

## Tabla de contenido

1. SITUACIÓN DE LA CUENCA.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN O CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CURUBRES.....	1
1.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS .....	4
1.2.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	4
1.2.2 ZONAS DE VIDA .....	5
1.2.3 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS.....	7
1.2.4 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS .....	8
2. CARACTERIZACIÓN DESLIZAMIENTO EL BURÍO. ....	12
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DEL BURÍO. ....	12
3. CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS Y PROCESOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS .....	31
3.1 TIPO DE SUELO .....	31
3.2 GEOLOGÍA DEL SUR DEL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA .....	32
3.3 GEOMORFOLOGÍA BURÍO.....	38
3.4 PENDIENTES .....	43
3.5 FACTORES DE DISPARO .....	47
3.5.1 ANÁLISIS DE CLIMA.....	47
3.5.2 FALLAMIENTO .....	52
3.5.3 SISMICIDAD.....	57
3.5.4 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS.....	60
4. EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO DEL SECTOR SUR DE ASERRÍ .....	63
4.1 INTRODUCCIÓN .....	63
4.2 FACTORES Y PARÁMETROS UTILIZADOS POR LA METODOLOGÍA MVM.....	64
4.2.1 VALORACIÓN DE LOS FACTORES PASIVOS .....	64
4.2.2 FACTORES Y PARÁMETROS UTILIZADOS POR LA METODOLOGÍA MVM .....	69
4.2.3 SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO POR INFLUENCIA DE LLUVIAS DE INTENSIDAD ALTA Y SISMOS DE MAGNITUD IMPORTANTE .....	71
5. POSIBLES MEDIDAS DE INTERVENCIÓN (ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES).....	78
5.1 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL.....	79
5.1.1 CONFORMACIÓN DEL TALUD O LADERA .....	80
5.1.2 RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE.....	82
5.1.3 CONTROL DEL AGUA SUPERFICIAL .....	87
5.1.4 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN .....	93

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación  
de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del  
deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

5.1.5 MEJORAMIENTO DEL SUELO .....	95
5.2 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN NO ESTRUCTURALES .....	101
6. USO ACTUAL DE LA TIERRA Y CAPACIDAD DE USO, CONFLICTOS DEL USO .....	106
6.1 CLASIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO .....	106
6.1.1 USO DEL SUELO EN LA ACTUALIDAD .....	106
6.1.2. RESULTADOS DE LA CONSULTA .....	108
6.1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.....	111
7. PROPUESTA DE USO DE LA TIERRA ENTORNO A AMBOS DESLIZAMIENTOS .....	119
8. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ENTORNO DEL DESLIZAMIENTO .....	124
8.1 RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LOS EVENTOS CRÍTICOS DEL DESLIZAMIENTO .....	124
8.2 COMPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN.....	126
8.2.1 CANTÓN DE ASERRÍ: ASPECTOS HISTÓRICOS Y DEMOGRÁFICOS.....	126
8.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ENTORNO DEL DESLIZAMIENTO .....	134
9. IDENTIFICACIÓN Y SEÑALAMIENTO DE LA INFRAESTRUTURA VULNERABLE ANTE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS .....	136
10. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN COMUNAL DEL RIESGO AL DESLIZAMIENTO EN ACTORES CLAVES DE LA COMUNIDAD.....	141
10.1 MAPAS DE PERCEPCIÓN, MEMORIA HISTÓRICA.....	141
10.2 CONCLUSIONES DONDE SE INTEGRA LA INFORMACIÓN HISTÓRICA.....	144
10.2.1 ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN .....	146
10.2.2 TRANSFERENCIA DEL RIESGO .....	147
11. ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN DEL ESTADO Y LOS MUNICIPIOS .....	149
11.1 PROPUESTA PARA INCORPORAR LA INFORMACIÓN EN EL PLAN REGULADOR.....	149
11.1.1 RE COMENDACIONES .....	150
11.2 PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN .....	152
12. DISEÑO DEL SISTEMA DE VIGILANCIA Y ALERTA TEMPRANA DEL DESLIZAMIENTO.....	154
12.1 DISEÑO DE ALERTAS.....	155
12.2 MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO.....	157
12.3 DISEÑO DE PROPUESTA DE MEDICIÓN DE NIVELES DE AGUA EN EL CAUCE DEL RÍO CAÑAS .....	160
12.4 PROPUESTA DE MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO.....	164
12.5 PROPUESTA DE CAPACITACIÓN Y PREPARACIÓN A LA POBLACIÓN .....	167
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	172
13.1 CONCLUSIONES.....	172
13.2 RECOMENDACIONES .....	175
BIBLIOGRAFIA .....	189

**INDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1.1</b>	<b>Ubicación Regional del Área de Estudio</b>	<b>2</b>
<b>FIGURA 1.2</b>	<b>Ubicación Local del Área de Estudio</b>	<b>3</b>
<b>FIGURA 2.1</b>	<b>Partes de un deslizamiento</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 2.2</b>	<b>Pendientes del área deslizable</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 2.3</b>	<b>Zona propensa a deslizar y flujo de lodo</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 2.4</b>	<b>Áreas inestables definidas</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 3.1</b>	<b>Mapa Geológico de la cuenca del río Curubres</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 3.2</b>	<b>Columna Estratigráfica del Valle Central</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 3.3</b>	<b>Mapa geomorfológico</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 3.4</b>	<b>Mapa de Pendientes del área de estudio</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 3.5</b>	<b>Clima de Aserrí</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 3.6</b>	<b>Mapa Geológico Tectónico</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 3.7</b>	<b>Mapa de Intensidad Sísmica</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 3.8</b>	<b>Mapa de Subcuencas</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 4.1</b>	<b>Mapa de Pendientes</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 4.2</b>	<b>Mapa de Pendientes Clasificadas</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 4.3</b>	<b>Mapa Geológico</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 4.4</b>	<b>Mapa de Geológico Clasificado</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 4.5</b>	<b>Mapa de Humedad del terreno</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 4.6</b>	<b>Mapa de Humedad del terreno clasificado</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 4.7</b>	<b>Mapa de Geomorfología de la zona</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 4.8</b>	<b>Mapa de Geomorfología clasificado</b>	<b>68</b>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

<b>FIGURA 4.9</b>	<b>Histograma de datos y clases sugeridas</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 4.10</b>	<b>Histograma de datos, posterior a la separación en cinco clases</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 4.11</b>	<b>Mapa de Susceptibilidad potencial al deslizamiento</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 5.1</b>	<b>Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en talud</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 5.2</b>	<b>Esquema de planta de canales colectores espina de pescado</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 5.3</b>	<b>Esquema de entrega de canales interceptores a mitad de talud</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 5.4</b>	<b>Ubicación de posibles diques</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA 6.1</b>	<b>Proceso de clasificación del uso del suelo por medio de SIG y Teledetección</b>	<b>107</b>
<b>FIGURA 6.2</b>	<b>Mapa de uso del suelo 2012</b>	<b>110</b>
<b>FIGURA 6.3</b>	<b>Mapa de Capacidad de uso del suelo</b>	<b>114</b>
<b>FIGURA 6.4</b>	<b>Mapa de divergencia de uso del suelo</b>	<b>116</b>
<b>FIGURA 9.1</b>	<b>Mapa de infraestructura vulnerable</b>	<b>140</b>

## **1. SITUACIÓN DE LA CUENCA**

Se ha considerado conveniente dar en primer lugar un vistazo global de la zona en donde se encuentra el deslizamiento sujeto de estudio. Por lo anterior es que se hará una descripción en forma general y muy sintética de la cuenca del río Curubres, la cual abarca de igual manera otros cursos fluviales tributarios de la misma, esto con el fin de poseer una idea global de las condiciones existentes.

### **1.1 Descripción o caracterización de la microcuenca del río Curubres**

La microcuenca del río Curubres se localiza en la parte sur oeste del Valle Central, es contribuyente de una cuenca de mayor cabida como lo es la del río Cañas, la que a su vez desagua en la del río Tiribi, y posteriormente en la cuenca del río Virilla, y que pertenece a la vertiente del Pacífico. Administrativamente pertenece al cantón de Aserrí, cantón sexto de la provincia de San José, Costa Rica. Abarca parte de los distritos: Aserrí, y Salitrillo (**Figura 1.1 y 1.2**).

Desde un punto de vista geográfico esta cuenca está ubicada entre las coordenadas 1088560 N, 486205 E, 1089268 N, 488203 E, y 1088931 N, 488854E. Tiene una orientación general de SW-NE, limitando por el Sur: con los Cerros de Escazú; por el Norte: con la cuenca del río Suerre, y la cuenca del río Cañas, el Río Virilla; por el Este: con la cuenca del río Cañas; y por el Oeste: con la cuenca del río Suerre. Se ubica dentro de la hoja cartográfica Abra a escala 1:50.000 y las hojas de uso de la tierra a escala 1:10.000 de Pico Blanco, Acserri, y Tarbaca. Según las cifras preliminares del Censo del año 2011, en el Cantón Aserrí habitan 58.430 personas, la zona ha sufrido en los últimos años un crecimiento significativo, ya que se ha convertido en una de las opciones más viables, de las clases con menor poder adquisitivo, dado el precio de la tierra. (Figura 3 imagen aérea)

Esta microcuenca es una típica cuenca de montaña; tiene una extensión de 5,07 km<sup>2</sup> (507,2512 ha), desde su nacimiento en los Cerros de Escazú, en la cercanía de Alto Hierbabuena, hasta la confluencia con el río Cañas, alcanza una longitud de 4,581 kilómetros. La altimetría que presenta la subcuenca va desde los 2 318 msnm hasta los 1 310 msnm, generando una pendiente de 19,48%.

**FIGURA 1.1 UBICACIÓN REGIONAL**

**FIGURA 1.2 UBICACIÓN LOCAL**

## **1.2 Características Biofísicas**

### **1.2.1 Aspectos climáticos.**

#### **Precipitación**

Se puede indicar que en términos generales que dentro del Valle Central las lluvias son de origen convectivo y orográfico, teniendo precipitaciones que van de 1.500 a 3.000 mm/año.

En la zona sujeta de estudio podemos señalar que en la cuenca se presenta una precipitación de alrededor de 2.960 mm/año. De acuerdo a la información obtenida del Instituto Meteorológico Nacional (2000), las mayores precipitaciones se desarrollan en los meses de mayo a noviembre, siendo el mes de octubre el más lluvioso (16,97% de la precipitación anual total). El resto de meses (diciembre a abril), corresponde al periodo seco, siendo el mes de enero el más seco (0,17% de la precipitación anual total).

#### **Temperatura**

En cuanto a la temperatura se puede indicar que específicamente para el cantón de Aserrí, y basándonos en los registros de mapas climáticos de la Universidad Nacional, la temperatura fluctúa entre los 14,0°C y 24,0°C con un promedio de 19,0°C.

#### **Altitud**

En lo que respecta a la altitud de la cuenca del río Curubres, esta varía desde los 2.020 msnm hasta los 1 320 msnm en la desembocadura en el río Cañas. Según la división normal de una cuenca o sea baja, media y alta, se tiene lo siguiente: La parte baja de la cuenca comprende la zona semi urbana de Saúrez y Salitrillos, que están entre los 1 400 y los 1 300 msnm respectivamente. Los rangos de altitud van desde los 1 300 msnm hasta 1.400 msnm. En la parte media de la cuenca se encuentran altitudes desde los 1.301 msnm hasta 1. 650 msnm, y la parte alta tiene altitudes desde 1.651 msnm hasta los 2.020 msnm.





**Fotografías 1.1 y 1.2:** En la imagen de la izquierda se observa parte de la microcuenca alta del río Curubres. En la imagen de la derecha se puede apreciar parte de la cuenca media.

### 1.2.2 Zonas de Vida

#### Vegetación de la microcuenca:

En términos generales, en la microcuenca analizada se han identificado dos tipos principales de Bosques según los sistemas de clasificación de los bosques según las Zonas de Vida de Holdridge:

**Bosque húmedo Premontano (bh-P):** el ámbito de precipitación para esta zona de vida varía entre 1200 y 2200 mm, como promedio anual, se presenta un periodo efectivo seco de 3,5 a 5 meses (Bolaños et al, 2005).

En esta zona se presentan extensas áreas de suelos volcánicos, fértiles donde el bosque original mayormente ha desaparecido, ejemplo el Valle Central (Fournier, 1980).

Entre las especies características de esta zona de vida están los géneros *Nectandra*, *Persea*, *Cinnamomum* de la Familia Lauraceae, *Cupania* de la Familia Sapindaceae, *Eugenia* de la familia Myrtaceae, *Cedrela salvadorensis* (cedro), *Cedrela tonduzii* (cedro dulce), *Albizia adinocephala* (carboncillo), *Dendropanax arboreus* (fosforillo).

**Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P):** Esta zona de vida posee un rango de precipitación

amplio entre 2000 y 4000 mm como promedio anual (Bolaños et al, 2005). Esta zona de vida se extiende a lo largo de las cordilleras, en ambas vertientes. Existiendo una gran variedad de condiciones edáficas. La vegetación del bosque original está constituida por especies como: Scheffera morototoni (fosforilo), Vochysia allenii (botarrama), Ruopala montana (carne asada), Cedrela odorata (Cedro amargo), Turpinia occidentalis (falso cristóbal), Ulmus mexicana (tirá).

### **Zona protegida**

La microcuenca del Río Curubres posee una pequeña zona de aproximadamente **16 ha**, ubicada en la parte alta, la cual pertenece a la Zona Protectora de los Cerros de Escazú. El resto de la subcuenca no está bajo ninguna figura de protección ambiental; compuesta por fincas de propiedad privada sobre las cuales tal y como ha señalado previamente, se desarrolla el sistema de cursos pluviales que componen la subcuenca.

Cabe recordar que ambos márgenes de los cuerpos de agua poseen un retiro de protección de 15 m en zonas donde la pendiente es menor a 45° y un retiro de 50 m en donde la pendiente sea mayor a 45°.



**Fotografía 1.3:** Vista panorámica de la vegetación de la zona alta de la microcuenca del Río Curubres

### **1.2.3 Características hidrográficas**

El sistema fluvial del cantón de Aserrí corresponde a la vertiente del Pacífico, que pertenece a las cuencas de los ríos Pirrís y Grande de Tárcoles. La primera es drenada por el río Pirrís y sus afluentes el río La Dicha y la quebrada Delicias; lo mismo que por el río Grande de Candelaria, que se origina en la confluencia de los ríos Tarrazú y Alumbre al que se le unen el río Tarbaca y el río Tigre.

Estos cursos de agua, excepto los ríos Pirrís, Tarrazú y Alumbre, nacen en el cantón. Presentan una dirección de noreste a suroeste, de sureste a noroeste y de norte a sur.

Los ríos Grande de Candelaria, Jorco, La Dicha y Tarrazú y la quebrada Delicias son límites cantonales; los tres primeros con Acosta; el cuarto con Desamparados y la última con León Cortés. La cuenca del río Grande de Tárcoles, es irrigada por el río Cañas (Cuenca de interés) al que se le unen los ríos Curubres, Suerre, Parruás, Poás; y Guatuso. Estos ríos nacen en la región y presentan un rumbo de sur a norte y de suroeste a noreste. Los ríos Poás y Guatuso son límites cantonales; el primero con Alajuelita y Desamparados; el Guatuso con Desamparados.



**Fotografía 1.4:** Río Curubres en su paso por la comunidad de Lourdes, Aserrí



**Fotografía 1.5:** Zona de altas pendientes cerca de la Corona de desprendimiento del deslizamiento principal

#### **1.2.4 Características edáficas**

##### **Geología**

Geológicamente el sitio es parte de la formación de “Peña Negra”. Esta formación se puede dividir en 3 secciones. La parte más baja, 200 metros, es arenisca. La parte media, 500-700 metros, es esquito y arenisca color negro con pirita. Y la parte superior, 200-300 metros, no es una arenisca marrón muy bien estratificada porque tiene grandes influencias volcánicas. Esta influencia volcánica ha dado lugar a un lecho de roca muy seco.

La sedimentación ocurrió a partir de una cuenca parcialmente cerrada en la cuenca continental, en el medio del Mioceno hace 15 millones de años. Ocurrió cuando la actividad tectónica y sísmica era baja y el hundimiento era constante.

##### **Geomorfología**

El cantón de Aserrí presenta cuatro unidades geomórficas, denominadas forma de origen tectónico y erosivo, originada por acción intrusiva, de origen volcánico y de origen estructural.

**I). La unidad de origen tectónico y erosivo:** Se divide en dos subunidades como son fila Brunqueña y Cordillera de Talamanca. 1. La subunidad fila Brunqueña: Se localiza al sur del cantón, a partir de la margen sur del río Grande de Candelaria; esta subunidad se orienta de acuerdo con la dirección estratigráfica de las rocas sedimentarias que la forman, la pendiente es fuerte con un pequeño escalón entre los 400 y 500 metros de elevación.

Su sistema de drenaje se aproxima al dendrítico, muy poco desarrollado y algo afectado por fracturas; las diferencias de relieve son grandes y entre fondo, valle y cima frecuentemente hay de 100 a 200 metros; esta subunidad se compone de rocas de las formaciones Brito, Pacacua, con algunas intrusiones, las rocas son areniscas de grano medio a fino, lutitas arcillosas y calizas, su origen se debe al levantamiento desde el fondo oceánico, de un bloque de corteza, este bloque ascendió a lo largo de fallas, inclinándose en las últimas etapas hacia el noreste, la erosión fluvial terminó de modelar la subunidad, haciendo una selección en las rocas.

2. La subunidad Cordillera de Talamanca: Se ubica entre el sector al este de ciudad de Aserrí y el río Grande de Candelaria; presenta valles profundos con laderas de fuerte pendiente; las divisorias son angostas; esta subunidad comprende rocas viejas de la formación Pacacua, además presenta intrusiones ácidas y básicas, así como volcánicas, la forma de la cordillera es compleja por estar influenciada por la presencia de fallas y pliegues, lo mismo que por la diversidad de rocas; su origen se debió a una sedimentación marina que ocurrió hasta el Mioceno medio, luego se inició un ascenso y plegamiento durante el Mioceno medio al superior; posteriormente un plutonismo con magmas ácidas y básicas originando las intrusiones, el cual es muy posible que llegó hasta el Plioceno.

**II). La unidad originada por acción intrusiva:** se manifiesta en el Macizo de Escazú, el cual se localiza al noroeste del cantón, a partir del sector entre villa Tarbaca y el poblado Poás; se caracteriza por presentar laderas de fuerte pendiente; las divisorias son redondas pero muy escarpadas. La unidad se compone propiamente de rocas ígneas intrusivas y volcánicas, con escamas o intercalaciones de sedimentos, las cuales en superficie se encuentran muy meteorizadas, se observan evidencias de la acción hidrotermal y neumatolítica a consecuencia de la vecindad en el subsuelo de masas intrusivas, manifestadas con calinización de las rocas, hilillos de sílice y silicificación en general. Esta unidad se originó por la acción causada por cuerpos intrusivos.

**III). La unidad de origen volcánico**, se divide en dos subunidades denominadas serranía de laderas de fuerte pendiente y relleno volcánico del Valle Central. 1. La subunidad serranía de laderas de fuerte pendiente, se encuentra en las proximidades de villa Vuelta de Jorco, el poblado Monte Redondo y el sector suroeste de este último; está formada por laderas de fuerte pendiente, y se caracteriza por la facilidad de sus terrenos a originar deslizamientos está compuesta principalmente por rocas volcánicas, aunque también hay sedimentarias, las primeras en su gran mayoría están profundamente meteorizadas, lo cual favorece los deslizamientos, su origen se debe a la erosión de las anteriores rocas.

2. La subunidad relleno volcánico del Valle Central, situada en el sector aledaño a ciudad de Aserrí; corresponde a una superficie plana ondulada, es posible que los cambios en el relieve dentro del área, son debidos a la presencia de lava a unos cuantos metros de profundidad constituyendo un frente; la subunidad está formada en superficie por rocas volcánicas, principalmente lavas, tobas e ignimbritas cubierta por ceniza en un espesor variable, la secuencia de lavas descansa sobre roca sedimentaria, las lavas son del tipo andesítico; geomorfológicamente, esta subunidad no es un valle, sin embargo para efectos políticos, socio económicos y todo tipo de referencia, se considera preferible seguirlo denominando Valle Central, el nombre técnico correcto es fosa tectónica debido a la presencia de una falla a todo lo largo del pie de la sierra volcánica Central, la cual está evidenciada por la existencia de fuentes termominerales; así como la interrupción brusca y alineada con la supuesta falla de las estribaciones que bajan de la mencionada sierra hacia el valle: lo mismo que por la presencia de un vulcanismo sin explicación aparente (Formación Pacacua), en correspondencia con la posición de la falla o cerca de ella.

La unidad de origen estructural, está representada por el sinclinal de Naranjo, ubicado en fila Bustamante.

#### **Pendientes.**

La zona sujeta de estudio presenta un relieve muy irregular, dado que el porcentaje de área con pendiente menor a 16% es de apenas de 4,5%, mientras que en el rango de más de 16% y menos de 35% es de 14,8%. En cuanto a la pendiente superior a 35% y menor a 55%,

es de 31,7 %, finalmente las zonas con pendientes mayores a 55% corresponden a un 49,0% del total del área, lo anterior nos da la magnitud del tipo de relieve existente.

#### **Uso actual y capacidad de uso del suelo**

La cuenca del Río Curubres presenta en la actualidad una cobertura diversa, pudiéndose encontrar en la misma bosques, tacotales, pastos, pastos con arboles dispersos, donde la actividad de pastoreo que se da en la zona, hacen el uso del suelo más severo ya que la carga del suelo está fuera de su capacidad de uso. Esto trae consigo los conflictos o divergencias de uso de la tierra, que por las condiciones propias de la zona pueden incidir desfavorablemente en la incidencia de fenómenos de movimientos de masas como los que se pretende analizar con este trabajo. Considerando que la capacidad de uso de la tierra es un indicador que permite definir el uso preferencial para poder mantener la sostenibilidad de las diferentes actividades que se implementen, es importante conocer la capacidad de carga del suelo al cual se va a intervenir, para tomar las medidas correctas de manejo para hacerlas producir sin alterar su condición natural del suelo, buscando la sostenibilidad de los mismos.

## **2. CARACTERIZACIÓN DESLIZAMIENTO EL BURÍO**

Este trabajo abarca el deslizamiento denominado como Burío el cual es significativo en cuanto a área se refiere, y del cual se tiene conocimiento hace alrededor de 65 años. Para estudiar este deslizamiento se hará en forma global toda vez que el mismo se encuentra dentro de la cuenca del río Curubres.

### **2.1 Descripción del problema del Burío**

El cantón de Aserrí presenta hacia la parte sur, en lo que se puede denominar como los cerros de Escazú, un deslizamiento de magnitud significativa, este deslizamiento es conocido como deslizamiento de Burío.

El deslizamiento de Burío se sitúa sobre la microcuenca del río Curubres, específicamente en la parte superior de la misma, a partir de la divisoria de aguas. Se considera según estudios efectuados que el área del mismo es de alrededor de 25,8 has, y un volumen de alrededor de 2,6 millones de metros cúbicos. Hernández J. (1994).

Del deslizamiento de Burío se tiene conocimiento, de que el inicio del mismo se pudo presentar desde el año de 1955, y se supone que este se activo con los efectos indirectos provocados por un huracán que se presento en ese año. A partir de dicha fecha se han venido presentando movimientos cada año los cuales han variado de acuerdo a las condiciones hidrometereológicas imperantes.

Entre las causas que se estima dieron origen a dicho deslizamiento tenemos entre otras:

- Eliminación de la cobertura vegetal original (bosque primario existente)
- Uso intensivo producto del sobrepastoreo presente en la zona
- Condiciones geológicas, geomorfológicas y edáficas existentes.
- Condiciones climatológicas presentes en la zona
- Ocurrencia de fenómenos hidrometereológicos eventuales.



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Como se puede observar no podemos señalar que el fenómeno actual, sea producto de un solo factor, sino que el mismo es el resultado de la convergencia una serie de elementos, los cuales cada uno presenta una importancia significativa.

A manera de resumen, y tomando algunas consideraciones de estudios e informes elaborados previamente, el deslizamiento como tal presentaba ciertas características, las cuales reseñamos en el cuadro que se observa a continuación:

**Cuadro 2.1**  
**Características del deslizamiento El Burío**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Forma	Elíptica
Dirección del eje	Noroeste - Sureste
Extensión ancho	800 m
Extensión largo	1000 m
Elevación máxima en la corona	1900 m.s.n.m.
Elevación mínima	1700 m.s.n.m.
Elevación sobre el nivel del río	150 m
Pendiente	50° a 70°
Tipo	Complejo
Área inestable	25,8 has
Volumen estimado	2.6 millones m <sup>3</sup>

Con respecto a la información anterior, el área que se señala (25,8 has) corresponde a la presencia de una zona que presenta dos coronas, una primera corona con poco o inexistente movimiento, y con un área de 12.8 ha, con su límite superior bordeando la calle Azulillos, mientras que la segunda es la que presenta mayor posibilidad de deslizamiento (activa), y posee un área de 13,0 has. Hernández, J (1994).

#### **Situación Actual del Deslizamiento El Burío**

No obstante lo anterior, y como producto del trabajo de campo efectuado, y tomando en cuenta nuevas imágenes aéreas del sitio y que se encuentran disponibles en la actualidad, se puede señalar que el área que anteriormente abarcaba 25,8 has, y que fue señalada por Hernández, J

(1994), es un poco mayor, y se calcula que la misma puede alcanzar al día de hoy alrededor de 37,3 has. Dentro de esta se puede señalar que existen alrededor de 6,14 has que han sido afectadas por fuertes problemas de erosión, y que por lo tanto son más inestables, estas son las que están aportando material directamente al cauce de la Quebrada Suarez, la cual aguas abajo se une al río Curubres.

Adicionalmente y como consecuencia de los trabajos realizados, se logro detectar que las áreas que presentan inestabilidad, y son susceptibles a deslizamiento, y que se encuentran en la misma zona en donde esta propiamente el deslizamiento son mayores de lo que se creía, por lo que en su momento se deben de analizar con mayor detalle. A continuación se presenta una reseña de la situación que posee en la actualidad el deslizamiento de Burío propiamente.

**Geología:** el deslizamiento se ha desarrollado sobre rocas de la Formación Peña Negra (edad Terciario-Mioceno). En este sitio esta descansa discordantemente sobre rocas del Intrusivo de Escazú y es cortada en forma discordante por rocas asociadas al mismo intrusivo de Escazú, estas, en forma de diques verticales de hasta 20 m de ancho. Las rocas poseen diferentes grados de inclinación, así como evidencias de fallamiento tectónico, sin embargo no se han encontrado evidencias de actividad neotectónica que indiquen que se encuentran activas.

**Peña Negra:** está compuesta por una sucesión de unos 200 m de espesor de lutitas negras silíceas y areniscas medias de color café claro a amarillento. Las lutitas corresponden microscópicamente con lodolitas, posee mineralógicamente granos de cuarzo, plagioclasas, piroxenos, óxidos de hierro, ortosa, clastos volcánicos que flotan en una matriz arcillosa. Debido a la fuerte alteración hidrotermal que ha afectado a la zona, las evidencias de microfósiles han desaparecido. En el área del Cantón de Escazú, los microfósiles fueron analizados en el laboratorio de paleontología de la ECG por el método de la sección delgada, habiendo sido identificadas las siguientes especies:

*Globigerina concinna* Reuss (Mioceno Medio)

*Globigerina woodi woodi* Jenkins (Oligoceno Sup-Mioc. Medio)

*Globigerina regularis* d'Orbigny (Mioceno Medio tardío-Mioceno Medio superior),

que indican una edad de Mioceno Medio Tardío - Mioceno Medio Superior; confirmando lo señalado por Rivier (1979).



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

Las areniscas pertenecen a una facie cuarzosa son de color café claro, cuando están sanas y amarillentas, cuando han sido alteradas por fluidos termales. Están estratificadas, no poseen estructuras sedimentarias, son porosas y deleznales (se rompen fácilmente), en general están muy diaclasadas, estas oquedades están rellenas con costras de manganeso, se tienen reportes bioturbación y la existencia de moldes de péctenes bien conservados.

Las areniscas son de color amarillo naranja, café, bastante meteorizadas, sin estructuras visibles, microgranulares, porosas y deleznales. Por presentan muy diaclasadas, incluso en ocasiones el diaclasas está cubierto de una pátina de manganeso.

