema equitativo para el barrio y su afectación en las persona depende de los diferentes determinantes (ambientales, sociales, de salud), que no son objeto de estudio en el presente contrato; ya que demoraría más de un año hacer un estudio epidemiológico retrospectivo o prospectivo (inspección continua) para conocer exactamente el estado de salud de los habitantes del barrio y

establecer las cusas especificas que los enferman; el estudio realizado permite conocer los posibles focos de insalubridad pero no las fuentes (certeras) que los originan.

Es de resaltar que la información obtenida a través de los perfiles epidemiológicos, no es confiable, ya que no son históricos, y por ende no se pueden realizar estudios más precisos que entren en minucias (estudios epidemiológicos de casos y controles o de cohorte), porque sería trabajar bajo principios asumidos que podrían ser falsos.

9.5 RIESGO

El riesgo incurrido en una zona o elemento, se asimila como las pérdidas probables de un elemento, frente a una solicitud determinada. Se puede expresar al combinar la probabilidad de ocurrencia de la solicitud con las pérdidas potenciales. Procedimiento aplicado y descrito a continuación.

9.5.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Para el presente trabajo las pérdidas potenciales responden a las pérdidas directas en viviendas y enseres, las que se pueden calcular multiplicando los costos de capital por el índice de vulnerabilidad física. Simplificación que redefine el riesgo en términos de pesos, así:

$$Riesgo = P_f \times C_f$$

donde:

P_f : Probabilidad de falla

C_f : Costo de falla

Pero que le incorpora el subjetivo contexto de los costos en capital; no comparables en un marco global, pues son el resultado de las diferencias en los montos de inversión en cada vivienda por su propietario. En este sentido, es mejor recurrir al índice de riesgo, de lo contrario puede dar lugar a tergiversaciones y vicios en el concepto, tales como que las pérdidas en viviendas de cuantiosa inversión aparezcan con un valor de perjuicio potencial elevado en relación con unas más modestas, aunque su condición de riesgo sea semejante. Por lo tanto, por simplicidad en la presentación de los resultados, se abstrajeron los costos de capital, y se reformuló el concepto con base en el índice de riesgo, IR, definido como:

$$IR = P_f \times IVF$$

donde:

P_f : Probabilidad de falla.

IVF : Índice de vulnerabilidad física.

Para este caso se obtienen los intervalos de cualificación de las pérdidas probables a partir de la conjugación –producto punto- de los niveles de vulnerabilidad con los de amenaza aplicados al proyecto, pero asumida cada variable como independiente (véase la *Tabla 9.42*).

TABLA 9.42 MATRIZ DE RIESGO

AMENAZA \ VULNERABILIDAD	ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	ALTO	ALTO	MEDIO
MEDIA	ALTO	MEDIO	BAJO
BAJA	MEDIO	BAJO	BAJO

9.5.2 RIESGO POR SISMO

El riesgo, obtenido del producto matricial de la amenaza por la vulnerabilidad, expone el predominio de la categoría de medio con el 62.69% de las viviendas, sobre la de alto que marca el 34.52%. El bajo apenas alcanza el 2.79% y pertenece en su mayor parte a predios vacíos. Las unidades con categorización alta, media y baja se exponen en la *Tabla 9.30* y en el *Plano 13*.

TABLA 9.43 CATEGORIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO

ÍNDICE DE RIESGO	N° DE PREDIOS DENTRO DE LA CATEGORÍA
ALTO	136
MEDIO	247
BAJO	11

El sismo, por su área de afectación que se sale de la escala del barrio, se determina como el evento más catastrófico de posible ocurrencia por ser desencadenante de otros tanto socio naturales (i.e. los fenómenos de remoción en masa, epidemias), como antrópicos no intencionales (i.e. el colapso de estructuras, los funcionales), y supera en daños a los ya mencionados, si llegaran a ocurrir de manera independiente.

Los daños pueden vislumbrarse de manera directa e indirecta. La primera; se presenta en el momento mismo de ocurrencia del evento y puede describirse como la destrucción parcial o total de infraestructura física: viviendas, edificaciones esenciales, infraestructura de servicios básicos y transporte, etc. La segunda; es un poco más difícil de identificar y se refiere básicamente a los flujos de bienes y servicios que se dejan de producir o de prestar durante un lapso que se inicia después de acaecido el desastre y que puede prolongarse hasta la recuperación total. Su ocurrencia deriva de los daños directos que han afectado la capacidad productiva y la infraestructura social y económica. Incluyen también las erogaciones o costos mayores que se requieren para la producción de bienes y prestación de los servicios por efectos del desastre, y los menores ingresos que se recibirán debido a la imposibilidad o dificultad de realizarlos (ONU,2005).

9.5.3 RIESGO POR FRM

Zonificación de Riesgo

La predominancia de la amenaza baja en el área de estudio y de la vulnerabilidad media de las unidades constructivas, entregan un panorama en el que el riesgo es esencialmente bajo para el barrio; este nivel,

rotula al contundente 83.3% de los predios (328) frente al 13.7% (54) catalogado como medio y apenas un 3% (12) considerado alto (véanse la *Tabla 9.40* y el *Plano 14*). En concordancia, las alternativas de solución estarán destinadas a evitar un aumento en los niveles de riesgo, y en el mejor de los casos dar lugar a una reducción sustancial en los escenarios de mayor condición y predisposición.

9.5.4 RIESGO BIOLÓGICO

Se evalúan dos vertientes, el riesgo ocurrido por epidemias y el ocurrido por insalubridad, el primero, parte del principio que la amenaza es igual al riesgo por ser la vulnerabilidad unitaria, y para el caso de la insalubridad, se califica cualitativamente, que se remite a la evaluación de la amenaza. Se recalca, que la información que se plasma a continuación es incierta en general, ya que para obtener una evaluación concienzuda del tema se deberían realizar estudios más específicos y que demandan más tiempo (que no es objeto del presente contrato), por lo que lo realizado es una aproximación a lo que podría suceder al presentarse un evento biológico.

9.5.4.1 RIESGO POR INSALUBRIDAD AMBIENTAL

La insalubridad tiene como vías críticas las condiciones de aseo en la vivienda por presencia de focos insalubres en el barrio y la generación de vectores por la interrupción del servicio de recolección de residuos sólidos (véase la *Figura 7.20* del capítulo 7), por lo que hay que prevenir la ocurrencia de estas vías criticas, de lo contrario se presentaran problemas de insalubridad ambiental.

Hay otros factores, como la acumulación de residuos sólidos y la generación de malos olores, para el caso de la interrupción del servicio de recolección de residuos sólidos (por fenómenos de primer orden principalmente), los puntos de acopio no autorizados por fallas del medio funcional, la temporada de invierno y la alteración del paisaje en las cusas del medio ambiente natural, que son las vías con la tercera calificación más alta, pero su valor de ponderación es casi la mitad que la establecida para las vías criticas (véase la Figura *7.20* del capítulo 7).

9.5.4.2 RIESGO POR EPIDEMIAS

Para los niños menores de 5 años de edad, la enfermedad con mayor probabilidad de ocurrencia son otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, pero la más prevalente son las enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo (véase la *Tabla 7.23* del capítulo 7); para los escolares (de 5 a 14 años de edad) la enfermedad con mayor probabilidad de ocurrencia son otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, la enfermedad más prevalente es otras helmintiasis (véase la *Tabla 7.25* del capítulo 7); para la fuerza laboral (de 6 a 59 años de edad) la enfermedad más probable es gastritis y duodenitis y además es la más prevalente (véase la *Tabla 7.27* del capítulo 7), y para los mayores de 60 años la enfermedad más probable y la más prevalente es la hipertensión esencial primaria (véase la *Tabla 7.29* del capítulo 7).

Es así como enfermedades de interés público como son las enfermedades respiratorios y las gastrointestinales, son el primer plano dentro del perfil epidemiológico del barrio; las enfermedades respiratorias son las más probables, pero no las más prevalentes, lo que denota que su nivel de riesgo es

incierto, mientras que las enfermedades gastrointestinales no son las más probables pero si la más prevalentes.

El tema de la insalubridad es de una escala menor a la presentada por las epidemias, por la gente que se ve afectada, lo que se traduce en pérdidas; pero es de anotar, que el fenómeno aquí estudiado en comparación con los antrópicos no intencionales, pasa un plano inferior, ya que su criticidad no es importante, y su probabilidad de ocurrencia tampoco es la más alta, pero se recalca que en frecuencia si encabeza la lista, por lo que la mayoría (por no decir toda) de la población se ha visto enfrentadas a dolencias o malestares, lo que despierta una alarma para las entidades de salud y las ambientales.

Claramente es incierto establecer un nivel de riesgo, porque no es un fenómeno que haya sido estudiado a nivel Distrital y no hay funciones categóricamente establecidas que lo evalúen, por lo que lo mostrado es apenas un bosquejo del análisis y el acercamiento al tema, que por ahora no es claro ni contundente, pero que da pie a la creación de dudas que alimentan la investigación en este sentido.

Reparando los resultados se propone que las entidades del estado refuercen los programas preventivos de mejoramiento de la calidad del aire y el mejoramiento de las condiciones de la vivienda (v.g. estrategia de viviendas saludables, programas de vacunación en niños, espacios 100% libres de humo - campañas antitabaco) dentro del barrio, para así evitar la incidencia de las enfermedades, que pueda generar la aparición de epidemias.

CAPÍTULO 10

VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIO-NATURAL

CAPÍTULO 10

VULNERABILIDAD Y RIESGO - ANTRÓPICO NO INTENCIONAL

Un desastre es una calamidad que puede causar daños o destruir bienes o provocar sufrimientos y lesiones en las personas. Algunos de estos desastres pueden ser pronosticados o previstos a tiempo para prevenir a quienes puedan verse afectados pero, en su mayoría, los desastres no avisan de su llegada, haciendo que la cantidad de pérdidas humanas y materiales sean mayores. Aunque en la actualidad se han señalado áreas en las cuales se considera la posibilidad de ocurrencia de cualquier fenómeno y se trabaja en la información a la comunidad, no basta el hecho de prevenir, sino de asegurar todas las estructuras que están a nuestro alrededor. Los daños ocasionados no sólo se presentan por la intensidad del desastre, sino también por la capacidad de respuesta que tiene cada elemento para resistir el evento (Wong y otros, 2005).

El rápido crecimiento demográfico, la migración urbana, los patrones injustos de tenencia de la tierra y la falta de educación conducen a condiciones vulnerables tales como la ubicación insegura de edificios y asentamientos, hogares inseguros, pérdida de la función principal de las estructuras, deforestación, desnutrición, desempleo, empleo insuficiente, insalubridad, y analfabetismo. La visión de algunos de estos elementos desde el trabajo de los fenómenos antrópico-no intencionales (tal vez los más silenciosos que existen) es el cuerpo esencial de este capítulo.

10.1 VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA

La amenaza tecnológica presenta el análisis de las redes de gas natural del barrio, por lo que se realizó un análisis profundo de la información, obteniéndose que la red se compone de cuatro diámetros (3/4, 1, 2 y 3 pulgadas). Los diámetros para suministro a gasodomésticos (½ y ¾ de pulgada) manejan una presión de 2300 pascales y que las tuberías de distribución (1, 2 y 3 pulgadas) manejan una presión de 413040 pascales, además se conocen las longitudes de las tuberías; con la información se simuló en el programa ALOHA una llamarada.

La herramienta de trabajo empleada, software ALOHA (que reposa en las teorías Probit), consiste en la determinación de los corredores (o radios) probables de afectación de los fenómenos amenazantes: derrames, incendios, llamarada, explosión, piscina de fuego, BLEVE, etc., expresados en términos de diseminación de líquidos, nube tóxica, onda de presión y radiación térmica.

Los efectos causados por los diferentes eventos, se delimitan y diagraman acorde con su posibilidad de daño a la infraestructura y a la salud humana, aspectos estudiados por la teoría Probit y compilados por Less

(1996) y transcritos en la *Tabla 10.1*. ALOHA (2007) emplea tres de estos umbrales para definir los escenarios de daño: 10 KW/m^2, 5 KW/m^2 y 2 KW/m^2. El primero denotado con color rojo, enmarca los espacios de vulnerabilidad alta (y muy alta); el segundo simbolizado por el color naranja, finca el límite inferior de los estadios de vulnerabilidad media; y el tercero representado por el color amarillo, marca el cierre (superficial) de las áreas de vulnerabilidad media y el inicio de los de baja, intervalo que se extiende toda vez que la radiación térmica disminuya.

TABLA 10.1 NIVELES DE AFECTACIÓN Y PROTECCIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA

NIVEL DE RADIACIÓN (KW/M^2)	EFECTO
1.6	NO CAUSARÁ DOLOR POR EXPOSICIÓN PROLONGADA
1.75	SE ALCANZA EL UMBRAL DE DOLOR DESPUÉS DE 60 SEGUNDOS
2	DAÑOS EN LOS CABLES AISLADOS CON PVC. HAY 95% DE PROBABILIDAD DE NO SUFRIR DAÑOS IMPORTANTES EN PERSONAS. DAÑOS MENORES EN TECHOS Y CASAS. ROTURA DEL 10% DE CRISTALES.
5	UMBRAL DE DOLOR DESPUÉS DE 15 SEGUNDOS. UMBRAL DE "ZONA DE ALERTA" SEGÚN LA DIRECTRIZ BÁSICA. SE PRODUCEN QUEMADURAS DE SEGUNDO GRADO LUEGO DE 60 SEGUNDOS DE EXPOSICIÓN.
6.4	SE ALCANZA EL UMBRAL DE DOLOR DESPUÉS DE 8 SEGUNDOS
9.5 - 10	UMBRAL DE DOLOR DESPUÉS DE 6 SEGUNDOS. QUEMADURAS DE SEGUNDO GRADO DESPUÉS DE 20 SEGUNDOS DE EXPOSICIÓN Y POTENCIALMENTE LETAL LUEGO DE 60 SEGUNDOS.
12.5	IGNICIÓN DE LA MADERA EN EXPOSICIÓN PROLONGADA, FUNCIÓN DE TUBERÍA DE PLÁSTICO.

FUENTE: LESS, FRANK (1996). TOMADO Y MODIFICADO DE: LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRIES. HAZARD IDENTIFICATION, ASSESSMENT AND CONTROL

Bajo las premisas mencionadas anteriormente se procedió a realizar la modelación para cada uno de los tramos de tubería dados lo diámetros en el barrio Santa Rosa de Lima.

Tubería de ¾ in

99 Tramos
Longitud total: 2911.12 metros

Sitio

Location: BOGOTA, COLOMBIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.24 (unsheltered single storied)
Time: March 21, 2011 0959 hours DST (using computer's clock)

Sustancia

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol
TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm
LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm

Ambient Boiling Point: -165.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

Condición Atmosférica

Wind: 1 meters/second from 0° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

Fuente

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 0.75 inches Pipe Length: 2911.12 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.44 sq in
Pipe Press: 413640* pascals Pipe Temperature: 18° C
Max Flame Length: 1 meter
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 10 kilograms/min
Total Amount Burned: 15.8 kilograms

Zonas de Afectación

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red: less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

*El programa no trabaja con una presión de 2300 pascales, por lo que se toma la misma presión para todas las tuberías.

