Figura 4.12. Áreas susceptibles a deslizamientos y flujos de detritos dentro del área de estudio.
Además, el área de influencia a deslizamientos es de mayor extensión que la división geopolítica del área de estudio por lo que podría estarse despreciando algún efecto importante con la reducción al límite político. Los flujos de detritos considerados son los que potencialmente pueden darse en el cañón del Río Virilla y Aserm. Estos afectarían zonas de crecimiento urbano informal o marginal. Esta relación debe ser estudiada con más detenimiento pues las zonas informales alrededores de los cañones en el AMSJ son muy frecuentes pero este análisis queda por fuera de los objetivos de este estudio.

4.3. Caracterización de la Vulnerabilidad Física

Para realizar dicha caracterización fue necesario contar con un catálogo de viviendas para el área de estudio. Esta base de datos solo está disponible en los censos poblacionales que realiza decenalmente el INEC aproximadamente y para ello se recurrió a los datos recopilados para el año 2000.

Dicha información está disponible por consulta directa en la página de internet del INEC, donde existe la opción de consultar datos tabulados directamente por la institución o mediante la construcción de tablas al interés del usuario con el programa REDATAM G4. Este procesador permite combinar variables de personas (edad, sexo, educación, etc.), de vivienda (tipo de construcción, material de pared, techo, piso, acabado de cielo raso, estado de la vivienda, etc.) y de hogar (jefes de hogar, componentes de la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas, etc.).

Existen otras fuentes de datos con información más general que analizan una porción de la población que es mosteada en el censo. Entre ellas están los registros de permisos constructivos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) junto a la Cámara de Construcción, pero dicha base de datos no está procesada, es más descriptiva a edificios de oficinas, condominios, bodegas, centros comerciales, entre otras; y es de acceso restringido pues ésta incluye información sobre la empresa constructora.

De igual modo, los permisos constructivos extendidos por las municipalidades están disponibles para fechas posteriores a 1992 en el INEC, para fechas anteriores se deben consultar directamente los registros archivados en cada municipio. En estos se describe el tipo de material empleado en paredes, techo y piso de la edificación, propósito de uso, tipo de financiamiento para realizar la obra, tipo de construcción, fecha de inicio y finalización de la obra, propietario, entre otras; mas por tratarse de trámites para el pago de impuestos, estos registros pueden estar alterados. De los dos registros anteriores, los recopilados por el INEC de las Municipalidades son los utilizados para correlacionarlos con los resultados de la base del Censo 2000.
De la base de datos del censo, se recopilan las variables que permiten caracterizar la tipología estructural de las viviendas, calidad y tipo de elementos estructurales componentes, calidad del diseño y del proceso constructivo mediante la valoración cuantitativa del tipo de material predominante en paredes (bloque, zócalo, madera, prefabricado, otro y material desecho), techo (lámina metálica, fibrocemento, otro y material desecho) y piso (terrazo o cerámica, cemento, madera, otro y piso de tierra), así como acabado del cielo raso (sí o no). Además, información cualitativa sobre el estado general de cada uno de los elementos anteriores y del estado de la vivienda (bueno, regular y malo), información sobre el número de personas residentes en cada tipo de tipología definida, número de viviendas por cada clase de tipología y tipo de vivienda analizada.

En este caso, se consideraron solamente las viviendas individuales independientes y los tugurios, clasificados por zona urbana (urbano concentrado y periferia urbana) y rural (rural concentrado y rural disperso) y por tipo de material predominante en paredes, techo, piso y acabado de cielo raso para cada distrito de interés. De lo anterior, solo se considera todas las clasificaciones que quedan dentro de zona urbana. Con el programa REDATAM G4 se pueden seleccionar como máximo tres variables principales para crear un tabulado, pero mediante la construcción de filtros se pueden incluir más variables. Además, es importante recalcar que la variable de distribución espacial (provincia, cantón y distrito) es una opción por lo que facilita incluir más variables cuando se construye un filtro. En este programa cada variable es asociada a una cadena de caracteres con posibles valores numéricos que representan subclases. Por ejemplo, el tipo de material predominante en paredes se asocia a la variable “PARED”, la cual puede presentar los siguientes valores:

<table>
<thead>
<tr>
<th>Tipo</th>
<th>Variable</th>
<th>Valores</th>
</tr>
</thead>
</table>
| Vivienda | Pared (V03) | 1. Bloque  
|        |          | 2. Zócalo con forro  
|        |          | 3. Zócalo sin forro  
|        |          | 4. Madera con forro  
|        |          | 5. Madera sin forro  
|        |          | 6. Prefabricado  
|        |          | 7. Otro  
|        |          | 8. Material desecho  |

Por otro lado, la calidad del diseño y de la construcción se puede determinar indirectamente mediante el porcentaje de cobertura urbana para los periodos estudiados (<1976, 1976-1986, 1986-1996 y 1996-2001) que cada distrito presenta. Antes de 1974 no se contaba con un código de diseño sismorresistente por lo que a este periodo se asocian las edificaciones con materiales tradicionales (madera, bahareque y