Conforme a Denyer & Arias (1991) el ambiente sedimentario de la Formación Peña Negra fue marino y ocurrió, en una cuenca protegida, con escasa influencia de mareas, que localmente pudo tener aporte continental cerca de la desembocadura de ríos. Su color y el fuerte olor a azufre indican un ambiente reductor.

Con respecto a las areniscas, se indica que representan una facies transicional entre las formaciones Peña Negra y Coris.

<b>Formación Peña Negra</b>	
	
<p><b>Fotografía 2.1:</b> Areniscas con alteración esferoidal, de la Formación Peña Negra, 488 031 E 1 087 377 N.</p>	<p><b>Fotografía 2.2:</b> Falla en flor afectando las rocas de la Formación Peña Negra. 488 452 E 1 087 444 N. Buzamiento de falla 62/N68W.</p>

**Intrusivo de Escazú:** Kussmaul (1987) propone un modelo en dos etapas para su origen (1) la fusión parcial de la corteza oceánica subducida se formaron magmas toleíticos y calco alcalinos que

durante el Terciario Inferior edificaron a los volcanes de un arco de islas. En el Mioceno la corteza alcanzó un espesor considerable debido a la transformación de la corteza oceánica a continental. Al proseguir la subducción, los magmas andesíticos no llegaron más a la superficie instalándose en la discontinuidad entre la corteza y el manto, lo cual causó un calentamiento de las partes profundas de la corteza y la fusión parcial de ésta. Esta segunda (2) etapa de fusión parcial, originó grandes volúmenes de magmas intermedios y ácidos, que se emplazaron como cuerpos intrusivos en el área. Sobre la edad de estas rocas, Bergoeing (1982) indica una edad de  $5,33 \pm 0,61$  ma (Plioceno Temprano), mientras que Sáenz (1982 en Alvarado et al, 1990) indica una edad de 7,2 ma.

Localmente el cuerpo plutónico de Escazú, se clasifica como un stock por cuanto el área que ocupa es menor a los 100 km<sup>2</sup>, además es un cuerpo discordante que tuca a la roca caja. Esta masa plutónica origina diques y sills. Los diques cortan a las rocas de la Formación Pacacua, mientras que los sills se disponen en el sentido de la estratificación de las rocas de la Formación Peña Negra, la disposición de estos cuerpos menores, es radial al cuerpo intrusivo, el cual tiene una orientación general de NW-SE. El mecanismo de ascenso con base en la disposición de las rocas sobreyacentes al intrusivo indica un mecanismo de inyección forzada, en el cual el magma empuja las rocas más antiguas hacia los costados o hacia arriba Billings (1972).



Dique Andesítico



**Fotografía 2.5:** Dique vertical en camino de finca, 487 069 E, 1 087 570 N Vista la NW.



**Fotografía 2.6:** Dique inclinado 46/S15E; en camino de finca, vista frontal, 487 069 E, 1 087 570 N Vista la NW.

**Alturas:** el deslizamiento se ha desarrollado entre los 2040 m de altura en la corona superior hasta la unión del Río Curubres y la quebrada Suarez, a los 1580 m, en el lóbulo frontal del deslizamiento, foto 2.13.

**Morfologías:** el deslizamiento Burío tiene una forma con muchas de las características morfológicas típicas de un deslizamiento complejo, como:

- **Escarpes laterales:** limitan al Este y Oeste, que poseen unos 100 a 120 de altura, inclinados hacia la parte interna del deslizamiento, llegan a alcanzar los 2 km largo, ver figura siguiente, el escarpe Oeste, cae hacia el río Curubres y el Este, lo hace hacia la quebrada Suarez, ambos limitan la masa que se desplaza al NE.

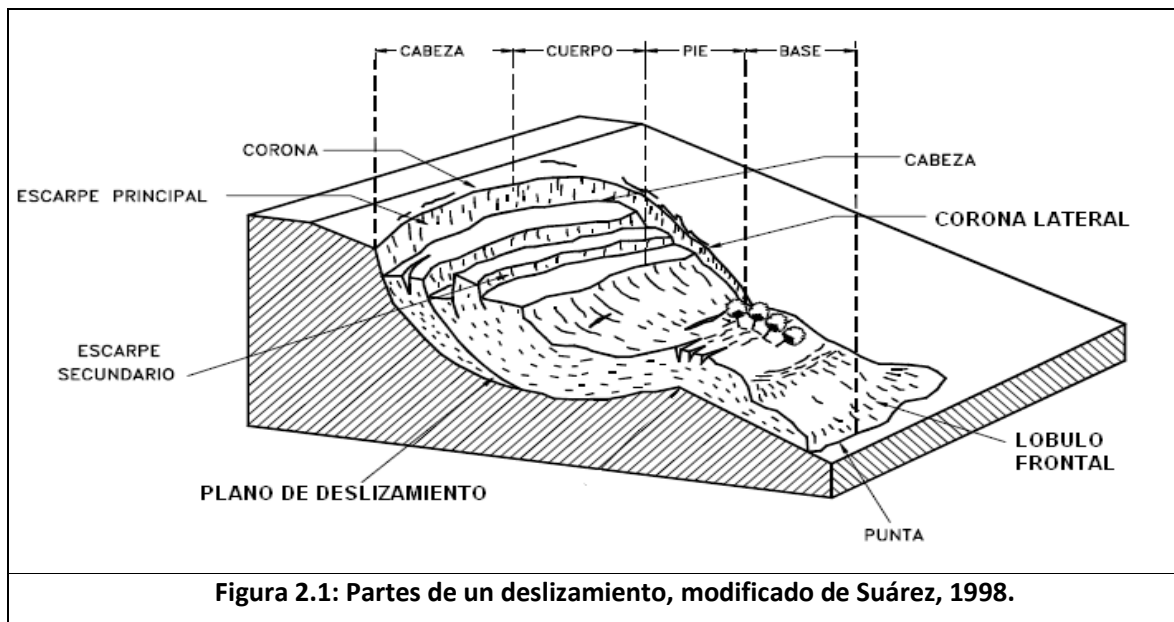
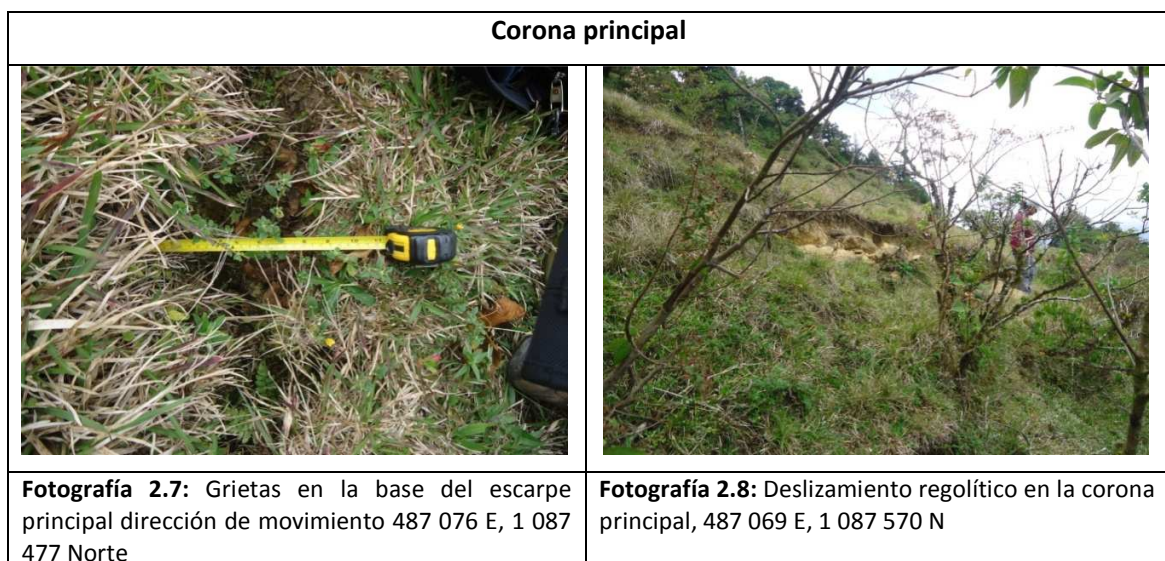






Figura 2.1: Partes de un deslizamiento, modificado de Suárez, 1998.

- **Corona principal:** se localiza en la parte sur y al Este del Alto Hierbabuena, entre las nacientes del río Curubres y la Quebrada Suarez, tiene una forma convexa, para la masa que se desplaza principalmente al Noreste, en la parte alta, al norte del camino de acceso se han localizado grietas recientes y flujos de rocas igualmente recientes, esto comprueba la actividad del deslizamiento en su extremo Sur, así como la actividad en el movimiento de toda la masa, y no solamente del lóbulo frontal, en cual en forma reiterada ha sido cartografiado y mencionado como área activa.





Corona principal	
	
<b>Fotografía 2.9:</b> Vista de la corona principal desde el punto 487 076 E, 1 087 477 N, observando al Sureste.	<b>Fotografía 2.10:</b> Vista de la corona principal desde el punto 487 076 E, 1 087 477 N, observando al Sureste.

- **Lóbulo frontal:** se localiza cerca de la unión del río y quebrada antes mencionada, allí se observa un área fuertemente erosionada por la escorrentía superficial, la cual ha provocado una serie de barrancos que se han activado en los últimos años, allí se observa unos 25 m de escombros de los movimientos anteriores del deslizamiento de Burío, ver fotos siguientes. También se nota el basamento bajo del deslizamiento de Burío, el cual consta de intrusivos de tipos gabroicos-dioríticos (en color negro en las fotos).

Fotografías del lóbulo frontal	
	
<b>Fotografía 2.11:</b> Lóbulo frontal, deslizamiento de Burío (parte posterior) muy erosionado por la escorrentía superficial y erosión de retroceso del agua de escorrentía.	<b>Fotografía 2.12:</b> Lóbulo frontal, deslizamiento de Burío (parte posterior) muy erosionado por la escorrentía superficial y erosión de retroceso del agua de escorrentía.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

Sector de quebrada Suarez.	Sector de quebrada Suarez.
	
<p><b>Fotografía 2.13:</b> Lóbulo frontal, deslizamiento de Burío. Coord. 487 791 E, 1 088 560 N</p>	<p><b>Fotografía 2.14:</b> Lóbulo frontal, deslizamiento de Burío. Coord. 487 791 E, 1 088 560 N</p>

- Masa deslizada:** tiene un largo de 1600 m y un ancho de 1400 m, abarca alturas entre los 2040 m de altura hasta la unión del río Curubres y la quebrada Suarez, a los 1580 m, está compuesta por rocas como lutitas y areniscas de la formación Peña Negra, intruidas por diques andesíticos con fenocristales de plagioclasas en una matriz afanítica de color gris claro, asociados con el intrusivo de Escazú. Toda la secuencia es afectada por fallas indiferenciadas.

<b>Masa Deslizada</b>	
	
<p><b>Fotografías 2.15 y 2.16:</b> Vista de la masa deslizada</p>	



**Profundidad de la ruptura:** de acuerdo con la morfología del escarpe principal y de la topografía existente en la zona, se podría estimar el plano de ruptura en unos 80 a 100 m de profundidad, la base de este deslizamiento parece ser, el contacto discordante (inconformidad) entre las formaciones Peña Negra de edad Mioceno y los intrusivos de Escazú, de edad Plioceno que la subyacen.

**Volumen del deslizamiento:** de acuerdo con los datos estimados la zona en donde se encuentra el deslizamiento de Burío, pudo abarcar un volumen total de unos 90 millones de metros cúbicos de material desestabilizado, hoy, después de miles de años de movimientos y erosión, el volumen estimado es de 67 millones de metros cúbicos. Esto nos indica que durante el tiempo de desarrollo, movimiento y erosión posterior del mismo unos 23 millones de metros cúbicos de materiales se han depositado en la base de los cerros desde Mesas hasta San Rafael de Desamparados. De acuerdo con el mapa de áreas con probabilidades de ser impactadas y cubiertas por flujos de lodo y de escombros, se estima que han cubierto en el pasado unos 6,25 km<sup>2</sup>, y por lo tanto han afectado la misma y la han cubierto con al menos de 4 m de espesor de escombros.

**Pendientes:** posee taludes con ángulos de 0 a 65 grados, se caracteriza por varias zonas casi planas, que se han originado por movimientos súbitos anteriores del deslizamiento que han rotado grandes bloques de terrenos en forma inversa al movimiento del deslizamiento, estas áreas se localizan tanto cerca de la corona principal del deslizamiento como en su parte interna.

**Cuadro 2.2**  
**Tipos relativos de pendientes (ver mapa 1.4)**

<b>Tipo de relieve</b>	<b>Rangos relativos</b>	<b>Área cubierta (km2)</b>	<b>% Área</b>
Alto	0-20	0,33	19
Medio	20-30	0,82	48
Bajo	30-65	0,51	33
<b>Total</b>		<b>1,65</b>	<b>100</b>

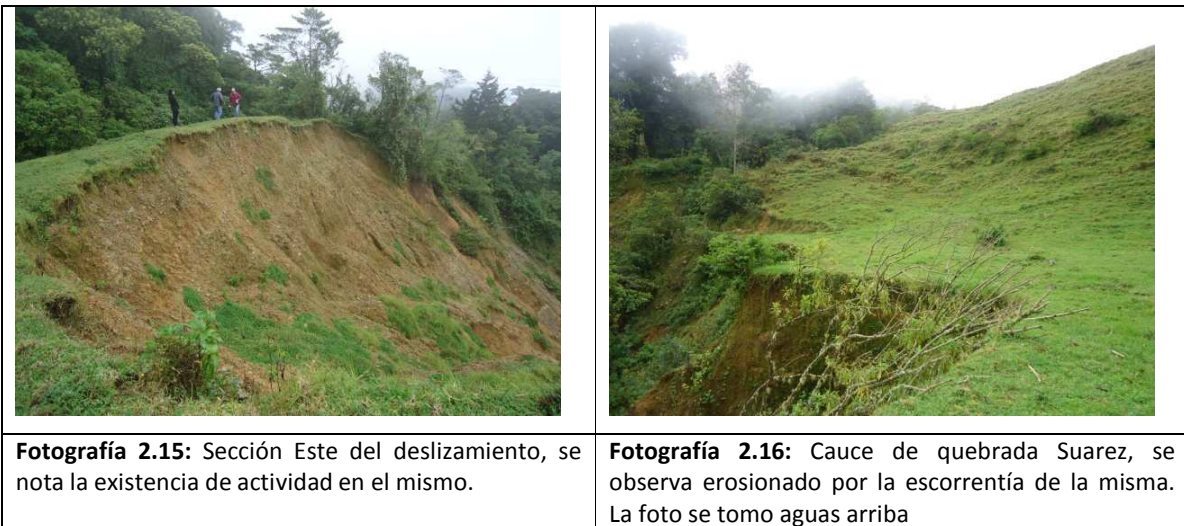
**Las pendientes altas:** se relacionan con los escarpes que limitan lateralmente el deslizamiento como con los antiguos escarpes, internos del mismo, los cuales fueron en el pasado los límites

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

anteriores del mismo, hoy la meteorización y la erosión los han suavizado sin eliminar sus condición inicial. Otro componente de esta unidad lo son los cauces erosionados de los ríos que limitan la masa deslizada, como lo son el río Curubres (al Oeste) y la quebrada Suarez (al Este), hoy estos cauces se observan muy erosionados por los eventos hidrometeorológicos de los últimos años. Esta unidad cubre 0,33 km<sup>2</sup> que corresponde con 19% del total.

Al observar detalladamente la distribución de la unidad en el mapa, se observa una forma arqueada con una concavidad (convexa) al Norte lo que indica que el deslizamiento se ha movido como es obvio hacia esa dirección. Tienen entre 50 y 100 de ancho.





**Pendientes media:** se relacionan con los bloques de terreno que se han basculado en forma inversa al movimiento del deslizamiento, se inclina hacia el Sur, también son zonas con pendientes muy irregulares, debido a la deformación inicial de la masa deslizada, desde el inicio del movimiento del deslizamiento. En la parte Sur y media del deslizamiento tiene una forma igualmente arqueada al norte, similar a la unidad anterior. Cubre 0,82 km<sup>2</sup> que corresponde con 48% del total.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

	
<p><b>Fotografía 2.17:</b> Parte central del deslizamiento se nota la pendiente hacia el Este con surcos en su superficie</p>	<p><b>Fotografía 2.18:</b> Parte media del deslizamiento se observa la topografía relativamente horizontal del deslizamiento.</p>

**Pendiente baja:** está conformada por los bloques rotados al Sur que conformaban el relieve escarpado original, hoy son pendientes menores a 20 grados, cubre un área de 0,51 km<sup>2</sup> (33%) del área total. Se observan como áreas estables pero, en definitiva no se pueden considerar así, en el camino, se observa surcos de escorrentía (zanjas) que las erosionan, así como reptación en toda el área, también son usuales áreas encharcadas, debido a la imposibilidad del agua de descender entre las capas del suelo (impermeable).

	
<p><b>Fotografía 2.19:</b> Zona horizontal afectada por escarpes secundarios dentro del deslizamiento. Coord. 487 076 E, 1 087 477 N</p>	<p><b>Fotografía 2.20:</b> Zona horizontal interna, deslizamiento de Burío. Coord. 487 076 E, 1 087 477 N</p>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

**Figura 2.2 Pendientes del área a deslizar**

### **Área bajo amenaza**

Se han propuesto dos áreas de impacto de la amenaza por flujos de lodo y rocas en el área baja de la cuenca del Río Curubres. Ambas alternativas han llegado a afectar unos 6,25 km<sup>2</sup>. Si el volumen potencialmente móvil del Burío y sus áreas aledañas es de 67 millones de metros cúbicos, podría generar un espesor medio en toda esta área de unos 11 m de espesor, ver foto 2.27 evidencia de eventos anteriores.

De acuerdo con el mapa siguiente un evento extremo podría afectar no solo el área moderada sino toda el área cartografiada, aproximadamente 6,25 km<sup>2</sup>, mientras que un evento moderado abarcaría las zonas adyacentes al cauce del río Curubres, afectando un área de unos 1,25 km<sup>2</sup>.

<b>Área (km)</b>	<b>Magnitud del evento</b>
4,98	Gran magnitud
1,27	Moderado

En la figura 2.2 se conjuga la amenaza con los tipos de relieve del deslizamiento, solo para mostrar de otra forma el efecto del deslizamiento sobre la parte baja de la cuenca del Río Cañas.

Este tipo de eventos extremos podría poner en peligro a las poblaciones de Lourdes, Suárez, Mesas. Salitrillos, Aserrí, San Rafael Arriba, San Rafael Abajo, Tejar, Calle Fallas y la parte Sur de Desamparados.


El área señalada en color violeta es la que **potencialmente** podría presentar problemas de inestabilidad, dicha área se detecta tal y como se señalo, como producto del trabajo de campo y análisis de la información existente. Se señala porque se considera conveniente que se tenga noción de la condición global que presenta la zona. Lo anterior no significa que se esté indicando que la misma ya se encuentre con serios problemas de estabilidad.

**FIGURA 2.3 zona a propensa a deslizar y flujo de lodo**

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

A continuación se presentan unas fotografías situadas del área de Barrio Lourdes.

<b>Áreas de impacto de avalanchas y flujos de lodo y roca</b>	
	
<p><b>Fotografía 2.21:</b> Depósito de bloques de roca en la zona del Río Curubres 488 504 E 1 088 912N</p>	<p><b>Fotografía 2.22:</b> Impacto de río Curubres sobre casas junto a su cauce. 488 704 E, 1 089 061 N, Vista al SE</p>
	
<p><b>Fotografía 2.23:</b> Impacto de río Curubres sobre casas junto a su cauce. 488 704 E, 1 089 061, Vista al SW</p>	<p><b>Fotografía 2.24:</b> Deposito de avalanchas de roca, nótese que los bloques no son redondeados, sino angulares y no hay matriz. 490 504 E 1 089 609N (corte de carretera)</p>
	
<p><b>Fotografía 2.25:</b> Aluviones en valle del Río Cañas en la zona de Salitrillos, 490 104 E 1 089 660 N.</p>	<p><b>Fotografía 2.26:</b> Aluviones en valle del Río Cañas en la zona de Salitrillos, 490 311 E 1 089 801 N.</p>

<b>Áreas de impacto de avalanchas y flujos de lodo y roca</b>	
	
<p><b>Fotografía 2.27:</b> Leve o dique natural en el Valle del Río Cañas, 490 311E, 1 090 122 N. Vista al Norte, el leve tiene igual un rumbo Norte. Se nota la superficie del Valle cubierta de bloques de aluviones.</p>	

El área de deslizamiento activa es la que en la actualidad presenta problemas de inestabilidad evidentes. Mientras que los flujos que se presentan son las proyecciones en caso de que se den los desprendimientos de material.

#### **Mecanismos de disparo**

El Deslizamiento El Burío, está constituido por materiales de baja resistencia residual. Son suelos en su mayor parte y la roca base está muy diaclasada.

Su posible mecanismo de disparo, se atribuye a los efectos de una fuerte precipitación en esa localidad. Esto se hace evidente en los pequeños deslizamientos que haya lo largo de casi toda la carretera a Tarbaca, camino al deslizamiento, como se observó con el paso de la Tormenta Tropical Thomas en noviembre del 2010.

El efecto de la actividad sísmica no se puede menospreciar porque toda el área es sacudida con intensidades máximas de VII, aunque sus efectos ocurren con periodos de retorno más prolongados.

Como menciona Hernández (1994) el deslizamiento de Burío presenta varios factores desfavorables que ayudan a que su masa se movilice, algunos de ellos son:



- Alta precipitación
- Afloramiento del nivel freático que forma pantanos y como indica este autor pequeñas lagunas
- Alta escorrentía superficial
- Alta erosión en surcos
- Poca vegetación
- Mucha reptación
- Altas pendientes (en este caso en un rango de 0 a 65°)
- Espesor de suelos residuales de 20 m a 25 m.
- Buzamiento regional en sentido de las fuertes pendientes
- Materiales muy diaclasados
- Desarrollo de pequeños bloques que se mueven en sentido de la fuerte pendiente y del buzamiento regional
- Materiales fácilmente disgregables

Más adelante y a lo largo del documento se van analizando con un mayor grado de detalle, la mayoría de los factores antes mencionados, y como los mismos afectan e deslizamiento.

**FIGURA 2.4** areas inestables DEFIInidas.

### **3. CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS Y PROCESOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS**

A continuación se presenta una serie de aspectos del medio ambiente que son la base para efectuar a posterior un análisis de las áreas susceptibles a problemas de deslizamiento, desde la perspectiva de una metodología validada para zonas en el trópico húmedo.

#### **3.1. Tipo de suelo**

Mattias y Jansson (1999) luego de analizar las muestras de suelo obtuvieron un límite plástico de un 29.6% y un límite líquido de un 49%. Usando el sistema de Clasificación del Suelo Británico el suelo es de tipo limo arenoso de plasticidad intermedia. Así mismo cuando se hizo el tamizado de la muestra granular a través de tamices, el resultado de la distribución de partículas usando el Sistema de Clasificación de Suelo Británico fue arcilla arenosa.

Según los datos obtenidos del Atlas 2000 elaborado por el TEC a escala 1:200.000, este suelo se puede clasificar como un ultisol, suborden humult y se describe como suelo con un horizonte argílico (20% de aumento en el contenido de arcillas en la sección de control) con menos de un 35% de saturación de bases en la sección de control, generalmente profundos, bien drenados de color rojo o amarillo y relativa baja fertilidad.

Según Hernández, J. (1994), los suelos pertenecientes a la zona que conforma el deslizamiento del Burío corresponde a una zona constituida por suelos residuales y arcillas de tipo laterítico, producto de la aureola de alteración hidrotermal, provocado por el intrusivo de Escazú, con pendientes fuertes de entre 50º a 70º, y con pendientes cercanas al 75º propiamente en el río Curubres.

### **3.2. Geología del sur del Valle Central de Costa Rica.**

Seguidamente se describen las unidades geológicas de la cuenca del Río Cañas, siguiendo los lineamientos estratigráficos básicos, enfocándonos en las unidades que realmente afloran tanto en forma horizontal como vertical en el sitio, la distribución de las unidades se muestra en el mapa geológico (figura 3.1) y la secuencia estratigráfica en la Columna estratigráfica respectiva (figura 3.2).

**(Formación Pacacua (Mioceno Inferior, Tm- p):** está caracterizada por estratificaciones de areniscas volcanoclásticas (finas y gruesas) tobas, tobitas y brechas finas y gruesas; además se presentan diques de diabasa. Sobreyace en contacto gradual a la Formación Caraigres. El contacto superior se presenta en dos formas: (1) un contacto transicional con las Brechas Verdes Coyolar, (2) un contacto neto pero concordante con la Formación Peña Negra. Se extiende en parte de las hojas Abra, Río Grande, Candelaria, Caraigres, Tapantí. Se considera que el ambiente de depositación fue de tipo deltaico, una cuña clástica progradante sobre una plataforma con depósitos prodeltaicos. El espesor alcanza de 1200 a 2000 m.

**Formación Peña Negra (Mioceno Medio, Tm-pn):** fue definida por Denyer& Arias (1991). Distribución geográfica: se presenta en las hojas topográficas Abra, Río Grande, Candelaria, Caraigres y Tapantí. La sección inferior consta de una secuencia de Areniscas medias y finas, la sección media consiste de lutitas y areniscas finas de color negro y la unidad superior se presentan como intercalaciones guijarrosas con estratos de caliza y vulcarenitas mal estratificadas. Sobreyace concordantemente y en contacto gradual a las Brechas Verdes Coyolar. Es lateral con la Formación San Miguel, en tanto que es sobreyacida y lateralmente equivalente con las formaciones Coris y Turrúcares. En algunas localidades está sobreyacida mediante discordancia litológica por la Formación Grifo Alto, las Lavas Intracañón o por los Depósitos de Avalancha Ardiente. Alcanza un espesor total de 1200 m. Ambiente de depositación: la sedimentación de la parte media de esta Formación ocurrió en una cuenca marina protegida con escasa influencia de mareas dominadas por períodos anóxicos, localmente pudo haber influencia del continente.

**Grupo Aguacate (Mioceno Superior Terminal- Plioceno Superior):** aflora al sur del Valle de Tabarcia, al oeste de la Fila Diamante, en el flanco oeste de los Cerros Turrúcares y al oeste del Río

Grande. La Formación Grifo Alto Aflora al E y NW de Caraiques, N de Candelaria, de manera dispersa en la hoja Abra, y extensamente en la Hoja Río Grande. La incapacidad de recorrer grandes distancias de los flujos de lavas andesíticas, sumado a la gran extensión que tiene esta unidad, permite concluir que existieron gran cantidad de centros de emisión. Los principales tipos de rocas son brechas volcánicas, tobas soldadas, lavas andesíticas y andesita basálticas, intruidas por diques de basalto. El Grupo Aguacate descansa discordantemente sobre las formaciones Turrúcares y Coris y está sobreyacido en forma también discordante, por las rocas volcánicas de las Lavas Intracañón y los Depósitos de Avalancha Ardiente, así como por: lahares y aluviones del Valle Central. El espesor mínimo en los Montes del Aguacate es de 800 m.

Con base en el método K-Ar, le asignan una edad de  $3,2 \pm 0,2$  m.a. a las andesitas del Aguacate. Por otra parte Denyer & Arias (1991) expresan que debido a la edad relativamente joven y al nivel de erosión de la Formación Grifo Alto existe la posibilidad de encontrar centros por los que extruyeron los materiales volcánicos que constituyen esta unidad.

**FIGURA 3.1MAPA GEOLOGICO**

Redefinición: Kussmaul & Obando (1990) tratando de redefinir el Grupo Aguacate, lo dividen en la Formación Aglomerados Escobal, compuesta por aglomerados volcánicos y ácidos; Formación Basaltos Calcoalcalinos Desmonte, constituida por lavas ricas en grandes fenocristales de piroxeno; y la Formación Basalto Alcalino La Garita.

Denyer & Arias (1991), han dividido en dos formaciones al Grupo Aguacate, como lo son: la Formación Grifo Alto sobreyace, y discordantemente sobre esta y otras formaciones la Formación La Cruz.