Tubería de 1 in

1 tramo
Longitud total: 22.1 metros

Sitio

Location: BOGOTA, COLOMBIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.24 (unsheltered single storied)
Time: March 21, 2011 0959 hours DST (using computer's clock)

Sustancia

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol
TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm
LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm

Ambient Boiling Point: -165.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

Condición Atmosférica

Wind: 1 meters/second from 0° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

Fuente

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 1 inches Pipe Length: 22.1 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.79 sq in
Pipe Press: 413640 pascals Pipe Temperature: 18° C
Max Flame Length: 2 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 17.8 kilograms/min
Total Amount Burned: 355 kilograms

Zonas de Afectación

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red: less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Tubería de 2 in

1 tramo
Longitud total: 99.14 metros

Sitio

Location: BOGOTA, COLOMBIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.24 (unsheltered single storied)
Time: March 21, 2011 0959 hours DST (using computer's clock)

Sustancia

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol
TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm
LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm
Ambient Boiling Point: -165.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

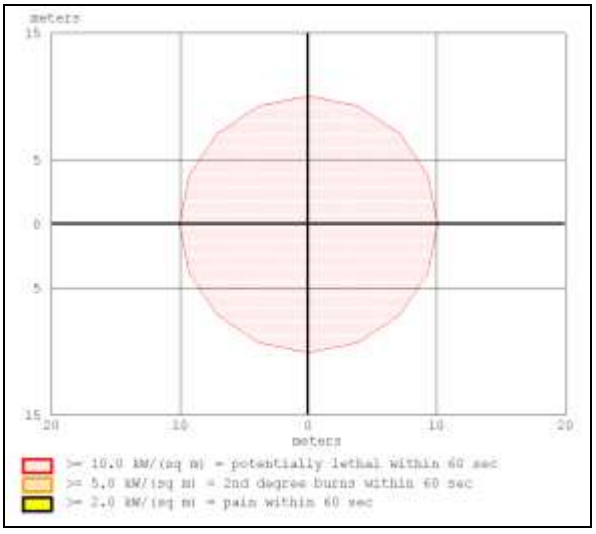
Condición Atmosférica

Wind: 1 meters/second from 0° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

Fuente

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 2 inches Pipe Length: 99.14 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 3.14 sq in
Pipe Press: 413640 pascals Pipe Temperature: 18° C
Max Flame Length: 4 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 71.1 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,093 kilograms

FIGURA 10.4 RADIO DE AFECTACIÓN TUBERÍA DE 2 PULGADAS



Zonas de Afectación

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red: 10 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 10 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 10 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Tubería de 3 in

1 tramo

Longitud total: 71.89 metros

Sitio

Location: BOGOTA, COLOMBIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.24 (unsheltered single storied)
Time: March 21, 2011 0959 hours DST (using computer's clock)

Sustancia

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol
TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm
LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm
Ambient Boiling Point: -165.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

Condición Atmosférica

Wind: 1 meters/second from 0° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

Fuente

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 71.89 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
Pipe Press: 413640 pascals Pipe Temperature: 18° C
Max Flame Length: 6 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 160 kilograms/min
Total Amount Burned: 3,494 kilograms

Zonas de Afectación

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red: 10 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 10 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 17 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Con la modelación obtenida se sabe que para los diametors de 2 y de 3 pulgadas, en caso de que ocurra algun escapae, por un evento de primer orden, que origine posteriormente la ignición del gas se presentarían daños, para el caso de la tubería de 2 pulgadas habría un afectación de 10 Kw/m^2 para por lo menos 10 metros a la redonda (véase la *Figura 10.4*); por su aparte, para la tubería de 3 pulgadas, los efectos de la radicación térmica serían mayores, no solo para un radio de 10 metros, sino también casi 20 metros, con una

radiación térmica del orden de 2 Kw/m^2 (véase la *Figura 10.5*). Las tuberías de 3/4 y de 1 pulgada, no representan mayor peligro a la hora de un escape y una posible explosión, dado su diametro deducido. La información se reporta en la *Figura 10.6*,para la red que presenta el barrio.

FIGURA 10.5 RADIO DE AFECTACIÓN TUBERÍA DE 3 PULGADAS

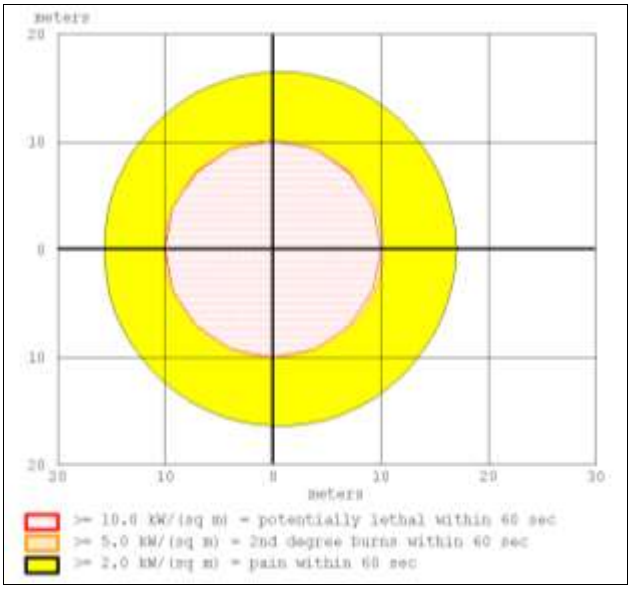


FIGURA 10.6 VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

10.2 VULNERABILIDAD FÍSICA POR COLAPSO DE EDIFICACIONES

Para su evaluación se toman en cuenta una serie de variables como: el sistema y la condición estructural, la calidad y el daño en la construcción, así como las calificaciones para cada uno de estos niveles que coinciden con las citadas en el capítulo de evaluación de vulnerabilidad socio natural (vulnerabilidad por remoción en masa) y diferenciadas en el sentido en el que toman en la presente sección.

Los elementos mencionados anteriormente se fijan teniendo en cuenta el grado de importancia y afectación, en las viviendas, de esta manera las variables representan puntos álgidos de las edificaciones como se ve a continuación:

- El Sistema Estructural, evalúa el tipo de estructura (pórtico, muros confinados y no confinados) en el que inherentemente se incluye el estado de cada elemento que lo conforma
- Calidad de la construcción, se enfoca en el estado de los elementos (verticalidad) y los procesos que han sufrido los materiales por deterioro y carencia de mantenimiento (hormigueo, oxidación, corrosión, entre otros).
- Partes estructurales, hace referencia al tipo y al estado del entrepiso y la cubierta, elementos de gran importancia si se tiene en cuenta la variedad de materiales utilizados para este fin (cartón, madera, latas, concreto, zinc, asbesto, entre otros).
- Daño en la construcción, se cataloga en función de los problemas que tenga cada vivienda, basado en fisuras, grietas y grandes extensiones de daño que requieran reparación o reconstrucción.
- Sistema de Cimentación, evalúa el tipo de cimiento que tiene cada vivienda (Placas de concreto, zapatas, concreto ciclópeo), factor de gran incidencia en el deterioro que sufre la edificación.
- Condición Estructural, se basa en los parámetros de rigidez proporcionados por el sistema estructural y su aparente resistencia frente a eventos amenazantes.

Con estas variables se evalúa la vulnerabilidad por vivienda (véase la *Tabla 10.3*), por medio de un índice de vulnerabilidad que se expresa como la relación entre la suma de las evaluaciones de las variables y la calificación máxima de una vivienda (suma de las máximas calificaciones de las variables), su calificación se estableció como se muestra en la *Tabla 10.2*.

TABLA 10.2 CATEGORIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

NIVEL DE VULNERABILIDAD	INTERVALOS DEL IVF
Bajo	> 0.65
Medio	0.30 – 0.65
Alto	0 - 0.30

Los intervalos permiten la visión más acertada respecto a las edificaciones y las condiciones que priman. Los predios que no contienen ninguna calificación son baldíos y utilizados en su gran mayoría como lugares de disposición de basuras (véase el *Plano 12*).

TABLA 10.3 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR VIVIENDA

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

10.3 VULNERABILIDAD FUNCIONAL

Es considerada como la susceptibilidad del sistema para ser afectado por los efectos generados o inducidos por la amenaza, que comprometen la integridad, la capacidad o el desempeño de los aspectos organizativos gerenciales, técnicos asistenciales y sociales (CISMID, Perú). La vulnerabilidad funcional se ha estudiado desde la perspectiva de cinco (5) grandes componentes:

- Ambiente. Los ambientes, como la vulnerabilidad resultante de la distribución, el uso y las relaciones de los espacios en el que se desarrollan las actividades, considerando como atributo funcional primordial la fluidez en el espacio utilizado.

- Instalaciones. Las instalaciones y el equipamiento, como la vulnerabilidad resultante de la disponibilidad y el funcionalmente de lo instrumental y la seguridad de las líneas vitales que los alimenta, considerando como atributo funcional primordial la suficiencia de este soporte.

- Recursos. Los suministros, como la vulnerabilidad resultado de la disponibilidad de los insumos y el proceso logístico para asegurar el cumplimiento de objetivos de atención cotidiana y excepcional considerando como atributo funcional primordial la suficiencia de la disponibilidad de los suministros.

- Personal. Los recursos humanos, como la vulnerabilidad resultante de la disponibilidad del personal y la operatividad requerida para afrontar situaciones normales y de contingencia, considerándose como atributo funcional primordial, la eficacia de sus servicios.

- Gestión. La organización, como la vulnerabilidad resultante de la normatividad y presupuestos disponibles, el conjunto de medidas para la protección del sistema contra contingencias, considerándose como atributo funcional primordial, la eficiencia en la gestión.

Son considerados tres niveles de vulnerabilidad:

- Alta. En la que los efectos redundarían en inoperatividad absoluta del sistema durante la etapa de emergencia.

- Media. En la que los efectos llevarían al sistema a un nivel de sub-operatividad en el que no se podría sostener el nivel de complejidad que le fue asignado.

- Baja. En la que los efectos no producirían menoscabo funcionalmente importante en el sistema.

El barrio Santa Rosa debe ser analizado desde la perspectiva de la unidad de manzana y asociado a sus corredores de acceso o movilidad, es decir, que cada manzana puede ser subdividida según el corredor aferente. El análisis en este caso debe partir de las siguientes premisas:

- La operatividad de los organismos de respuesta se asocia a la posibilidad o no de lograr acceso a cada unidad habitacional por manzana en la zona.

- La valoración está condicionada a un evento de amenaza mayor como lo es el sismo. Se considera que la valoración funcional es crítica bajo este contexto debido al despliegue de los recursos disponibles del distrito.

- Emergencias menores han sido efectivamente bien atendidas por la DPAE teniendo en cuenta la facilidad de recursos y su espacio generado por no existir colapso estructural. No obstante para eventos menores es posible visualizar el escenario planteado en este informe.

10.3.1 CRITERIOS DE VALORACIÓN

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se definen los siguientes criterios de valoración:

- Ambiente. La fluidez dentro del espacio existente en el barrio es primordial para que los organismos de respuesta accedan y las comunidades busquen refugio en zonas adecuadas identificadas por las autoridades y por los habitantes; por tanto, la variable será valorada considerando la distancia hacia la vía principal y las peatonales. La presencia o no de amenazas empeora las condiciones de funcionalidad y se evalúa para cada unidad de manzana.

- Instalaciones. Se evalúa enfocado a dos elementos urbanos: el parque y el edificio de la JAC como sitio de evacuación y la UPA como sitio de atención. La suficiencia o no de estos elementos corresponde evaluarlo a las entidades correspondientes.

- Recursos. En este caso se evalúa como la existencia o no de elementos físicos tales como edificios de la JAC, la Defensa Civil, la UPA, la Secretaría de Protección Social, entre otros. Esta valoración será general para todas las manzanas.

- Personal. En este caso se evalúa la existencia o no de personal capacitado en el tema de riesgo y que en un evento pueda disponerse para la atención de la emergencia. En este caso se evalúan la existencia de la Defensa Civil, la Cruz Roja, Médicos externos, y la JAC. Su medida será en general para todas las manzanas.

- Gestión. Teniendo en cuenta que hace referencia a la gestión de una comunidad será valorado de forma general para todas las manzanas teniendo en cuenta su vinculación al tema de gestión de riesgo en la alcaldía local y con la DPAE. La comunidad del barrio no cuenta con recursos económicos para el tema y no han efectuado mecanismos de organización tales como las brigadas, los grupos de respuesta que brinden mayor soporte; sólo su organización como junta ha permitido en alguna medida avanzar en el tema.

10.3.2 VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL

La valoración de cada una de las variables se efectúa mediante el método de experto teniendo en cuenta las condiciones propias a evaluar de cada una de las manzanas y su distribución espacial. La valoración efectuada consideró como alta la asignación de un valor de 3, media con un valor de 2 y baja con un valor de 1; los resultados son presentados en la *Tabla 10.4*.

TABLA 10.4 VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL

VALORACIÓN	PARÁMETRO	MANZANA																	
		4	19	75	76	78	79	80	81	82	83	84	85	88	90	92	93	94
AMBIENTE (40%)	Distancia a vías vehiculares	3	2	1	2	2	1	2	1	1	1	3	3	2	3	3	3	3
	Distancia a vías peatonales	3	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	3	3	2	2
	Distancia a parques y/o zonas verdes	3	2	1	1	2	2	1	1	2	3	3	3	1	3	3	2	2
	Amenaza por FRM extrema	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1
INSTALACIONES (10%)	Distancia a la UPA	3	2	1	1	2	2	1	1	2	3	3	3	1	3	3	2	2
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS (20%)	Edificio JAC	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Edificio defensa civil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Edificio SPS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Parque	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	CAI	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PERSONAL (20%)	JAC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Defensa civil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Médicos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Policía	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GESTIÓN (10%)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL		39	32	28	29	32	33	30	28	32	34	38	39	33	39	37	34	34
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FUNCIONAL		2.67	1.97	1.63	1.73	1.97	2.07	1.77	1.63	1.97	2.17	2.57	2.67	2.07	2.67	2.47	2.17	2.17
PROMEDIO																		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR																		

La valoración de índice de vulnerabilidad funcional se calcula como el valor porcentual de los datos dándole mayor peso a las variables directas y menor peso a las variables indirectas tales como la gestión. De acuerdo a los resultados se encuentra que de las 17 manzanas, 3 (17,6 %) son consideras en categoría alta, 10 (58,8 %) en categoría media y 4 (23,5 %) en categoría baja.

10.4 RIESGO

El riesgo incurrido en una zona o elemento, se asimila como las pérdidas probables de una estructura, frente a una solicitud determinada. Se puede expresar al combinar la probabilidad de ocurrencia de la solicitud (i.e. del fenómeno: amenaza actual-Pf) con las pérdidas potenciales. Procedimiento, aplicado a cada vivienda y descrito a continuación.

10.4.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Para la presente sección las pérdidas potenciales responden a las pérdidas directas en viviendas y enseres, las que se pueden calcular multiplicando los costos de capital por el índice de vulnerabilidad física. Simplificación que redefine el riesgo en términos de pesos, así:

$$Riesgo = P_f \times C_f$$

donde:

P_f : Probabilidad de falla

C_f : Costo de falla

Pero que le incorpora el subjetivo contexto de los costos en capital; no comparables en un marco global, pues son el resultado de las diferencias en los montos de inversión en cada vivienda por su propietario. En este sentido, es mejor recurrir al índice de riesgo, de lo contrario puede dar lugar a tergiversaciones y vicios en el concepto, tales como que las pérdidas en viviendas de cuantiosa inversión aparezcan con un valor de perjuicio potencial elevado en relación con unas más modestas, aunque su condición de riesgo sea semejante. Por lo tanto, por simplicidad en la presentación de los resultados, se abstrajeron los costos de capital, y se reformuló el concepto con base en el índice de riesgo, IR, definido como:

$$IR = P_f \times IVF$$

donde:

IR: Índice de riesgo.
P_f : Probabilidad de falla.
IVF: Índice de vulnerabilidad física.

Para este caso se obtienen los intervalos de cualificación de las pérdidas probables a partir de la conjugación –producto punto- de los niveles de vulnerabilidad con los de amenaza aplicados al proyecto, pero asumida cada variable como independiente (véase la *Tabla 10.5*).

TABLA 10.5 MATRIZ DE RIESGO

AMENAZA \ VULNERABILIDAD	ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	ALTO	ALTO	MEDIO
MEDIA	ALTO	MEDIO	BAJO
BAJA	MEDIO	BAJO	BAJO

10.4.2 EVENTOS TECNOLÓGICOS

La amenaza por eventos tecnológicos para la totalidad del barrio es baja, como se determinó en el capítulo 8, sin embargo, la vulnerabilidad del evento se liga con la red de gas natural con diámetros de 2 y 3 pulgadas, que provocaría una radiación térmica de 10 Kw/m^2 al presentarse una llamarada (véase la *Figura 10.6*), que afectaría las edificaciones y produciría quemaduras en las personas, como lo señalan los niveles de afectación (véase la *Tabla 10.1*).

Por lo anterior y siguiendo la matriz de riesgo, se conoce que para los predios 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46 de la manzana 4; los predios 24, 25 y 26 de la manzana 79; los predios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 32 de la manzana 90; los predios 1, 2, 3 y 4 de la manzana 88; los predios 1 y 2 de la manzana 85, y los predios 16, 17, 18 y 19 de la manzana 75, el nivel de riesgo es medio (31 predios en total) y para el resto del barrio el nivel de riesgo es bajo. Evento de poca trascendencia en cuanto al riesgo en comparación con los demás eventos evaluados en el presente capitulo: el sismo y los fenómenos de remoción en masa, pues no es ni el más crítico, ni el más probable, ni es el más recurrente.

10.4.3 COLAPSO EN EDIFICACIONES

Como se deduce de la *Tabla 10.3*, el 27% de las viviendas (107) expone riesgo actual bajo, el 63% (248) ostenta un nivel de riesgo medio y el 8% de las viviendas (30) presentan un nivel de riesgo alto; adicionalmente el 2% de las edificaciones son lotes vacíos que no tienen ninguna caracterización para este riesgo, puesto que no tienen elementos estructurales que se puedan ver afectados (véase *Plano 15*).