4.3.1. Definición de las Tipologías Estructurales

Se parte del concepto estructural básico de una vivienda, que la clasifica como una estructura tipo cajón que puede o no presentar restricciones internas para el movimiento horizontal de los muros perimetrales, de tal forma que estos pueden o no soportar la fuerza inercial producida por un sismo como un conjunto o cada uno por separado (condición crítica), y que dependiendo de la estructuración del techo (liviano o pesado) se aumenta la vulnerabilidad de la estructura. Además, los elementos internos de acabado como el piso y el cielo raso, se asocian a indicadores socioeconómicas que condicionan el diseño y calidad constructiva de la estructura.

Por ello, el elemento resistivo básico son los muros o paredes perimetrales, suponiendo cierta restricción interna mediante muros estructurales perpendiculares a ellos. Esto debido a la limitación que presenta la base del censo pues la evaluación del elemento “material de pared” es sobre los muros externos de la vivienda y no hay base de datos que describa la distribución interna de la vivienda, mas por observación en el campo siempre existen divisiones internas que ofrecen alguna resistencia.

El segundo elemento de importancia es el material de techo por el potencial de colapso, el cual se determina cualitativamente al evaluar la relación peso/altura de cada combinación posible entre el material de pared y el material del techo.

Por otro lado, se consideró un tercer elemento resistivo complementario que hace la diferencia entre sistemas con diafragma o sin él; el acabado de cielo raso. Se supone que la ausencia de cielo raso implica mayor libertad del sistema para movimientos horizontales ante excitaciones sísmicas por lo tanto mayor vulnerabilidad física. También, el acabado de cielo raso y el material de piso son considerados indicadores de calidad de materiales utilizados y de la construcción para la asignación de las curvas de fragilidad a cada tipología definida. De esta forma se genera la Figura 4.13.
Figura 4.13. Distribución espacial de la vivienda urbana en estudio por material predominante de paredes.
Seguidamente, se definen los tipo estructurales básicos por material de pared:

1. **Vivienda de Bloque**

Es la vivienda típica de la clase media a alta de nuestro medio social (techo de zinc, con cielo raso y piso de terrazo o cerámica). En cuanto a su calidad de diseño, considerando que a partir del Código Sísmico de 1976 se estipulan las primeras normas para viviendas de uno o más pisos, éstas presentan cierto grado de diseño sismorresistente, y por ser el sistema constructivo de mayor difusión, se tiene mayor conocimiento de técnicas en campo del proceso constructivo como de la calidad de los materiales. Generalmente, esta tipología presenta divisiones internas del mismo material que las paredes externas, conformando un sistema de diafragmas hiperestáticos. Sin embargo, lo importante es el comportamiento global de la estructura (paredes + techo).

Para efectos de este trabajo, las viviendas en bloques (mampostería) se dividen en sistemas confinados o inconfinados, según tengan o no cielo raso respectivamente. Pues además de ser un indicativo de acabado y estructuración interna (techo + cerchas), es un indicador directo de la calidad de la construcción. Se supone que al no tener cielo raso, los dueños de la vivienda buscan economía por lo que recurren a optimizar el uso de las columnas y vigas de amarre superior (mampostería inconfinada). Otra variable de importancia es el tipo de piso pues éste también refleja el poder adquisitivo de los moradores y por ende la calidad de la construcción. Por otro lado, el tipo de techo refleja la calidad de diseño pues es bien conocido lo desfavorable que es el uso de materiales pesados como el fibrocemento o la teja (calificada dentro de la clase "otro"). Por la cultura constructiva que han implementado las entidades estatales como el INA, INVU, MIVAH, Municipalidades y el INS, a partir de 1975, de las viviendas de mampostería tienden a presentar mayor grado de seguridad que otros tipos estructurales.

Al mostrar la distribución espacial para este tipo de pared por tipo de piso y acabado de cielo raso (Ver Figura 4.14), se puede observar la correlación directa entre el uso de piso con cemento y la ausencia de cielo raso con sectores de pobreza, donde se destacan los distritos de León XIII, La Uruca, Pavas, San Felipe, Hatillo, Patarrá, Tirrases y Purral. Además, de una clara tendencia de este tipo hacia el sur, principalmente hacia el sector de Aserrí.

2. **Vivienda de Zócalo**

Este sistema constructivo combina la mampostería y la madera. Supone que la mampostería cubre menos de 1,0 m de altura a partir de la base de la pared, por lo que su comportamiento estructural es muy similar a las viviendas de madera. Las divisiones internas comúnmente son del mismo material que las paredes externas. Este tipo de construcciones fue promovido por entidades gubernamentales durante las décadas de los setenta para proyectos de bienestar social, por lo que es común el uso de piso de madera (material de amplio uso y gran economía en esa época).