**Formación La Cruz (Tm – lc):** La unidad litoestratigráfica inferior se ha denominado Formación La Cruz, la cual yace concordantemente sobre la secuencia sedimentaria, descrita anteriormente, sobre en la zona de Acosta. Está compuesta por lavas andesíticas y flujos piroclásticos conteniendo bloques lávicos y escoriáceos decimétricos, angulares.

**Formación Grifo Alto (TQ – ga):** compuesta por lavas andesíticas con augita y/o hipersteno de colores grises y rojizos (es posible encontrar basaltos y dacitas en afloramientos pequeños), flujos piroclásticos a veces gruesos con bloques lávicos y escoriáceos decimétricos angulares normalmente y raras veces redondeados. La matriz es lodosa y se encuentra “cocinada” dando evidencia de depositación caliente. También presenta ignimbritas de color gris que gradan hacia el techo a tobas blanquecinas, en afloramientos de mala calidad. Se incluyen los basaltos La Garita. Su forma es irregular pues rellena una topografía existente post-basculamiento y el espesor puede sobrepasar los 1000 m. Sobreyace discordantemente a las formaciones La Cruz y Coris. Está sobreyacida por la Formación Lavas Intracañón y la Formación Avalancha Ardiente. Su edad Plioceno-Pleistoceno?. El espesor de la Formación Grifo Alto puede sobrepasar los 1000 m.

**Formación Coris (Mioceno Medio-Mioceno Superior- Tm-c):** se localiza principalmente en el Alto y Bajo Coris, en las lomas de San Antonio en Aserrí; al sur y al Oeste de Desamparados. Se trata de una secuencia de tobas finas, vulcarenitas, limolitas y lutitas interestratificadas con arenitas cuarcíticas y lentes de lignito. Descansa localmente en forma concordante, sobre la Formación San Miguel en tanto que el Grupo Aguacate y las rocas volcánicas, lahares y aluviones poseen un contacto discordante sobre ésta formación, sin embargo otros autores consideran que el contacto

superior de esta unidad es concordante. El ambiente de sedimentación fue marino con salinidad normal, a marino de poca profundidad y hasta terrestre. Su espesor es 380 m.

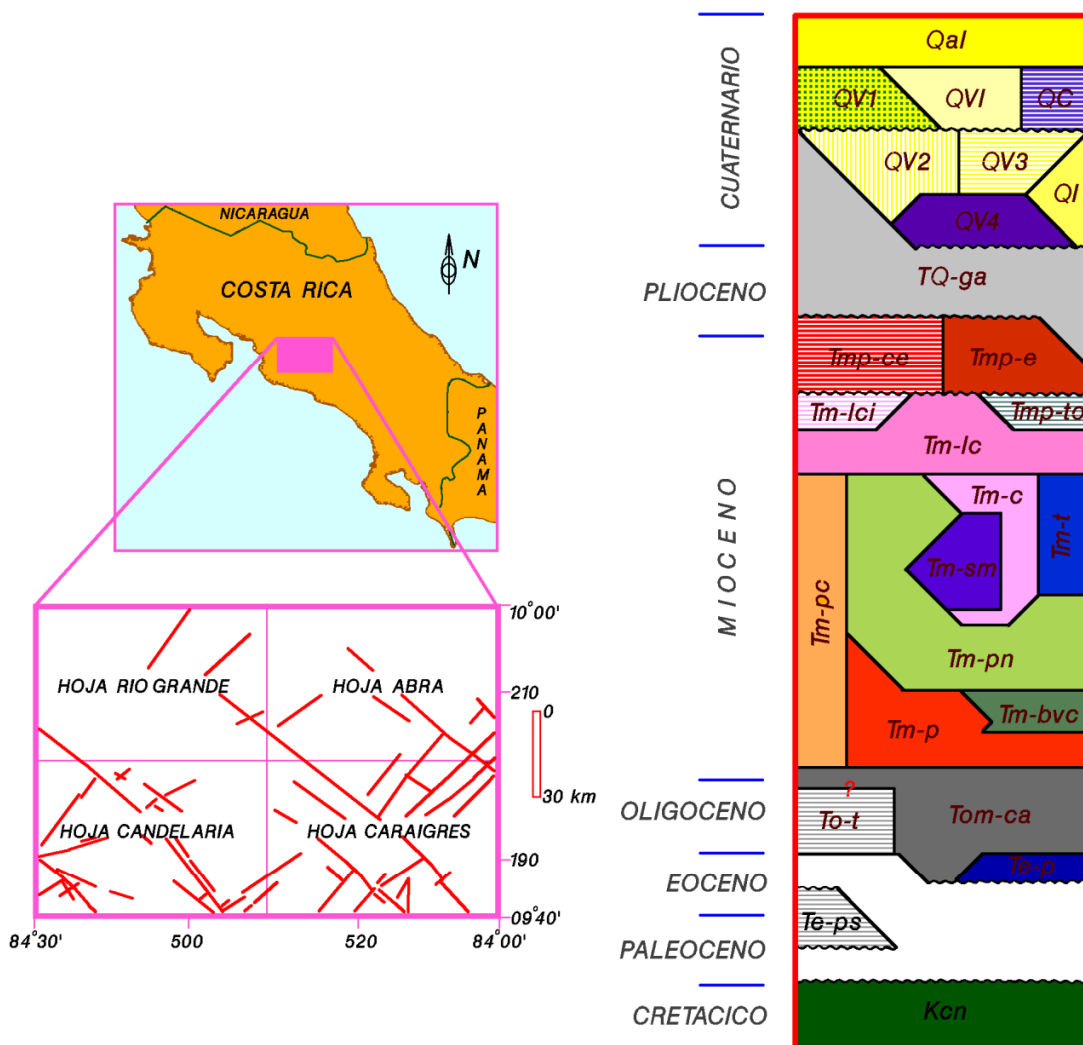
**Formación Monzonita-Gabro de Escazú (Mioceno Superior Cuspidal) (Tmp-e):** se localiza en los cerros al Sur de la misma Ciudad en los cerros San Miguel y Pico Blanco, además en el área de Monterrey (Hoja Carraigres), un stock cuyo afloramiento no sobrepasa los 6 km de diámetro.. Está compuesta por gabros, monzonitas, granodioritas, monzogabros, monzodioritas, sienitas y granitos.

**Cornubianitas de Escazú (Mioceno Superior Terminal) (Tmp-ce):** ha sido definida por Denyer& Arias (1991) para referirse a los productos de metamorfismo de contacto de las lutitas de la Formación Peña Negra. Otros autores habían descrito antes la metamorfización de sedimentos gruesos de la Formación Pacacua y de las arenas silíceas de la Formación Coris en el Alto del Tablazo. Su espesor es de aproximadamente 200 m y se encuentra expuesta en el Alto Tablazo, Cerro Pico Blanco, Cerro San Miguel y en la Quebrada División.

**Formación aluviones y coluvio indiferenciados del Valle Central de Costa Rica Holoceno (Qal):** normalmente han sido poco descritas. Se trata de materiales de origen aluvial de todas las granulometrías, desde bloques métricos hasta limos y arcillas muy finas. Están caracterizados por bloques de lavas andesíticas, intrusivos y corneanas, sueltos, cementados o semiconsolidados, redondeados y sanos. Se encuentran emplazados bordeando ríos y quebradas de pequeñas cuencas y son de poco espesor. Los coluvios están formados por todos los tipos de rocas aflorantes, provenientes de los cerros del sur, y en ellos son característicos los grandes bloques densos y duros, incluidos en una matriz arcillosa y algunas veces arenosa. Los depósitos coluvio aluvionales aumentan de espesor hacia los bordes del Valle Central, principalmente en las localidades de Tres Ríos, Tirrases, Desamparados, Alajuelita, Escazú, Aserrí, Santa Ana, Río Oro y Ciudad Colón.



**FIGURA Nº 3.2**  
**COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL VALLE CENTRAL**  
Modificado de Denyer y Arias, 1991.



Columna Estratigráfica del Valle Central: Complejo de Nicoya (Kcn); Fm. Punta Serrucho (Te-ps); Fm. Parritilla (Te-p); Fm. Caraigres (Tom-ca); Miembro Tranquerillas (To-t); Fm. Punta Carballo (Tm-pc); Fm. Pacacua (Tm-p); Brechas Verdes de Coyolar (Tm-bvc); Fm. Pena Negra (Tm-pn); Fm. San Miguel (Tm-sm); Fm. Coris (Tm-c); Fm. Turrucares (Tm-t); Fm. La Cruz (Tm-lc); Depósitos Paralíticos de Fm. La Cruz (Tm-lci); Tobitas Ococa (Tmp-to); Intrusivo de Escazu (Tmp-e); Cornubianitas de Escazu (Tmp-ce); Fm. Grifo Alto (TQ-ga); Fm. Lavas Intracanon (Qv4); Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente (Qv3); Fm. Orotina (Qv2); Fm. Barva (Qv1); Depósitos Lacustres (QI); Calizas deslizadas (Qc); Lahares y cenizas (QvI); Depósitos aluviales y coluviales recientes (Qal).

Elaboro: Lic. Luis Guillermo Salazar M.  
GEOLOGO U.C.R.  
Colegiado 175 C.G.C.R.  
Modificado de Denyer y Arias, 1991.

### **3.3. Geomorfología Burío**

#### **Formas de sedimentación aluvial y lacustre**

Su origen está en el relleno efectuado por los ríos y quebradas con influencia coluvial o sin ella. En algunos casos ha existido aporte marino en forma de viejas líneas de costa y antiguos lagos, que podrán haber sido arenosas o pantanosas. Se distribuyen al pie y en la Cordillera Central.

El abanico aluvial de Aserrí, se localiza en el flanco norte de la Cordillera de Talamanca, se extiende desde el Sur de Aserrí y se extiende al noreste. Es un abanico multiapice, de oeste a este, lo han formado los ríos Lajas, Poas, Suerre, Curubres, Cañas, cada uno de ellos con varias quebradas como afluentes. Cubre un área total de 6,1 km<sup>2</sup>, extendiéndose hasta los poblados de San Juan de Dios y San Rafael Arriba de Desamparados. Tiene unos 5 km de lago y un ancho máximo de 3 km. En la superficie, hay abundancia de antiguos canales abandonados lo que ocasiona un microrelieve muy irregular. Sus espacios interfluviales son amplios, más 200 m.

Está compuesta por fragmentos sub-angulares de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, traídos por las corrientes de lodo, producto de los deslizamientos que afectan las laderas al sur de Aserrí. Presentan una selección por tamaño, en relación directa a la distancia del centro de emisión (dentro de una matriz arenosa gruesa).

Su origen se debe a sucesivos aportes de los ríos que descienden de los Cerros de Escazú, los cuales acumulan grandes cantidades de materiales en sus partes más planas.

Su edad se remota a finales del Pleistoceno y llega al Presente.

#### **Formas originadas por la acción intrusiva**

La presencia de rocas intrusivas, o efectos secundarios como silificación y brechificación, junto con la acción de erosión diferencial posterior ha contribuido a originar la siguiente forma.

#### **Cerros de Escazú**

Se localiza al sur de Escazú y se extiende hacia el W.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Se caracteriza por poseer laderas de altas pendientes en muchos casos verticales, las divisorias son angostas y afiladas.

Los tipos de rocas que se presentan son sedimentarias, como areniscas y lutitas, de las intrusivas (dioritas, granodioritas y gabros), en forma de stokos y diques, lavas y metamórficas, de tipo corneanas, producto de un metamorfismo de contacto.

Se ha originado por el ascenso de los cuerpos intrusivos, de los denominados intrusivos de Escazú y Talamanca, con sus diferentes facies (básica y ácida).

Su edad es posiblemente Mioceno Superior-Plioceno.

**FIGURA 3.3MAPA GEOMORFOLOGICO**

### **Formas de origen tectónico y erosivo**

El conjunto de formas aquí agrupadas, debe su origen al movimiento ascendente y la subsiguiente erosión. Desde luego, algunas unidades podrían ser agrupadas en la cuarta categoría.

### **Cordillera de Talamanca**

Constituye el eje del país desde la parte central hasta la frontera de Panamá. Ocupa aproximadamente la mitad del país, internándose en territorio panameño. Su máxima elevación, el Cerro Chirripó con 3820 m. Tiene valles profundos con laderas de pendiente fuerte. Las divisorias son angostas. Su estructura es complicada por la presencia de pliegues y fallas. En las áreas marcadas con 7.6p, son abundantes los pliegues, algunos de los cuales han sido investigados en busca de petróleo. Grandes fallas se localizan en ella, como la de Telire, Chirripó y Ayil. Entre Cartago y el Cerro de la Muerte, la carretera interamericana corre por su cima, la cual recorre grandes espacios de terrenos planos, los cuales según Weyl, 1952, son retazos de una penillanura levantada y erosionada y presenta los rasgos de glaciación en sus cimas más altas.

El flanco sur es más abrupto que el del norte que cae hacia el Atlántico. Hacia el Valle del General, este sirve de límite entre ella y la Cordillera Costeña, pero hacia el norte, la separación de ambos es sumamente difícil ya que sus formas se unen y se pierde la identidad de cada una.

Las rocas más viejas de esta Cordillera parecen ser las de las Formaciones Tuis y Brito, del Eoceno y como rocas más jóvenes se encuentran las la Formaciones de Suretka de edad Plioceno. Intrusiones ácidas y básicas son frecuentes en la cordillera, así como rocas volcánicas. La meteorización es muy profunda en todas partes, dependiendo desde luego de la pendiente del terreno. La forma de la cordillera está grandemente influenciada por la presencia de pliegues y fallas, lo mismo que por la diversidad de rocas. La mayor parte de los pliegues siguen un rumbo paralelo a la cordillera o sea NW-SE, afectados por fallas.

El origen de la cordillera, ha sido magníficamente relatado por Weyl (1978), de lo cual se hace aquí un resumen:

La sedimentación marina ocurrió hasta el Mioceno Medio, se inició el ascenso y plegamiento durante el Mioceno Medio al Superior. Se inició luego un plutonismo con magmas ácidos y básicos originando las intrusiones, el cual posiblemente llegó hasta el Plioceno.

La cordillera debe haber emergido y se levantó durante el Plioceno, por lo que la erosión que dura hasta el presente, se puede haber iniciado desde principios de esa época adquiriendo en este mismo Período la forma alargada en dirección NW-SE.

#### **Formas originadas por remoción de masa**

Estas formas son originadas principalmente por el movimiento del terreno a consecuencia de la intensa meteorización de las rocas, al mal manejo de los suelos y a la actividad humana.

Los principales movimientos de masa son:

#### **Deslizamiento Burío**

El deslizamiento se localiza al Sur de Aserrí, en la divisoria de aguas de la cuenca del río Curubres.

El deslizamiento está limitado por el río Curubres al Noroeste y la quebrada Suarez al sureste. Se compone de varios bloques de terreno que se movilizan al NE, principalmente, posee escarpes de erosión de casi 100 m en la Finca San Diego en la calle Azulillos, se estima acá que cubre alrededor de 37,3 km<sup>2</sup>.

Los tipos de rocas aflorantes son areniscas, lutitas, diques andesítico-basálticos e intrusivos gabroicos en su parte media – baja, constituyéndose como el basamento de la zona.

Su origen se relaciona con la mala calidad de las rocas que se han indicado, así como por las altas pendientes de la zona, las lluvias intensas parecen ser un elemento disparador de sus repetidos movimientos en los últimos años.

Su edad es posiblemente del Holoceno

### 3.4. Pendientes

Las pendientes se han calculado en grados con el programa libre ILWISS 3.4, ya que una vez aplicada la metodología de Van Zuidam (1985), las mismas se clasifican en 7 categorías diferentes, las cuales a su vez, están relacionadas con procesos erosivos. Las pendientes se representan en el mapa respectivo, las mismas alcanzar valores extremos de 0 a 79 grados, los valores más bajos se localizan al norte del área y los más altos en las serranías del sur.

#### Pendientes y erosión

Las pendientes han sido reclasificadas de acuerdo con la metodología planteada por Van Zuidam (1985), ver cuadro3.1y grafico 3.1. Así como en el respectivo mapa (figura3.4).

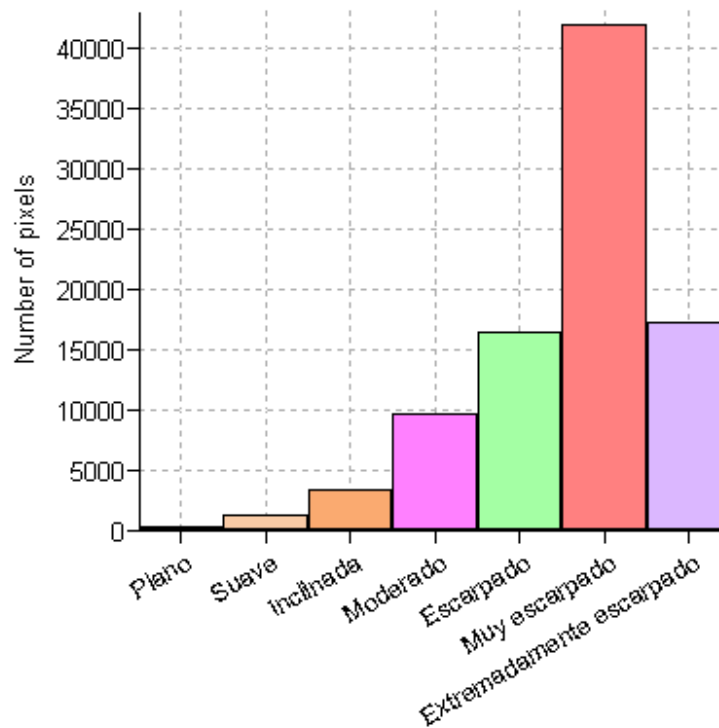
**Cuadro3.1**  
**Las clases de pendientes, los procesos, las condiciones y características previstas del terreno.**  
**Van Zuidam, 1985.**

<i>Clase</i>	<i>Rangos de pendientes</i>	<i>Procesos y condiciones característicos del terreno</i>	<i>Valor asignado para la modelización</i>	<i>Área cubierta kilómetros cuadrados</i>
I	0 – 2	Plano ó casi plano (completamente.) Ninguna denudación apreciable, se puede transitar y labrar sin dificultad alguna, bajo condiciones secas.	0	0,30
II	2 – 4	Inclinación suave. Se dan los movimientos de masa de baja velocidad de diversos tipos, en el ambiente pluvial (lluvia) la erosión laminar y surcos). La labores agrícolas se pueden llevar a cabo con máquinas agrícolas grandes, se recomienda arar paralelo a las cuestas, accesible para los tractores de oruga y otros los vehículos. Peligro de la erosión.	0	1,38
III	4 – 8	Pendientes inclinadas. Condiciones algo similares a la anterior, más difícil de trabajar en agricultura. Peligro severo de la erosión del suelo.	1	3,62
IV	8 – 16	Moderado escarpado. Los movimientos masa de todo tipo, la escorrentía forma erosión laminar y surcos, también se da la reptación y de vez en cuando hay deslizamientos. El cultivo es imposible sin las terrazas. Existe dificultades para los tractores de orugas y apenas accesible para otros vehículos. Peligro de la erosión y de deslizamientos del suelo.	2	10,68
V	16- 35	Escarpado. Procesos intensivos de denudacional de diversas clases (erosión bajo la cubierta del bosque, reptación y deslizamientos. Posibilidades limitadas de labrar el suelo y de conducir, el caminar es difícil y vigoroso, el cultivo de la tierra solamente se puede hacer en terrazas. Peligro extremo de la erosión del suelo.	3	18,22

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

VI	35 – 55	Muy escarpado. Afloramientos de roca, depósitos finos e incoherentes de talud, cayendo de la cara libre de roca. Labranza y conducción de vehículos son imposibles. El cultivo del bosque es posible.	4	46,68
VII	> 55	Extremadamente escarpado. Afloramientos de roca. Procesos fuertes de denudación, especialmente (erosión de la cara libre en roca en las montañas, peligro de caída de rocas. Los cultivos en este terreno son imposibles, se recomienda solo la permanencia del bosque.	5	19,12

**Grafico 3.1  
Histograma de clases de procesos erosivos**



Seguidamente se presenta el cuadro 3.2 el cual recopila las áreas para cada una de las diferentes categorías de pendiente en hectáreas y el peso porcentual de cada una de ellas dentro del área que abarca la cuenca.



**Cuadro 3.2**  
**Distribución relativa de pendientes del suelo de la cuenca del Río Curubres.**

<b>Pendiente</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje</b>
0-2	84,191	2.8%
4-8	6,894	0.2%
8-16	46,412	1.5%
16-35	451,116	14.8%
35-55	965,745	31.7%
55 y más	1,493,400	49.0%

En cuanto a las pendientes, se puede observar un predominio de altas pendientes en el proyecto, ya que predominan las que tienen más de un 35% que cubren un 80% de la microcuenca del río Curubres.

**FIGURA 3.4**MAPA DE PENDIENTES de la cuenca

### **3.5.. FACTORES DE DISPARO (LLUVIAS, ACTIVIDAD SÍSMICA).**

#### **3.5.1. Análisis de clima**

##### **Descripción Regional**

En el país se puede definir en forma general, la existencia de dos tipos de climas, el de la Vertiente Caribe y el de la Vertiente Pacífica, no obstante en forma general, por el régimen de lluvias existente, y el cual presenta dos máximas y dos mínimas de precipitación este tipo de clima se califica como Ecuatorial.

Costa Rica en su condición de territorio ístmico, así como por su posición latitudinal está determinada en lo que a clima se refiere por una serie de factores tales como: a) la existencia de un centro de bajas presiones, denominado vaguada ecuatorial o centro de convergencia y un centro de altas presiones o anticiclón de Las Azores; b) temperaturas elevadas ocasionadas por la perpendicularidad con que caen los rayos solares; c) precipitaciones abundantes superiores a 1500 mm anuales, d) predominio de un ambiente marítimo

La circulación atmosférica se ve influenciada por los elementos del clima tales como presión atmosférica, centros de acción y los vientos. Los centros de acción son bases que controlan la circulación atmosférica de los vientos. Están constituidos por los anticiclones o altas presiones y las depresiones o bajas presiones. Los anticiclones despiden aire que llega a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), por lo tanto los vientos soplan de las altas a las bajas presiones.

En el caso de Costa Rica esta circulación está dominada por los vientos alisios del noreste o del Atlántico y del suroeste o del Pacífico. Durante el invierno en el hemisferio norte (diciembre, enero, febrero y marzo) existe una zona de alta presión en las latitudes subtropicales, tanto en el continente norteamericano, como en el océano cerca de las islas Bermudas, en ese momento la ZCIT se ubica al sur de Costa Rica y todo el territorio es afectado por los vientos alisios del noreste.

Durante el verano en el hemisferio norte, los alisios del noreste disminuyen su velocidad e influencia al disminuir la presión en los anticiclones y al ubicarse la ZCIT cerca de Costa Rica, así los

vientos ecuatoriales del suroeste que se originan en el anticiclón del suroeste, van a afectar el país especialmente en la vertiente pacífica.

El país es influenciado por los vientos alisios que se originan en las altas presiones subtropicales, los cuales describen una trayectoria hacia la vaguada ecuatorial señalada anteriormente y la que por efecto de la rotación de la tierra, adquieren una dirección noreste con rumbo suroeste.

Sin embargo es conveniente señalar que existen elementos locales que modifican esta circulación atmosférica tales como el relieve y la condición ístmica señalada anteriormente. El eje montañoso que atraviesa el país con dirección noroeste sureste y con altitudes entre los 1500 y 3820 msnm, constituye una barrera que intercepta perpendicularmente los vientos alisios de ambos lados tanto Pacífico, como Caribe, originando dos vertientes bien contrastadas.

El carácter ístmico del territorio favorece la relación tierra océano, desarrollándose brisas de tierra mar que provocan lluvias locales en diversas partes del país y permiten a la vez, que disturbios que se generen en el Caribe afecten la región montañosa y el lado Pacífico y viceversa.

#### **Descripción Local**

Basados en las condiciones orográficas presentes en el área, podemos citar que en la misma se origina una zona climatológica bien definida, la cual presenta las características que se describen a continuación.

#### ***Clima: Templado/Seco/Húmedo/Muy Húmedo***

La zona pertenece al Valle Central Occidental, en donde las temperaturas son en los meses de marzo y abril y presentan una mayor variación anual que en el Valle Central Oriental.

Las lluvias son en general desde el mes de marzo y finalizar en diciembre, con un veranillo que podría extenderse desde los meses de julio hasta setiembre

En términos generales, la precipitación media anual oscila alrededor de los 2286 mm distribuida esencialmente en el período comprendido entre Abril y octubre. Las temperaturas registradas promedio se ubican entre los 19º C de temperatura media, mínima de 14º C y máxima de 24º C.

#### **Análisis de principales variables climáticas**

A continuación se hará un análisis de las principales variables climáticas y de las cuales se dispone de información, esta corresponde a la Estación Aserrí.

#### **Temperatura**

Costa Rica posee una posición geográfica (10º Norte en promedio), que hace que cada día el sol se eleve muy alto en el horizonte, describiendo una trayectoria que pasa muy cercana al cenit, durante todos los meses del año. Como consecuencia, los rayos solares llegan con gran perpendicularidad y hacen que la radiación solar anual recibida sea muy alta.

Esta radiación recibida durante el año por la superficie del territorio costarricense, hace que las temperaturas sean en general superior a los 18º C, con excepción de las partes altas del relieve, en donde se registran temperaturas menores.

Con relación a la temperatura máxima tenemos que en los meses de mayo y setiembre, sin embargo las variaciones anuales son en general de un promedio de 1.38 ºC entre máximas y mínimas

#### **Brillo Solar**

La insolación es el número máximo de horas de sol que es posible, el cual está determinado por el movimiento de traslación del sol en relación con la tierra. El número de horas de sol que se registran en un punto cualquiera depende de la latitud, de la época del año, del espesor de la capa de nubes, de la transparencia de la atmósfera, del contenido de humedad y la latitud del lugar.

En el caso específico de análisis tenemos que el promedio de horas sol anualmente es de 6 horas.

## **Viento**

El viento es uno de los parámetros meteorológicos que incide más en la modificación del clima de un lugar, ya que transporta las masas de aire de un lugar a otro, lo que provoca cambios positivos o negativos en las condiciones climáticas.

La dirección del viento se da en función de la dirección predominante de donde viene la masa de aire. Según los datos disponibles se tiene que la dirección predominante del viento en las cercanías al área de estudio presenta un componente a saber, o sea la dirección predominante es del este durante todo el año, sin embargo el período de noviembre a abril, cuando las precipitaciones disminuyen, se presentan velocidades de 12 km/h, mientras que el resto del año se presentan velocidades de alrededor de 9 km/h.

### **Caracterización del clima**

Finalmente y tomando como base el criterio expuesto por Herrera, así como las condiciones meteorológicas presentes en la zona podemos señalar que estas equivalen a un clima subhúmedo seco, muy caliente, con un período o períodos de gran exceso de agua, las principales características son:

Precipitación anual en mm:	2286
Evapotranspiración potencial (anual) en mm:	1429
Temperatura promedio anual C°:	Med=19, Max=24, Min=14
Época de exceso de agua:	Junio, Julio, Agosto, Setiembre y Octubre
Estación seca (con déficit de agua):	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril

Ver **Anexo 1 (Análisis de Parámetros climáticos)**

**FIGURA 3.5CLIMA DE ASERRI**

### **3.5.2. Fallamiento**

Esta zona de Costa Rica tuvo una historia tectónica activa, pero hoy, está en un estado de relativa calma tectónica, por lo que no existen muchas evidencias recientes para trazar las fallas en los mapas, unido a esto las mismas solo se observan en las rocas, cuya edad no permite concluir mayores cosas al respecto, de las mismas, solamente su existencia, pero no su edad ó rupturas recientes; se incluye la descripción de varias variadas que están muy cerca del área de estudio, ya que estas generar sismos e intensidades sísmicas que pueden afectar a la subcuenca en estudio. Una falla geológica se define como una zona tridimensional de la corteza terrestre que limitan dos bloques de la misma que se mueven entre sí relativamente, esto quiere decir que tienen: ancho, largo y espesor, característicos para cada una de ellas. El movimiento de ellas normalmente es mixto, o sea: normal o inversa con desplazamiento de rumbo, etc.