TABLA 10.6 VIVIENDAS CON RIESGO ACTUAL ALTO

MANZANA	PREDIO	PROPIETARIO	DIRECCIÓN
4	24	FLOR CASALLAS	CRA 5B ESTE NO. 2A-35
4	28	ÁLVARO PINZÓN	CRA 5B NO. 1D-98 INT 21
4	30	MARIELA PARRA VIRGUEZ	DIAG. 2A NO. 5-14 ESTE
4	56	JOSÉ GUILLERMO SÁNCHEZ	CALLE 2A NO. 6E-03
4	68	LUCIA GUALTEROS PAREDES	CALLE 2A NO. 6A-13E
4	65	CRÍSPULO CAICEDO	CRA 6A NO. 2A-58 INT 3
79	7	LUZ MERY GARZÓN	CALLE 1D NO. 5-08E
79	30	RICARDO CRUZ FONSECA	CRA 5E NO. 2-53
80	14		CALLE 1D NO. 5B-11
81	13	CLARA RONCANCIO	CALLE 2 NO. 5B-43E
82	2	LUIS EDUARDO CARDONA	CALLE 1D NO. 52E
82	3	GUILLERMO GAITÁN	CALLE 1D NO. 5-22E INT 51A
83	11	BELÉN SÁNCHEZ	CRA. 5A BIS ESTE NO. 1D-98 INT 7
84	4	PATRICIA CASTIBLANCO	CRA 5B ESTE NO. 2-26
84	6	ROGELIO REYES	CRA 5A BIS ESTE NO. 2-36 INT 21
84	9	MARÍA CAMACHO	CRA 5A ESTE NO. 2-54 INT 1
84	12	ROSALBA VELAZCO	CRA 5B ESTE NO. 2-59
85	3 B	JOSÉ GARCÍA	CALLE 2 NO. 5B-52E
85	26	NHORA YOLANDA RODRÍGUEZ	CRA 5B ESTE NO. 2-62 INT 5
85	44		CRA 6E NO. 2-59
88	9	WILSON MIGUEL FUENTES	CRA 6E NO. 2-38
88	12	ANA PRIETO	CRA 6E NO. 2-56
90	13	JOSÉ DEL CARMEN GUTIÉRREZ	CALLE 1D NO. 7-12 INT 14
90	16	MARÍA HELENA CASTILLO	CALLE 1D NO. 7-12E INT 20
93	6 B	MARÍA DEL CARMEN BUSTOS	DIAG. 2 NO. 8-58E
94	5	TERESA CAMARGO	CALLE 2D NO. 8-52E
94	23	CARMEN PULIDO SÁNCHEZ	DIAG. 2 NO. 8-33
94	28	WILLIAM LONDOÑO	CRA 9E NO. 1D-80
94	37	MARÍA BARRETO	CRA 8A ESTE NO. 2-47
94	38	BELARMINA RODRÍGUEZ	CRA 8A ESTE NO. 1C-15

Distribución justificada en el estado de amenaza y vulnerabilidad esencialmente media, dando como resultado un panorama de riesgo en el que domina el estado medio, con excepción de algunas viviendas que revelan una condición alta (véase *Tabla 10.6*).

Cabe resaltar que los niveles de riesgo aumentan, para los estados proyectados de la amenaza a 50 años, al punto de convertirse casi exclusivamente en medio y alto. En concordancia, las alternativas de solución estarán destinadas a evitar un aumento en los niveles de riesgo, y en el mejor de los casos, dar lugar a una reducción sustancial en los escenarios de mayor condición y predisposición. Sin embargo, el nivel de riesgo de esta amenaza (colapso de edificaciones) no se compara con el del sismo en el que se presentan 136 viviendas afectadas, es decir que ostentan un nivel de riesgo alto, superando en 4,53 veces las afectadas por colapso.

10.4.4 FUNCIONAL

El riesgo funcional se liga a la presencia de eventos como: sismos, fenómenos de remoción en masa-FRM, colapso de edificaciones y la amenaza tecnológica. Del grupo se destaca el sismo, por su efecto devastador como desencadenante de otros, y seguido por los FRM, eventos que tienen una incidencia alta en el barrio. La dependencia de este riesgo a los fenómenos mencionados anteriormente se debe a la influencia sobre las redes de servicio que funcionan en la zona, es decir el daño (escapes, incendios, desabastecimiento, entre otros) que se puede llegar a producir por la presencia de uno de los eventos contemplados.

Cabe resaltar que el 76,4 % de las manzanas (13) presenta una vulnerabilidad entre media y alta (véase la *Tabla 10.4*) sumado a esto la amenaza funcional no es muy alentadora, si se toma en cuenta que depende directamente de los eventos con mayor trascendencia (sismo y FRM), como resultado de esto se puede afirmar que el riesgo varia de alto a medio (en las manzanas 75, 76, 80 y 81, y los predios respectivos, que son 77).

En la contraparte, los fenómenos de menor trascendencia como los tecnológicos, el colapso de edificaciones y los biológicos, no tienen una repercusión importante, luego, no se tienen en cuenta para el análisis y zonificación del riesgo funcional.

CAPÍTULO 11

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIAL Y ECONÓMICO

CAPÍTULO 11

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SOCIAL Y ECONÓMICO

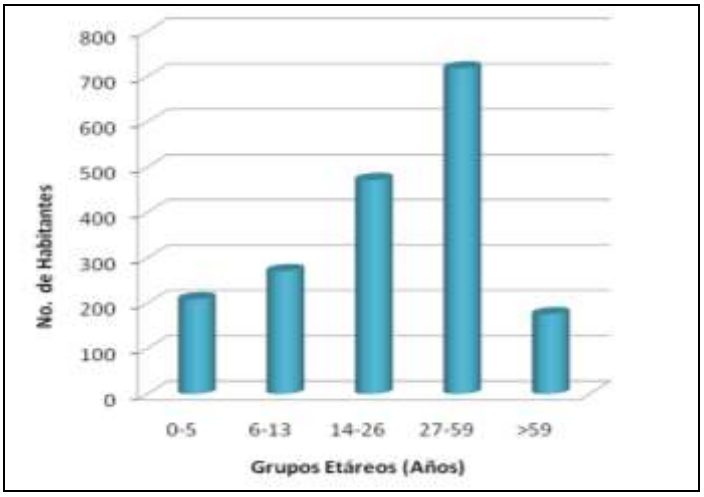
La vulnerabilidad en este contexto, se define como la susceptibilidad de un grupo social ante la ocurrencia de un evento desastroso (Sismo, Fenómenos de Remoción en masa, colapso de edificaciones y amenazas biológicas) que ocasione daños físicos en las edificaciones, vías, elementos urbanísticos y pérdida de vidas o alteraciones permanentes en la estructura y el funcionamiento de la comunidad. Su análisis parte del nivel de organización y participación que tiene una comunidad, para prevenir y responder ante situaciones de emergencia. La población organizada puede superar más fácilmente las consecuencias de un desastre, que las sociedades que no lo están, por lo tanto, su capacidad para prevenir y dar respuesta ante una situación inesperada y desastrosa es mucho más efectiva y rápida. Para determinar la vulnerabilidad social se utilizará el método cualitativo enfocado a las amenazas con mayor grado de afectación que aplican en la zona: los sismos, los fenómenos de remoción en masa, la insalubridad ambiental y el colapso de edificaciones, involucrando incisos como: la capacidad económica de los pobladores, la cobertura de los servicios públicos, el acceso a redes de servicios (bienes y servicios), y, el nivel de escolaridad de los habitantes factor determinante en el desarrollo de la zona.

11.1 VULNERABILIDAD SOCIAL

11.1.1 GRUPOS ETÁREOS

La distribución de la población total de 1858 habitantes, se expone en cinco grupos etáreos (véase la *Figura 11.1)*. El 39% de la población pertenece al intervalo comprendido entre los 27 y los 59 años de edad, seguido por el 26% y el 15% correspondiente a las personas con edades desde los 14 hasta los 26 años y desde los 6 hasta los 13 años, respectivamente. El número de personas con edad superior a los 59 años alcanza apenas el 10%. Así, se establece que el 65% (1208 personas) de la población con edades entre los 14 y 59 años conforman un grupo económicamente activo (PEA), es decir, hacen parte del conjunto de personas de más de 12 años que desempeñan una ocupación, o bien, si no la tienen, la buscan activamente, excluyendo a estudiantes, jubilados y pensionados, lo que sugiere una expectativa de bonanza y consolidación económica en el barrio, panorama no del todo cierto, de acuerdo a la información recopilada en el marco social del inventario de vivienda (véase el *Anexo K.2*), en la que se identifican bajos ingresos y deficiencias en el nivel de vida.

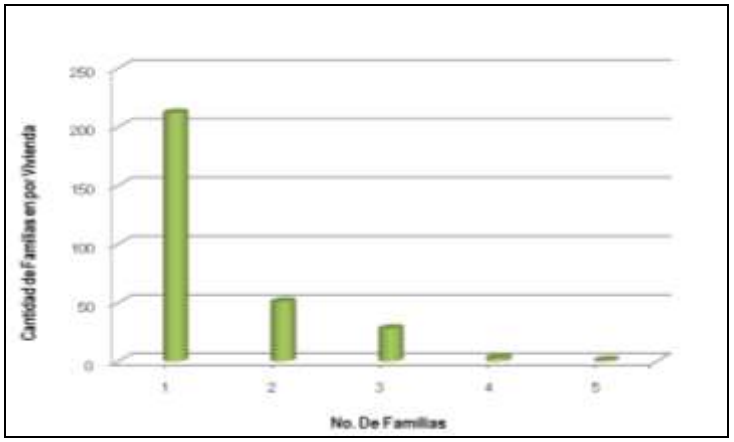
FIGURA 11.1 GRUPOS ETÁREOS



El 35% de la población conformado por niños y personas de la tercera edad se ven altamente perjudicados por el difícil acceso dentro del barrio, acentuado por escaleras peatonales con altas pendientes. Las personas en edad de escolaridad no cuentan con una institución educativa cercana a sus lugares de residencia, por lo que se hace necesario el desplazamiento hasta los centros pedagógicos localizados en los barrios aledaños.

La tendencia relacionada con el número de familias que habitan por unidad de vivienda, es de un (1) núcleo familiar por casa, situación más frecuente en el barrio, seguida por dos (2) y tres (3) familias viviendo en la misma edificación (véase la *Figura 11.2)*. Son aislados los casos en los que conviven más de tres familias en un mismo recinto, reflejo puntual del problema de hacinamiento acentuado por el reducido espacio de las viviendas. Por otro lado, los estratos socio-económicos predominantes en Santa Rosa de Lima, son el 1 y el 2 con un poder adquisitivo bajo, resultado de los ingresos percibidos por las familias.

FIGURA 11.2 FAMILIAS POR VIVIENDA



11.1.2 COBERTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS

La carencia de servicios públicos en los primeros años de existencia del barrio, acababa de enmarcar el olvido, la pobreza y la marginalidad, horizonte que empezó a despejarse en 1973, once años después de haber sido ocupado el barrio. En esta fecha se pone en marcha el sistema de acueducto y alcantarillado, en 1998 se abre el sistema eléctrico y en el 2001 se instala la red de gas natural. Lo anterior, permite dilucidar y comprobar la lentitud con la que las instituciones pueden actuar en los asentamientos ilegales y marginados, conformados en su mayoría por personas desplazadas, desempleadas y en general de bajos recursos. Hoy en día la red instalada de servicios básicos y de saneamiento: acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos, gas y aseo es del cien por cien (UMNG, 2007). Sin embargo por el bajo nivel de ingresos que perciben las familias o simplemente por decisión de los propietarios varias viviendas carecen de algunos, evidenciadas en la *Tabla 11.1*.

TABLA 11.1 EDIFICACIONES QUE CARECEN DE SERVICIOS PÚBLICOS

SERVICIOS	NO. DE VIVIENDAS
AGUA	20
ALCANTARILLADO	27
ENERGÍA ELÉCTRICA	6
GAS NATURAL	58
TELÉFONO	58

Del total, se evidencia a 6 familias que no tienen ningún servicio público, lo que dificulta la subsistencia y calidad de vida y aumenta las carencias y necesidades de los individuos. El servicio de recolección de basuras y el barrido de las calles son atendidos por la empresa Aseo Capital (Aseo Capital 2010). El primero, se cumple tres veces por semana: los lunes, los miércoles y los viernes y el segundo, se lleva a cabo rutinariamente: los lunes y los jueves a cualquier hora del día. Contrario a los ingentes esfuerzos de Aseo Capital, y producto de la costumbre, prevalecen algunos nichos aislados de concentración de basuras, los más notorios se circunscriben en la calle 2A entre carreras 6 Este y 6A Este, en la Carrera 5 Este con calle 2 A, y en la Carrera 5B Este con Calle 2. Nichos que sumados a los parches dejados por las antiguas prácticas (en décadas anteriores), permiten la proliferación de roedores e insectos, trasmisores de algunas enfermedades.

11.1.3 BIENES Y SERVICIOS

El casi inexistente abanico de servicios (bancos, hospitales, bomberos, jardines y colegios) y redes de atención en el barrio, son el resultado de la distribución heterogénea de los recursos y de factores asociados con el entorno económico y social como:

- La localización, la geografía física y humana y el uso del suelo, determinantes en el desarrollo y la definición productiva del barrio.
- La densidad de población, su tamaño y ritmo de crecimiento, inciden y afectan la productividad, la calidad y la cantidad de trabajo. Teniendo en cuenta la proporcionalidad existente entre población, productividad y trabajo, se puede afirmar que si se presenta un aumento en el tamaño de la población, de la misma forma hay un incremento en el consumo y prestación (productividad) de servicios, afectando la oferta y demanda de trabajo.

- El capital humano de Santa Rosa y su calificación (basado en la educación y experiencia), se caracteriza apenas por el nivel básico de primaria y parcialmente el secundario. Éstos determinan la baja potencialidad del trabajo, refiriéndose a las oportunidades laborales que se pueden presentar y que aumentarían en función de una mejor preparación de los pobladores.
- La condición y la calidad de vida (vivienda, recreación, acceso a servicios públicos y de salud) fijan la productividad del trabajo y el crecimiento económico, además de su incidencia en la cohesión social. El empleo es una condición que incide directamente sobre la calidad de vida de los habitantes de la comunidad, permitiendo un desarrollo económico rápido y fructífero. La falta de preparación a nivel educativo, desemboca en la falta de oportunidades laborales y de la mejora de los ingresos.
- La infraestructura y la seguridad constituyen un factor determinante del entorno para atraer inversiones y empresas prestadoras de servicios. Condiciones que hacen poco atractiva a la zona, sobresaliendo el alto porcentaje de delincuencia e inseguridad, afirmación que se respalda con la cantidad de vehículos deshuesados por día (4) entre taxis y carros particulares (según comentarios de habitantes). Lo anterior se contrasta con cifras del 2006 para la localidad de Santafé, que registró 814 casos de hurto a personas; 174 de hurto de establecimientos; 120 de hurto de vehículos y 78 de homicidios, (Policía Metropolitana. Centro de Investigaciones Criminológicas. Programa de Seguridad y Convivencia de la CCB)

En contraparte, la comunidad cuenta con un jardín infantil, una UPA (Unidad Primaria de Atención) y un salón comunal, desde el que se impulsa la organización y la ayuda mutua. Los pocos locales comerciales existentes, la mayoría sin línea fija de producción (véase la *Tabla 11.2*), no permiten armar una gran interrelación entre los diferentes sectores para la conformación de cadenas productivas entre pequeños y grandes productores, pues el bajo poder adquisitivo, marcado por los escasos ingresos económicos, enmarcan la comercialización en productos básicos de subsistencia.

TABLA 11.2 ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

TIPO DE ESTABLECIMIENTO	DIRECCIÓN
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 1D NO 6-68E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 1C BIS NO 7-14E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 8E NO 1D-17
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 5E NO 2-46
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 5E NO 1C-18
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 2 NO 5-29E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 2 NO 5-39E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 5B NO 2-47
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 5 NO 2-52E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CRA 5B ESTE NO 1D-86
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 2 NO 6-50E
TIENDA (PRODUCTOS DE ASEO, ALIMENTOS Y BEBIDAS)	CLL 2 NO 7-36E
SALÓN COMUNAL	CLL 1D NO 7-03E
PANADERÍA	DIAG 2A NO 5-04E
ACTIVIDAD CON EXPENDIO Y CONSUMO DE LICOR	CRA 8 NO 1C-01E
Cafetería	CRA 7E NO 1D-14

La ausencia de establecimientos prestadores de servicios, afecta en gran medida a la comunidad, este es el caso del Hospital Centro Oriente, empresa social del estado (ESE), encargada de la prestación de servicios asistenciales en la Localidad de Santafé (03). La UPA (Unidad Primaria de Atención) Santa Rosa de Lima, es el único centro médico dentro del barrio, que presta los servicios de Medicina General, Higiene Oral, Odontología General, Enfermería, Promoción y Prevención. Sin embargo, no cuenta con atención integral en servicios de urgencias, hospitalización, observación, laboratorio clínico, entre otros. Su capacidad es mínima, comparada con otras sedes ubicadas en la misma localidad como: el CAMI Perseverancia, el CAMI Samper Mendoza, el Hospital San Blas y el Hospital El Guavio (área de 3500 m²), que actualmente se encuentra en remodelación, pero cuenta con servicios de urgencias (véase la *Tabla 11.3*).