**Falla Alumbre:** tiene un rumbo N55E, tiene una longitud de 13,4 km.

**Falla Higuito:** se localiza cerca del poblado del mismo nombre, tiene un rumbo N51W, en algunos sectores está cubierta por depósitos recientes, es normal con el bloque NE hundido, y posee un comportamiento dextral. Tiene unos 21 km de largo.

**Falla Jaris:** tiene un rumbo N52W. Tiene una longitud de 32,5 km.

**Falla Pacacua:** posee un rumbo NW, y una componente principal de tipo siniestral, con un bloque NW deprimido. Posee una extensión de 10,8 km y un rumbo N54E.

**Falla Resbalón:** tiene un rumbo N53W. Tiene una longitud de 11,7 km.

**Falla Salitral:** es un falla de desplazamiento de rumbo siniestral, de 12,6 km de largo; con un componente normal, y el bloque SE deprimido. En su extremo NE está cubierto por depósitos cuaternarios. Tiene un rumbo N37E.

**Falla San Antonio:** tiene un rumbo N53W, y una extensión de 5,8 km. Tiene un desplazamiento de rumbo dextral.



**Falla Tablazo:** es una falla normal de rumbo NE-SW, con el bloque SE deprimido. Posee una extensión de 16,4 km y junto con la Falla Alumbre son las posibles causantes del terremoto del Tablazo del 13/04/1910. Tiene un rumbo N47E.

#### **Efecto del movimiento de las fallas tectónicas**

Al moverse las fallas de esta zona liberan una gran cantidad de energía elástica, que se dispersa en forma aleatoria en el terreno, en ese momento se indica que se produce un sismo local, con una fuente intraplaca, normalmente asociadas a una intensidad sísmica alta, debido a poca profundidad de foco o fuente sísmica. La distribución de las fallas se observa en el mapa geológico tectónico.

Con base en las siguientes ecuaciones se ha calculado la máxima magnitud de un sismo máximo para cada una de las fallas de la zona, la cual puede ser observada en el cuadro 1, en el cuadro 2 se observa como un sismo de estos tendría un tiempo máximo de aceleración, así como la intensidad sísmica posible.

El sismo teórico se calcula con base en fórmulas empíricas, las cuales se basan, principalmente en la longitud de las mismas, estas se utilizan de acuerdo a las características tectónicas de las fallas.

- (1)  $M_s = 6,04 + 0,708 \log L$  (para cualquier falla)
- (2)  $M_s = 6,24 + 0,619 \log L$  (fallas normales)
- (3)  $M_w = 5,08 + 1,16 \log L$  (para cualquier falla)
- (4)  $M_w = 5,00 + 1,22 \log L$  (para fallas inversas)
- (5)  $M_w = 5,16 + 1,12 \log L$  (para fallas de desplazamiento de rumbo)

Nota: L en todos los casos es la longitud de la falla en kilómetros.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro 3.3  
Relación entre la longitud de las fallas y su potencial evento sísmico**

Nombre de falla	Tipo de falla	Longitud (km)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Falla Agua Caliente	S	5,4					5,99
Falla Alumbre	N	13,4		6,94			
Falla Cipreses	I	4,9				5,85	
Falla Higuito	D	21,1					6,64
Falla Jaris norte	D	27,6				6,76	6,77
Falla Jaris sur	D	6,0					6,03
Falla Pacacua	S	10,8					6,32
Falla Patio de Agua	?	10,1	6,75		6,25		
Falla Resbalón	D	11,6					6,36
Falla Río Azul	?	4,6	6,51		5,85		
Falla Salitral	S	12,6					6,39
Falla San Antonio	D	5,7					6,01
Falla Tablazo	D	16,3					6,52
Falla San Sebastián	I	5,4			5,94	5,90	
Falla La Mesa	D	15,6			6,47		6,50
Falla Queb. Colorada	N	5,6	6,57	6,71			
Falla Loma León (i)	I	9,8	6,74		6,23	6,01	
Falla Delicias (s)	S	6,7					6,09
Falla Chirracá (I)	I	9,8	6,74		6,23	6,21	
Falla Maquina Vieja	?	5,8	6,59		5,97		
Falla Alto	?	6,1	6,60		5,99		
Falla La Mesa (sur)	D	5,3					5,98
Falla Delicias (sur)	D	4,6					5,91

**Nota:** Se analiza el efecto de otras fallas que se localizan lejos del sitio de investigación, sus efectos podrían ser parcialmente atenuados por la distancia a la fuente.

**Fuente:** Camacho, D et al 2002. Denyer & Arias, 1991. Montero, W, 1993.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro 3.4  
Escala de Intensidad Mercalli Modificado  
Con Base en Sauter, F., 1989; y Holmes & Holmes, 1980.**

G. I.	Grado de percepción del sismo	Tiempo (seg)	M. A. S.	M. E. M. I. A.
VII	Muy fuerte: se tiene dificultad en mantenerse parado; percibido por los conductores de vehículos en marcha; muebles se rompen; daños en mampostería; caída de mortero, tejas; ondas en embalses y depósitos de agua.	12		5,5-6,1
			1000	
VIII	Destructivo: daños de consideración y colapso de alguna mampostería; caída de chimeneas de fábricas, monumentos y tanques elevados; algunas ramas de árboles se quiebran; grietas en terreno húmedo y en taludes inclinados.			6,2
			2500	a
IX	Ruinoso: pánico general; daño de fundaciones, embalses y depósitos de agua; ruptura de tubería enterrada; grietas significativas visibles en el terreno.			6,9
			5000	
	Desastroso: la mayoría de las construcciones de mampostería y con base de pórticos destruidos; algunas construcciones de madera de buena calidad dañadas; puentes destruidos; grandes deslizamientos de tierra; el agua se rebalsa en los bordes de los ríos, lagos y embalses; rieles de ferrocarril deformados ligeramente.	24		7,0-7,3

**Nota:**

G.I. : Grado de Intensidad

M.A.S: Máxima aceleración del suelo (en mm/seg)

M.E.M.I.A.: Magnitud equivalente a la máxima intensidad alcanzada

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

**FIGURA 3.6      Mapa Geológico Tectónico**

### **3.5.3. Sismicidad**

La región de valles y serranías (arco interno y cuencas intra - arco) se caracteriza por el fallamiento local que origina eventos de magnitud moderada (M 6,5), pero destructivos, que han llegado a producir el mayor número de víctimas (Cartago, 1910) y de pérdidas materiales, con intensidades entre VII y IX (Montero, 1985) y aceleraciones entre 10 y 50% de la gravedad, de acuerdo con el rango de Sauter y Shah.

Fernández y Pacheco, 1998, indican que los sismos del Valle Central se localizan a un promedio de 12 km de profundidad. Tienen una magnitud máxima de 5,0 a 6,5; a estas fuentes se le asocian los mayores daños históricos en Costa Rica. Como los terremotos de Cartago (1910), Fraijanes (1888), podrían generar intensidades máximas de VII a IX y aceleraciones de 0,2 a 0,5 g.

La actividad sísmica de los últimos 200 años en el Valle Central, no indica un evento destructivo en el Valle Central de Costa Rica y mucho menos en el área de estudio. El terremoto más dañino que ha afectado esta área, se dio el 18 marzo de 1851, con epicentro en Alajuela, este produjo una intensidad máxima de VIII, provocando daños en 145 casas, su magnitud ha sido estimada en 5,4 a 6 Ms.

Los eventos sísmicos generados en la zona de subducción (choque entre placas), pueden ser sentidos de manera considerable, sin embargo la posibilidad de que causen daños graves es remota, debido a su profundidad en esta área de Costa Rica.

De acuerdo con Montero, 1994, la intensidad máxima posible para esta área de Aserrí es de VI y VII grados en la escala de Mercalli Modificada, la aceleración del suelo oscila entre 17 y 20% de la gravedad terrestre. Y el mismo cataloga en general el suelo del área como un suelo blando. De acuerdo con lo anterior y al Cuadro 2 este tipo de eventos podrían generara un tiempo máximo de aceleración entre 12 y 24 segundos, ver Mapa de Intensidad Sísmica. Figura 3.6.

En cuanto a los efectos que produciría un evento sísmico cercano al Cantón pueden mencionar.

- Intensidades máxima reportadas de VI y VII, Montero, 1994.

- Aceleración del suelo máxima entre 1 a 2,5 m/s<sup>2</sup>.
- No se prevén amplificaciones del suelo debido a su dureza, Montero, W, 1994.

### **Actividad Sísmica**

La actividad sísmica es otro de los factores de disparo más comunes en nuestro país debido a las condiciones de tectónicas en la cuales estamos inmersos. Unas laderas con una alta pendiente, en suelos con ciertas características como materiales con poca cohesión, saturadas de agua y con sobreuso, sometidas a las cargas dinámicas generadas por un sismo podrían activar un deslizamiento. Los factores que afectan la respuesta de una pendiente ante un sismo son:

- La magnitud de las aceleraciones sísmicas
- Su duración
- La fuerza dinámica del material en la pendiente
- La inclinación de la pendiente

En la tesis de Mattias y Jansson (1999) se calculó un coeficiente de aceleración para sismos en la zona de El Burío de 0,1g, calculada a partir de la ecuación realizada por Rojas y Cowan (1993) que toma como punto de referencia 89 terremotos ocurridos en América Central.

El factor de seguridad es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. Según Mattias y Jansson (1999) en el caso de El Burío cuando el nivel de agua subterráneo es 1 metro bajo el nivel del suelo, el factor de seguridad tiene un valor de 1,00, lo que equivale a que toda la zona de deslizamiento se empiece a mover. Cuando de agua subterránea baja hasta los 3,5 metros (nivel de agua que encontraron estos investigadores en la zona de estudio), el factor de seguridad tendría un valor de 1,314, lo que significa que la pendiente tiene un 31% de límite de seguridad para que se dé el movimiento.

Figura 3.7 Mapa de intensidad sísmica

#### **3.5.4 Características hidrográficas**

Tal y como en su momento se señaló, el sistema fluvial de la cuenca del río Curubres, es tributaria a la cuenca del río Cañas, la cual corresponde a la Vertiente del Pacífico de nuestro país.

Esta cuenca es drenada por el río Cañas junto a sus afluentes: el río Curubres, y su afluente la quebrada Suarez, y el río Suerre y su afluente la quebrada Piedra; el río Cañas posee además otros dos cursos pluviales, como son las quebradas Ricardo y Quebradas. Estos ríos nacen en la ladera noreste de los cerros Escazú presentan una dirección de suroeste a noreste, y finalmente se unen al río Virilla. Desde el punto de vista hidrológico es de un orden seis, por lo que es sumamente drenada mayormente en la parte alta donde se presenta un mayor número de afluentes, que erosionan y drenan hacia la parte baja de la cuenca.

Como se señaló anteriormente el río Curubres inicia su recorrido desde los cerros de Escazú, por el sector del Alto Hierbabuena a una altitud de alrededor de 2.318 msnm, es precisamente en este sector, donde se observa las nacientes. También en esta parte se encuentran las tomas de agua para la ciudad de Aserrí y alrededores.

En la parte alta de la cuenca, que corresponde al distrito de Aserrí, el río Curubres presenta una pendiente promedio de 19,42%. La calidad del agua en cuanto a color y claridad cambia notoriamente a partir de la parte media hasta la parte baja de la cuenca (Barrio Lourdes) en deficientes condiciones de calidad, debido a las aguas de desecho, aguas negras domiciliarias, y drenes. En época lluviosa, el caudal sube notoriamente, tomando el agua del río un color marrón debido a los sedimentos que arrastra

En cuanto al río Curubres, nace de la parte alta de la cuenca, al sureste de la misma, en el distrito de Aserrí, a una altitud de 2200 msnm, y recorre parte del distrito de Aserrí, uniéndose al río Cañas en el distrito del mismo nombre, a una altitud de 1 310 msnm. En su corto recorrido de 4,581 km, recoge sedimentos y las aguas residuales domiciliarias. Cabe indicar que este es el río que pasa por el centro de Barrio Lourdes, y las comunidades de Saúrez y Meza.

Por su parte el río Cañas, nace en la misma fila conformada por los Cerros de Escazú al suroeste de



la cuenca a una altitud de 1.620 msnm, y recorre todo el distrito de Salitrillo, desembocando al río Tiribí luego de los 13,8 Km. de recorrido a una altitud de 1 117 msnm. Se puede observar que gran parte del crecimiento urbano en este distrito se desarrolló a la rivera del río Cañas, trayendo con ello contaminación del río, ya que las aguas residuales domiciliarias se vierten en ella. Cabe agregar que existen muchas edificaciones que se levantaron dentro del cauce del mismo, o sobre la zona de reserva existente por ley.

Haciendo una comparación visual entre los tres ríos de la cuenca del río Cañas en este sector, se evidenció que este, es el que presenta mayor contaminación de sus aguas, tanto por las aguas negras y las basuras que se vierten en sus aguas.

#### **Cuenca del Río Cañas**

La cuenca del Río Cañas hasta la altura de San Juan de Dios de Desamparados, posee un área total de 19 km<sup>2</sup>. Entre sus afluentes están de oeste a este, los ríos Poas, Parruás y Suerre, al Sur el Curubres, que junto con el río Cañas conforman esta cuenca. A continuación se presenta un detalle más pormenorizado de lo señalado

**Cuadro3.5**  
**Área de las subcuencas que drenan en la cuenca del río Cañas**

<b>Subcuenca</b>	<b>Área (km2)</b>
Río Curubres	4,00269364
Río Parruás	2,01895768
Río Poas	8,00002563
Río Suerre	3,43072641
Río Cañas	12,3095389
<b>Total</b>	<b>29,7619423</b>

**FIGURA 3.8 MAPA DE SUBCUENCAS**

#### **4. EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO DEL SECTOR SUR DE ASERRI**

##### **4.1 Introducción.**

Se ha empleado la metodología para el estudio de la susceptibilidad al deslizamiento, denominada método Mora-Vahrson-Mora (MVM) (Mora, R. et al., 2002), para establecer los sectores con potencial de presentar deslizamientos en caso de lluvias de intensidad alta, sismos de magnitud importante o una combinación de ambos.

Esta metodología permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos, la cual es sencilla de implementar en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se pretende dividir el área estudiada en sectores de comportamiento similar y proveer una base para entender las características de cada uno de estos sectores.

La metodología es simple, fácilmente recordada y entendible; cada uno de sus factores es claro y la terminología utilizada es ampliamente aceptada; incluye los factores más significativos desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas; se basa en parámetros que pueden determinarse de manera rápida y barata en el campo y en la oficina, así como, en valoraciones que incluyen el peso relativo de los parámetros.]

Los mapas generados con esta metodología se utilizan y aplican como instrumentos en la toma de decisiones para los procesos de planificación del uso del terreno, explotación de recursos naturales y el desarrollo de infraestructura, urbanismo y líneas vitales (Mora, R. et al., 1992). El resultado de su aplicación será una mejor comprensión de los fenómenos naturales en el área de estudio, lo cual incide en su desarrollo eficiente y duradero (Mora, R. et al., 1992).

La metodología permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento de la región estudiada y de los fenómenos que influyen mayormente esta condición (Mora, R. et al., 1992). Es valiosa en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto al destino de los recursos destinados hacia estudios geotécnicos de detalle (Mora, R. et al., 1992).

Bajo ninguna circunstancia, esta metodología debe sustituir los estudios geotécnicos de campo y laboratorio, necesarios para el diseño y concepción de las obras civiles y sus complementos de protección y mitigación correspondientes (Mora, R. et al., 1992). Adicionalmente, fuera de un concepto general, la metodología tampoco es capaz de pronosticar el tipo de deslizamiento que podría presentarse. Información complementaria se puede ver en el **Anexo N° 2**.

#### **4.2. Resultados para la zona al sur de Aserrí.**

El área de estudio comprende la zona ubicada al Sur de Aserrí, en la Provincia de San José, Costa Rica.

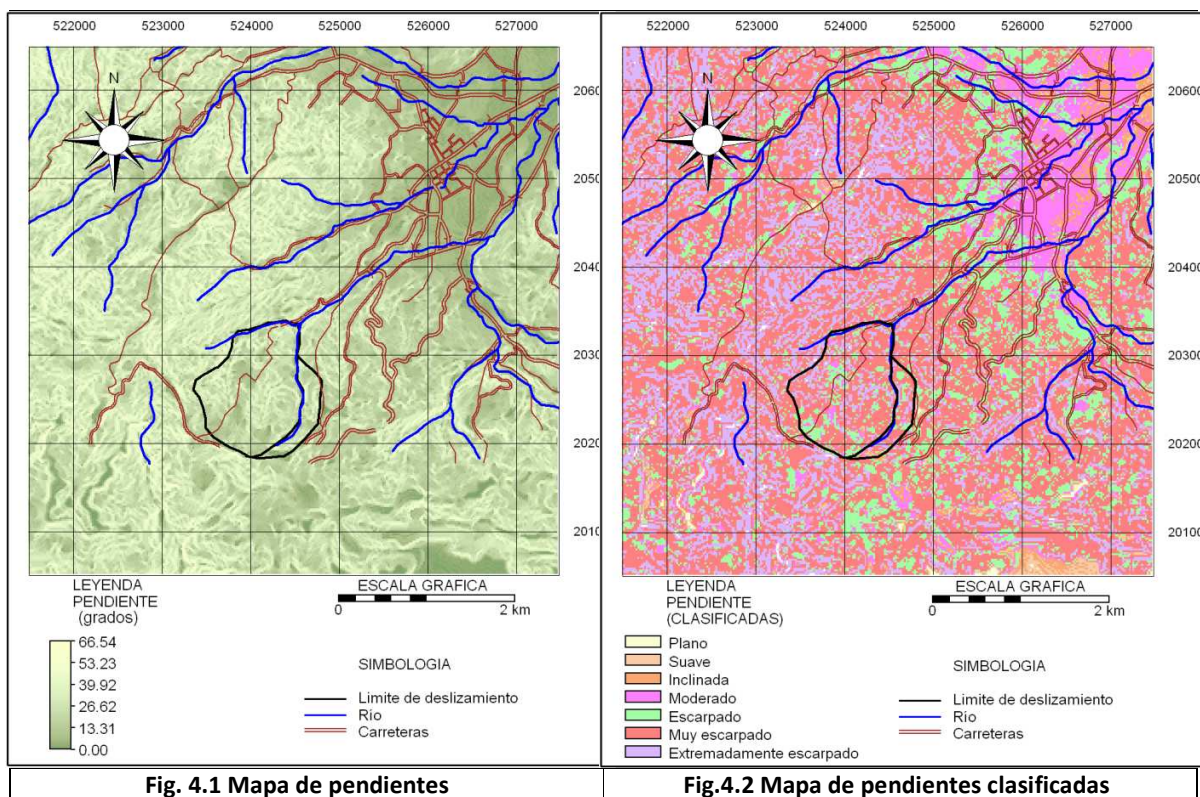
##### **4.2.1 Valoración de los factores pasivos**

###### **Análisis de pendientes**

- Esta zona se caracteriza por presentar una predominancia de pendientes medias a muy fuerte (84.1% del área), según la clasificación de van Zuidam (1986), las cuales se asocian con la forma del terreno característica del lugar: rocas de las formaciones Peña Negra y del Intrusivo de Escazú y las Cornubianitas del mismo nombre.
  
- En un segundo plano aparecen las pendientes de muy fuertes a extremadamente fuertes (12,1% del área), asociadas los cerros de Escazú y especialmente a las cornubianitas de Escazú. Las pendientes bajas a planas representan un 5,3 % del área y corresponden con los sectores de transición entre los dos grupos antes mencionados, hacia el piso volcánico del Valle Central, está representado por depósitos de clásticos de deslizamientos y rellenos aluviales.

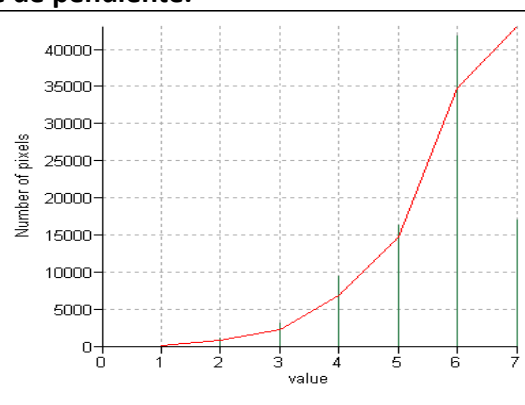
La figura 4.1 muestra la clasificación de pendientes y su valoración ver fig. 4.2, de acuerdo con el método MVM. En el cuadro 4.1 se observa el porcentaje de área cubierta por cada clase de pendiente.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**



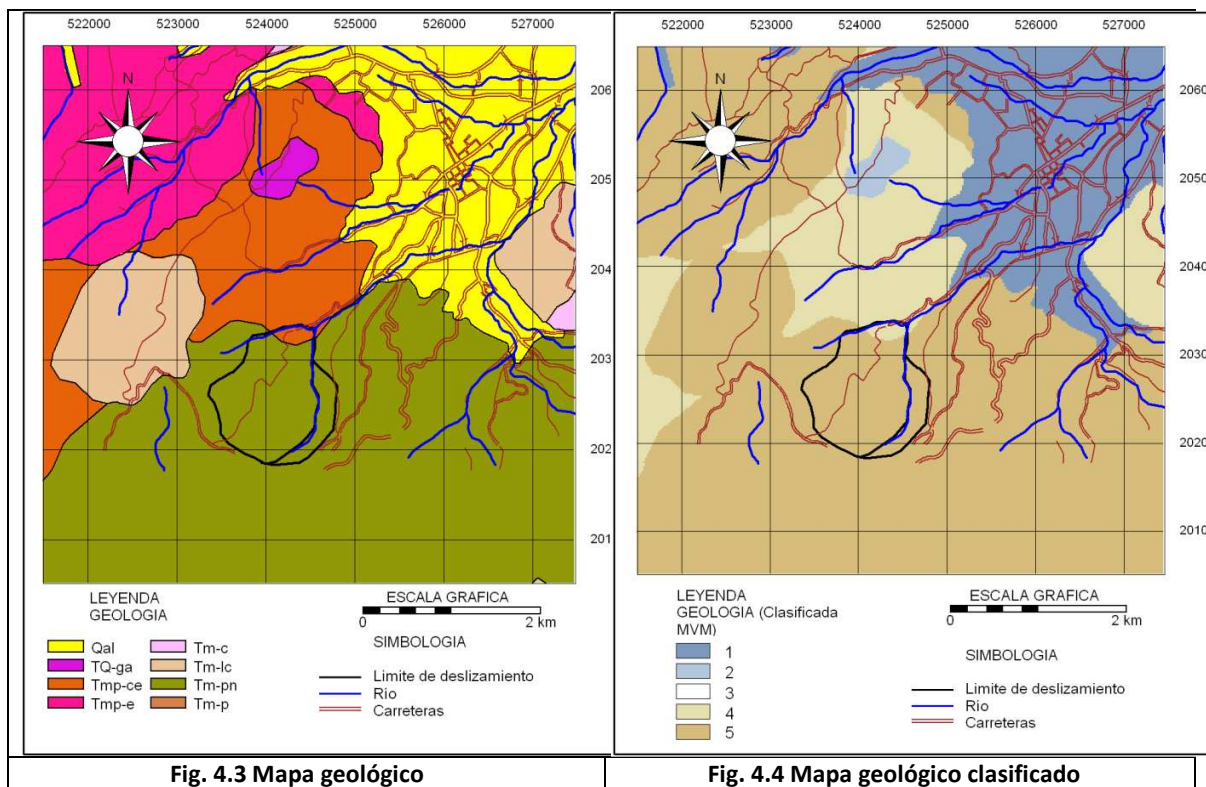
**Cuadro4. 1**  
**Porcentaje de área por clase de pendiente.**

Clase de pendiente	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [km <sup>2</sup> ]	% de área
Planicie	108400	0,11	0,30
Pendiente muy baja	493600	0,49	1,37
Pendiente baja	1300800	1,30	3,62
Pendiente media	3835600	3,84	10,68
Pendiente fuerte	6541200	6,54	18,22
Pendiente muy fuerte	16763200	16,76	46,68
Pendiente extremadamente fuerte	6864800	6,86	19,12
<b>Total =</b>		<b>35,91</b>	<b>100,00</b>



**Análisis de la geología**

La geología de se caracteriza por la presencia de depósitos de origen sedimentario del Terciario, ígneos – intrusivos y metamórficos del Plioceno y depósitos del Cuaternario (Denyer & Arias, 1991). Cada unidad geológica se clasificado de acuerdo con los cuadros propuestos por Mora (2002), empleando la clasificación de macizos rocosos RMR (Bieniawski, 1989).



**Análisis de la humedad**

El parámetro de humedad del terreno se ha evaluado con los datos de cinco estaciones localizadas en el flanco norte de los Cerros de Escazú, todas pertenecientes a la Cuenca del Río Tárcoles y que cubren gran parte de la Hoja Abra, todas estas pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional (IMN). En el cuadro siguiente se resume la información correspondiente al Método MVM (1992)

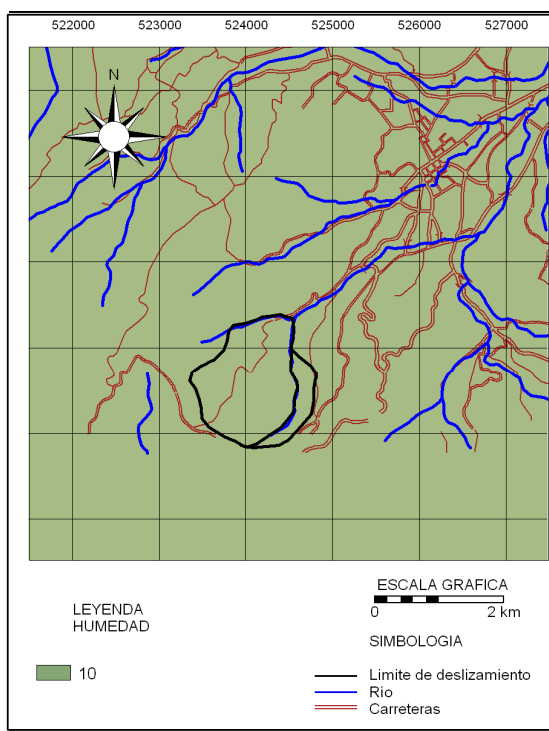
**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

parámetro Sh. La clasificación final del parámetro de humedad es de 3, lo cual indica una influencia de baja a media del mismo en lo que respecta a la susceptibilidad al deslizamiento.

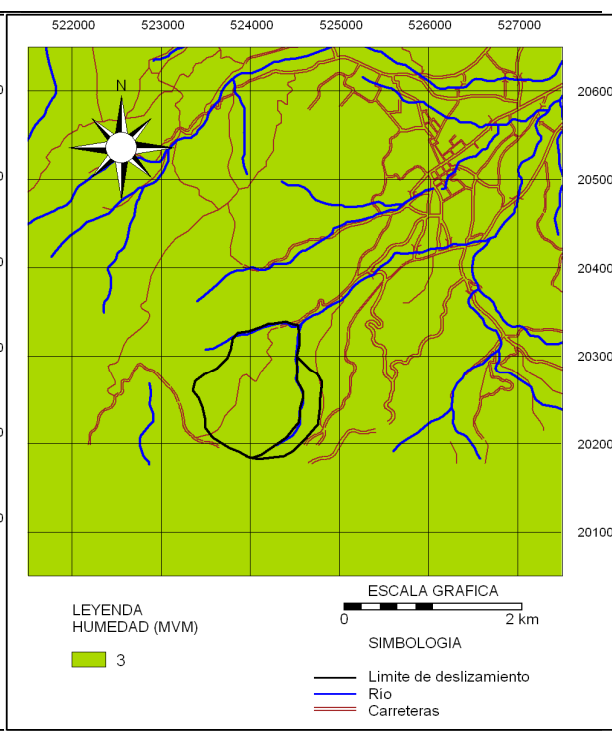
De acuerdo a la ubicación geográfica de las mismas y con el fin de estimar el valor de humedad para el área de Aserrí se utilizó en método de polígonos de Thiessen para interpolar la influencia de acá estación en su entorno geográfico.

**Cuadro 4.2  
Valoración de la humedad**

Estación		Humedad		Valoración del parámetro S <sub>h</sub>
Numero	Nombre	Total	Clasificado	
84035	Los Sitios	11	3	Medio
84037	San Antonio	12	3	Medio
84038	Salitral	8	2	Bajo
84066	Chiverral	10	3	Medio
84082	Matinilla	12	3	Medio



**Fig. 4.5 Mapa de humedad del terreno**



**Fig. 4.6 Mapa de humedad del terreno clasificado**

**Análisis de la geomorfología**

Con base en la geomorfología regional y local, se han definido las siguientes unidades

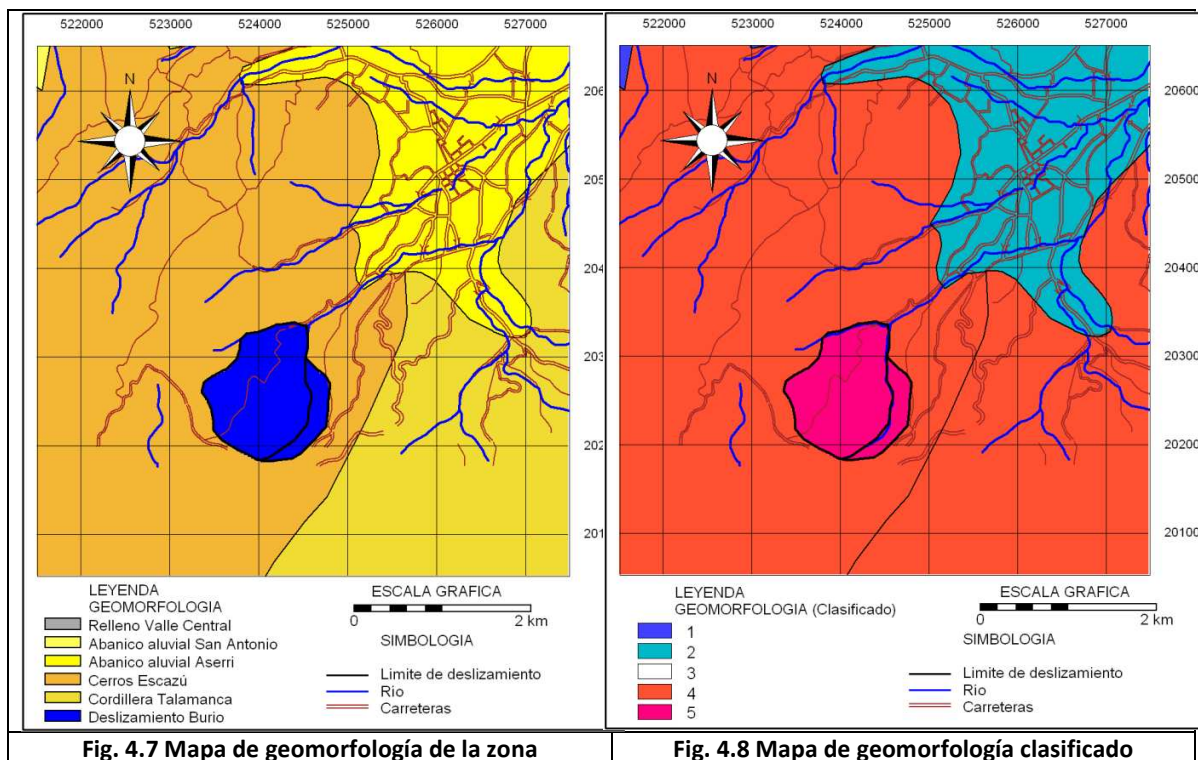
**Fluviales:** Abanico Aluvial Aserrí, Abanico Aluvial de San Antonio.

**Denudativas:** Cerros de Escazú y Cordillera de Talamanca, así como la unidad ya conocida como lo es, el Deslizamiento de Burío.

Luego se clasificaron las morfologías de acuerdo con las últimas variaciones del Método MVM (2002), ver figs 4.7 y 4.8

**Cuadro 4.3  
Valoración de la geomorfología**

Unidad	Valor asignado
Abanico aluvial de San Antonio	1
Abanico aluvial de Aserrí	2
Cerros de Escazú	4
Cordillera de Talamanca	4
Deslizamiento de Burío	5





#### 4.2.2 Valoración de los factores de disparo

##### Análisis de lluvias con 100 años de periodo de retorno

Para evaluar el parámetro de disparo por lluvia ( $D_{II}$ ) se utilizaron los datos de las estaciones Matinilla, Salitral, San Antonio, Chiverral y los Sitios, tomando los valores extremos anuales de lluvia en 24 horas y aproximando las distribuciones de valores extremos por método Gumbel tipo I (Linsley et al., 1986). Los resultados se observan en el cuadro 4.4. En este caso el factor de disparo por lluvia tiene una influencia baja en el cálculo de la susceptibilidad y es constante para toda el área de estudio.

**Cuadro 4.4**  
**Valoración del parámetro de disparo por lluvias de intensidad alta ( $D_{II}$ ).**

Estación		Años de registro	Gumbel tipo I [mm]	Valoración del parámetro DII
Numero	Nombre			
84035	Los Sitios	n.d.	n.d.	n.d.
84037	San Antonio	n.d.	n.d.	n.d.
84038	Salitral	n.d.	n.d.	n.d.
84066	Chiverral	n.d.	n.d.	n.d.
84082	Matinilla	n.d.	179	2

##### Análisis de la intensidad sísmica

Después de analizar unos 18 sismos de gran importancia en Costa Rica, en las más conocidas zonas sísmicas del país, se ha comprobado acá, que prácticamente todas las zonas sísmicas, podrían generar una intensidad sísmica de Mercalli de VII grados, siendo estas zonas sísmica: Masachapa, Papagayo, Nicoya, Pacífico Central, Osa, Burica, todas ellas relacionadas con la zona de subducción, otras fuentes sísmicas son: Arenal-Tilarán, Valle Central, Cordillera de Talamanca, Limón y Limón Sur, así como Armuelles de Panamá. Luego de evaluar estos sismos y de superponer los datos de cada uno de esos mapas se obtienen valores para la zona, mayores a 7 y ligeramente menores a 8 grados en la escala de Mercalli modificada, ver cuadro 4.5. De acuerdo con Molina (1990) sismos con intensidades de VI o más podrían producir cambios en los movimientos de la masa, refiriéndose al deslizamiento de Tapezco, ver cuadro 4.6, por lo tanto cualquier sismos con esta intensidad local (zona de estudio) podría generar movimientos en el masa deslizada, sin importar la fuente sísmica.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro 4.5**  
**Valoración del parámetro de disparo por sismicidad D<sub>s</sub>**

Intensidad Mercalli-Modificada	Aceleración pico (%g) (Trifunac & Brady, 1975)	Valoración del parámetro D <sub>s</sub>
VII	17,7-35,4	7
VIII	35,4-70,5	8
IX	7,5-140,8	9

**Cuadro 4.6**  
**Sismos de gran magnitud que han afectado la zona de las hojas Abra y Caraigres en el siglo XIX y XX.**

Fecha	Magnitud Local (ML)	Prof. (km)	I max	Io Tapezco	Io Burío	Tipo de sismo
30-12-1888						Intraplaca Fraijanes
13 - 04 - 1910			VII	VI	VII	Intraplaca
04 - 05 - 1910			VII	V	VI	Intraplaca
21 - 02 - 1912			VII	IV	IV	Intraplaca
06-06-1912						Intraplaca Sarchi-Bajos del Toro
27 - 02 - 1916	7,5		VIII	V	V	Fosa Papagayo
24 - 04 - 1916	7,3		VII	VII	VII	Fosa Pacifico Central
26 - 04 - 1916	7,3		VIII		VI	Intraplaca Limón Sur
04 - 03 - 1924	7,0			VII	VII	Fosa Pacifico Central
01 - 08 - 1935			VII	IV	IV	Intraplaca Papagayo
05- 10 - 1950	7,7		VIII	VIII	VIII	Fosa Nicoya
30 - 12 - 1952			VIII	IV	IV	Intraplaca Patillos
7 - 01 - 1953	Ms = 5,5					Intraplaca Limón Sur
17 - 07 - 1956	8,2	96	VI	V	V	Fosa Pacifico Central
13 - 01 - 1959	5,8	88	VI	VI	VI	Fosa Pacifico Central
14 - 04 - 1973	6,5	10	VIII	VI	VI	Intraplaca Tilarán
23 - 08 - 1978	7,0	25	VI	V	V	Fosa Nicoya
02 - 04 - 1983	7,5		VII	VII	VII	Fosa Osa
03 - 07 - 1983	Ms 6,2		X	VI	VI	Intraplaca Bellavista
21 - 03 - 1987	5,2	31	V	IV	IV	Fosa Osa
01 - 06 - 1987	5,0	41	V	V	V	Masachapa Fosa
15 - 07 - 1987	4,8	37	V	IV	IV	Fosa Pacifico Central
19 - 11 - 1987	4,9	8,9	V	III	III	Intraplaca Turrialba
31 - 01 - 1988	5,0		VI	IV	IV	Intraplaca Dota
06 - 05 - 1988	5,9	93	VI	IV	IV	Fosa Masachapa
10 - 03 - 1988	5,5	17,5	VI	V	V	Intraplaca Talamanca Sur
02 - 04 - 1989	5,2	41	V	III	III	Fosa Papagayo
26 - 02 - 1989	4,7	33	VII	VI	VI	Fosa Pacifico Central
25 - 03 - 1990	6,5		VIII		VI	Fosa Pacifico Central
03 - 04 - 1990	5,9	89	V	III	III	Fosa Masachapa
27 - 04 - 1990	5,8	28	V	IV	IV	Fosa Osa
28 - 04 - 1990	5,4	26	V	IV	IV	Fosa Osa
30 - 06 - 1990	5,0	12,2	VII	V	V	Intraplaca Pacifico Central Orotina
22 - 12 - 1990	5,6	??	VII	VII	VII	Intraplaca Alajuela
04 - 03 - 1992	5,6	85	V	V	IV	Fosa Pacifico Central
16 - 03 - 1991	5,7	28	VI	III	III	Fosa Nicoya
22 - 04 - 1991	6,5	10	IX	VII	VII	Intraplaca Limón Sur
04 - 08 - 1991	4,9	5,3	VII	IV	V	Intraplaca Turrialba

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

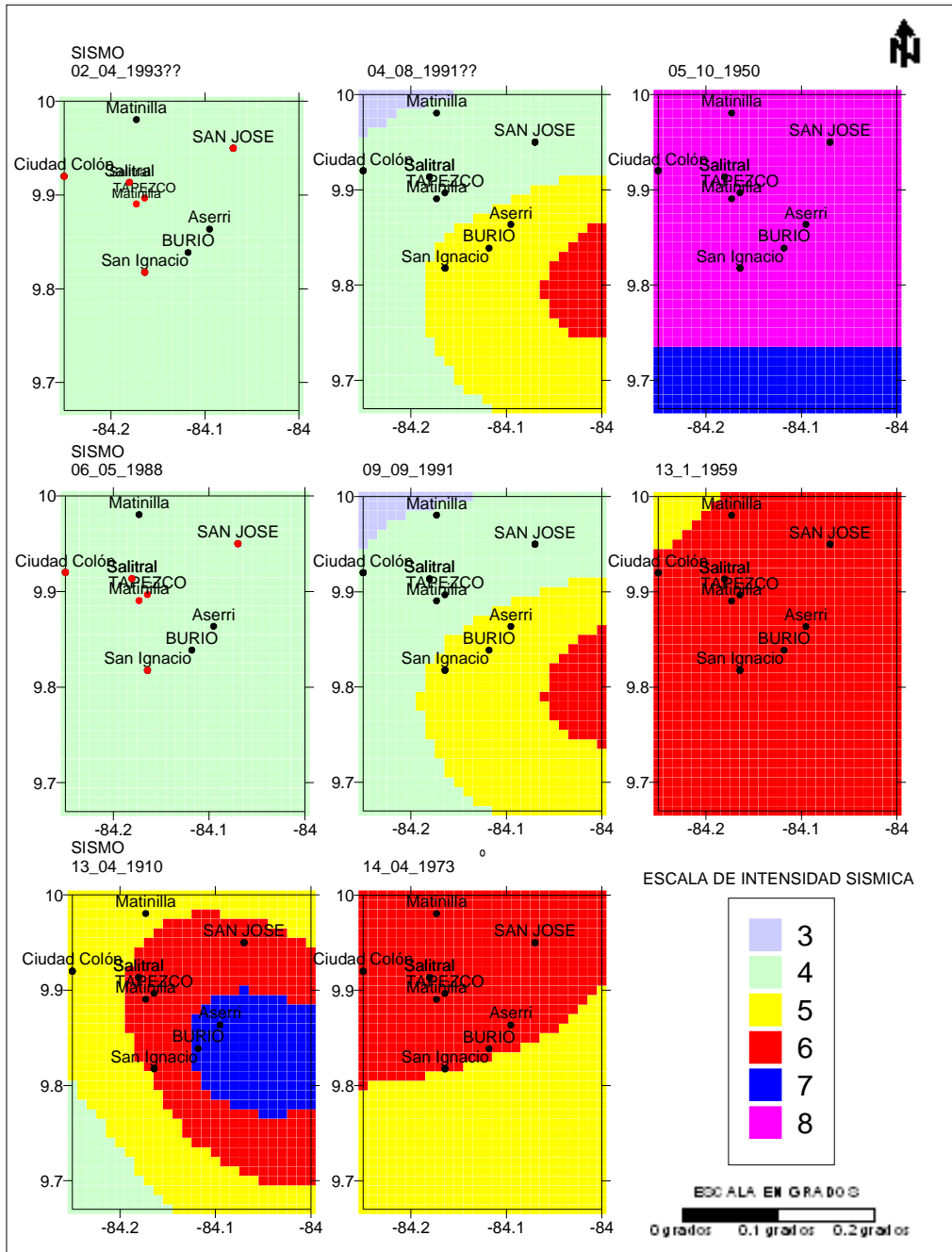
Fecha	Magnitud Local (ML)	Prof. (km)	I max	Io Tapezco	Io Burío	Tipo de sismo
09 - 08 - 1991	4,9	5,3	VII	IV	V	Intraplaca Dota
04 - 07 - 1993	4,8	13	V	IV	IV	Intraplaca Turrialba
01 - 07 - 1993	5,3	13	VII	III	III	Intraplaca Turrialba

**4.2.3 Susceptibilidad al deslizamiento por influencia de lluvias de intensidad alta y sismos de magnitud importante**

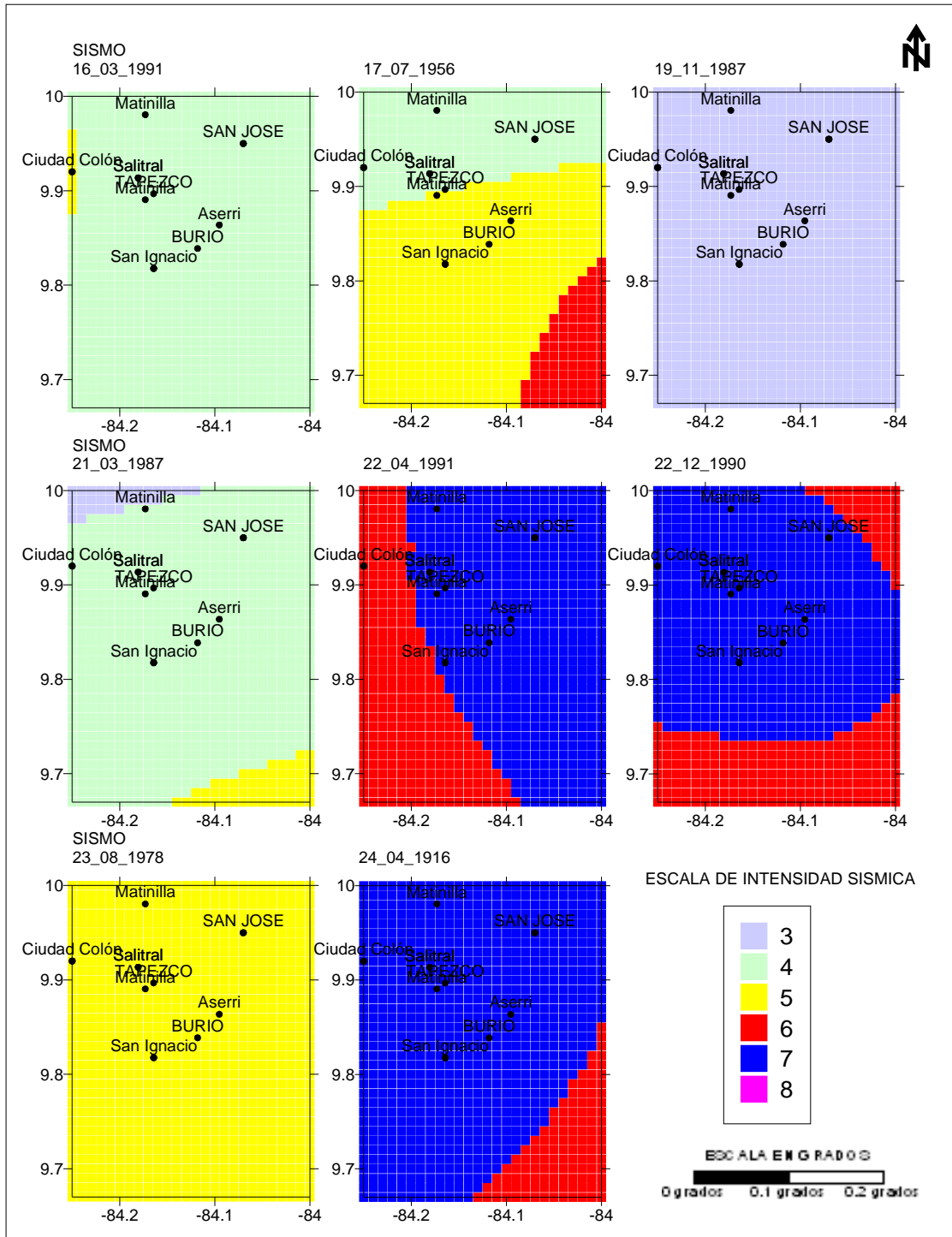
Los resultados finales del método se basan en este caso en la distribución de los datos obtenidos, los cuales deben ser separados en este caso por inspección visual de la curva del histograma, ver fig. 4.9, una vez localizados esos límites entre clases se aplica una función de separación (SLICING) en cinco la clases sugeridas por el método MVM, esta produce un nuevo histograma de datos como se observa en la fig. 4.10 y el mapa de susceptibilidad al deslizamiento.

Se destaca que un 76,8% del área presenta susceptibilidad al deslizamiento de muy alta a media, cubriendo prácticamente el área montañosa al Sur de Aserrí, que corresponde con los Cerros de Escazú, y parte de la Cordillera de Talamanca, la sección norte del área tiene un potencial de deslizamiento de muy bajo a bajo, con un 23,1 % del área evaluada, sin embargo, como se mencionado antes, estas áreas son las zonas de acumulación de eventos relacionados con deslizamientos e inundaciones extremas en la zona. Estos datos deben ser incluidos para restringir el uso del terreno, en toda la zona de estudio, al sur por la alta susceptibilidad y al norte por el potencial de acumulación en depósitos en la zona de pendientes bajas.

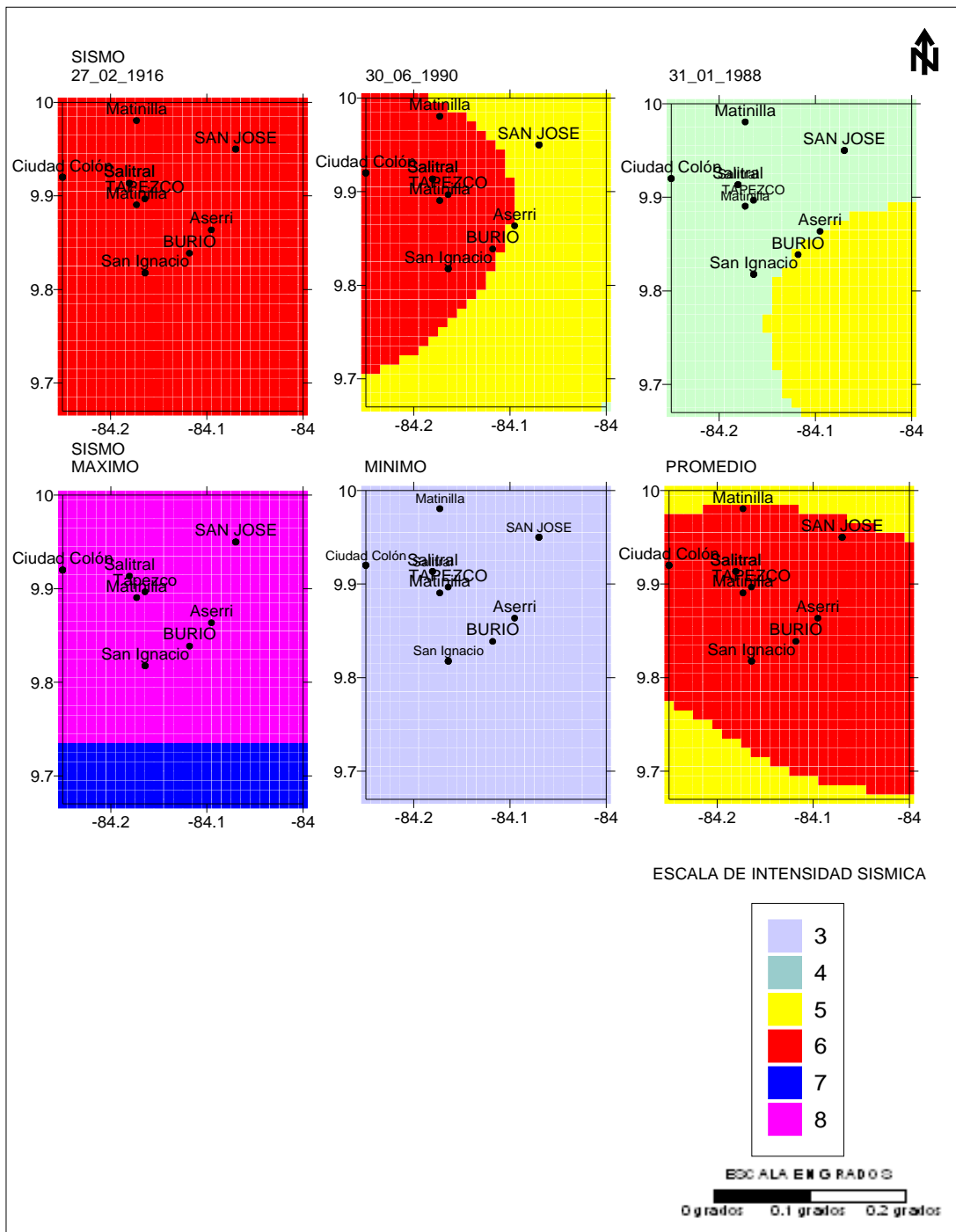
**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserri, San José. Geocad Estudios Ambientales S.A**



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserri, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

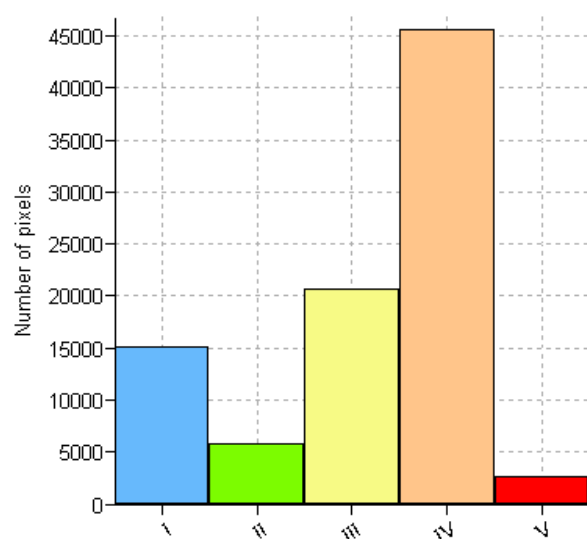
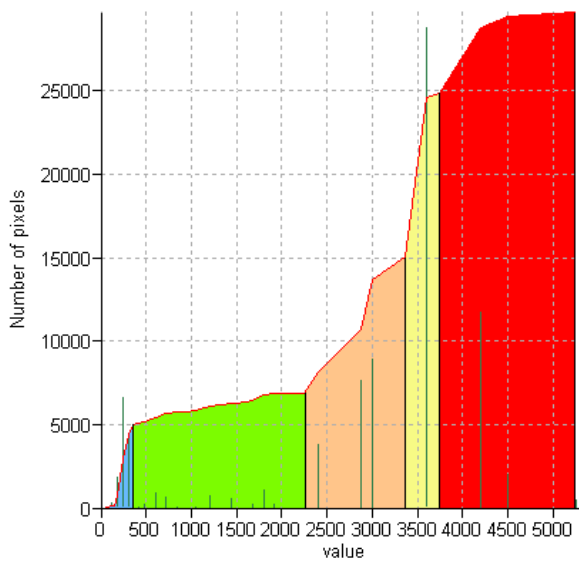


**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserri, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**



**Cuadro 4.7**  
**Valoración de la susceptibilidad total de la zona de estudio**

Clase		Área (m2)	Área (km2)	% Área
I	MUY BAJA	6040400	6,04	16,82
II	BAJA	2300800	2,30	6,41
III	MODERADA	8253200	8,25	22,98
IV	ALTA	18241200	18,24	50,80
V	MUY ALTA	1072000	1,07	2,99
		35907600	35,91	100



**Fig. 4.9 Histograma de datos y clases sugeridas**

**Fig. 4.10 Histograma de datos, posterior a la separación en cinco clases.**

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

<b>Fig. 4.11 Mapa de susceptibilidad potencial al deslizamiento de la zona al Sur de Aserrí.</b>



## **Conclusiones**

La zona Norte de Aserrí se caracteriza por presentar una predominancia de pendientes bajas, muy bajas y planicies en el sector Norte que cubren (23,1% del área), según la clasificación de van Zuidam (1986), las cuales se asocian con la forma del terreno característica del lugar: campos de depósitos aluviales y brechosos de origen denudacional (flujos de deslizamientos). En la zona Sur hay pendientes medias, muy fuertes a extremadamente fuertes (76,8% del área), representadas por los Cerros de Escazú y parte de la Cordillera de Talamanca.

La clasificación final del parámetro de humedad es de 3, lo cual indica una influencia media del mismo en lo que respecta a la susceptibilidad al deslizamiento, este factor es especialmente importante en los meses de mayo-junio y septiembre-octubre, como es común en la mayoría de las estaciones meteorológicas del Valle Central y de la Cuenca del Río Tárcoles.

El parámetro de disparo por sismo se ha evaluado considerando la intensidad (MM) máxima reportada por Morales y Aguilar (1993), la cual es de VIII y se considera constante para el área de estudio. Por lo anterior, el factor de disparo por sismo conduce a una valoración del parámetro  $D_s$  es de 8, constante para el área de estudio, ver cuadro 4.6. El parámetro de disparo por lluvia tiene una influencia igualmente baja  $D_{ll}$  2, en el cálculo de la susceptibilidad y es constante para toda el área de estudio.

Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la metodología para determinar la susceptibilidad de los terrenos a deslizarse MVM (2002), indican que un 76,8% del área se clasifica como de susceptibilidad media a muy alta y un 23,2% como de susceptibilidad de muy baja a baja.

El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, este no sustituye los estudios de detalle de carácter geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta.

## **5. POSIBLES MEDIDAS DE INTERVENCIÓN (ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES).**

Según la literatura y la experiencia existen diferentes tipos de medida para contrarrestar los posibles efectos que se puedan presentar como consecuencia de que se suscite u ocurra un deslizamiento en un determinado espacio geográfico. Estas medidas pueden ser de dos diferentes tipos, pueden ser de carácter estructural o de tipo no estructural. Entre las medidas de tipo estructural tenemos todas aquellas que se refieren a la ejecución de obras de carácter civil, mientras que las de tipo no estructural se tienen todas aquellas que tienen que ver con la implementación de medidas a ser puestas en práctica con la población potencialmente afectada.