TABLA 11.3 CENTROS DE SALUD

LOCALIDAD	NIVEL	CENTRO DE SALUD	DIRECCIÓN	TELÉFONO	CAMAS HOSPITALARIAS
SANTAFÉ	I	CAMI PERSEVERANCIA	CRA 5 NO. 33A-45	2882550	18
		CAMI SAMPER MENDOZA	CRA 23 NO. 22A-26	3685449	1
	II	HOSPITAL EL GUAVIO	CLL 6 NO. 5-07 ESTE	2460737	62
SAN CRISTOBAL	II	HOSPITAL SAN BLAS	CRA 3E NO. 16-72 SUR	3280971	215

En el año 2009 la población atendida en las sedes Asistenciales del Hospital Centro Oriente se encontraba afiliada a las EPS subsidiadas: Humana Vivir, Salud Total, Colsubsidio, Salud Cóndor, Caprecom, SolSalud, Ecopsos por evento, Unicajas por evento y Fondo Financiero Distrital (Hospital centro oriente. Perfil epidemiológico). Actualmente se mantienen las mismas afiliaciones a EPS y al Sisben, siendo la primera dominante entre la población, por lo tanto las personas acuden a los centros asistenciales pertenecientes a cada Entidad promotora de Salud.

En casos urgentes los hospitales El Guavio y San Blas, son la primera opción, por razones apenas evidentes (capacidad de la institución y mejor servicio), situación que hace más difícil el día a día de las personas, por el desplazamiento que deben efectuar desde sus viviendas, esto sin tener en cuenta la gravedad y edad de la persona enferma, también el tiempo efectivo (despreciando tiempos de parada) de la trayectoria hasta el hospital que en promedio oscila entre 15 y 30 minutos, acentuando aún más la gravedad del escenario.

De la misma forma las entidades financieras se encuentran retiradas del barrio, ubicadas con mayor exactitud en la Candelaria, entre ellas se encuentran los bancos: Av Villas, Bancolombia, Popular, Banco de Occidente y BBVA, entre otros.

11.2 VULNERABILIDAD ECONÓMICA

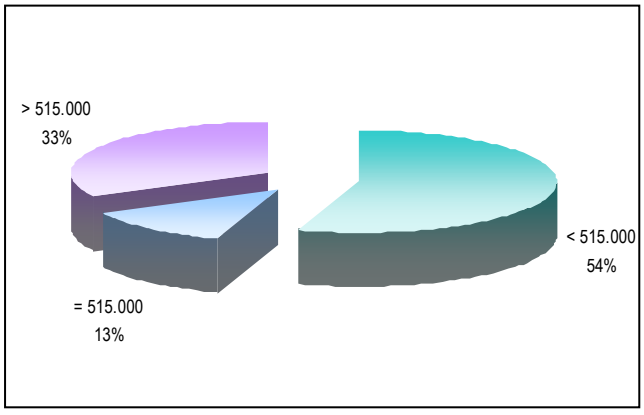
Se interpreta como el acceso que tiene la población de una determinada comunidad a los activos económicos (tierra, infraestructura, servicios y empleo asalariado, entre otros), que se refleja en la capacidad para hacer frente a un desastre. Está determinada, fundamentalmente, por el nivel de ingreso o la capacidad para satisfacer las necesidades básicas por parte de la población.

Las comunidades pobres, como es el caso de Santa Rosa, de bajos niveles de ingreso que no les es posible satisfacer sus necesidades básicas, constituyen el sector más vulnerable de la sociedad, quienes por la falta de acceso a las viviendas, invadieron áreas ubicadas en las riberas de los ríos, laderas, rellenos sanitarios no aptas para residencia; carecen de servicios básicos elementales y presentan escasas condiciones sanitarias; asimismo, carecen de alimentación, servicios de salud, educación entre otras. Dichas carencias que se presentan en la población pobre, condicionan la capacidad previsora y de respuesta ante los peligros de su entorno y en caso de ser afectados por un fenómeno adverso (sismos, fenómenos de remoción en masa, insalubridad ambiental, colapso de edificaciones y amenazas funcionales) el daño será mayor, así como su capacidad de recuperación.

11.2.1 CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS POBLADORES

El nivel de ingresos de la población en general se puede concebir como bajo, entendido éste como el suficiente para surtir las necesidades básicas de supervivencia, en algunos casos iguala los tres salarios mínimos, pero se debe tener en cuenta que este evento se presenta únicamente cuando el número de personas que viven en las edificaciones es mayor o igual a 8; siendo lo común un salario mínimo (véase la *Figura 11.3)*. Uno de los factores detonantes de la baja calidad de vida en el sector radica en la actividad laboral, que se concentra en el comercio informal, prestación de servicio de aseo, construcción (obreros), trabajos manuales (modistas, lustrabotas, amas de casa), pero en general trabajos ocasionales, esto sin tener en cuenta a las personas desempleadas (que no reciben dinero) y que hacen parte de la tasa de desempleo (13,6%) correspondiente a la localidad de Santafé; también el nivel de escolaridad se percibe como muy bajo, teniendo en cuenta que la mayoría de habitantes poseen solo la primaria o ningún tipo de estudio por el limitado acceso a universidades o entidades educativas, consecuencia de los escasos ingresos percibidos por familia, disminuyendo esto notablemente las oportunidades de trabajo y la posibilidad de acceder a un futuro más amable, lo anterior contrastado y fundamentado en el porcentaje de analfabetismo de la localidad que es del 2,6%, superior al de Bogotá que se fija en el 2,2%.

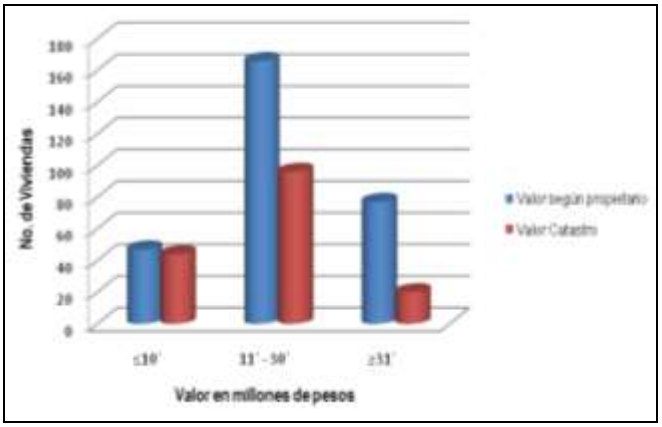
FIGURA 11.3 NIVEL DE INGRESOS POR FAMILIA



Un reflejo de la capacidad económica de los habitantes son sus viviendas, en su mayoría con problemas de diseño, construcción y ubicación; pero representan una posesión importante para los propietarios por su valor sentimental, buena ubicación (vista, cercanía a las vías principales del barrio, etc) y extensión de la propiedad (según la opinión de los dueños), por esta razón las aspiraciones monetarias resultantes de la posible venta

de las casas dista enormemente de los valores adjudicados por catastro (recibos de impuesto predial), (véase la *Figura 11.4*).

FIGURA 11.4 VALORES DE VIVIENDAS SEGÚN PROPIETARIOS FRENTE A CATASTRO



El valor de las edificaciones, oscila entre los 3.2 y los 64 millones de pesos, el valor promedio es de 18 millones de acuerdo a catastro (recibo impuesto predial de cada vivienda) a diferencia de la percepción que tienen los propietarios en el que el costo de las viviendas se encuentra entre 4 y los 100 millones de pesos, con un promedio de 25 millones. Lo anterior refleja un panorama difícil de manejar si se piensa en el reasentamiento de familias o manzanas completas.

11.2.2 RECUPERACIÓN ECONÓMICA

Con el fin de cuantificar la vulnerabilidad social se determinó como unidad comparativa el tiempo, en años, que tomaría cada núcleo familiar en recuperar su patrimonio actual (sus viviendas). La recuperación se hace efectiva en el momento en que, a través de un ahorro mensual, la acumulación monetaria iguale al monto patrimonial hoy día. La tasa de ahorro, es decir, la capacidad de endeudamiento, se define como una fracción del salario, y es función del ingreso mensual. Así entonces para las familias con ingresos de hasta un (1) salario mínimo, escenario por excelencia, la capacidad de ahorro no supera el 10%, este criterio arroja como resultado que los tiempos de recuperación fluctúen entre 1 y 46 años. Mientras que para las familias con ingresos inferiores al salario mínimo el panorama se recrudece en relación con el tiempo de recuperación que oscila entre 7 y 217 años. La *Tabla 11.4* muestra la capacidad de endeudamiento de acuerdo a la categoría de ingresos.
La recuperación económica en años, se determinó como:

$$RE = \frac{Patrimonio}{SalarioMensual} * \frac{\%Pérdidas}{1200} * CE^{-1}$$

RE : Recuperación económica en años
$\%Pérdidas$: Fracción del patrimonio, véase la *Tabla 9.39* – Vulnerabilidad por FRM.
CE : Capacidad de endeudamiento consignada en la *Tabla 9.39* – Vulnerabilidad por FRM.

TABLA 11.4 CAPACIDAD DE ENDEUDAMIENTO

CATEGORÍA DE INGRESOS	CAPACIDAD DE ENDEUDAMIENTO
1	0.1
2	0.2
3	0.3

CAPÍTULO 12

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

CAPÍTULO 12

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

12.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores beneficios del análisis de riesgo radica en la formulación de un plan de acción que permita atenuar o anular el riesgo (indistinta sea su fuente creadora) y de esta manera poder mitigar, conservar, controlar o sustraer los niveles de amenaza, es decir, disminuir la influencia de los agentes detonantes y contribuyentes, o modificar los elementos y los escenarios expuestos.

El estudio integral de los fenómenos, en contra posición con la visión parcializada e individual de una sola perspectiva, permite plantear alternativas que emergen de las deficiencias de localización, construcción, reconstrucción, funcionamiento (u operación) y mantenimiento del barrio, pero que a su vez promuevan su solución. Alternativas bosquejadas (o por lo menos idealizadas), algunas, a lo largo del desarrollo de los capítulos previos, pero con capacidad de dar cumplimiento a la tarea (o a la premisa) básica: mitigar el riesgo. Surge entonces, la necesidad de evaluar el papel que juegan, para seleccionar la mejor. El proceso de decisión, se fundamenta en el análisis comparativo entre la condición actual y futura, para los diferentes escenarios con la implementación de las obras.

En gracia de estas consideraciones, la definición de la amenaza futura implica determinar la eficiencia de las alternativas en la reducción de los potenciales estados. No obstante, las primeras sensaciones, desprendidas de los escenarios de amenaza y vulnerabilidad actuales, describen una situación compleja, en la que las soluciones son por demás inviables (por lo menos dentro del marco de las inversiones); a pesar de esto es imperativo incorporar diferentes programas de mitigación, estructurados desde distintas perspectivas pero con tendencia transversal (i.e. que atienda indiferentemente a los fenómenos), para así evitar pasar a un escenario insoluble en el que alto será el único calificativo para las condiciones de riesgo.

La función principal de las medidas es reducir, al menor costo, los estados de probabilidad condicional total actual, y los escenarios de vulnerabilidad. Cabe reseñar que las alternativas propuestas, excluyentes en medida alguna, se enmarcan dentro de la capacidad operativa y económica, no sólo del FOPAE (pero bajo el rigor del PDPAE), de las entidades financieras y de los inversionistas privados, sino de las demás entidades distritales que tienen ingerencia activa y continua en las condiciones de habitabilidad y seguridad en el Distrito Capital, tales como La Secretaría Distrital del Hábitat, La Secretaria Distrital de Ambiente, La Secretaría de Educación, La Secretaría Distrital de Salud, el DAPD, el IDRD, el ACUEDUCTO y el IDU, entre otros.

12.2 MARCO NORMATIVO

La DPAE adopta mediante el Decreto 423 del año 2006 el Plan Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias para Bogotá D.C, que tiene una vigencia de diez (10) años y cuyo objetivo es establecer las políticas, los objetivos generales, las áreas y los sectores estratégicos, y los programas que orientarán las acciones de las entidades públicas y de los particulares en la gestión del riesgo público en el Distrito Capital. De esta manera para abordar la problemática en Santa Rosa de Lima es necesario, entonces, enmarcarse en:

- políticas de Gestión del Riesgo. La gestión del riesgo, es un proceso social complejo que tiene como objetivo la reducción o la previsión y el control permanente del riesgo en la sociedad, en consonancia con e integrada al logro de pautas de los desarrollos humano, económico, ambiental y territorial sostenibles. De allí se puede definir, el conjunto de políticas públicas que pueden ser utilizadas para la incorporación de la gestión del riesgo en los instrumentos de control ambiental.

- el ordenamiento territorial; tarea que encierra un amplio y complejo proceso multidimensional de intervención del territorio que busca inducir las formas de uso y de ocupación consecuentes con los escenarios proyectados y deseables para el desarrollo territorial. La incorporación de criterios de reducción de riesgo de desastre puede entenderse como la definición y la adopción de un conjunto de medidas regulatorias y programáticas acordes con el alcance, la metodología, la estructura, el cronograma y los instrumentos de gestión que se utilizan en cada proceso de ordenamiento en particular.

- el conocimiento del riesgo. El discernimiento de las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos se refiere a la información que se debe generar para entender la génesis, las causas, la frecuencia y la intensidad de los fenómenos, así como su significado espacial y temporal. Contexto abordado en este estudio (o proyecto).

  El tipo, el alcance y la resolución de los estudios determinan en alto grado, las posibilidades prácticas de incorporar criterios de reducción del riesgo en los procesos y los instrumentos específicos de control ambiental. Éstos son estudios especializados, que demandan recursos humanos y económicos importantes [1]

Para poder implementar alternativas de reducción del riesgo en el territorio es necesario tener claro qué tipo de acciones de gestión del riesgo se espera implementar, y a qué línea de acción de la gestión del riesgo se dirige, puesto que dependiendo de ésta se realizará la definición de su alcance y de la responsabilidad de la ejecución de la alternativa; para ello es necesario tener en cuenta las líneas de acción definidas en el decreto 423 de 2006, y compiladas en la *Tabla 12.1*.

A partir de la definición de cada línea de acción de gestión del riesgo se puede establecer el énfasis en la alternativa recomendada. El PDPAE define en su artículo 8 los frentes e instrumentos de gestión de un escenario, unos y otros implican el ejercicio de concertación de su aplicación, toda vez que se pretenda el logro de los objetivos generales del DPAE; objetivos agrupados en cuatro frentes de gestión y delineados en la *Tabla 12.2*.

[1] CONSULTORÍA PARA ELABORAR LINEAMIENTOS DE INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE RIESGO EN ALGUNOS INSTRUMENTOS DE CONTROL AMBIENTAL PARA ZONAS DE EXTRACCIÓN MINERA EN EL DISTRITO CAPITAL. CONTRATO CONS-726-2009. ATG LTDA PARA EL FOPAE.

TABLA 12.1 LÍNEAS DE ACCIÓN

LÍNEAS DE ACCIÓN	ALCANCE
IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO	GENERAR, EVALUAR Y ADMINISTRAR LA INFORMACIÓN DEL RIESGO NECESARIA Y SUFICIENTE PARA SOPORTAR LA PERCEPCIÓN INDIVIDUAL, LA REPRESENTACIÓN SOCIAL, LA TOMA DE DECISIONES Y LA PARTICIPACIÓN DE LOS DISTINTOS ACTORES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO. DESDE LA DETECCIÓN TEMPRANA Y LA VALORACIÓN DEL RIESGO Y LA IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.
PREVENCIÓN DE NUEVOS RIESGOS (GENERACIÓN Y ACUMULACIÓN DEL RIESGO)	INTERVENIR EN LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y SECTORIAL, EN LAS POLÍTICAS Y PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN, ASÍ COMO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDAD CIUDADANA PARA ALCANZAR COMPORTAMIENTOS DE AUTOPROTECCIÓN Y EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.
MITIGACIÓN DE RIESGOS EXISTENTES	REALIZAR OBRAS DE MITIGACIÓN, DE MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS, DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE RELOCALIZACIÓN DE FAMILIAS, ENTRE OTROS ASPECTOS.
PREPARATIVOS Y ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS	RESPONDER OPORTUNA Y EFICAZMENTE EN LAS SITUACIONES DESASTRES, CALAMIDADES Y EMERGENCIAS, A FE DE CONTROLAR Y REDUCIR EL IMPACTO SOBRE LA POBLACIÓN, SUS BIENES, LA INFRAESTRUCTURA Y LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN FINANCIERA DEL CAPITAL PÚBLICO Y PRIVADO FRENTE AL RIESGO	IMPLEMENTAR PLANES DE REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN POST EVENTO ADECUADOS, E IDENTIFICAR E IMPLEMENTAR MECANISMOS FINANCIEROS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FISCAL DEL DISTRITO FRENTE A LOS DESASTRES, ASÍ COMO PROMOVER EL ASEGURAMIENTO DE LOS BIENES PÚBLICOS Y PRIVADOS Y LA CORRESPONSABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA GENERACIÓN DEL RIESGO POR PARTE DE LOS ACTORES PÚBLICOS O PRIVADOS.