En cuanto a las medidas de tipo estructural, estas se pueden dar desde la perspectiva de estabilizar propiamente el deslizamiento como tal, o por la construcción de obras para disminuir el impacto del mismo, si este se pone en marcha. A continuación se presenta una breve descripción de las diferentes tipos de medidas existentes, además se presentan algunas propuestas que se han valorado por diferentes autores que han desarrollado trabajos relacionados con los deslizamientos sujetos de estudio. Sin embargo, se considera importante señalar antes de desarrollar lo indicado, enunciar algunos conceptos con relación a los métodos de estabilización

Cuando de estabilización se trata, es conveniente tomar en cuenta tres aspectos esenciales de los deslizamientos. En primer lugar es tener bien claro la amplitud del problema a resolver, de modo tal que se conozca a cabalidad si lo que se pretende efectuar es una intervención a profundidad de grandes pendientes inestables, u obras de estabilización muy localizadas que solo frenen los movimientos superficiales

Como segundo aspecto se debe tomar en cuenta el comportamiento o fluctuación estacional natural de las velocidades del movimiento, o las perturbaciones momentáneas que se puedan presentar del equilibrio existente, ante la presencia de trabajos muy específicos.

Finalmente es conveniente dar un seguimiento continuo a las labores de monitoreo, especialmente en cuanto a las mediciones de niveles piezómetros, así como de la actividad del deslizamiento.

Es conveniente retomar antes de entrar a analizar propiamente lo referente a las medidas de carácter estructural y no estructural, retomar lo referente al área que presenta el deslizamiento, esto con el fin de ver si es factible el uso de algunas medidas o no.

Dadas las características de la zona se podría señalar que en la misma se pueden identificar tres áreas diferentes, complementarias y no excluyentes.

1. Una primera área compuesta por aquellos sitios que se muestran más inestables y que son los más evidentes en el campo, la cual tiene una superficie de alrededor de 6,14 has.
2. Una segunda área que abarca el deslizamiento de Burío como tal, y que según lo visto en campo, y en imágenes aéreas actuales, es de aproximadamente 37,3 has.
3. Una tercera área que está conformada por espacios aledaños que presentan inestabilidad, y son susceptibles a deslizamiento, y que se encuentran en la misma zona en donde se encuentra el deslizamiento el Burío, y la cual abarcaría aproximadamente 185,2 has.

Otro factor a tomar en cuenta y que caracteriza al deslizamiento es la presencia de suelos del tipo arcilla arenosa de plasticidad intermedia, los cuales son suelos poco cohesivos. La presencia de este tipo de suelos caracterizan las zonas con alta probabilidad de deslizamientos.

Según Hernández, J. (1994), los suelos pertenecientes a la zona que conforma el deslizamiento del Burío corresponde a una zona constituida por suelos residuales y arcillas de tipo laterítico, producto de la aureola de alteración hidrotermal, provocado por el intrusivo de Escazú, con pendientes fuertes de entre 50º a 70º, y con pendientes cercanas al 75º propiamente en el río Curubres.

#### **5.1 Medidas de intervención estructural.**

Entre las medidas de intervención de tipo estructural y que se orientan a la estabilización de deslizamientos se puede reseñar cinco grandes opciones, Suarez (1998), las cuales pueden utilizarse individualmente o si se considera se pueden usar en forma conjunta. Se enumeran las que se usan habitualmente y se analiza su posibilidad de ser implementadas en el deslizamiento.

### **5.1.1 Conformación del talud o ladera.**

Son sistemas que tratan a lograr un equilibrio de las masas existentes, reduciendo las fuerzas que producen el deslizamiento. Entre los más usados están: Remoción de materiales en la cabeza del talud, abatimiento de la pendiente, y terraceo de la superficie.

Efectuar remoción de materiales es práctico y económico en taludes de poca altura, dado que a mayor altura el volumen de material a remover es mayor debido a la necesidad de efectuar mayor corte. Adicional a lo anterior, se debe disponer el material retirado en otro sitio, ya que dependiendo de las condiciones existentes el mismo no se puede dejar en el área.

En cuanto a la construcción de terrazas se tiene que en casos de deslizamientos de tipo rotacional, construir terrazas en la parte alta del mismo conlleva a la reducción del momento actuante y controla el movimiento. En deslizamientos de tipo traslacional no se considera muy efectivo efectuar remoción de materiales. El objetivo es dividir el talud principal en varios taludes, que se comporten independientemente entre sí, y que los mismos sean estables. El terraceo puede permitir controlar la erosión y poder eventualmente colocar vegetación para reforzar la estabilidad, adicionalmente se deben realizar obras, especialmente cunetas, con el fin de controlar el agua superficial.

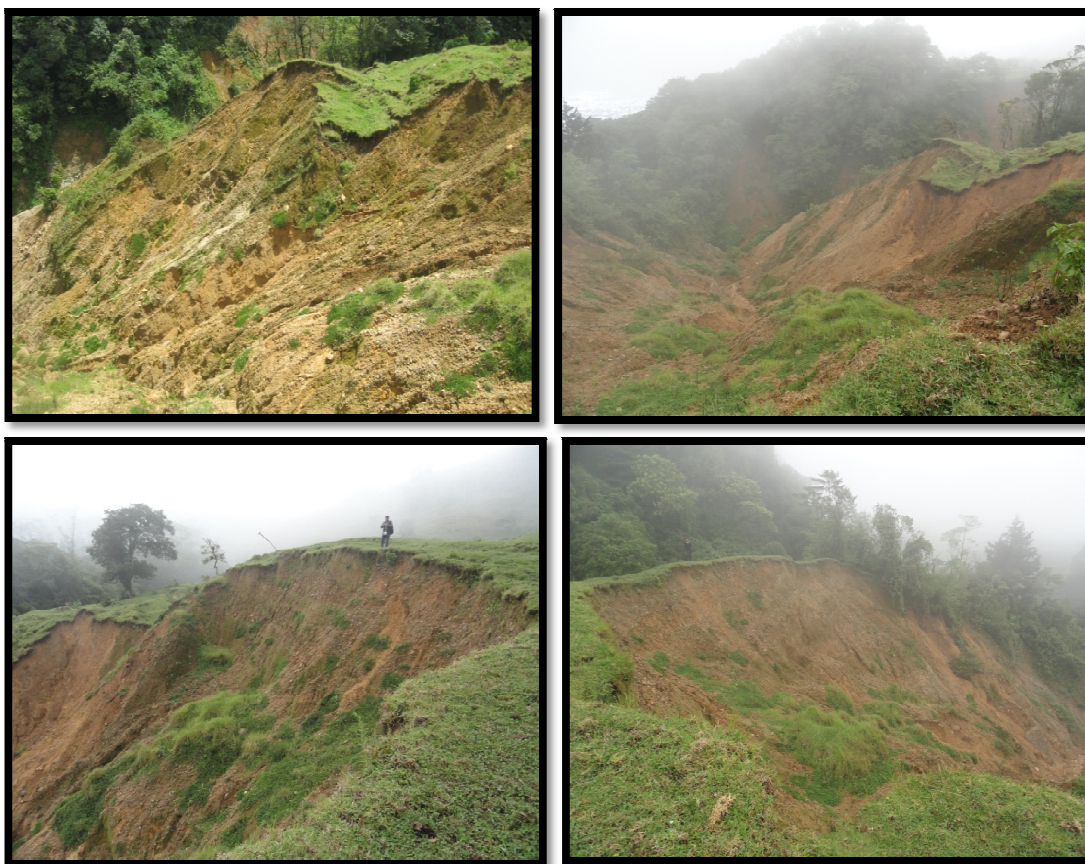
Tomando en cuenta que el deslizamiento de El Burío presenta un área de 37,3 has, lo que es equivalente a 0,373 km<sup>2</sup>, con una longitud a lo largo y ancho de 750,0 m y 775,0 m respectivamente, y una pendiente en promedio de entre 50° y 70°. Por su parte el área más inestable posee un área de 6,14 has, lo que equivale a 0,0614 km<sup>2</sup>, con unas medidas de ancho de 195,0 m, y de largo de 411,0 m. Es que se considera que esta opción no es viable dado que la cantidad de material a remover sería muy significativo, y eventualmente no se podría garantizar resultados satisfactorios, por otra parte para llevar a cabo acciones como las que se señalan sería necesario implementar vías de acceso para poder llegar a ciertos sitios del deslizamiento que en estos momentos no las poseen.

En resumen entre los inconvenientes o desventajas de este tipo de medida están, que en movimientos muy grandes, como es nuestro caso, las masas a remover serían de gran magnitud, y

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

por otra parte son poco viables en taludes de gran altura, y además las terrazas a implementar deben ser estables independientemente, y contar con otras obras de protección asociadas. Cabe agregar que hasta ahora ninguno de los diferentes autores que han estudiado un poco más a fondo este deslizamiento, han contemplado esta solución. No obstante Méndez, J (2009) en un informe de la CNE recomienda efectuar terrazas muy localizadas sobre todo al pie del deslizamiento.



**Fotografías Nº 5.1, 5.2, 5.3, y 5.4:** Vista de la parte del deslizamiento, que se encuentra más inestable y en donde se deberían de efectuar los trabajos de abatimiento de la pendiente se puede observar que el área es considerable, y que la pendiente que presenta es significativa, además se debe tomar en cuenta que esta es solo una parte de toda el área que cubre el deslizamiento.

Si se considerase viable esta opción (construcción de terrazas), no obstante que la punta de la ladera es muy inestable, y la inclinación de la misma hacia el río Curubres es mayor a los 75 grados, una vez conformadas las terrazas, es conveniente recubrirlas con vegetación, ya que la misma es buena ya que las raíces de las plantas ayudan a estabilizarlas; adicionalmente es necesario efectuar

un manejo apropiado de las aguas superficiales. Adicionalmente es necesario realizar un análisis pormenorizado de estabilidad para hacer un diseño adecuado para las terrazas.

En resumen aplicar este tipo de solución al deslizamiento de El Burío, por las características de este especialmente en cuanto a pendiente, no la hacen una solución muy viable, ya que el deslizamiento en si, como el área circundante presenta una estabilidad muy precaria y lo que provocaría es que el material se desprenda más rápidamente.

#### **5.1.2 Recubrimiento de la superficie.**

Lo que se busca es impedir o disminuir la infiltración de agua, así como la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, también se pretende reforzar el suelo más superficial. Los más comunes son: Recubrimiento de la superficie del talud, conformación de la superficie, sellado de grietas superficiales, sellado de juntas y discontinuidades, cobertura vegetal. Las soluciones a los problemas que se presentan con este tipo de recubrimiento son principalmente el poder garantizar la estabilidad, aunque generalmente es limitado; en cuanto a las grietas estas puede volver a abrirse nuevamente y requiere se le dé mucho mantenimiento; con respecto a las discontinuidades puede que existan muchas que haya que sellar. La más utilizada y con buenos resultados en la práctica es la de cobertura vegetal.

La superficie que abarca este deslizamiento, con base a las medidas que presenta el mismo es de aproximadamente 37,6 has por lo que pensar en recubrir toda esta área es muy difícil, además de muy oneroso. Sin embargo, se puede indicar que en el área que abarca el deslizamiento, en diferentes sitios presenta puntos de inestabilidad muy localizados, los cuales es factible poder estabilizarlos, por medio de algún tipo de geotextil, los cuales varían en características y precio. Esta solución se debe valorar muy detalladamente, ya que hay que evaluar en forma muy objetiva si la inversión es congruente con los resultados que se obtendrán, haciendo un análisis costo - beneficio.

Algo que atenta contra el uso de recubrimiento, es que por lo observado en campo, el comportamiento que se está presentando del deslizamiento en la zona más inestable, es muy precario por lo que es de suponer que esta solución no traerá resultados favorables.

En cuanto a realizar un sellado de las grietas que se presentan, estas se encuentran igualmente en diferentes sitios, y son de diferente magnitud, encontrándose aberturas de hasta 35 cm, lo que evidencia que el movimiento es constante. Se considera que por las características del fenómeno esta no es una opción válida, ya que los sitios en donde se presentan poseen pendientes muy fuertes. A continuación se presentan fotografías, que reflejan lo señalado.



**Fotografías Nº 5.5 y 5.6:** En las fotografías se puede observar la existencia de grietas que se presentan en la zona alta del deslizamiento, obsérvese la topografía en donde se presentan las mismas.

Este tipo de medida de mitigación no acarrearía beneficio y es poco lo que se puede lograr dado lo inestable que está el deslizamiento.

En cuanto al uso de la vegetación se puede indicar que ya sea que se utilice en el deslizamiento en sí, o en las áreas cercanas, es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales, en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

La mayor parte de los efectos de la vegetación en el control de la erosión y en la prevención del movimiento de masas de suelo en una ladera inestable se enmarcan dentro de: *Interceptación* (disminución del impacto directo y erosivo de la lluvia sobre el suelo), *Infiltración* (las raíces ayudan a mantener la porosidad y la permeabilidad del suelo, por lo que se aumenta la capacidad de infiltración), *Control de humedad del suelo*: (las plantas por medio de la evapotranspiración

disminuyen la humedad del suelo y por ende la saturación del mismo), *Grietas por desecación* (al controlar la humedad se disminuyen las grietas por desecación), *Refuerzo* (las raíces profundas refuerzan el suelo al aumentar la resistencia al cortante), *Amarre y Anclaje* (el sistema de raíces restringe el movimiento de las partículas del suelo ante la escorrentía y anclan el suelo superficial a mantos más profundos), *Sobrecarga* (el peso de la vegetación sobre un talud o ladera contribuye más a aumentar la resistencia al deslizamiento), *Transmisión de esfuerzos* (se transmite al suelo la fuerza del viento), *Retardación y Retención* (se retarda la velocidad de la escorrentía superficial y se retienen las partículas del suelo por lo cual se disminuye la susceptibilidad a la erosión). Campos (2000)

Revegetar el talud ayuda a controlar la erosión y a aumentar el factor de seguridad, es por ello que se utiliza más la vegetación en la estabilización de taludes y/o laderas, sin embargo, el efecto de la vegetación es una interacción compleja entre factores hidrológicos y mecánicos de difícil cuantificación.

Es una práctica común revegetar taludes mediante el uso de pastos, sin tomar en cuenta los arbustos y árboles. Sin embargo no debe plantarse una sola especie sino una sucesión de variedades de tal forma que se recupere, en cierta forma, el sistema natural original, además de que facilita el proceso de natural de sucesión.

Es práctico utilizar o combinar cobertura vegetal, con cobertura sintética con el fin de conformar una protección integral contra la erosión. Generalmente, estos materiales se desintegran después que las plantas crecen y se establecen en forma permanente.

También la utilización de cercas con estacas vegetales y de muros criba con maderas y ramas de maleza representan soluciones muy interesantes para el manejo de taludes. Por lo tanto, se concluye que la biotecnología por sus características ambientales es muy atractiva para la estabilización de taludes como los existentes.

Para establecer revegetación en taludes con pendiente significativas como lo es el caso sujeto de estudio es necesario colocar elementos de anclaje para los pastos y bermas para los árboles. Sin



embargo, en estos taludes se aconseja no sembrar árboles, sino arbustos para disminuir las fuerzas del viento sobre ellos. También, deben analizarse los factores relacionados con la presencia del hombre: paso de ganado, quemas, basura, evacuación de aguas, etc.

A continuación se señalan métodos de estabilización mediante el empleo de la vegetación, que se consideran más importantes, de mayor efectividad y aplicables a las condiciones propias de las zonas de interés del presente trabajo. No obstante, hay que tomar en cuenta que la profundidad a que se encuentra el plano de falla, es muy superior a la profundidad a la que eventualmente llegarían las raíces, por lo **que el uso de revegetación no se presenta como una solución a la estabilidad del deslizamiento, sino como una posibilidad de ayudar a detener los problemas de erosión y a disminuir los problemas que se presentan con las aguas desplazándose en terrenos libres de cobertura.**

#### **Construcción de cordones**

**Descripción:** Esta técnica consiste en situar ramas de especies leñosas, en pequeñas zanjas a lo largo de la pendiente de los taludes, de manera que formen una especie de terrazas o escalones. Se utilizan en pendientes de 20% a 100%, en longitudes de 18 a 5 m respectivamente.

**Materiales:** Ramas cortas de arbustos con capacidad para enraizar, se utilizan ramas de sauce o madero negro, jaúl, vetiver, etc.

**Usos y eficacia:** retención de sedimentos y mejoría en el drenaje por el terraceo y la vegetación, estabilización superficial, pues las ramas introducidas en el talud refuerzan el suelo desde antes de que se desarrollen las raíces e incrementan de forma significativa su resistencia al deslizamiento y a los movimientos rotacionales.

#### **Fajinas de ladera**

**Descripción:** Son rollos de ramas y tallos atados en forma de huso que se colocan en el fondo de zanjas poco profundas, excavadas transversalmente siguiendo el contorno del talud. La disposición de las fajinas debe ser horizontal o ligeramente inclinada. Se utilizan en las mismas pendientes de la construcción de cordones.

**Materiales:** Ramas cortas de arbustos, hilos de amarre, estacas vivas y muertas. Las ramas de sauce son las que mejor resultado dan.

**Usos y eficacia:** las fajinas constituyen una técnica de estabilización muy efectiva que protege a los taludes frente a deslizamientos superficiales de hasta 1 m de profundidad. Además, evita la formación de cárcavas y protege al talud frente a la erosión superficial, también al desarrollarse las plantas se favorecen las condiciones de drenaje.

#### **Construcción de lechos de setos vivos**

**Descripción:** esta técnica, al igual que la construcción de cordones, consiste en situar ramas de especies leñosas con capacidad para enraizar en pequeñas zanjas o entre capas sucesivas de tierra a lo largo de la pendiente de los taludes, de manera que formen una especie de terrazas o escalones. Se utiliza mucho para la estabilización de laderas de torrentes, y por lo general, en taludes muy húmedos. Se utilizan en pendientes de 10% a 30%.

**Materiales:** ramas de sauce o madero negro, jaúl, caña india, bambú, etc.

**Usos y eficacia:** para el control de erosión, estabilidad superficial, la estabilización básica del suelo se logra inmediatamente después de la construcción. Los lechos de ramaje y los de setos vivos son más eficaces a largo plazo que la simple plantación de setos vivos, porque se producen raíces a lo largo de todo el tallo que queda cubierto.

#### **Colocación de estaquillas**

**Descripción:** Consiste en introducir en el suelo estaquillas de plantas leñosas. El estaquillado puede utilizarse como tratamiento único, junto con otras técnicas de estabilización, como las fajinas, y con sistemas de protección superficial del suelo (mantas y redes orgánicas, geotextiles, etc.).

**Materiales:** recortes vivos con capacidad para enraizar, flor itabo, caña india, sauce, madero negro, etc.

**Usos y eficacia:** esta técnica está especialmente recomendada para reparar pequeños deslizamientos y asentamientos originados por un exceso de humedad en el suelo, en sitios en los que las condiciones de inestabilidad no sean graves. También se usa para revegetar estructuras porosas de retención (gaviones, escolleras, muros de bloques de concreto, etc.)

Las anteriores recomendaciones y adoptadas de Campos (2000) se consideran son muy adecuadas para los problemas que se presenta en el deslizamiento, a corto y mediano plazo es muy

importante reforestar las áreas donde está el deslizamiento en sí, y en aquellas zonas aledañas que son potencialmente a sufrir fenómenos similares.

### **5.1.3 Control de agua superficial**

Son sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimientos y / o aumentando las fuerzas resistentes. Esencialmente lo que este tipo de medida pretende es drenar las aguas superficiales y subterráneas que pueden afectar la estabilidad de un deslizamiento. Esta medida es un medio de prevención que puede aplicarse en la mayoría de los casos. Con lo anterior se busca reducir las fuerzas que causan el movimiento, también puede aumentar la fuerzas resistentes en la superficie de rotura, por aumento de los esfuerzos efectivos, si el nivel freático es más alto que el plano de deslizamiento (Bonnard Ch., 1989).

Cuando se pretende llevar a cabo drenaje, se busca con ello satisfacer primordialmente dos objetivos: reducir la alimentación de agua en el deslizamiento, tanto a nivel de las aguas que escurren por la pendiente, así como por las aguas subterráneas que crean subpresiones debajo del plano de deslizamiento. Adicionalmente se busca bajar el nivel freático dentro de la masa que se desliza, a fin de reducir las fueras de percolación que afectan la misma.

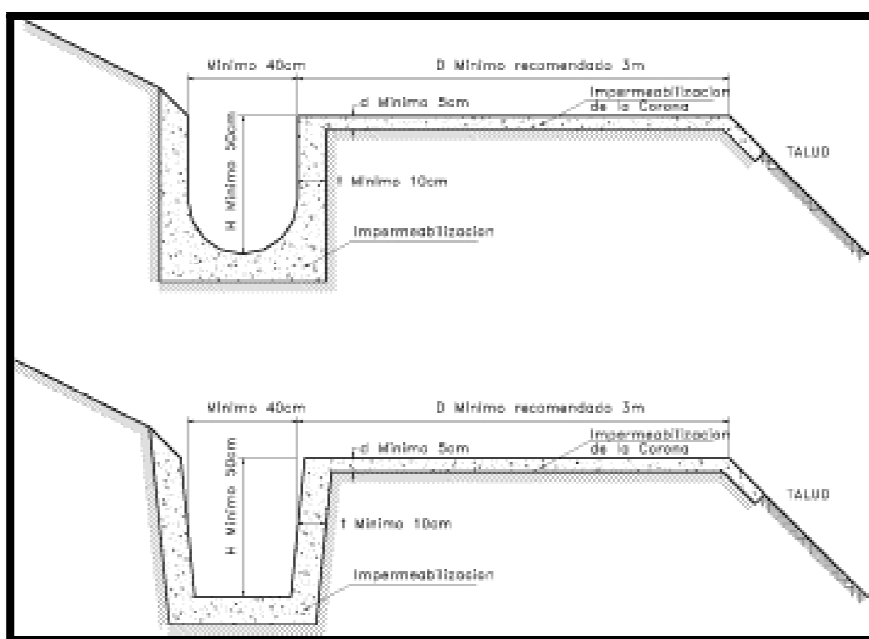
Los métodos de control de agua y presión de poros son entre otros: Canales superficiales para control de escorrentía, subdrenes de zanjas, subdrenes horizontales de penetración, galerías o túneles de subdrenaje, pozos profundos de subdrenaje. Para disminuir la alimentación de agua es necesario y conveniente captar las aguas en el perímetro del deslizamiento (aguas arriba y en los laterales del mismo), ya sea por medio de fosas drenantes abiertas con una inclinación suficiente y recubiertas de modo tal que no permita al agua captada infiltrarse, también se puede llevar a cabo por zanjas drenantes con tubería colectora, permitiendo captar el derrame subsuperficial.

**Dado las características de la zona en la que se asienta el deslizamiento, en la cual la corona del mismos presenta cierta estabilidad, se considera que es factible poder desarrollar obras que permitan disminuir en lo que sea posible, el nivel de agua que se presenta en el deslizamiento especialmente a nivel de la escorrentía superficial, de forma tal que llegue a la zona que presenta**

mayor inestabilidad una cantidad menor de agua, y de este modo disminuir la erosión que se presenta en la misma. Al respecto ver fotografías 5.7, 5.8, 5.9, y 5.10.

Figura 5.1

Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud.



Para lo anterior se recomienda implementar o cavar una serie de zanjas alrededor del deslizamiento para recolectar el agua de la superficie alrededor del mismo (zanjas de corona). Las zanjas de coronación no deben de construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe. Suarez (1998).

Estas zanjas pueden ser diseñadas en forma rectangular, de 0.40 m de ancho y 0.50 m de profundidad, totalmente impermeabilizadas, y con una pendiente tal que permita que el agua captada drene rápidamente. Se deben de localizar a lo largo de una curva de nivel para un correcto drenaje, y que estén lo suficientemente separadas de las grietas que pueda presentar la corona. Se recomienda una separación mínima de 3,00 del borde de la corona. Es conveniente señalar que

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

dado que se producen movimientos en el terreno, este tipo de obras requiere se le de mantenimiento periódico, con el objeto de que si rompe el impermeabilizante por fisuras o grietas se repare, y que el mismo no se convierta en un punto de infiltración, y por ende de falla tiempo después.

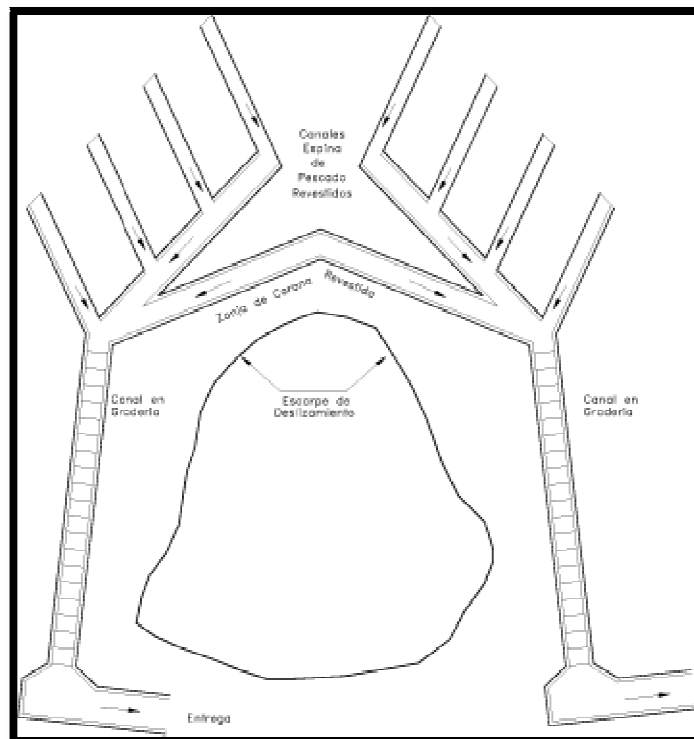


**Fotografías N° 5.7, 5.8, 5.9, y 5.10:** Vista de la parte alta del deslizamiento, que se encuentra más estable y en donde se podrían efectuar los trabajos de encauzamiento de aguas se puede observar que el área es considerable, y que la pendiente que presenta es significativa, además se debe tomar en cuenta que esta es solo una parte de toda el área que cubre el deslizamiento.

Así mismo se considera que para eliminar del centro del deslizamiento el agua existente se construyan una serie de canales de drenaje transversales que intercepten el agua superficial que se desplaza sobre la pendiente del deslizamiento (canales interceptores a mitad del talud), buscando con ello que se infiltre menor cantidad de agua al subsuelo, y que la escorrentía superficial provoque menos problemas de erosión. Es conveniente valorar de previo la situación que se pueda estar presentando por la grietas existentes, y si las mismas no provocaran problemas.

**Figura 5.2**

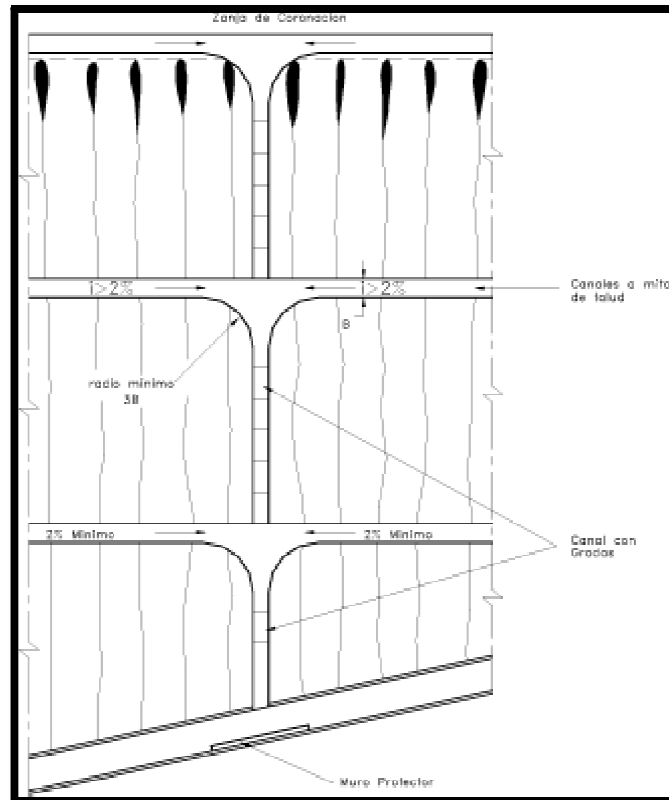
**Esquema en planta de canales colectores espina de pescado**



Lo anterior es especialmente efectivo en suelos susceptibles a la erosión. Estos canales interceptores se deben implementar en todas y cada una de las bermas intermedias del talud, al igual que los otros canales descritos anteriormente, estos canales deben revestirse apropiadamente, para evitar problemas de reinfiltración. Las bermas deben ser lo suficientemente anchas para que exista un sobre ancho de protección para los canales, en el caso de producirse derrumbes de las coronas de los taludes resultantes.