FUENTE: DECRETO 423 DE 2006

Sin embargo, el encajar todas las piezas es una tarea dispendiosa, matizada por diversas actividades que incluyen, además de los análisis y las evaluaciones bosquejadas en los capítulos previos (específicamente desde el séptimo hasta el décimo, que enmarcan el tratamiento de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo actual):

- la definición de las acciones que permitan reducir las vulnerabilidades y el impacto de las amenazas identificadas de tal forma que sean incluidas en las alternativas de solución.
- la cuantificación de los beneficios y los costos asociados con la inclusión de las medidas y las acciones identificadas.
- la evaluación de las alternativas en función de la reducción del riesgo y el análisis costo-beneficio o costo efectividad.
- el análisis de sensibilidad, incluidas las variaciones en la probabilidad de ocurrencia, la intensidad o la frecuencia de los impactos que ocasionan las situaciones de riesgo en el proyecto.
- la definición de la alternativa de solución que será ejecutada.

Temas que se desglosan en las siguientes páginas. En este orden de ideas, el punto de partida radica en la estructuración, en pinceladas gruesas, de las líneas de acción destinadas al tratamiento de cada fenómeno, y aplicables al marco del barrio Santa Rosa de Lima. Líneas, proyectos y escenarios se delinean matricialmente en la *Tabla 12.3*.

TABLA 12.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE UN ESCENARIO: ARTÍCULO 8 PDPAE

FRENTE DE GESTIÓN	DEFINICIÓN	INSTRUMENTOS
GESTIÓN DEL ENTORNO DEL ESCENARIO	REÚNE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN ORIENTADOS A MODIFICAR VARIABLES Y DINÁMICAS EXTERNAS AL ESCENARIO, ES DECIR QUE ESCAPAN A LA CAPACIDAD DE DECISIÓN Y MANEJO DE LOS ACTORES DENTRO DEL ESCENARIO Y QUE INCIDEN EN LA GENERACIÓN Y ACUMULACIÓN DEL RIESGO Y SUS IMPACTOS.	INVENTARIO HISTÓRICO DE EMERGENCIA Y DESASTRES. SISTEMA DE INFORMACIÓN, INDICADORES Y OBSERVATORIO. INCLUSIÓN EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y SECTORIAL. ACTUALIZACIÓN, APLICACIÓN Y CONTROL DE CÓDIGOS Y NORMAS. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.
GESTIÓN DEL NÚCLEO DEL ESCENARIO	ES LA INTERVENCIÓN DE ACTORES, PROCESOS Y ÁREAS PARA REDUCIR LA GENERACIÓN DE NUEVOS RIESGOS Y LA ACUMULACIÓN DEL RIESGO EXISTENTE EN EL ESCENARIO. LA GESTIÓN DEL NÚCLEO DEL ESCENARIO ES POR TANTO FUNDAMENTALMENTE PREVENTIVA.	MONITOREO DE LOS FENÓMENOS. ESTUDIOS. INFORMACIÓN PÚBLICA Y EDUCACIÓN.
GESTIÓN DEL ESTADO DEL RIESGO	ES LA INTERVENCIÓN DE ACTORES, PROCESOS Y ÁREAS PARA LA REDUCCIÓN Y MANEJO DEL RIESGO EXISTENTE, A NIVELES SOCIALMENTE ACEPTABLES. ES CORRECTIVA.	OBRAS DE MITIGACIÓN. MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS. REASENTAMIENTO DE FAMILIAS. REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA. REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL. DESARROLLO DE LA CAPACIDAD CIUDADANA Y GRUPOS OPERATIVOS. SISTEMAS DE ALERTA
GESTIÓN DE LOS EFECTOS DEL RIESGO	COMPRENDE EL DESARROLLO DE LOS INSTRUMENTOS DE INTERVENCIÓN PRE Y POST DE LAS EMERGENCIAS ORIENTADOS A REDUCIR SU IMPACTO SOCIOECONÓMICO, ASÍ COMO EL DESARROLLO DE PROCESOS DE RECUPERACIÓN QUE CORRIJA LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD PREEXISTENTES.	PLANES DE REHABILITACIÓN DE EMERGENCIAS Y DESASTRES. ESTRATEGIA PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FISCAL DEL DISTRITO. ASEGURAMIENTO DE BIENES Y SERVICIOS PRIVADOS.

FUENTE: PDPAE – ARTÍCULO 8

TABLA 12.3 VALORACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN Y ESCENARIO DE RIESGO

ESCENARIO		Del entorno del escenario		Del núcleo del escenario		Del estado del riesgo					De los efectos del riesgo
	Sin intervención en el tiempo	Inclusión en la planificación territorial y sectorial	Fortalecimiento institucional	Monitoreo de los fenómenos y las viviendas	Información pública y educación	Obras de mitigación	Mejoramiento urbano	Subsidios de mejoramiento de viviendas	Reasentamiento	Sistemas de alerta	Gestión de empresas: red de servicios, IDU, reforzamiento sísmico y mantenimiento
Eventos sísmicos	X		X		X	X	X		X	X	X
Fenómenos de remoción en masa	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Fenómenos biológicos	X		X	X	X		X	X		X	X
Amenaza tecnológica	X	X	X		X						X
Amenaza funcional	X	X	X	X			X				X
Amenaza por colapso de edificaciones	X		X	X			X	X	X	X	X
Redes viales y de servicios	X		X				X		X		X

12.3 ALTERNATIVAS

Su idealización y conceptualización puede atenderse desde puntos de vista diversos, bien bajo el rigor del fenómeno por atender, bien por la importancia o la severidad del evento (i.e el más crítico, el más frecuente o el más probable), bien de cara al escenario de riesgo, o bien sea el nivel de riesgo. Las dos primeras directrices son simples, longitudinales, unifocales y excluyentes; y las dos últimas son transversales, complejas, en medida alguna holísticas, incluyentes y complejas, pues obligan a la estimación o deducción del riesgo total. Si bien la descripción se atiende, por simplicidad para la lectura, desde la óptica de los eventos, el proceso de decisión bajo incertidumbre hará inevitable el paso por algunas de las demás perspectivas, al punto que el plan de acción recaerá y hurgará en el riesgo y en su condición como principio. De esta manera las alternativas consideradas en el proyecto se enuncian a continuación:

12.3.1 SISMOS

Alternativa 1: Reasentamiento en el Sitio. Engloba la movilización temporal de las 394 familias (representadas en igual número de viviendas), y el rediseño y la reconstrucción del barrio, estrategias de la órbita de la Gestión del Estado del Riesgo (véase la *Tabla 12.2*). Es ante todo un proceso profundo de renovación urbanística; su desarrollo, esencialmente, en etapas está formulado para entre tres y cinco años de duración (tiempo abstraído de programas urbanísticos en grandes superficies como Villa Alsacia y la Felicidad), e involucra el reemplazo de las viviendas por multifamiliares en altura (i.e. en edificios de hasta seis pisos), el tendido de las redes de servicios públicos y la reconstrucción del curso de agua (gracias a la canalización) y de la ronda de la quebrada Santa Rosa (curso de agua que discurre a lo largo de la Calle 1D). Los bloques se cimentarán tan sólo al nororiente y suroccidente del barrio, en los predios ocupados por las manzanas 82, 83, 84, 92, 93, 94 y en parte de los bloques 04 y 79; derrotero delineado en la *Figura 12.1*.

Sus mayores fortalezas radican en la reducción sustancial de los estadios de amenaza y riesgo, al punto de convertirlos en bajos; y en la permutación de espacios poco funcionales, inseguros y muy vulnerables por viviendas amables, iluminadas, seguras y regidas por las exigencias de la NSR-10. Y su mayor debilidad: el costo de inversión, superior a veinticinco mil millones de pesos.

Alternativa 2: Reasentamiento Parcial. Pretende fijar como nivel máximo de riesgo en el barrio el medio; objetivo materializado con la relocalización de las edificaciones (y de las familias) más vulnerables; requerimiento que la armoniza con la Alternativa 1 en el mismo instrumento de Gestión. Los predios por adquirir ascienden a los 154, 136 propios de estados severos de riesgo y 18 tomados para las mejoras urbanísticas, están distribuidos a lo largo y ancho de Santa Rosa, pero se circunscriben en mayor número en las manzanas 4, 79, 84, 85, 88, 90 y 94 (véase la *Figura 12.2*): el 77% de las edificaciones hacen parte de ellas; y el destino de uso posterior a la demolición apunta o a la recreación pasiva o al dotacional.

Aunque en este marco de acción, puede suponerse viable el reforzamiento estructural, puesto que la inversión básica (sin considerar arrendamientos, ni enseres) supera los tres mil quinientos millones de pesos; el Subsidio Distrital de Vivienda, SDV, tasado en $6.973.000 (equivalente a 13 SMMLV) es insuficiente para garantizar los estándares de seguridad, máxime si se rescata la complejidad estructural que reina y que el valor (comercial) promedio de las casas está alrededor de los veinticinco millones de pesos (según la información dada por los propietarios; cantidad por demás sensata, pues la media según la información de Catastro se acerca a los dieciocho millones de pesos mcte).

FIGURA 12.1 ALTERNATIVA 1: REASENTAMIENTO TOTAL (SISMO)

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.2 ALTERNATIVA 2: REASENTAMIENTO PARCIAL (SISMO)

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

Alternativa 3: Elusión. Obvia cualquier intervención de orden físico en espacio público o privado, en su lugar marca como línea de acción preponderante los preparativos y la administración de la emergencia, y como instrumento la educación y la información pública, personificadas a través de campañas de cómo responder ante la ocurrencia del fenómeno (i.e un sismo). Poca o ninguna incidencia tiene en la amenaza y en la vulnerabilidad física y funcional, no así en la social, por lo que conservan los status quo, expresiones representadas en la *Figura 7.1* y en el *Plano 10*. Su costo de inversión aunque para nada es irrelevante se asume despreciable, gracias a que la inversión en las campañas se distribuye en un orbe mayor, bien sea la localidad o bien sea la ciudad; y su costo de falla (equivalente al de la reconstrucción del barrio si llegase a ocurrir un desastre) es superior a los once mil quinientos millones de pesos, ratificación emanada de la *Tabla 11.5* y del *Anexo L*.

12.3.2 REMOCIÓN EN MASA

Alternativa 4: Drenaje, Subdrenaje y Estabilización. Involucra la restricción a la expansión urbanística y la implementación de tres frentes específicos de trabajo, abocetados en la *Figura 12.3*, que simbolizan su distribución espacial, en la *Figura 12.4*, integradora de los detalles, y pormenorizados en la *Tabla 12.4*. El primer frente, y tal vez el de mayor trascendencia, se centra en el confinamiento y contención de las masas de llenos, y en la despresurización de los paquetes de suelo, a través de la puesta al servicio de cuatro muros (aislados) en concreto ciclópeo, con alturas entre 2 m y 3,50 m y longitudes desde 8 m hasta 35 m, dotados de trincheras drenantes (o filtros), pases de agua y cunetas, uno en el lindero de la casa 13 de la manzana 90 (de ocho metros de longitud), otro en el perímetro norte y oriental de la vivienda 9 del bloque 85 (con poco más de 16,50 m de largo), otro en el corredor oriental de las edificaciones 10 y 11 de la manzana 85 (de hasta 35 m de extensión), y otro cimentado en el extremo noreste del predio 71 de la manzana 4 (con 24 m de longitud).

El segundo frente conjuga el aumento del esfuerzo principal menor y la reducción de las distancias de viaje, en las exposiciones del macizo rocoso más propensas a la formación de caídas de roca y de fallas en cuña; mecanismos de deslizamiento rectores de las superficies libres T-29, T-32, T-47, T-48 y T-49 (universo representado en la *Figura 7.2* y en la *Figura 12.3*). Estas tareas (o funciones) se dejan a cargo de mallas pernadas, pernos y concreto lanzado.

Y el tercer frente encierra el reasentamiento de las viviendas: 9, 12, 14 y 15 de la manzana 88; 1, 2, 3 y 71 del bloque 4; 9 y 45 de la cuadra 85; y 13 de la isla 90; la restricción de uso del predio 21 de la manzana 79; los subsidios para reforzamiento de once edificaciones (p.e. la 28 y la 56 de la manzana 4; la 30 de la isla 79; la 2 y la 3 del bloque 82; y la 10, la 11, la 12 y la 13 de la manzana 88; las restantes se detallan en la *Tabla 12.4*); el monitoreo de 43 viviendas (listadas en la *Tabla 12.4*), en buen número inmersas en las manzanas 4, 79, 85, 88 y 90; y el mantenimiento y reforzamiento de las redes de aguas negras y lluvias (en este último caso de la cunetas), quehacer silencioso pero de enorme trascendencia: cualquier menoscabo de funcionalidad de estos sistemas puede acarrear daños severos aún en espacios de amenaza baja. De este particular conjunto de actividades, las tres últimas no sólo son parte de las responsabilidades de entidades como la Secretaría de Habitat y El Acueducto, sino que distan de poderse cuantificar (en pesos) e incorporarse para la toma de la decisión.

Ahora bien, si a todo este armazón se le suman las obras de urbanismo, será necesario la adquisición de dieciséis predios adicionales, así: el 2 y el 3 de la manzana 82; el 4, el 6 y el 20 del bloque 84; el 2, el 3, el 4, el 5 y el 9 de la isla 88; el 4 y el 3 de la manzana 90; y el 65, el 66 y el 67 del bloque 04 (véase la *Tabla 12.4*).

Decisión que se debatirá, redireccionará o tomará toda vez que se conserve o no el boceto delineado en la *Figura 12.3*.

Alternativa 5: No hacer nada. Tiene como premisa básica la conservación de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (síntesis revelada en los *Planos 8, 8A, 11 y 14*); atributos que obligan a desestimar la implementación de cualquier estructura o medida de contención, de drenaje o de subdrenaje. Comparte con la Alternativa 3 la línea de acción, los instrumentos y el costo básico.

12.3.3 COLAPSO

Alternativa 6: Reasentamiento, Reforzamiento y Monitoreo. Desaparece cualquier vestigio o espacio de amenaza y vulnerabilidad alta; en otras palabras intenta que la máxima condición de riesgo sea la media. Exalta como por bastión fundamental el reasentamiento de las casas: 24, 28, 30, 56, 65 y 68 de la manzana 4; 07 y 30 del bloque 79; 14 de la isla 80; 13 de la cuadra 81; 2 y 3 de la manzana 82; 11 de la isla 83; 4, 6, 9 y 12 de la cuadra 84; 3B, 26 y 44 del bloque 85; 9 y 12 de la isla 88; 13 y 16 de la manzana 90; 6B del bloque 93; 5, 23, 28, 37 y 38 de la cuadra 94. Y como pilares adicionales el reforzamiento de veintitrés edificaciones diseminadas a lo largo y ancho del barrio, y el monitoreo de treinta y siete más, como lo sugiere la *Figura 12.5*.

Hace parte, al igual que la Alternativa 1, de las medidas de Gestión del Riesgo y de la línea de mitigación; y su costo supera los novecientos millones de pesos. Sus componentes, clasificados en los distintos instrumentos, vg. obras de mitigación, mejoramiento urbano, subsidios, sistemas de alerta, etc, se precisan y detallan en la *Tabla 12.4*, en la *Figura 12.6* y en la *Figura 12.6A*.

Alternativa 7: Convivir con el Problema. Evita la intervención de las viviendas, y asigna la responsabilidad de la construcción de ambientes seguros a los propietarios (o inquilinos) del barrio. Derrotero que de ninguna manera modifica las condiciones de riesgo vigentes hoy día, y diagramadas en los *Planos 9, 12 y 15*, y destina a la población a la marginalidad y al abandono.

12.3.4 BIOLÓGICOS: EPIDEMIAS E INSALUBRIDAD

Alternativa 8: Prioridades y Programas Biológicos. Sustituye las acciones en infraestructura física por procesos educativos y culturales y por programas de salubridad. Las jornadas de vacunación bien para los menores de cinco años contra Poliomielitis, Difteria, Tétano, Tos Ferina, Heptatitis B, Sarampión, Rubeola, entre otras, o bien para adultos contra el neumococo y el AH1N1/09; los operativos de recolección canina; la separación en fuente de los residuos sólidos; el reforzamiento de la estrategia de vivienda saludable; y la dotación de equipamento médico básico y de elementos de primeros auxilios, configuran las acciones más relevantes. El conjunto completo de programas y procesos se desglosa en la *Tabla 12.4*.

Su concepción, direccionamiento y puesta en marcha recae en hombros de la Secretaría Distrital de Salud y del Hospital Centro Oriente. Aunque sus alcances y beneficios son inciertos, y de difícil y compleja modelación, su peor resultado (rotulado bajo la designación de escenario crítico) en ningún caso sería inferior a la condición actual. En este sentido, se asume que los análisis y las valoraciones presentadas en los numerales 7.3.2.1, "Insalubridad Ambiental", 7.3.2.2 "Epidemias", del capítulo 7, y los apéndices 9.4.4.1 "Riesgo por Insalubridad Ambiental" y 9.4.4.2 "Riesgo por Epidemias" del capítulo 9, mantienen su validez.

FIGURA 12.3 ALTERNATIVA 4: OBRAS DE MITIGACIÓN PARA LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.4 DETALLES DE LA ALTERNATIVA 4

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

TABLA 12.4 ESCENARIOS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.5 ALTERNATIVA 6: REFORZAMIENTO Y MONITOREO

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.6 DETALLES DE LA ALTERNATIVA 6

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.6A DETALLES DE LA ALTERNATIVA 6

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

Alternativa 9: Elusión. Implica mantener la dinámica de vida, de prestación de servicios hospitalarios y de recolección vigentes hoy día, y el estatus de habitabilidad de las viviendas. Si bien no modifica las condiciones de amenaza o riesgo, tampoco contribuye a mitigar los índices de vulnerabilidad social, muy por el contrario los agudiza. Es, entonces, una alternativa discriminativa y lesiva.

12.3.5 TECNOLÓGICOS

Poseen poca injerencia en la vida de los habitantes como eventos amenazantes o creadores de escenarios de riesgo. Sin embargo a fe de mantener los bajos estadios en uno y otro sentido es indispensable hacer revisión y mantenimiento periódico de la red de gas, controlar la instalación y proliferación de brotes industriales, y preservar el uso de los predios y su distribución.

12.3.6 FUNCIONAL

El planteamiento de las alternativas en este campo, requiere repisar la estrecha relación que existe entre la estabilidad de las líneas y elementos de los sistemas con la ocurrencia de fenómenos como los sismos, los fenómenos de remoción en masa, el colapso de edificaciones y los tecnológicos. Relación que reside en el alto grado de vulnerabilidad de las redes, y en la capacidad de daño que provoca la ocurrencia de cada uno de estos procesos, materializada en escapes, incendios, desabastecimiento, hurto de tramos de red y obstrucciones en el funcionamiento, entre otros.

El 76,4 % de las manzanas (trece en total) poseen vulnerabilidad entre media y alta, luego la injerencia de lo funcional es alto, y afecta directamente a las manzanas 75, 76, 80 y 81, y a sus 77 predios. Por lo tanto surge como medida (de orbe preventivo) el mantenimiento periódico y recurrente de las redes más susceptibles a daños, entre las que se encuentran: la de acueducto, la de alcantarillado, la de energía eléctrica y la de gas natural. Éstas prestan un servicio fundamental e indispensable en las actividades cotidianas de la población, por lo que es imperativo la puesta en marcha del referido programa; su papel preservar o en el mejor de los casos disminuir la condición de vulnerabilidad hasta posicionarla en media.

Finalmente, pero no menos importante, es la promoción e incentivo, en el orbe local y distrital, de los programas de mejora y renovación urbanística, y de convivencia social. Los vacíos en estos dos campos son aún enormes. Baste señalar que Santa Rosa carece de hidrantes, de centros culturales (incluidos los de Internet), de ludotecas y de parques; que es una de las comunidades más inseguras del distrito, y que la movilidad desde y hacia el barrio es deficiente, máxime si se precisa que es uno de los barrios más viejos del distrito y que está a pocos minutos del centro histórico y político de Bogotá (y porque no del País). Los avances en estas direcciones tendrían especial impacto en la reducción de la vulnerabilidad y del riesgo social y funcional.

12.4 RIESGO FUTURO: AMENAZA Y VULNERABILIDAD CON OBRAS

Las condiciones de amenaza y vulnerabilidad actuales y futuras, oscilantes entre alta y media, pero con preponderancia de esta última (sentencia claramente diagramada en la *Figura 7.1* y en los *Plano 8, 8A y 9*), por lo menos en el marco socio-natural y en unas pocas del orden antrópico no intencional (v.g. el colapso),

son el reflejo de las particulares condiciones topográficas, estructurales, estratigráficas, hidrológicas e hidrogeológicas, arquitectónicas, urbanísticas, socioeconómicas, y de relación institucional.

Este especial matiz de la amenaza sumado a la susceptibilidad de los elementos expuestos, al generoso número de habitantes, a los retos urbanísticos, constructivos, operativos y logísticos (ejemplificados en el poco espacio operativo, el alto grado de inseguridad, a las exigencias funcionales y al particular hacinamiento), y a las implicaciones de intervenir predios privados hacen del tratamiento de Santa Rosa de Lima un marco marcadamente complejo. Por una parte las obras tendientes a la reducción de la amenaza o de la exposición, como el reforzamiento estructural, los muros de gravedad, los anclajes, las mallas y los subdrenes horizontales deben ser de fácil mantenimiento y viables constructivamente, y por otra parte deben garantizar la reducción en la condición de riesgo con bajos presupuestos; inferiores al del reasentamiento, requerimiento por demás de difícil (y por momentos de casi improbable) cumplimiento en fenómenos como la remoción en masa y el colapso.

Sin embargo, y previo al desglose y contrastación económica (o comparación de costos) es indispensable conocer (y corroborar) el beneficio técnico; fruto unívocamente ligado (o patente) a los cambios o las permutaciones en los estadios y en las condiciones de amenaza y de vulnerabilidad. Temas que se tratan a reglón seguido.

Amenaza (con Obras)

En este contexto, como las únicas alternativas que inciden sobre los factores condicionantes, contribuyentes y detonantes son la 4 y la 6, la estimación de la probabilidad de falla implica conocer bien los factores de seguridad en cada espacio de análisis con la incorporación de las medidas correctivas, tanto para los parámetros de resistencia y las variables ambientales esperadas (lluvia y sismo) como para los extremos probables, si el interés es la remoción en masa; o bien los cambios en los factores de ajuste si el encuentro es con el colapso; esquemas acordes con los procedimientos referidos en el numeral 7.2 del Capítulo 7 y en el apéndice 8.4 del Capítulo 8.

Bajo el marco teórico expuesto y el foco de las alternativas planteadas, la evaluación de la amenaza futura (i.e con obras) por remoción en masa (Alternativa 4) se centró, unidireccionalmente, en la determinación de la respuesta esperada de los muros de gravedad en concreto ciclópeo, de la malla pernada, de los pernos, y del drenaje y del subdrenaje. Trabajo que arroja como mejores frutos el aumento del factor de seguridad y disminución de la probabilidad de falla en las unidades más críticas, la amenaza para toda el área de estudio se reduce al nivel bajo, con lo que se garantiza una disminución en el riesgo asociado por tal evento en el área de análisis (véase el *Anexo N*), las posibilidades de detonación de los cuerpos antrópicos descienden desde el 81% hasta niveles inferiores al 10%, patrón propio de las superficies críticas de la sección 1-1'; la falla puede tener cabida en las condiciones más adversas, es decir toda vez que participen los dos agentes exógenos, y uno o los dos coeficientes efectivos de resistencia mínimos, El comportamiento esperado, cualquiera sea la condición de trabajo (participación de la lluvia y el sismo), con mayores réditos lo simboliza los muros en gravedad; las esperanzas del factor de seguridad se acotan en el intervalo [1.00 -1.52], estadios confirmados en el *Anexo N*.

De otra parte el reforzamiento, planteamiento exclusivo para el colapso, incide sin titubeos en el sistema estructural, en la calidad constructiva y en el estado de la construcción. Los factores de ajuste se reducen drásticamente y la probabilidad subjetiva en el peor escenario toca el 12%.

La elusión, indistinta del fenómeno en consideración y representada por las alternativas 3, 5, 7 y 9, como sintetiza la convivencia con el problema, revive los análisis de amenaza plasmados en los capítulos 7 y 8, y en la *Figura 7.1*, en el *Plano 8*, en el *Plano 8A* y en el *Plano 9* y los mantiene vigentes.

Vulnerabilidad (con Obras)

Está sintetizada en la exclusión o de todos los elementos expuestos, derrotero de la Alternativa 1, o de los más susceptibles y de menor capacidad de respuesta, circunstancia particular de las alternativas 2, 6 y 4 (pero de aplicación parcial en ésta), o en la conservación de los estadios de trabajo y por consiguiente de las unidades o los sujetos comprometidos, accionar enmarcado por las Alternativas 3, 5, 7 y 9. Complejo que indefectiblemente redunda o en la sustracción de la vulnerabilidad, principio rector de los dos primeros esquemas de trabajo (es decir de las Alternativas 1, 2, 6 y 4), sintetizados en la *Figura 12.8*, en la *Figura 12.9*, en la *Figura 12.10*, en la *Tabla 12.5* y en la *Tabla 12.6*, y matizados por condiciones de vulnerabilidad máxima en media; o en la convalidación de las evaluaciones y de los resultados referidos en los capítulos 9 y 10 (que incluye los fenómenos biológicos, en otras palabras las Alternativas 8 y 9, y las vulnerabilidades social y funcional), y de las expresiones gráficas (i.e las zonificaciones) idealizadas en el *Plano 10*, si se trata del sismo, en el *Plano 11*, en cuanto a la remoción en masa se refiere, y en el *Plano 12*, si el marco de análisis se circunscribe en el colapso.

En gracia de las anteriores consideraciones, la participación de las alternativas 1, 2, 4, 6 y 8 esbozan una generosa mejoría en la respuesta esperada de los diferentes ambientes (v.g. el hombre, el medio, las viviendas, las redes de servicios); los niveles de riesgo en ningún caso superarían el umbral medio, excepto tal vez por las redes de servicio, específicamente la de aguas blancas, la de aguas negras y los corredores viales, en la alternativa 2, sometidas al sismo crítico.

12.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS: SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA Y PLAN DE ACCIÓN

Dilucidados los beneficios técnicos del ramillete de soluciones, resta por revisar su trascendencia económica. Para esto se efectúa la evaluación de cada una de ellas teniendo en cuenta, entre otras actividades, el reasentamiento de las familias y la consecuente demolición de las viviendas, las obras de estabilización (si fuesen del caso) y las mejoras urbanísticas y funcionales (representadas por senderos peatonales, amueblamiento, empradización, etc.). Los valores unitarios empleados obedecen a la experiencia de los especialistas del consorcio en cada tema, a las opciones de mercado para proyectos de planes parciales y sus balances de carga y a registros de empresas públicas (p.e el IDU, la Fopae, Metro Cuadrado, Catastro Distrital, etc). Y las cantidades de obra asociadas a cada ítem fueron estimadas en función de los esquemas compilados en el numeral 12.3 (en particular la *Figura 12.1*, la *Figura 12.2*, la *Figura 12.3*, la *Figura 12.5*). El resumen de las alternativas, las actividades para su ejecución, las actividades y los presupuestos unitario y total reposan en la *Tabla 12.7*.

La comparación de cada alternativa con el costo de falla, abstraído de la sustracción de cualquier medida, es decir del convivir con el problema (o elusión), se expone en la *Tabla 12.8*. Si la relación entre la primera y la segunda es superior al 100%, significa una alternativa inviable pues su costo sería mayor a la falla; si la relación es inferior al 100% la medida involucra no sólo costos favorables, por ser inferiores a los de falla, sino una clara viabilidad.

FIGURA 12.7 ALTERNATIVA 8: PRIORIDADES Y PROGRAMAS

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.8 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 1

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.9 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 2

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

FIGURA 12.10 VULNERABILIDAD Y RIESGO: ALTERNATIVA 6

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

TABLA 12.5 VULNERABILIDAD FÍSICA Y RIESGO CON OBRAS: ALTERNATIVA 2

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

TABLA 12.6 VULNERABILIDAD FÍSICA Y RIESGO CON OBRAS: ALTERNATIVA 4

ESTA TABLA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

TABLA 12.7 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

ESCENARIO	ALTERNATIVA	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Sismo	Alternativa 1: Reasentamiento en el sitio	Demolición de viviendas	Vivienda	394	$ 2 000 000	$ 788 000 000
		Urbanismo y paisajismo	m2	28000	$ 80 000	$ 2 240 000 000
		Construccion de viviendas	Apartamento	394	$ 55 000 000	$ 21 670 000 000
		Pago de arriendos	Mes*Vivienda	4728	$ 250 000	$ 1 182 000 000
					Costo Total	**$ 25 880 000 000**
	Alternativa 2: Reasentamiento parcial	Demolición de viviendas	Vivienda	154	$ 2 000 000	$ 308 000 000
		Urbanismo y paisajismo	m2	13700	$ 80 000	$ 1 096 000 000
		Reasentamiento	Vivienda	154	$ 25 000 000	$ 3 850 000 000
					Costo Total	**$ 5 254 000 000**
	Alternativa 3: Elusión	Costo de falla	gl	1	$ 11 500 000 000	$ 11 500 000 000
					Costo Total	**$ 11 500 000 000**
FRM	Alternativa 4: Drenaje, subdrenaje, estabilización	Demolición de viviendas	Vivienda	21	$ 2 000 000	$ 42 000 000
		Muro de contencion	m3	172	$ 450 000	$ 77 400 000
		Malla + pernos	m2	200	$ 150 000	$ 30 000 000
		Urbanismo y paisajismo	m2	12350	$ 80 000	$ 988 000 000
		Reasentamiento	Vivienda	21	$ 25 000 000	$ 525 000 000
		Drenaje	ml	200	$ 35 000	$ 7 000 000
		Subdrenes	ml	200	$ 150 000	$ 30 000 000
					Costo Total	**$ 1 699 400 000**
	Alternativa 5: No hacer nada	Costo de falla	gl	1	$ 11 500 000 000	$ 11 500 000 000
					Costo Total	**$ 11 500 000 000**
Colapso	rnativa 6: Reasentamiento, reforzamiento y monito	Reasentamiento	Vivienda	29	$ 25 000 000	$ 725 000 000
		Reforzamiento	Subsidio	23	$ 6 973 000	$ 160 379 000
		Monitoreo	Vivienda	34	$ 1 000 000	$ 34 000 000
					Costo Total	**$ 919 379 000**
	Alternativa 7: Convivir con el Problema	Costo de falla	gl	1	$ 11 500 000	$ 11 500 000
					Costo Total	**$ 11 500 000**
Biológicos, Epidemias e Insalubridad	Alternativa 8: Prioridades y programas biológicos	Programas de capacitacion	anual	5	$ 100 000 000	$ 500 000 000
		Programas de dotación	anual	5	$ 50 000 000	$ 250 000 000
					Costo Total	**$ 750 000 000**

TABLA 12.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	COSTO	% VARIACIÓN	VIABILIDAD ECONÓMICA
Alternativa 1: Reasentamiento en el sitio	$ 25.880.000.000	44%	Crítico
Alternativa 2: Reasentamiento parcial	$ 5.254.000.000	219%	Favorable
Alternativa 3: Elusión	$ 11.500.000.000	100%	Favorable
Alternativa 4: Drenaje, subdrenaje, estabilización	$ 1.699.400.000	677%	Favorable
Alternativa 5: No hacer nada	$ 11.500.000.000	100%	Favorable
Alternativa 6: Reasentamiento, reforzamiento y monitoreo	$ 919.379.000	1251%	Favorable
Alternativa 7: Convivir con el Problema	$ 11.500.000.000	100%	Favorable
Alternativa 8: Prioridades y programas biológicos	$ 750.000.000	1533%	Favorable

De la anterior evaluación se puede concluir que:

- Los programas de atención por riesgo biológico no dependen de la interacción con los demás escenarios, por lo que deben estar ligados a la alternativa física más viable.

- La reubicación total, cualquiera sea el escenario analizado (o el fenómeno en consideración), es tal vez la alternativa con el mayor grado de mitigación del riesgo (la condición futura invariablemente es baja), sin embargo, es la económicamente menos viable.
- No es posible cuantificar el costo de falla de manera absoluta, pues es incierta la incidencia del costo de las vidas humanas en el caso de un evento catastrófico.
- Las alternativas 6: reforzamiento y monitoreo, 2: reasentamiento parcial, y 4: drenaje, subdrenaje y estabilización, son las opciones de mayor repercusión y viabilidad, en virtud de la marcada influencia sobre los escenarios de análisis. La primera aplica si el fenómeno en consideración es el colapso, la segunda (la 2) si el sismo es el gestor de la amenaza, y la tercera (la 4) si el riesgo lo provocan los procesos de inestabilidad.
- Las acciones para la mitigación de la vulnerabilidad y el riesgo funcional (incluido su presupuesto), están inmersas en cada una de las siete primeras alternativas. La idealización de una solución exclusiva en este contexto (lo funcional) requiere la armonización y participación de un vasto grupo de entes distritales, nacionales y privados (v.g. Secretarias Distritales, IDRD, Asobancaria, Policía Nacional, etc) y la inversión de grandes capitales sólo justificables si se rearma urbanísticamente el barrio, o se reasienta en su totalidad, puesto que las fallas en el diseño y la planeación son enormes y desbordadas. Derrotero que invariablemente se aproxima (o desencadena) a la alternativa 1.

La atención individual de cada escenario de riesgo, si bien es una forma de intervención es sin duda sectaria y onerosa. A fe de subsanar este impasse y de facilitar la construcción de un modelo de mitigación viable técnica y económicamente, surge la necesidad de estructurar un plan de acción ya no desde la perspectiva de la atención individual de los procesos amenazantes sino desde el contexto del riesgo integral, destinado a la supresión de los mayores niveles de pérdida. Tema que ocupa las siguientes páginas.

12.5.1 CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO INTEGRAL

El análisis de riesgo integral requiere la simbiosis de todos los escenarios posibles (sismo, colapso, FRM, tecnológicos, funcionales y biológicos); así como la identificación de las diferentes estrategias e instrumentos de gestión y reducción del riesgo. Del anterior marco surge un plan de acción del manejo integral del riesgo para la debida articulación y adecuación de las diferentes obras de mitigación del riesgo, y para el buen manejo de los recursos destinados.