Figura 5.3

Esquema de entrega de canales interceptores a mitad de talud.



Adicionalmente es necesario que estos canales transversales posean un canal en gradas en el centro, que funcione como recolector y a la vez permita la disipación de energía del agua acarreada. Es conveniente señalar que este tipo de canales debe de poseer una pendiente tal que impida la sedimentación de materiales, dicha pendiente no debe ser menor al 2%.

Anteriormente se señaló que la pendiente que presenta el deslizamiento es significativa, por lo que la única característica natural de la pendiente que puede ser cambiada económicamente, y a un nivel suficiente para mejorar la estabilidad de la misma, es el nivel de las aguas subterráneas, porque pueden ser drenadas por la gravedad.

Para lo anterior, y en su momento Gretzer, M (1999), propuso una galería de canales de drenaje que bajara el nivel de aguas subterráneas en el área, con la consecuencia de una reducción de los poros de la presión del agua en la superficie antideslizante, la cual hace la ladera más estable. Es

importante que esta solución sea llevada a cabo, porque si un evento extremo llega a suceder, con intensas lluvias y en combinación con los terremotos, harán que el Burío se mueva. Esto expondrá a las personas y a sus viviendas en peligro de un escenario de inundación.

Los canales de drenaje que se recomiendan tienen una profundidad de un mínimo de 3,5 metros, presentar forma de V, con tubería de drenaje al fondo y deben estar llenos de un material permeable, como por ejemplo arena o grava. Deben distribuirse en forma que asemeje la forma de un pino invertido, con un canal principal a lo largo del deslizamiento, con la base hacia la parte superior y la punta hacia la parte inferior, con una pendiente positiva con dirección sur norte, el cual recibe a su vez otros canales perpendiculares al principal. Se debe recubrir el fondo del mismo con una membrana de polietileno (geotextil) impermeable y flexible, debiendo evacuar las aguas fuera del área del área inestable.

Finalmente se recomienda ejecutar obras menores de drenaje, a efectuarse dentro de las zonas del deslizamiento, y consistirían simplemente de excavaciones hechas con retroexcavador que canalicen y orienten las aguas hacia los puntos más bajos de desagüe.

Como se puede deducir las obras en superficie son bastante más económicas y se pueden efectuar en terrenos difíciles, sin embargo, su grado de eficacia es a veces bastante limitado. Su efectividad aumenta especialmente cuando el régimen climático es irregular y el deslizamiento se reactiva estacionalmente. Es importante tomar en cuenta que se debe tener cuidado que el agua que se ha captado no se infiltre en lugares inadecuados, que terminen afectando la estabilidad de la zona a proteger.

En cuanto a reducir o bajar el nivel freático, se refiere a realizar obras en la misma masa en movimiento o deslizamiento. Se puede efectuar mediante la implementación de perforaciones drenantes, verticales u horizontales, pudiendo ser zanjas profundas de drenaje y espolones drenantes, un poco más anchos que las zanjas. Estas obras son más efectivas en aquellos sitios en los que la permeabilidad de la masa es alta.



Llevar a cabo zanjas drenantes profundas conlleva problemas de estabilidad que muchas veces conducen a ejecutar un trazado según la pendiente máxima u oblicua. Este tipo de obra presenta la ventaja de actuar en forma directa sobre las fuerzas motrices de percolación y de ser relativamente baratas, sin embargo, se pueden ver afectadas por el movimiento del deslizamiento, y eventualmente se puede deteriorar, si las mismas no son lo suficientemente deformables, o si el deslizamiento no se estabiliza. Por lo tanto son prácticas en deslizamientos activos lentos o casi estabilizados.

En resumen el problema de los drenajes, es mantener su eficacia a largo plazo, o sea evacuar el agua sin que esta se reinfiltre en el suelo inestable, o que no pueda fluir libremente por una obturación en el desagadero.

En el momento en que se aporten recursos económicos para atender el problema del deslizamiento, es conveniente efectuar el diseño y el presupuesto de estos sistemas de canales de drenaje en la ladera, y reforzar y ampliar el análisis de la estabilidad de la pendiente y de las terrazas en la punta de la ladera. Para establecer una solución con canales de drenaje es necesario contar de previo con un levantamiento topográfico con un buen grado de detalle.

En resumen se puede señalar en cuanto a los canales, es necesario construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía, por su parte los subdrenes de zanja son poco efectivos para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo. Mientras que para aquellos en donde es necesaria la perforación sus costos son significativos dado que se requiere equipo especial para llevarlos a cabo, y requieren mantenimiento permanente.

#### **5.1.4 Estructuras de contención.**

Se refieren esencialmente a métodos en los cuales se colocan fuerzas externas al movimiento buscando con ello aumentar las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Por lo general son obras de una magnitud importante, con un peso significativo, es común poner estructuras de tipo anclado en las cuales la fuerza se trasmite al deslizamiento por medio de cables o varillas de acero. Los principales métodos de estructuras de contención son: Colocación de un relleno o berma, ya

sea de roca o de suelo en la base del deslizamiento, muros de contención convencionales o de tierra armada, u otro tipo, pilotes, anclajes o pernos, y pantallas ancladas.

Entre los muros de contención de tipo tradicional se tienen los muros masivos rígidos, que se construyen esencialmente en concreto, que por su condición son indeformables, a excepción de que se rompan, pueden ser de concreto armado o reforzado, concreto simple, o concreto ciclópeo. Requieren de un buen sistema de cimentación, y en general son antieconómicos si los mismos deben poseer mucha altura, mas de 3.0 m. Por otra parte su poco peso los hace inefectivos para contener masas de tierra grandes.

Por su parte los muros flexibles, tienen la capacidad de adaptarse a los movimientos, y son efectivos si son pesados y pueden soportar deformaciones de importancia. Son los de tipo gavión, criba, o piedra, con respecto a los de gavión presentan el problema de que su estructura por lo general sufren problemas de corrosión, por otra parte dependiendo de la zona en donde se emplee cualquiera de estos, no siempre se puede tener a mano los materiales para poder conformarlos, a excepción de los de criba. Entre la ventaja que poseen es que son sencillos de construir, y económicos, permiten o son efectivos para aliviar las presiones que ejerce el agua sobre los mismos.

En cuanto a los muros de tierra reforzada o armada como también se les conoce, son aquellos terraplenes en los que el suelo es su principal componente; los cuales son compactados y a los que se les colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante, tales como tiras metálicas, geotextiles, o refuerzo de malla (geomalla o malla metálica). Son resistentes internamente por el refuerzo colocado, y externamente trabaja como una estructura masiva por gravedad. Son fáciles de construir, son económicos en la medida que utilizan el suelo como su principal componente, son fáciles de adaptar a la topografía existente, se pueden construir sobre fundaciones débiles, permite los asentamientos diferenciales y pueden demolerse y repararse fácilmente. Entre sus problemas más importantes se tiene el hecho de que cuando se utilicen materiales metálicos estos se pueden corroer.

Con respecto a los anclajes estos son un mecanismo de estabilización mediante un refuerzo activo, el cual cada día son más utilizados, dado que aumenta de manera cuantitativa las fuerzas resistentes al deslizamiento. Se pueden incluir en esta categoría los anclajes pasivos o pretensados, pero también por extensión, los pilotes perforados o hincados en el suelo, ya sean que se presenten en forma aislada, o que conformen una pared de contención dada la forma en que se “plantan”.

Entre los problemas que se presentan con los mismos, están que los anclajes por lo general pierden parte su tensión, ya sea porque se inyectaron en forma inadecuada o por que se da la corrosión del acero. En cuanto a sus costos por lo general son significativos.

Con respecto a los rellenos y muros es necesario llevar a cabo una cimentación de buena calidad para colocarlos, no son efectivos en deslizamientos de gran tamaño. Los pilotes por su parte no son efectivos en deslizamientos de gran profundidad, o cuando el estrato por debajo de la superficie de fallas de gran dureza. En cuanto a los anclajes se requieren equipos especiales y por lo general son de gran costo, mientras que con las pantallas ancladas su efectividad es cuestionada y ciertos casos y su costo también es considerable.

**Lo señalado anteriormente hace que estos tipos de medidas no sean funcionales, ya que por las características del deslizamiento, especialmente en cuanto a su magnitud, cualquiera de ellas son en extremo costosas, ya que para que sean funcionales las aplicaciones de las mismas deben ser muy grandes.**

#### **5.1.5 Mejoramiento del suelo.**

Son métodos que incrementan la resistencia el suelo. Se llevaban a cabo mediante la utilización de productos por lo general químicos, que provocan procesos físico químicos que aumentan la cohesión y / o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado. Entre los métodos existentes se pueden citar: uso de químicos, con el fin de endurecer los suelos y disminuir su permeabilidad; electro osmosis para disminuir la cantidad de agua que posee el suelo, sin embargo, su efecto es parcial en el tiempo; el uso de explosivos con el fin de fragmentar la

superficie de falla, no obstante su efecto es limitado y eventualmente puede ser contrario a lo esperado.

Otros inconvenientes que presenta es que si los suelos presentan materiales de más de 20% de finos, generalmente los suelos no pueden ser inyectados con productos químicos. Entre los más usados tenemos el cemento y la cal, en el caso del cemento lo que se da es un proceso de cementación y relleno de los vacíos del suelo o roca y las discontinuidades de mayor abertura, lo que conlleva un incremento de la resistencia del conjunto, a la vez que controla los flujos de agua que se den de manera interna, en el caso de la cal se utiliza para estabilizar terraplenes de arcilla, buscando hacer reaccionar la cal con la arcilla y producir Silicato de Calcio, compuesto duro y resistente.

**Este último tipo de método de estabilización no es factible para el caso sujeto de estudio, dado que la superficie del mismo es muy amplia, y los costos del mismo pueden ser cuantiosos. Por otra parte los suelos de la zona presentan más del 20% de finos por lo que esta solución en la práctica no dará buenos resultados.**

El anterior análisis de las propuestas presentadas se ha efectuado visualizando la características que posee el deslizamiento de El Burío, y la efectividad que las mismas pueden tener, tomando en cuenta su potencial aplicabilidad, así como los costos que conlleva su implementación. Dado que el deslizamiento presenta una magnitud importante en cuanto a área, que en algunos sectores la pendiente existente es de consideración, que propiamente en la zona del deslizamiento la presencia de población es mínima o casi nula, y que la afectación como producto del mismo, se da como consecuencia de la generación de un flujo producto del material deslizado; se considera que lo más factible es tomar medidas que ayuden a que este tipo de fenómenos (flujos de diferente tipo) conlleven una afectación lo más pequeña posible.

Anteriormente se señaló que los flujos que se desprendan del deslizamiento son los que afectan directamente las obras de infraestructura y a la población, por lo que a continuación se presentan soluciones para el deslizamiento desde la perspectiva de controlar el efecto inmediato de los flujos que se generen.

En el caso del deslizamiento de El Burío, se considera como viable la construcción de barreras tipo dique, que impidan que el flujo provoque una afectación inmediata del área potencialmente vulnerable para ello se propone construir un dique el cual se ubique aguas debajo del sitio en donde se desprendan los materiales. Este dique detendría inicialmente la avalancha y haría que el material que descienda se vaya eliminando en forma paulatina, a través del cauce del río Curubres, buscando con ello evitar que se derrame en forma violenta por todo el cauce tal y como ha sucedido con anterioridad, lo anterior daría un mayor periodo de tiempo para poder evacuar la población que se ubica aguas abajo.

El dique a construir debe ser tal que el mismo sea económicamente viable, por lo que se descarta una obra con mucha altura. El dique debe permitir amortiguar la velocidad de la masa deslizada y permitir que se evacue lentamente a través de la sección controlada, y si es necesario hasta por encima de la cresta del mismo. Adicionalmente y para que se dé la evacuación del material, es necesario se proceda a dragar a lo largo del río aguas abajo del sitio en donde tiene lugar la colocación del dique.

No obstante lo anterior, se ha considerado que se pueden construir al menos 2 diques, que actúen como un sistema integrado para detener, y retardar ya sea totalmente o parcialmente un posible flujo, ya que estos diques dependiendo de la magnitud del desprendimiento puedan, si el mismo es pequeño contenerlo y si es más grande puedan retardar el avance de este por el cauce del río y permita tomar acciones en el sentido de evacuar población que pueda ser afectada. Una posible ubicación de estos diques se presenta en la figura 5.1, sin embargo es necesario evaluar la misma más detalladamente, especialmente el aspecto de la accesibilidad para ejecutar las obras.

En la figura 5.1 se puede observar como los diques se ubican sobre el cauce del río Curubres. Se recomienda que el mismo sea levantado en roca, con una cubierta en su frente y contra frente de rip rap, y en la parte superior una amplitud promedio de 6,0 m, manteniendo una relación de 1: 1.5 m, cabe agregar que por las condiciones del sitio la altura del mismo es variable, no obstante la altura promedio será del orden de los 12 a 15 m. Al respecto ver lámina que se adjunta

También se recomienda valorar una solución que se está poniendo en práctica en la zona de Santa Ana, por parte de la Municipalidad y de la CNE, la cual consiste en la colocación de una barrera

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

dinámica con la capacidad de retener una cierta cantidad de material deslizado, que adopta los últimos conocimientos en diseño, así como el comportamiento de los impactos dinámicos de flujos de detritos mixtos/granulares o de lodo. Dicho sistema ha sido implementado por el WSL Swiss Federal Research Institute, Suiza. Lo anterior previa valoración de la accesibilidad para implementar la obra.

Es una barrera flexible de anillos para retención de flujos de detritos, cuya capacidad de retención es aprobada en ensayos de campo por impactos de flujos, naturalmente generados en Suiza (Quebrada Illgraben), bajo de supervisión y aprobación del WSL Swiss Federal Research Institute, Suiza, instituto especializado en el tema, que mide las fuerzas resultantes de los impactos en escala real, sobre un modelo de elementos finitos discretos (Programa FARO, WSL/ETH, Suiza), calibrado y verificado a escala natural por el sistema completo (tipo UX/VX ROCCO®).

FIGURA 5.4 Ubicación de diques

Las condiciones del ensayo son tales que el sistema es aprobado a escala natural tanto contra impactos dinámicos de flujos de detritos al sistema vacío y parcialmente llenado, como contra desborde por flujos de detritos a un sistema lleno (“overflow”). El dimensionamiento del sistema es de acuerdo con el concepto DEBFLOW® (Wendeler et al. 2008/2009). Ver **Anexo N° 3**.

Es conveniente agregar que valorando el uso de este tipo de solución (barrera dinámica) en otros países, la misma actúa de mejor forma y es más efectiva para el fin propuesto, cuando se utiliza un conjunto de estas (barreras dinámicas), que para el caso de estudio se podría considerar sean dos o tres. Las barreras se deberían colocar en los sitios con previa valoración detallada de campo, para determinar si existen las condiciones para ello.

Se corrió una aplicación de SIG, la cual establece una eventual área a ser afectada ante el posible impacto que produciría un deslizamiento en el Burío, el cual formaría una presa y por ende un embalse sobre el río Curubres, y como el eventual rompimiento de esta presa produciría un flujo que se desplazaría por el cauce del río. Tomando en cuenta lo anterior, se analizó la posibilidad de proponer diques de contención con el fin de que el flujo se mantenga dentro del cauce y no se propague lateralmente

Sin embargo, se determinó que no es tan viable, dado que algo que caracteriza a esta área es que a partir del Barrio de Lourdes, Aserrí, existen una serie de viviendas en una situación de hacinamiento, que están prácticamente dentro del cauce primero del río Curubres, y después en el cauce del río Cañas a partir de la confluencia de ambos. Por lo que en el caso de un flujo de lodo y detritos esas unidades habitacionales se verían afectadas directamente tal y como ya ha sucedido.

Por lo señalado plantear dique de contención es hasta cierto punto poco efectivo, ya que lo que primero se debe de realizar, es llevar a cabo todo en un reordenamiento de la situación que se presenta a lo largo del río, la cual es a todas luces sumamente peligrosa. Es necesario empezar por retirar a las familias que se encuentran en esa situación, y demoler las construcciones existentes, adicionalmente es conveniente proceder a dragar el río para permitir espacio para dicho flujo en caso de que se presente.



En el caso de lo que lo anterior se lleve a cabo, se podría pensar en esta opción ya que eventualmente se puede contar con el espacio para la implementación de los mismos, esta recomendación buscaría esencialmente salvaguardar aquellas áreas pobladas cercanas al curso fluvial y que podrían ser afectadas. Al respecto se plantea en las medidas de carácter no estructural algunas indicaciones al respecto.

Las características de los diques no se incluyen, dado que se considera que los mismos se deben de calcular en la medida de que se tome esta decisión como válida, se pretenda implementarlos, y se posea financiamiento para construirlos, previa reubicación de los pobladores.

### **5.2 Medidas de intervención no estructurales.**

Como se señaló anteriormente las medidas de intervención de tipo no estructural son todas aquellas que tienen que ver con la implementación de acciones a ser puestas en práctica esencialmente con la población potencialmente afectada.

En primer lugar es necesario, y dado la magnitud del problema que representan el deslizamiento, que la población que habita en las áreas vulnerables, tenga conciencia del fenómeno existente y como eventualmente los pueden afectar. Para ello es necesario que se ponga en práctica una campaña de concientización que se lleve a los diferentes estratos de la población, en donde se informe del problema y se ponga la magnitud del mismo en la correcta medida, sin llegar a plantear una situación de alarma excesiva. Se considera conveniente por las implicaciones que ello lleva, iniciar con la población de los centros educativos (estudiantes) acompañadas de sus familias.

Se debe establecer un mecanismo que permita la integración de las diferentes organizaciones que trabajan en la comunidad. De modo que entre todas aún en esfuerzos para lograr el cometido por el cual trabajan, ya que se considera que en la medida que cooperen entre sí, los logros serán mejores.

Se debe implementar un Plan de Emergencia actualizado que existe para cada una de las áreas, de modo tal que los pobladores sepan cómo actuar ante la presencia de un flujo de detritos o de lodo,

como producto del desprendimiento de material del deslizamiento respectivo. Se deben de revisar y adoptar las mejores rutas de evacuación, así como los sitios que servirán de albergues.

Es conveniente que se proceda a valorar de forma prioritaria, los casos de las familias que se ubican sobre la zona vulnerable ante la presencia de un flujo. Es necesario determinar a ciencia cierta a quien corresponde la posesión de los inmuebles que habitan, ya que aunque no se logro constatar completamente en el estudio se determino que una parte importante de casas de las zonas son alquiladas por sus usuarios.

Dicha valoración debe de servir como insumo para tomar la decisión de evacuar esas unidades habitacionales, ya que las mismas presentan un nivel muy alto de riesgo, y serían las primeras edificaciones en ser afectadas. Una vez evacuadas esas familias, las edificaciones deben ser demolidas, a partir de ese momento las autoridades correspondientes tienen que estar vigilantes de que no se vuelvan a edificar. Como por ejemplo parte de las viviendas que fueron afectadas por el último acontecimiento, fueron tomadas nuevamente y en las mismas fueron rehabilitadas y están siendo utilizadas.

El proceso de evacuación que se lleve a cabo, debe ser establecido en forma integral, es decir no se trata de solo desalojar a las familias que se encuentren en zonas de alto riesgo, sino que se les debe dar una solución concreta, viable y segura.

Se deben evitar usos del suelo en las zonas de los deslizamientos y áreas circunvecinas, que puedan contribuir a que los movimientos de material se incrementen o se aceleren. Para lo anterior se debe tomar la decisión a nivel político de que se permita únicamente el uso forestal, para ello sería conveniente que se brinde un tipo de estímulo para que los propietarios asuman esta decisión.

La Municipalidad de Aserrí debe establecer los mecanismos idóneos para evitar que se levanten edificaciones en aquellos sitios que por ley y por razones de seguridad no están habilitados, como es el cauce de los ríos. Como por ejemplo se debe velar porque se respeten los retiros que la Ley Forestal (7575) señala en cuanto al uso de esos espacios. Adicionalmente se debe valorar por parte

de las autoridades Municipales que implementen una zonificación de las áreas que presentan peligro, y evitar establecer en ellas futuros proyectos

Es conveniente que la Municipalidad haga los esfuerzos para que se actualice la propuesta de Plan Regulador, y se apruebe el mismo por las autoridades competentes. En la medida de lo posible sería conveniente que se incluya en el mismo parte de las recomendaciones que se generan con este trabajo

Adicionalmente se debe establecer un plan objetivo, y acorde con el Plan Regulador, con el fin de que se limite el proceso de urbanización que se está llevando a cabo en la cuenca de los ríos Curubres y Cañas, con el fin de no permitir urbanizar aquellas zonas que presenten un peligro potencial ante la ocurrencia de un fenómenos de grandes proporciones.

Con respecto a lo anterior es importante se retome las recomendaciones que se establecen en el Plan Regulador del cantón, y que están relacionadas con esta situación.

A continuación se presenta una serie de medidas que aunque no se direccionan hacia precisamente acciones con la población son necesarios para tener información integral relacionada con los deslizamientos.

Es conveniente implementar un Sistema de Alerta Temprana en la cuenca del río Curubres, en la medida de que esta presenta además de los deslizamientos estudiados, evidencia de otros deslizamientos activos de menor magnitud, así como de otros eventos de los cuales existen vestigios de la ocurrencia de los mismos. Se debe valorar en forma simultánea la posibilidad de que lo anterior, se ponga en práctica también en la cuenca del río Cañas

Buscar los medios para poder disponer de un levantamiento topográfico a detalle, de forma tal que se pueda contar con un insumo vital para modelar la topografía, y de esta forma poder realizar cálculos más precisos y tal vez efectuar un modelo tridimensional del relieve existente. Lo anterior se puede por ejemplo mediante la aplicación de LIAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging

Detection and Ranging), que puede dar hasta curvas cada 1,0 m, o con otro sistema que esté al alcance de las autoridades municipales o gubernamentales.

Implementar un sistema de medición detallado del deslizamiento, de manera tal que se pueda monitorear con un muy buen grado de certeza el comportamiento del mismo. Para ello es necesario poder contar con personal especializado que efectúe esa labor a lo largo del tiempo. No se puede especificar la duración del monitoreo, porque este estaría en función del comportamiento del deslizamiento. Este monitoreo se debe realizar con diferente periodicidad dependiendo de la época del año, en la época de invierno se debe llevar a cabo al menos una vez por semana, máximo cada quince días. Mientras que en la época seca se puede llevar a cabo perfectamente una vez al mes.

El personal que se encargue de llevar a cabo este monitoreo debe ser preparado desde el punto de vista técnico, y el mismo es necesario tenga como su principal actividad estas labores, ya que si asumen otras, se corre el riesgo de que el monitoreo que se realice como se debe.

Otra de las medidas que se debe implementar es la compra y colocación de al menos tres estaciones pluviométricas, con un grado de sofisticación técnica tal que permita disponer de datos de precipitación en tiempo real, con el fin de efectuar un monitoreo de primer nivel, y de esta forma tener datos que permitan la toma de decisiones en el momento, de acuerdo al comportamiento de la lluvia. El uso de esas estaciones permitiría poder ir disponiendo de un banco de datos que son vitales para poder conocer el comportamiento del deslizamiento.

También es necesario poder contar con un equipo, o una estación que permita efectuar la medición de caudal sobre el río Curubres para monitorear el comportamiento del curso fluvial del mismo, especialmente en situaciones de precipitación extrema. Se recomienda adicionalmente implementar esto mismo para el río Cañas.

Es muy importante informar a la comunidad de Aserrí y sus habitantes del peligro de un deslizamiento y una posible inundación. Las personas que viven cerca del río Curubres deben estar alerta del peligro de una posible avalancha de barro. Como mencionamos anteriormente, es solamente un evento muy extremo lo que puede detonar el deslizamiento del Burío, tal vez una

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

ocurrencia en 10-30 años. Pero cuando se mueva, la gente va a estar en peligro. Las personas en esta área han muerto anteriormente por problemas con deslizamientos, y esto, puede suceder de nuevo.

A manera de resumen, es urgente que la Municipalidad de Aserrí, tal y como lo señalara en su momento Méndez (2009), establezca un cronograma de actividades para la gestión del riesgo, estas actividades deben de ir de la organización comunal y educación ciudadana, hasta a limpieza periódica de escombros y desechos sólidos que obstruyan el cauce del río Curubres. Las actividades que se programen deben de contar con la participación de la Municipalidad, la CNE, (Departamentos de Prevención y Mitigación, de Operaciones, y Organización y Promoción), empresa privada, comunidad, Ministerio de Educación Pública, MINAET, y otras instituciones relacionadas con el tema como el Ministerio de Salud Pública y las universidades estatales

## **6. USO ACTUAL DE LA TIERRA Y CAPACIDAD DE USO, CONFLICTOS DEL USO.**

### **6.1 Clasificación del uso del suelo**

#### **6.1.1 Uso del suelo en la actualidad.**

A continuación se presenta un análisis y actualización de la clasificación del uso del suelo por medio de sistemas de información geográfica y fotografías aéreas para la cuenca alta del Río Curubres al año 2012.

La Metodología para un proceso de clasificación del uso del suelo por medio de sistemas de información geográfica y teledetección se compone de 5 fases principales las cuales son: 1) Abstracción de la realidad, 2) Almacenamiento de datos, 3) Tratamiento de datos, 4) Análisis de la información, 5) Edición e impresión.

#### **Selección de insumos para la abstracción de la realidad.**

##### **Fotografías aéreas:**

Se eligieron fotografías aéreas digitales del proyecto PRUGAM 2005, debido a que son las más actualizadas para la zona de trabajo y de mejor escala.

Las fotografías fotogramétricas del 2003 se descartaron por su antigüedad y por lo tanto desactualización para este tipo de proyecto.

#### **Selección de cartografía base y tipo de coordenadas.**

Se procedió a la obtención de la cartografía a escala 1: 10 000 del proyecto PRUGAM para la zona. Esta cartografía corresponde al año 2008 y se basó en las fotografías aéreas 2005. El sistema de coordenadas utilizado es el oficial CR05, el cual utiliza el elipsoide WGS84.

#### **Actualización del uso del suelo al 2012:**

El objetivo principal del proyecto es “Determinar la Vulnerabilidad a deslizamiento”, por lo tanto las clasificaciones del uso del suelo Urbano, Pastos, Pastos arbolados, Cultivos, Charral y Bosque.

Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A

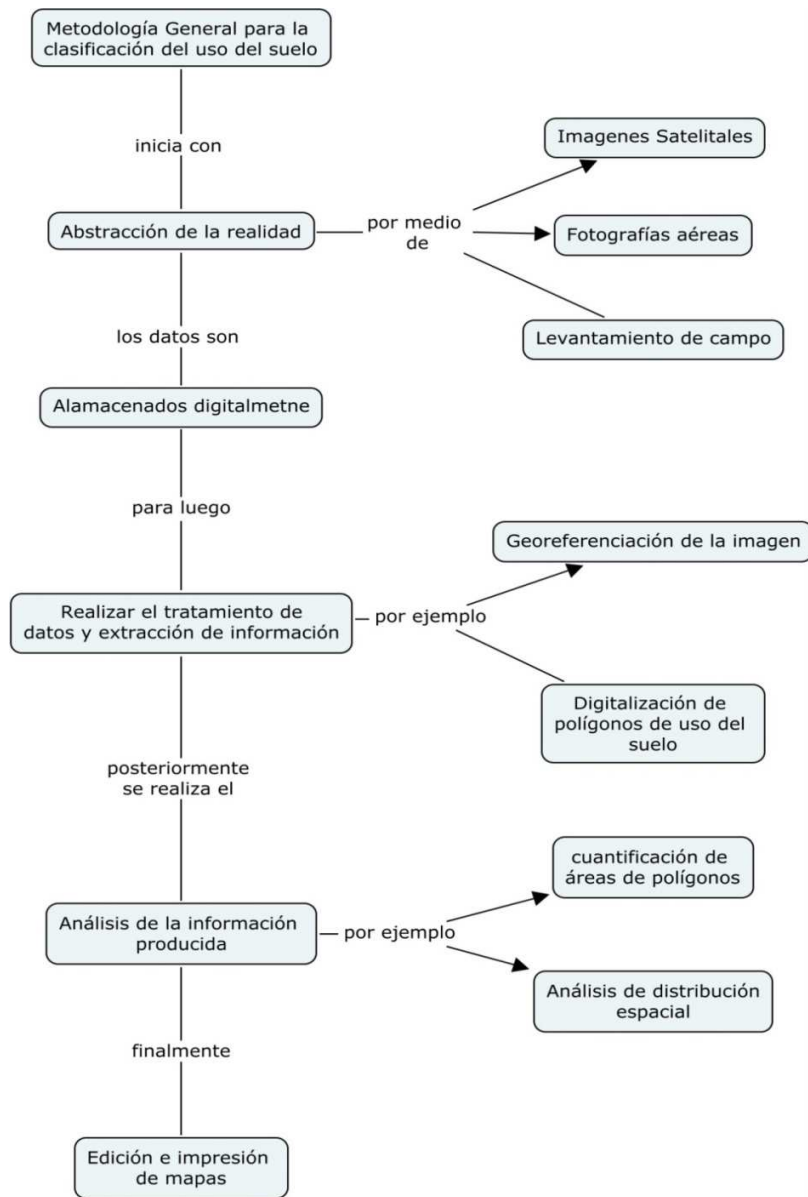


Figura 6.1: Proceso de clasificación del uso del suelo por medio de sistemas de información geográfica y teledetección.