Aun cuando se pueden analizar e identificar múltiples escenarios, el proceso de decisión sólo puede llevarse a cabo sobre un número mínimo de estrategias; su estructuración involucra, entonces, clasificar y organizar los escenarios en términos de su probabilidad de ocurrencia, de sus consecuencias y de sus variables de análisis, en consonancia con algunos criterios de aceptación preestablecidos. Criterios de decisión, de aceptación y de aplicación, entre los que se encuentran los siguientes[2]:

- Beneficio / Pérdida
- Oportunidad / Riesgo
- Potencial de éxito o falla
- Coincidencia / Ocurrencia

[2] Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos. Mauricio Sánchez Silva

- Coincidencia espacial de ocurrencia de riesgo para diferentes escenarios y alternativas de mitigación.
- Criterio corredor (Zonas con intercalación del riesgo).
- Coincidencia de variables de diseño (IVE para FMR-colapso; sismo-FRM por sismo, tecnológicos – biológicos, entre otras posibles combinaciones).
- Importancia temporal del riesgo (Periodo de retorno u ocurrencia del riesgo).
- Prioridad de aplicación de alternativas.
- Criterio de valoración.

Acorde con los análisis de riesgo adelantados y los diferentes escenarios estudiados en este proyecto, para la toma de decisiones, de este generoso grupo se adoptan los de:

- Coincidencia espacial de ocurrencia de riesgo para diferentes escenarios y alternativas de mitigación.
- Importancia temporal del riesgo (Periodo de retorno u ocurrencia del riesgo), y.
- Criterio Corredor (i.e. Zonas con intercalación del riesgo).

Ahora bien, el propósito final del análisis de riesgo es la toma de decisiones asertivas, sendero en el que el análisis de costos marca la pauta final. Cualquier decisión involucra aspectos de diferente índole, por lo tanto, es importante la definición de estrategias formales que utilice métodos sistemáticos de evaluación y diseño de alternativas para lograr la disminución o sustracción del riesgo.

En gracia de lo expuesto, para la toma de decisiones existen diferentes métodos que permiten la obtención de la mejor medida para garantizar la disminución del riesgo. Entre los que se encuentran:

- Razonamiento aproximado.
- Opinión de expertos.
- Manejo de evidencias.
- Decisiones basadas en la comparación de costos.
- Decisiones con base en el valor esperado.
  - Análisis de valor esperado.
  - Árbol de decisión.
  - Valor monetario esperado.
- Funciones de utilidad
  - Utilidad máxima esperada.
  - Funciones de utilidad continúas.
  - Funciones de predisposición y aversión del riesgo.

Todos ellos idealizados, principalmente, para la toma de decisiones de riesgo en un solo escenario, según sea la necesidad y la finalidad de cada modelo. La combinación de varias de estas técnicas redunda en la toma de decisiones asertivas (y sensatas), si el problema implica la combinación de los diferentes escenarios de riesgo. Decisiones que dan vida al plan de acción y de manejo.

En Santa Rosa el plan de acción debe por una parte permitir condensar y tener en cuenta todas las estrategias descritas en los capítulos previos para los diferentes fenómenos, y por otra parte facilitar el desarrollo de un marco de acción que garantice y le dé la viabilidad urbanística (y por consiguiente funcional) al asentamiento (i.e. el barrio). De esta manera, y a fe de cumplir con este objetivo, se adopta como procedimiento de estructuración del plan, la contrastación y superposición de los escenarios de riesgo y de las estrategias para su mitigación; esquema que facilita evaluar la redundancia en las alternativas.

El plan de acción, por lo tanto, hace posible la reducción de la condición de riesgo a media para algunos eventos (el sismo y el colapso) y a baja para otros (los FRM, los biológicos y los tecnológicos), lo que garantizará la permanencia del barrio. Sus principales instrumentos se resumen en el reasentamiento, medida de particular aplicación, parcialmente, en las manzanas 4 (viviendas 2, 3, 65, 66, 67 y 68), 79 (casa 30), 84 (residencias 4 y 6), 88 (casas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 y 14) y 90 (viviendas 3 y 4); en el monitoreo de viviendas, con énfasis en los bloques 75, 81, 84, 85, 88, 90 y 94; en la implantación de estructuras de contención, simbolizados en muros en cantiliver y mallas y pernos de anclaje; en el control de la frontera urbana regida bajo los principios de la invasión y el desorden; en los subsidios para el mejoramiento de vivienda: el reforzamiento estructural; en el mejoramiento urbanístico, puntualmente en la creación de corredores verdes, de rutas de evacuación, en la puesta en funcionamiento de ocho (8) contenedores para el almacenamiento de basuras; en la estructuración, diseño y puesta en marcha de programas de capacitación para la construcción y el reforzamiento de viviendas, para la atención de emergencias; en la dotación de la UPA con jeringas, camillas, básculas, elementos de primeros auxilios, y del Salón Comunal con instrumentos lúdicos-didácticos (entre ellos computadores e Internet); en campañas de vacunación contra Poliomielitis, Difteria, Tétano, Sarampión, Rubeola, entre otras, para menores de cinco años, o contra el neumococo y el AH1N1/09, para los adultos mayores; en los operativos de recolección canina; en el reforzamiento de la estrategia de vivienda saludable; y en la construcción de sistemas de alerta. Tareas descritas y compiladas en la*Tabla 12.11*, y abstraídas parcialmente de las alternativas 2, 4, 6 y 8.

12.5.2 ANÁLISIS DEL ESCENARIO INTEGRAL

En la *Tabla 12.10* se plantea el comparativo de los predios con riesgo alto para los diferentes escenarios de estudio (sismo, tecnológico, colapso y FRM) en la condición actual. La coincidencia de predios en distintos escenarios incide en el nivel de riesgo final y en el tratamiento o actividad a desarrollar para mitigarlo (véase la *Figura 12.11*), con las siguientes conclusiones:

- Los predios afectados por colapso son comunes a los del escenario de sismo.
- En el criterio de corredor, los predios inmersos entre los de riesgo alto asumen invariablemente la condición de riesgo y la misma estrategia de mitigación.
- La mayor incidencia de riesgo alto cobija a las manzanas 85 y 88, las que son receptoras de dos o más fenómenos (o escenarios).
- El criterio de corredor arroja nueve (9) predios con riesgo alto producto de su vinculación con las edificaciones aledañas.
- El nivel del riesgo funcional es reducible en la medida en que se mermen los altos niveles de riesgo en escenarios como el del sismo.

12.5.3 COSTOS ASOCIADOS AL PLAN DE ACCIÓN

El plan de acción se centra en la reducción del riesgo a un nivel medio como máximo. El monto de inversión para tal fin supera ligeramente los cuatro mil millones de pesos, tal y como lo confirma la *Tabla 12.9*, y se ejecutará en un plazo de un año; tiempo que se cree empleará el reasentamiento de las 23 familias.
De ella se puede observar que:

- Hay una reducción en los costos asociados a la falla en cerca del 50%.
- El número de familias (y viviendas) a ser reasentadas es inferior al de las alternativas 1, 2 y 6, por lo que el programa de reubicación en ningún caso será equivalente al de la falla total o al de otras alternativas.
- La cantidad de muros de confinamiento por ejecutar es similar a la abstraída del tratamiento de la remoción en masa; sin embargo, los muros en predios privados se descartan.
- Los programas de prevención, capacitación y manejo del riego, encierran marcada preponderancia con lo que se logra disminuir el riego social al mínimo.
- El riesgo por remoción en masa se reduce a niveles bajos.

TABLA 12.9 COSTOS DEL PLAN DE MANEJO

ACTIVIDADES			UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Del nucleo del escenario	Monitoreo de viviendas		Predio monitoreado	26	$ 1.000.000	$ 26.000.000
	Información pública y educación	Programa de capacitacion: construccion	Anual	5	$ 100.000.000	$ 500.000.000
		Programa de capacitación: Gestión de riesgo	Anual	5	$ 50.000.000	$ 250.000.000
Del estado del riesgo	Obras de Mitigación	Muro de Contención	m3	157,6	$ 450.000	$ 70.920.000
		Malla + pernos	m2	100	$ 150.000	$ 15.000.000
	Mejoramiento urbano	Contenedores	unidad	8	$ 15.000.000	$ 120.000.000
		Peatonales	m^2	5096	$ 300.000	$ 1.528.800.000
		Parques y zonas verdes	m^2	12000	$ 80.000	$ 960.000.000
	Subsidios para Mejoramiento de Vivienda (Reforzamiento Estructural), y adecuacion dotacional y institucional.		Subsidio por vivienda	9	$ 6.973.000	$ 62.757.000
	Reasentamiento		Predio reasentado	23	$ 25.000.000	$ 575.000.000
	Sistemas de Alerta		Material de Apoyo	1	$ 60.000.000	$ 60.000.000
SUBTOTAL						**$ 4.168.477.000**

12.5.4 PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

El *Anexo O* exhibe el Programa de participación comunitaria que será aplicado dentro del Plan de Acción.

TABLA 12.10 ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL

Sismo		Tecnólogicos (medio)		Colapso		FRM	
MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO
4	1	4	37	4	24	4	1
4	8	4	38	4	28	4	2
4	10	4	39	4	30	4	3
4	11	4	40	4	56	4	71
4	12	4	41	4	68		
4	14	4	42	4	65		
4	15	4	43				
4	16	4	44				
4	17, 18	4	45				
4	20	4	46				
4	21						
4	22						
4	23						
4	24						
4	25						
4	26						
4	28						
4	30						
4	31						
4	32						
4	41						
4	47						
4	49						
4	50						
4	51						
4	52						
4	55						
4	56						
4	59						
4	70						
4	62						
4	68						
4	65						
4	69						
4	77						
75	8	75	16				
75	9	75	17				
75	18	75	18				
		75	19				
76	11						
78	18						
79	2	79	24	79	7	79	21
79	4A	79	25	79	30		
79	7	79	26				
79	11						
79	17						
79	19						
79	29						
79	30						
79	35						
79	43						
79	44						

TABLA 12.10A ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL (CONTINUACIÓN)

Sismo		Tecnológicos (medio)		Colapso		FRM	
MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO
80	2			80	14		
80	5						
80	6						
80	10						
80	14						
81	1			81	13		
81	10						
81	11						
81	13						
82	2			82	2		
82	3			82	3		
82	8 A						
82	9						
82	10						
83	2			83	11		
83	11						
83	13						
84	2			84	4		
84	4			84	6		
84	5			84	9		
84	6			84	12		
84	7						
84	8						
84	9						
84	12						
84	13						
84	16						
84	18						
84	19						
84	20						
85	3 A	85	1	85	3 B	85	9
85	3 B	85	2	85	26	85	45
85	6			85	44		
85	16						
85	17						
85	22						
85	26						
85	27						
85	44						
85	45						
85	46						
88	2	88	1	88	9	88	9
88	6	88	2	88	12	88	12
88	9	88	3			88	14
88	10	88	4			88	15
88	11						
88	12						
88	13						
88	15						
88	19						
88	20						

TABLA 12.10B ANÁLISIS DEL RIESGO INTEGRAL (CONTINUACIÓN)

Sismo		Tecnológicos (medio)		Colapso		FRM	
MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO	MANZANA	PREDIO
90	2	90	1	90	13	90	13
90	4	90	2	90	16		
90	7	90	3				
90	13	90	4				
90	16	90	5				
90	17	90	6				
90	19	90	7				
90	20	90	32				
90	21						
90	23						
90	26						
90	27						
90	30						
90	32						
92	8						
93	2			93	6 B		
93	4						
93	6 A						
93	6 B						
93	7						
93	8						
93	9, 10						
93	19						
93	21						
94	5			94	5		
94	15			94	23		
94	16			94	28		
94	23			94	37		
94	24			94	38		
94	33 A						
94	33 B						
94	37						
94	38						
94	40						

TABLA 12.11 PLAN DE ACCIÓN

Instrumentos de Gestión								
Del Núcleo del Escenario		Del Estado del Riesgo						
		Obras de Mitigación						
Monitoreo de Viviendas	Información Pública y Educación	Estructura de Contención privada	Estructura de Contención pública	Mejoramiento urbano	Subsidios para Mejoramiento de Vivienda (Reforzamiento Estructural), y adecuación dotacional e institucional.	Reasentamiento	Sistemas de Alerta	Observaciones
Predios: 24, 41 y 70 de la manzana 4; 18 de la manzana 75; 7 y 17 de la manzana 79; 14 de la manzana 80; 13 de la manzana 81; 11 de la manzana 83; 9 de la manzana 84; 1, 2, 8,y 46 de la manzana 85; 1, 18, 20, 21 de la manzana 88; 2, 7 y 32 de la manzana 90; 6B de la manzana 93; 5, 23, 37, 38 de la manzana 94.	Programas de capacitación dirigido a los habitantes sobre el peligro que representa la construcción de viviendas u obras de infraestructura en zonas potencialmente inestables, como: frente de explotación de canteras y depósitos recientes (rellenos antrópicos). Programas informativos sobre las medidas a tomar en caso de presentarse el evento; formando líderes y brigadas de acción en entidades como el jardín infantil, la UPA, la JAC, y los establecimientos comerciales. Establecer campañas para que los habitantes del barrio conozcan los puntos de encuentro, las rutas de evacuación y los teléfonos de las entidades que presten servicios de auxilio, mediante la realización de simulacros. Programas de capacitación dirigido a los habitantes sobre las norma mínimas que deben seguir a la hora de construir una vivienda, así como jornadas periódicas de mantenimiento a las edificaciones (resane de muros de fachada e internos, goteras, h		Se propone su construcción en los predios 9, 10 y 11 de la manzana 85. Para el predio 9 se localiza en los costados norte y este con una longitud de 16,5 m y una altura de 2,5 m y para los predios 10 y 11 se localiza en el costado este, con una longitud de 35 m y una altura de 2 m, ambos en concreto ciclópeo. En el predio 71 de la manzana 4, la estructura se encuentra ubicada en el costado noreste con una longitud de 24 m y una altura de 3,5 m, en concreto reforzado. En el predio 13 de la manzana 90, la estructura se ubica en el costado este con una longitud de 8,46 m y una altura de 2 m, en concreto reforzado. Se dispondrá de mallas y pernos de anclaje para controlar la caída por probabilidad de ocurrencia de mecanismos de deslizamiento o caída de bloques rectores de las superficies libres T-29, T-32, T-47, T-48 y T-49, y en cercanías del predio 27 de la manzana 90.	Creación de una zona verde con dotación recreativa, en los límites de la manzana 4, 88 y la 90. Creación de zonas verdes (zonas de amortiguación) en los predios colapsados o reasentados. Generación de senderos (optimizando la utilización de estos por las personas con limitaciones de movilidad) entre manzanas para la conectividad que facilite la libre circulación, se generen rutas de evacuación y que permitan el acceso de los organismos de socorro. Implementar 8 contenedores para residuos sólidos con capacidad de 1 m³, en los puntos de acopio establecidos por la comunidad (previa identificación de manejo de residuos sólidos), que se localizan en las siguientes direcciones: cra 5E con cll 2A esquina, cra 5E entre manzanas 82 y 83, cll 2 entre cra 5B Este y cra 6E, cll 2 con cra 6E esquina, cll2 con dg 2 esquina, Av Circunvalar con cll 1D esquina, cra 8A este con cll 2A bis esquina, tv 8 con cll 1D esquina.	Predios: 01, 28, 32 y 56 de la manzana 4; 2, 3 de la manzana 82; 12 de la manzana 84; 3B y 26 de la manzana 85. Destinar recursos para dotación de equipamientos médicos (camillas, cobijas, básculas, jeringas, bajalenguas, elementos de primeros auxilios, etc), que permitan brindar un mejor servicio de salud en lo concerniente a calidad y cobertura. Adecuación del salón comunal con instrumentos ludico-didacticos en las diferentes áreas (Tecnológicas, bibliotecas dotadas internet, entre otros) y para las comunidades (actividades para grupos ETARIOS).	Predios 2, 3, 65, 66, 67 y 68 de la manzana 4; 30 de la manzana 79; 4 y 6 de la manzana 84; 2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14 de la manzana 88; 3 y 4 del manzana 90.	Folletos y perifoneos que informen a la comunidad sobre el riesgo de asentamientos en zonas de laderas y la intervención antrópica en la conformación de llenos. Folletos que ilustren los pasos a seguir en caso de presentar el evento y la dotación que debe tener cada vivienda (v.g. botiquín, pito, radio, agua potable, enlatados). Folletos que ilustren sobre el mantenimiento que se debe hacer periódicamente a las viviendas. Folletos informativos, en los que se especifique las características de los residuos sólidos para su correcta separación, acompañados de bolsas de colores alusivas a la metodología de clasificación.	Se deberá mantener control permanente para evitar la expansión urbanística descontrolada y desordenada que presenta el barrio en la actualidad, una vez realizadas los reasentamientos y las diferentes obras
IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO	IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO		IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO	IMPLEMENTAR A MEDIANO PLAZO	IMPLEMENTAR A MEDIANO PLAZO	IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO	IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO	

FIGURA 12.11 PLAN DE ACCIÓN

ESTA FIGURA SE ENTREGA EN MEDIOS FÍSICO Y MAGNÉTICO (EN ARCHIVO INDEPENDIENTE)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Santa Rosa es uno de los barrios (y de las comunidades) más antiguos del distrito capital; se asienta en las faldas de los cerros orientales de la capital, a escasos minutos de su entorno histórico y del centro político de la nación. Pero su proximidad en lugar de permitirle un crecimiento al amparo del abrigo institucional, y de alentar la formación de un marco rico en servicios financieros, hospitalarios, de salud y educativos, o por lo menos favorecer la construcción de sólidos vínculos con ellos, parece haberle significado la desatención y el olvido. Padecimientos que no sólo lo han hecho y lo hacen más vulnerable sino que han promovido el desequilibrio social, el desorden, la marginalidad, la inseguridad, la violencia, la pobreza y, en general, el deterioro en la calidad de vida. Males que se expresan en viviendas precarias, inseguras (estructural y sísmicamente) y poco saludables (en las que abundan los animales, se carece de independencia de espacios separados y el manejo de los residuos sólidos es deficiente), en calles estrechas, casi laberínticas, en proliferación de focos de insalubridad, y en el crecimiento de la inseguridad hasta extremos casi insostenibles (al punto de considerarlo coloquialmente "una Olla").

Se funda en los años 60, en los rezagos de frentes mineros, forjados casi exclusivamente en macizos rocosos de areniscas, en nada reconformados, por la unión de mujeres cabeza de familia, que por falta de dinero, de oportunidades, y de espacio en la urbe capitalina, decidieron formar allí sus hogares, atraídas por la envidiable vista de Bogotá, y por los beneficios de lotes baratos.

La formación del barrio es en si mismo factor determinante en la construcción del riesgo tanto por fenómenos sociales y naturales como antrópicos no intencionales. La urbanización por autoconstrucción, distante de las normas mínimas de sismo resistencia, de casas de hasta cuatro pisos de alto, de regular a mala calidad de construcción; la formación de llenos a media ladera con o sin confinamiento, susceptibles de movilización, para el emplazamiento de las edificaciones; la diagramación de corredores viales y peatonales, estrechos y de alta pendiente (de hasta dieciocho grados), que a su vez reciben el tendido de las redes de alcantarillado, de agua y de gas; la escasa presencia de zonas verdes, de recreación y de esparcimiento, y la ausencia de sedes bancarias, de supermercados y de comercio, explican y justifican no sólo la alta condición tanto de la amenaza funcional y por colapso, como de la vulnerabilidad sísmica, ambiental y epidemiológica, sino en especial los índices de riesgo sísmico, funcional y por colapso (dominantes entre medio y alto).

Los materiales que sirven de basamento a Santa Rosa son areniscas (exclusivamente de la Formación Cacho) y lodolitas (propias de las formaciones Cacho y Guaduas), pero con dominio de las primeras, y cubiertos por llenos antrópicos, sobre los que yace la infraestructura física del barrio: los espesores de los suelos divagan entre los 2 y los 5m. Escenarios enmarcados, el primero en taludes y laderas de hasta 75

grados de inclinación, moldeados en los corredores noroccidental (a lo largo de la carrera 5 Este) y central (en el dominio de las manzanas 85 y 90), y el segundo por el desarrollo urbano, en compases aterrazados, que dan lugar a laderas de hasta 20 grados de buzamiento, proclives a la gestación de procesos de inestabilidad, al punto de ser los de mayor condición de amenaza, al corto, mediano y largo plazo, y que se encumbran en media y alta para los dos últimos estadios temporales.

La morfología es el resultado de las acciones antrópica y estructural (o tectónica), que dan lugar a sucesiones de generosas pendientes y cortas contrapendientes estructurales; en las que el plano de estratificación se mantiene casi incólume, en posición E1=311/51, y sólo hay un subdominio estructural. La posibilidad cinemática de falla, por los planos de discontinuidad, en los macizos carece de asidero, con excepción de la cara oriental del cerro "El Mirador"; y los escenarios de amenaza en ningún caso involucran espesos cuerpos rocosos.

Una de las peculiaridades del barrio es la homogeneidad (pero tasada por lo bajo) en las construcciones. Los sistemas estructurales están forjados en muros-loza, sin amarres o en pórticos incompletos, que distan de norma alguna (incluida la NSR-10): son el fruto de la percepción, del conocimiento y del esfuerzo de los mismos propietarios o de sus vecinos; los materiales son reciclados, en otras palabras provienen de la demolición de otras construcciones; y la calidad constructiva oscila entre regular y mala: las piezas de mampostería son irregulares, incompletas, y con pegas insuficientes, y los elementos en concreto reforzado encierran abundante hormigoneo. En las cubiertas y en los muros interiores predominan la mampostería en bloque, la madera y el zinc, que ofrecen baja resistencia ante casi cualquier inclemencia de los fenómenos naturales: los sismos y los procesos de inestabilidad, pormenor que hace a las edificaciones sísmicamente más vulnerables.

En Santa Rosa como en muchos barrios marginales de la ciudad, la alta vulnerabilidad social es reina y señora. Las escasas oportunidades de trabajo bien remunerado, el déficit en educación superior y en inversión en servicios hospitalarios y en programas de saneamiento público, dan matiz al estado de deterioro en el que la subsistencia y hasta el desarrollo personal se tornan difíciles. La falta de instrumentos para superarla, hacen insalvable tanto para las generaciones presentes como para las futuras el andar de la mano de la desigualdad o el recurrir a la criminalidad como modo de vida, y en algunas ocasiones como forma de trabajo. Su reflejo está patente en la precaria calidad constructiva de las edificaciones de vivienda, que a falta de recursos económicos y técnicos, se han erigido al margen de la protección a la vida.

En el primer renglón de enfermedades, para los menores de cinco años y los adultos mayores, se encuentran las enfermedades respiratorias, consecuencia de la suma de vientos helados, de temperaturas inferiores a las que se marcan en el centro de la ciudad (condiciones ambientales), y de la humedad y el hacinamiento (resultado de las condiciones constructivas) presente en las viviendas. Así, entonces, los patrones ambientales y constructivos del barrio permiten el afloramiento del riesgo biológico; contexto evidenciado en el perfil epidemiológico de la Unidad de Atención Primaria del barrio, que si bien no es una radiografía fidedigna (pues se circunscribe exclusivamente al año 2009) de lo que ocurre en el barrio, si da una idea de las condiciones de salud de los pobladores.

El manejo de los residuos sólidos es otro renglón del riesgo biológico. Su importancia se deriva, en medida alguna, de la amenaza funcional (o del esquelético urbanismo de Santa Rosa); la prevalencia de un solo corredor vial por el que circula el carro recolector, obliga a la comunidad a establecer puntos de acopio. Particularidad que sumada a la alta población animal, en especial de perros, de roedores y de artrópodos (que

facilitan la exposición al aire libre), acelera la degradación de los residuos orgánicos (en el que el sol y la lluvia actúan como catalizadores), y permite la creación de focos de insalubridad, y de enfermedades compartidas.

Si bien es innegable la importancia de los procesos biológicos, sociales y funcionales, los eventos de mayor trascendencia en la vida y los bienes de la comunidad de Santa Rosa son el sismo y los deslizamientos. El primero recrea los escenarios de vulnerabilidad y riesgo más críticos, baste señalar que el 34.5 % (136) de las viviendas se posicionan en alto y el 62.7% (247) en medio. Y los segundos (los deslizamientos) toman importancia por ser los fenómenos más probables, su influencia reposa en 41 edificaciones, once de ellas clasificadas como de riesgo alto.

El Plan de acción, esquema básico de solución y atención del riesgo en Santa Rosa, es un derrotero transversal, orientado no sólo a la estructuración de obras civiles, v.g. muros de confinamiento, mallas y pernos, si se trata de los procesos de inestabilidad, o al reasentamiento (parcial en esencia), si el foco de análisis se concentra en el sismo o en el colapso, si no a campañas de sensibilización. Campañas promulgadas para educar a los moradores del barrio, en que las condiciones estructurales de las viviendas (sistema estructural, cubierta, entrepiso, cimentación, unidades básicas, servicios públicos) influyen en sus condiciones de salud y de bienestar, y que en general aportan al barrio, no sólo al mejorarlo visualmente, si no al contribuir en su funcionalidad, y al aumentar la calidad de vida de los residentes.

Es el resultado de la conjugación (o convolución simple) de las alternativas de mayor viabilidad técnica y económica: la 6, reforzamiento y monitoreo, destinada para atender el colapso, la 2, reasentamiento parcial, propuesta para mitigar el riesgo sísmico, la 4: drenaje, subdrenaje y estabilización, señalada si la amenaza es provocado por los fenómeno de remoción en masa, y la 8, programas y prioridades biológicos, forjada para la atención de las amenazas biológicas. Tarea que implica en primera instancia la estructuración de un modelo del riesgo integral, a través del uso de criterios como Coincidencia Espacial de Ocurrencia del Riesgo para Diferentes Escenarios y Alternativas de Mitigación, la Importancia Temporal del Riesgo (Periodo de retorno u ocurrencia del riesgo), y el Criterio Corredor (i.e. Zonas con intercalación del riesgo); y en segunda instancia la selección de las mejores medidas con base en la comparación de costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUEDUCTO, AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ (2010). "Estado Actual de Redes".
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (2009). "Agenda Ambiental Localidad 3 Santa Fe".
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SDS, SDA (2011). "Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C.". Bogotá D.C."
- ARIZA G., ALBERTO (2006). "Estudio y Diseño del Alcantarillado Sanitario del Barrio Rocío Bajo, de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- ASEO CAPITAL. (2010). "Solicitud de Información Aseo Capital"
- ÁVILA, M., LATORRE, F., MORENO, S. (2000). "Diseño de Estudios Epidemiológicos". Salud Pública de México. Volumen 42, número 2, marzo - abril, 2000.
- BARÓN, S., QUINTERO, L., TARQUINO, V. (2010). "La vivienda saludable como estrategia en la localidad Santa Fe – Bogotá, año 2008". Fundación Universitaria del Área Andina. Especialización en epidemiología.
- CASAL, J., MONTIEL, H., PLANAS, E., & VÍLCHEZ, J. (1999). "Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales". Terrassa Barcelona: Edicions UPC. Barcelona.
- CASTRO, CARLOS H. (2006A). "Diagnóstico Técnico DI-2788, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CASTRO, CARLOS H. (2006B). "Diagnóstico Técnico DI-2903, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CÉSPEDES C, NELLY (2009). "Diagnóstico Técnico DI-4169, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- CIVILES LIMITADA (2000). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio La Peña, Localidad de Santa Fe, en Bogotá D.C.". DPAE. Bogotá D. C.
- CONSORCIO INNOVA INGENIERÍA LTDA (1999). "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para estabilizar el Sector Sur del Barrio El Dorado, en la localidad de Santa Fe". Bogotá D. C.
- CUERVO N. (2008). "Elaboración del protocolo de levantamiento de información para alimentar la herramienta informática del Mapa de Riesgo industrial de Bogotá -MRIB, el levantamiento de información de 25 industrias y el entrenamiento a referentes de la Secretaría Distrital de Salud - SDS con el fin de mejorar el proceso de levantamiento de información". Informe Final. FOPAE-DPAE. Bogotá D.C.
- DAZA T., JOSÉ L. (2009). "Diseño y Construcción de Prolongación de Red Menor de Acueducto Barrio El Triunfo de la localidad de Santa Fe". EAAB. Bogotá D. C.
- DURÁN O., ALEJANDRO (2005). "Sistema Combinado Quebrada Las Lajitas y parte alta del Colector La Jangada. Desagües Barrios Girardot, Dorado, Consuelo y parte Alta de Santa Rosa de Lima de la localidad 3 de Santa Fe". Bogotá D. C.
- ECOFOREST LTDA (1988). "Estudios Geológicos y Geotécnicos de los Barrios La Paz, San Dionisio, Los Laches y Girardot". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- ETB (2010). "Concepto de Existencia de Infraestructura de ETB".
- GEOINGENIERÍA (2004). "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.". DPAE - FOPAE. Bogotá D. C.

- HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL (1998). "Estudio Geotécnico Barrio Los Laches". Caja de Vivienda Popular. Bogotá D. C.
- HOSPITAL DE CENTRO ORIENTE (2010). "Perfil epidemiológico Localidad Santa Fe".
- INGENIERÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS (1990). "Análisis Geológico-Geotécnico y Diseño de la solución a los problemas de inestabilidad del Barrio Santa Rosa de Lima". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.
- INGEOCIM LTDA. (1998). "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C." Mapa Geológico. UPES–FOPAE. Bogotá D. C.
- INGEOMINAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1997). "Microzonificación Sísmica en Santa Fe de Bogotá"
- INNOVA (1999). "Estudio de riesgos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el sector sur del barrio El Dorado en la localidad Santa Fe". Bogotá D.C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1214, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GAONA G., JUAN P. (2001). "Diagnóstico Técnico DI-1336, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA G., PILAR (1997). "Concepto Técnico 2653, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GARCÍA F., MAURICIO (2007). "Diagnóstico Técnico DI-3294, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- GAS NATURAL (2010). "Certificación Redes Existentes"
- GEOINGENIERÍA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-807 Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- HIDROVIAL LIMITADA (1981). "Estudio Geotécnico y Geológico del Sector Oriental de Bogotá D.E.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. E.
- HOSPITAL CENTRO ORIENTE (2010). "Cuadro de Morbilidad Consulta Medicina General del Año 2009 por Grupo Etáreo".
- MEDINA A., ARTURO (1988). "Estudio Geológico, Geomorfológico y Geotécnico de los Barrios El Dorado, Guavio, Turbay Ayala, Lourdes, San Dionisio, El Consuelo, Santa Rosa de Lima, Fábrica de Losa, El Rocío y La Paz Central". Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Bogotá D. E.
- MÉNDEZ M., JAIRO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2692, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (2002). "Concepto Técnico CT-3813, Barrio Los Laches, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- MORENO M., GUSTAVO (1999). "Diagnóstico Técnico DI-732, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- OMS / OPS (2006). "Estrategia de la Vivienda Saludable".
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1980, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico de Emergencia DI-1991, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ORTIZ A., DULFAY (2004). "Diagnóstico Técnico DI-2657, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe" FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PALACIO P., JUAN F. (2005). "Diagnóstico Técnico DI-2385, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PEROZA D., DARÍO A. (2006). "Diagnóstico Técnico DI-2908, Barrio El Rocío, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- PIV INGENIERÍA LTDA. (1991). "Estudio Geológico y Geotécnico del barrio Girardot, en la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C.". Secretaría de Obras Públicas. Bogotá D. C.
- RENDÓN M., SILVIANA (1999). "Diagnóstico Técnico DI-3355, Barrios Santa Rosa de Lima, Rocío Medio y Rocío Bajo, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- SECRETARÍA DE MOVILIDAD (2010). "Movilidad en la Localidad de San Cristóbal"

- SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD – ÁREA DE VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA, SDS (2005). "Perfil Epidemiológico".
- SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD (2006). "Diagnóstico local con participación social". Colección: Diagnósticos locales de salud con participación social.
- SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD (2009). "La salud y la calidad de vida en la localidad 3 – Santa Fe". http://www.institutodeestudiosurbanos.com/endatos/0100/0160/0165_3.htm.
- SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN SOCIAL (2010). "Información de Tipo Social para la Zona de Santa Rosa de Lima".
- TAPIA M., GERMÁN D. (2000). "Diagnóstico de Emergencia DE-893, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- TRANSMILENIO S.A. (2010). "Información Rutas Alimentadoras Barrio Santa Rosa de Lima".
- UAE CUERPO OFICIAL DE BOMBEROS (2010). "Emergencias Atendidas en el Barrio Santa Rosa de Lima".
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D.C. Sitio No. 3: Barrio Lourdes ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA URBANA (2007). "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D. C. Sitio No. 4: El Consuelo ubicado en la Localidad de Santa Fe". DPAE – FOPAE. Bogotá D. C.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (2008). "Mejoramiento en el Conocimiento en Riesgo Tecnológico – Accidentes Industriales Mayores en el Distrito Capital, Mediante una Propuesta Validada y apropiada de Tecnologías, Basadas en Modelos que Permitan Aportar al Distrito Capital, Elementos de Gestión del Riesgo Tecnológico Generado por Accidentes industriales Mayores. Bogotá D. C.
- UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA (2007). "Santa Rosa de Lima. Reseña Básica Barrial". Alcaldía Local de Santa Fe. Bogotá D.C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3619, Barrio Santa Rosa de Lima, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- VILLAMIL V., TULIO (2008). "Diagnóstico Técnico DI-3746, Barrio El Dorado, localidad de Santa Fe". FOPAE-DPAE. Bogotá D. C.
- ZAFRA C.A. (2009). "Metodología de diseño para la recogida de Residuos Sólidos Urbanos mediante Factores Punta de Generación: Sistema de Caja Física (SCF)". II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla (Colombia).