De los polígonos del 2008, se creó una capa para el “uso actual del suelo” donde se procedió a corroborar y actualizar a digitalizar con polígonos las distintas unidades de uso presentes, esto por medio de comprobación de campo durante el mes de Enero 2012. La escala para digitalizar será **1: 10 000** y los polígonos se digitalizarán con lógica topológica.

### **6.1.2 Resultados de la consulta**

#### **Mapa de Clasificación de uso.**

Como resultado se obtuvo el mapa de uso del suelo para el área de proyecto como se muestra en la figura 6.2

#### **Estadísticas de clasificación de uso del suelo.**

A continuación se presentan los datos sobre los diferentes usos del suelo identificados en la actualidad en el área de estudio en un formato resumido.

**Cuadro6.1:**  
Uso del suelo para el área de estudio

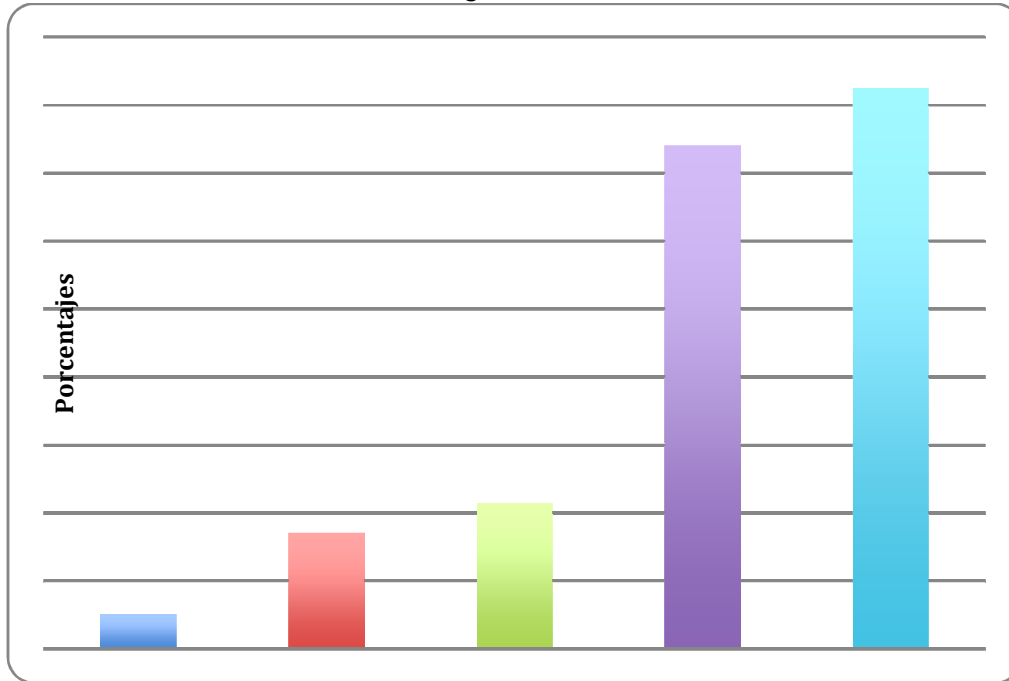
<b>Uso del Suelo</b>	<b>Área (m)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
URBANO	364772.2	36.4	9.0
CULTIVOS	427187.1	42.7	10.6
PASTOS - PASTOS ARBOLADOS	1481232.5	148.1	36.8
BOSQUE/ BOSQUES SECUNDARIOS	1649771.9	164.9	41.0
CHARRAL/ TACOTAL	100685.3	10.1	2.5
Total	4023649.0	402.3	100

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación se presenta en forma grafica los datos presentados en el cuadro anterior



**Grafico 6.1:**  
Área según clasificación de uso.

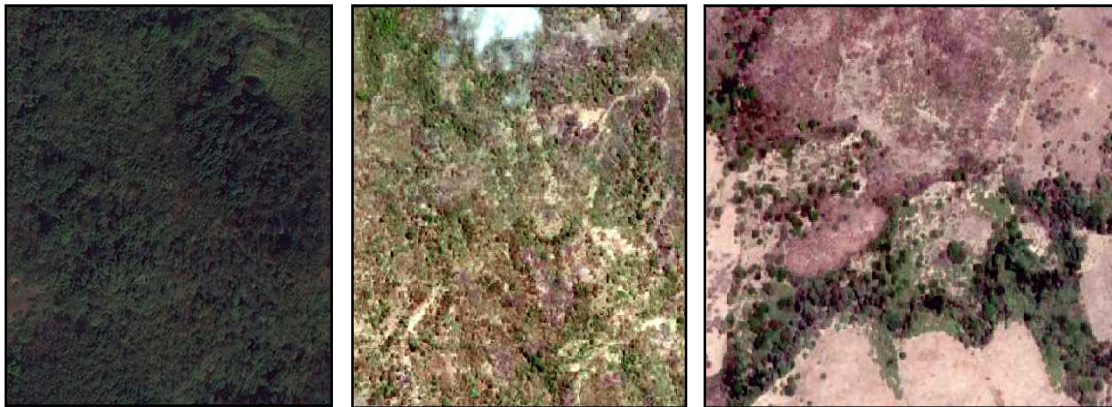


Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 6.2 Mapa Uso del suelo 2012**

### 6.1.3 Análisis de resultados de la clasificación del uso del suelo

En el área de proyecto, se identificó que la cobertura predominante es el bosque con un 41,2%, que se podía subclasificar en bosques riparios sempervirentes, bosque secundarios, bosques en equilibrio.



**Fotografías 6.1, 6.2, y 6.3:** Ejemplos de Bosque, B. Secundario y B. Ribereño

En cuanto a los pastizales, estos cubren un 37% del AP, y son muy fáciles de identificar en las imágenes aéreas debido al contraste visual que provoca la época seca en que fueron tomadas las imágenes satelitales.

Un nivel de transición de la sucesión vegetal son los charrales y tacotales, los cuales representan un 2.5% del total y se encuentran normalmente entre los bosques y las zonas de pastizales, casi como un área de buffer ecológico.

Las zonas urbanas representan un 8.5%, las cuales son una mezcla entre urbano y rural. En algunos casos los límites de este ítem no son muy claros, puesto que existen casas de fincas que colindan o se entremezclan con los bosques o bosques secundarios, especialmente en los sectores más altos de la cuenca.

**Fotografía 6.4:** Zonas urbanas



Finalmente se identificaron cultivos en un 10.7%, de entre los cuales se destacan cultivos permanentes, anuales, el café y plantaciones forestales, debido a que el clima de la zona es apto para este fin.

#### **DIVERGENCIAS DE USO:**

Para la generación de divergencias de uso, se utilizan como insumos los mapas de uso del suelo actual y los mapas de capacidad de uso. Para el uso del suelo, se definieron códigos numéricos a cada clase, de la siguiente manera:

<b>Clase</b>	<b>Código</b>
Bosque	10
Pastos	20
Cultivo	30
Tacotal	40
Urbano	50
Terreno descubierto	60

En la realización de los mapas de “capacidad de uso” se toma como insumo la información de la Fundación Neotrópica 1999, la cual se encuentra a una escala de 1:50000. La información se procesa y se realiza un corte de la capa correspondiente al área de estudio. A esta capa resultante se le incluye una columna correspondiente a la clase de capacidad, y otra correspondiente al código de la clase, el cual se muestra a continuación:

<b>Clase</b>	<b>Código</b>
Clase I	01
Clase II	02
Clase III	03
Clase IV	04
Clase V	05
Clase VI	06
Clase VII	07
Clase VIII	08
Clase A	00

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Estos códigos se utilizan a la hora de generar la información de divergencia de uso. Ahora bien, las zonas que son más probables de ser encontradas dentro del análisis en cuestión son:

Clase A: tierras aptas para cultivos y/o pastos

Clase V: tierras aptas para manejo del bosque natural

Clase VI: tierras aptas para la producción forestal, frutales o café

Clase VII: tierras aptas para el manejo del bosque o regeneración natural

Clase VIII tierras aptas para la preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética, y belleza escénica

A continuación en la figura 6.3 se presenta el mapa de capacidad de uso:

**Figura 6.3. Mapa de capacidad de uso del suelo**

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

La metodología de “divergencia de uso” se utiliza para determinar según el uso actual del suelo que se tenga y la capacidad de uso agrícola, la cual establece cuáles son aquellas actividades permitidas en un espacio específico según sus limitantes físicas, aquellas áreas donde se esté dando un uso adecuado del suelo (uso conforme), un uso que no esté aprovechando al máximo las potencialidades del suelo donde se realiza (sub), y un uso que debido a las limitaciones del espacio y la naturaleza del mismo puede generar algún tipo de impacto negativo (sobre uso).

Se determina mediante una matriz de divergencias, en la cual se sobre ponen los usos con las capacidades, cuáles combinaciones de los dos pertenecerán a que categoría de las explicadas anteriormente. Cada combinación posee un número irrepetible en la matriz, generado con la suma de los códigos correspondientes a cada capa, tal y como se explica a continuación:

**Bosque (10)+ Clase I (01) = Bosque en clase I (11)**

**Pastos (20)+Clase I (01)= Pastos en clase I (21)**

Una vez generado el código para todas las combinaciones se determina la categoría en la capa de divergencia, por color, de la siguiente manera:

**Verde**= Uso conforme

**Amarillo**= Sub uso

**Rojo**= Sobre Uso

Clase	Bosque 10	Pastos 20	Cultivos 30	Tacotal 40	Urbano 50	Terreno descubierto
I 01	11	21	31	41	51	61
II 02	12	22	32	42	52	62
III 03	13	23	33	43	53	63
IV 04	14	24	34	44	54	64
V 05	15	25	35	45	55	65
VI 06	16	26	36	46	56	66
VII 07	17	27	37	47	57	67
VIII 08	18	28	38	48	58	68
A 00	10	20	30	40	50	60

**Figura 6.4. Mapa de divergencia de uso del suelo.**



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

Para la realización de las capas de diferencias se utiliza el programa de Sistemas de Información Geográfica con las capas previamente creadas de uso del suelo y capacidad de uso. Éstas capas se intersectan vectorialmente para generar una nueva capa que contenga la información de las dos capas anteriores, y en la cual se crean los polígonos de uso según cada capacidad. A ésta se le genera una nueva columna, la cual corresponde a los valores de la suma de los campos de código de uso del suelo y capacidad; éstos a la vez serán los establecidos en la matriz de divergencias.

**Resultados**

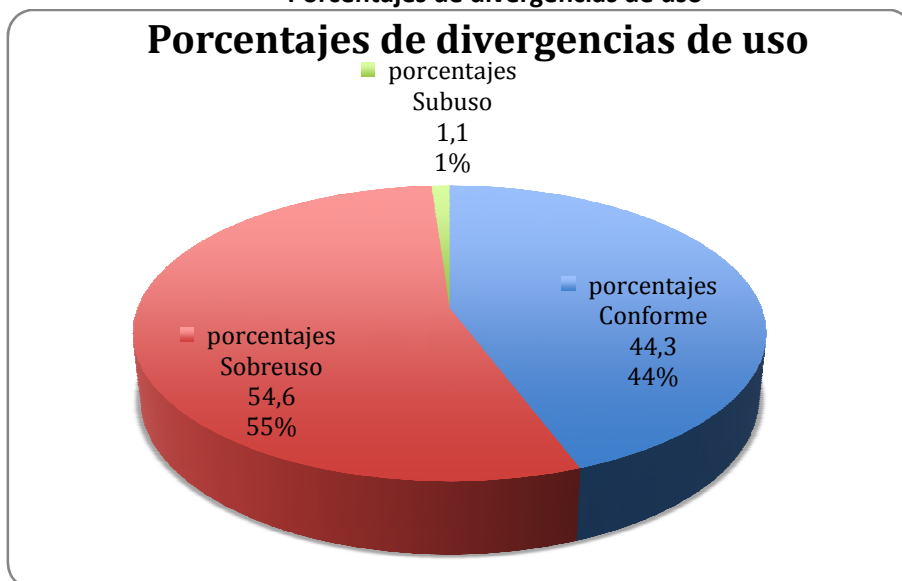
Los resultados de las áreas y sus respectivos porcentajes se muestran en el cuadro 6.2 y en el gráfico 6.2.

**Cuadro 6.2**  
**Áreas y porcentajes de divergencias de uso**

Divergencia	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Porcentaje (%)
Conforme	1751136.5	175.1	44.3
Sobreuso	2159835.3	216.0	54.6
Subuso	42815.5	4.3	1.1
Total	3953787.3	395.4	100.0

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6.2.**  
**Porcentajes de divergencias de uso**



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

El análisis de las divergencias de uso, indican que el 44.3% del área de estudio se encuentra con un uso conforme y su distribución espacial se da en las zonas altas y bajas de la cuenca. Mientras que el 54.6% es de sobreuso, principalmente por la presencia de cultivos o pastizales en zonas de altas pendientes, especialmente en las zonas altas y medias de la cuenca.

Finalmente, tan solo se presenta un 1.1% de subuso, esto debido a la presencia de pastizales o charrales en las zonas bajas, las cuales son aptas para el desarrollo de la agricultura.

## **7. PROPUESTA DE USO DE LA TIERRA ENTORNO A AMBOS DESLIZAMIENTOS**

### **Área vulnerable a un deslizamiento y eventual flujo de lodos**

La metodología para determinar el área vulnerable a un deslizamiento se determinó mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica en el cual se elaboraron, a partir de curvas de nivel, mapas de pendientes, modelo de elevación digital, mapas de orientación de laderas, entre otros. A partir de la interpretación de estos productos y de la configuración de las curvas de nivel y de la red hidrográfica, fue posible determinar las áreas más propensas a deslizarse, y con esto establecer las zonas vulnerables para poder así delimitar los sectores más críticos.

Estas áreas fueron validadas mediante el uso de fotografías aéreas de la zona y de las cartas geomorfológicas a escala 1:50.000 del Dr. Jean Pierre Bergoeing, las cuales evidenciaban antiguos procesos de remoción en masa y evidencias actuales de reptación y solifluxión.

Por otra parte, el área vulnerable a un eventual flujo de lodos se determinó igualmente, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, en el se realizaron diferentes cálculos para determinar la pendiente del cauce principal, las pendientes de las laderas de este cauce, la altura del fondo del valle con respecto a la presencia infraestructura en el sitio.

De esta manera se logró determinar diferentes zonas de influencia a lo largo del cauce principal, por el cual bajaría un eventual flujo de lodos producto de un deslizamiento en las partes altas de la cuenca.

Este cálculo se realizó en un sector de la cuenca del río Curubres, específicamente en la zona del deslizamiento del cerro Burío.

### **Deslizamiento Burío**

El área vulnerable ante un deslizamiento y eventual flujo de lodos en el sector del cerro Burío es de aproximadamente 0.373 km<sup>2</sup>, dentro de la cual se vería afectados 0.14km<sup>2</sup> de bosque (32.5% del área total), 0.01km<sup>2</sup> de cultivos de café (2.32%) y 0.09km<sup>2</sup> de zonas urbanas (20.93%).

El uso de Sistemas de Información Geográfica permitió determinar la infraestructura vial y viviendas vulnerables ante un deslizamiento y eventual flujo de lodos en este sector. La metodología

consistió determinar, mediante distintas herramientas del SIG la infraestructura vial, puentes y viviendas que se encontraban dentro del área vulnerable delimitada previamente. **Con esto se pudo determinar que, ante un deslizamiento en el cerro Burío y su eventual flujo de lodos, a través de la quebrada Curubres, aproximadamente 3.95km de red vial, más de 200 viviendas y al menos 12 puentes.**

Es importante resaltar el hecho de que en el sector de Barrio Lourdes se encuentran una serie de tanques del acueducto municipal que abastecen este barrio y gran parte del cantón Aserrí, por lo que un eventual flujo de lodos en este sector dejaría sin abastecimiento de agua potable a un gran número de familias, incrementando la vulnerabilidad de este sector.

La mayor cantidad de viviendas vulnerables son las que se ubican en ambos márgenes de la quebrada Curubres, en donde la densidad de viviendas es alta. La mayor cantidad de puentes vulnerables corresponden a puentes de tránsito vehicular de uno o dos carriles los cuales se encuentran asfaltados y la mayor parte de estos forman parte de la ruta nacional que comunica Aserrí con los alrededores de la zona de Acosta. También existen puentes peatonales que sirven de acceso, y que en muchos sectores de Barrio Lourdes constituye la única forma de ingreso a este sector, lo cual ante la caída de uno de estos puentes dejaría incomunicadas a decenas de personas que viven la zona.

#### **Propuesta de Uso de la tierra y recomendaciones**

Para regular las acciones ambientales y/o antrópicas sobre la cuenca es necesario seguir una serie de mecanismos o pautas que marquen la dirección e importancia del ordenamiento territorial en la cuenca.

Se recomienda reforestar con especies frutales autóctonas de bajo tamaño la parte alta de la cuenca, donde existen evidencias de reptación y solifluxión, esto provocaría una mayor estabilidad del suelo gracias a la estabilidad que brindarían las raíces de estos árboles.

Por ningún motivo se recomienda reforestar con especies no nativas, tales como Eucalipto o Ciprés (por mencionar algunos ejemplos), ya que estos generan un proceso de desertificación del suelo, trayendo consigo impactos negativos sobre este sector.

Tampoco se recomienda continuar con una cobertura de pastizales en este sector con evidencias de solifluxión y reptación, ya que esto provocaría una menor infiltración y por ende una mayor escorrentía superficial lo cual provocaría procesos de erosión laminar.

No se recomienda la presencia de cultivos hortícolas, ya que generalmente producen una mayor erosión, sin embargo si se siguen ciertas normas durante su cultivo se puede reducir enormemente este proceso; como por ejemplo sembrar en heras siguiendo las curvas de nivel, reduciendo la velocidad de la escorrentía producto de la fuerza de gravedad, provocando una menor erodabilidad del suelo.

**No se recomienda la presencia de ganado en la parte alta del deslizamiento, ya que este genera efectos negativos sobre la estabilidad del suelo y de las laderas, esto debido a su peso y densidad corporal, en donde el pisoteo del ganado sobre los pastizales provoca un fuerte impacto generando el llamado "pie de vaca", también terracetas y solifluxión, los cuales al ir evolucionando con el paso del tiempo generan grietas y cárcavas los cuales son señales iniciales de movimiento e inestabilidad del suelo.**

La precipitación en la cuenca es moderada, sin embargo ante eventos climáticos extremos, la lluvia erosiona con mayor facilidad los suelos alfisoles característicos de este sector; a esto debe sumársele el hecho de que en la parte alta de este deslizamiento la cobertura vegetal predominante corresponden a pastizales, lo que provoca una mayor escorrentía superficial y al presentar pendientes importantes genera una fuerte erosión del suelo, lo que puede inestabilizar las laderas y la parte alta del deslizamiento.

Debe considerarse también, la influencia y el efecto que podría tener un eventual flujo de lodos y detritos en los cauces inferiores del río Curubres, ya que este confluye con el río Cañas el cual

atraviesa poblados importantes como San Rafael Arriba, San Rafael Abajo, Desamparados y Alajuelita.

Prohibir la construcción de viviendas en la parte alta del deslizamiento, o cualquier otra actividad urbana o comercial, que provoque un impacto en los recursos naturales o que ejerza presión sobre estos.

Se pueden desarrollar trabajos cuyo objetivo es tomar medidas con respecto a un eventual taponamiento o represamiento del río Curubres, como por ejemplo: una ampliación del cauce, eliminación de obstáculos, construcción de gaviones en las márgenes del río para evitar la erosión de las laderas y desprendimiento de material. Las medidas anteriores es conveniente aplicarlas en la época seca especialmente.

Se deben tomar medidas de impermeabilización sobre todo en el sector de la corona del deslizamiento y en los costados del área en movimiento.

Se recomienda construir terrazas siguiendo las curvas de nivel, lo cual disminuye la pendiente y el efecto que ejerce la gravedad ante la presencia de pendientes fuertes.

Es necesario que las autoridades y gobierno local regulen el crecimiento y expansión urbana principalmente en la parte alta de la zona propensa a deslizamiento así como también en los márgenes del cauce principal del río Curubres, a una distancia no menor a los 20m de ambos márgenes del río.

También se debe regular el vertido de desechos sólidos al cauce principal del río Curubres, ya que esto reduce tanto la capacidad hidráulica como la geometría del cauce, reduciendo el ancho y la profundidad del mismo, provocando el desbordamiento de este y la inundación de las viviendas construidas en el área de influencia del río principal.

La fragmentación de la cuenca en un conjunto de propiedades o fincas de diferentes dueños, dificulta la aplicación de medidas correctivas, esto debido a los diferentes intereses por parte de los

propietarios en cuanto a la utilización de sus tierras. Se debe procurar que existan pocos dueños de tierras o finqueros dentro de una misma cuenca para facilitar el ordenamiento, ya que las fincas serán más grandes y al poner en práctica una medida sobre una finca determinada, se estará ordenando una mayor superficie de la cuenca

Otra medida sería el pago por servicios ambientales, en los que el estado les dé una especie de bonificación a los propietarios de tierras que conserven en su estado natural algún recurso de importancia para la cuenca, tales como bosque, ríos e incluso una especie animal o vegetal.

En general se deberán ejecutar practicas de buen uso y conservación del suelo, para disminuir la erosión laminar y retener mejor los nutrientes del suelo.

Seguir los lineamientos propuestos por el proyecto PRUGAM, el cual se basa de acuerdo a la clasificación de los Índices de Fragilidad Ambiental (IFA), los cuales regulan el uso de la tierra y la actividad comercial, urbana y agrícola.

Se recomienda como parte de la gestión y prevención del riesgo, instalar una estación meteorológica automática en la parte alta de la cuenca, que brinde información en tiempo real de la cantidad de precipitación que está cayendo sobre este sector, lo cual servirá como una alerta temprana ante una eventual reactivación del deslizamiento y un posible flujo de lodos y detritos, que provoque daños en el pueblo que se encuentra aguas abajo, específicamente en el sector de Barrio Lourdes.

## **8. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ENTORNO DEL DESLIZAMIENTO**

### **8.1 Datos históricos y comparación con la memoria histórica de la comunidad.**

De acuerdo a informes técnicos de la Comisión Nacional de Emergencia (CNE, 1994) y datos de prensa escrita (La Nación, 2010), el cerro Burío ha presentado 3 eventos importantes en los últimos 60 años: uno en 1955, otro en 1988 y el último en el año 2010.

Fue a partir del año de 1955 que se empezó a denominar el área de estudio como deslizamiento El Burío; un huracán, del cual no se puede precisar el nombre, provocó los primeros movimientos de material. Desde ese momento y especialmente en las épocas lluviosas la masa de material se mueve de 2cm a 5cm por año.

La noche del 22 de octubre de 1988, y luego de intensas precipitaciones provocadas por el huracán Joan, el deslizamiento El Burío entró en actividad nuevamente. A consecuencia de esto se dieron represamientos en el río Curubres que provocaron una avalancha de lodo y rocas que posteriormente ocasionaron una cabeza de agua; esto creó alarma en los habitantes de los poblados de Aserrí aguas abajo del río Suárez donde murieron dos personas que fueron golpeadas por la cabeza de agua. (Hernández, 1994).

En años posteriores y debido a la influencia indirecta de otros huracanes como el huracán Cesar en 1996 y Mitch en 1998 –especialmente este último–, que originaron precipitaciones intensas durante varios días de manera continua, tuvieron impacto en El Burío.

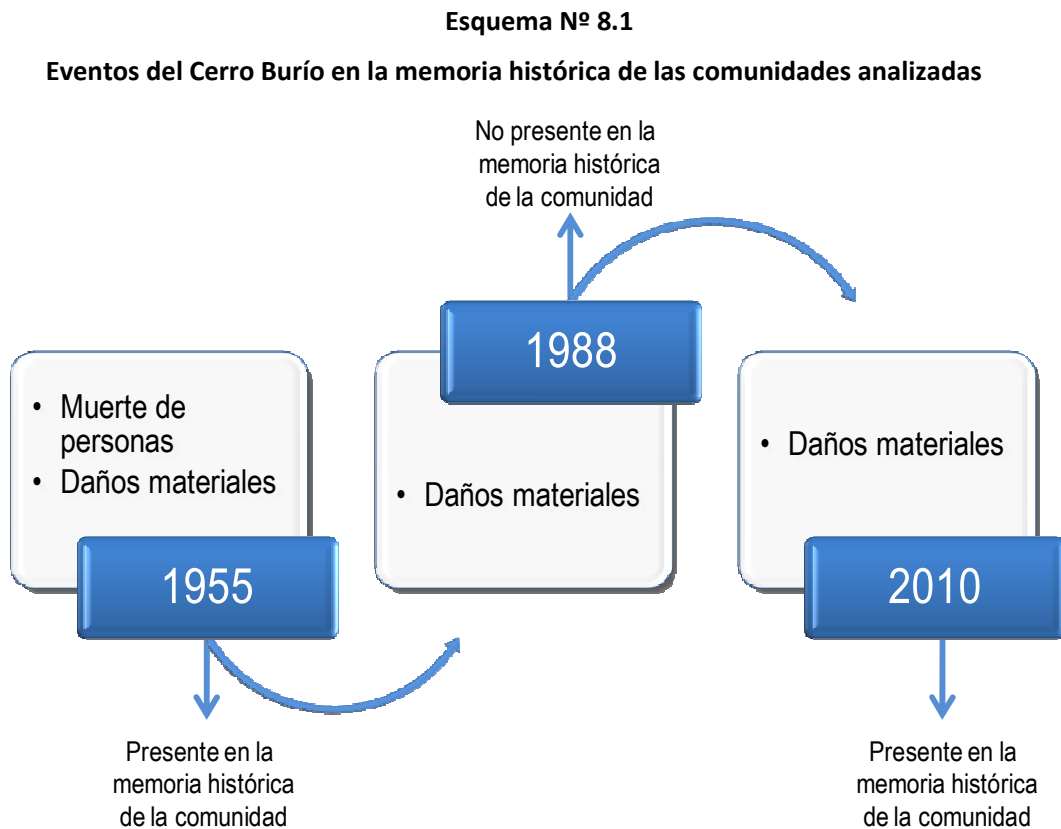
Más recientemente en el año 2010, en el mes de noviembre se tuvo un desprendimiento de la zona alta de la cuenca del río Curubres, el cual afectó aproximadamente 50 casas en la comunidad de Lourdes. Afortunadamente no hubo pérdidas humanas, a diferencia de otros eventos en el pasado.

Sin embargo, al hacer la consulta en las comunidades analizadas, las personas con las que se conversó no hicieron mención en ningún momento del evento del año de 1988, generado como resultado de las lluvias que provocó la influencia indirecta del huracán “Joan”.



Las personas hicieron comentarios relacionados con el evento del año 1955 y a las muertes que el mismo produjo en el sector de Sáurez (también conocido como Lourdes). Sin embargo, sobre el mismo existe diversidad de criterios entre las personas consultadas, ya que mientras algunas dicen que en ese año 15 personas fallecieron, otras indican que el número de personas fallecidas fue de 20. No obstante, la revisión de información periodística indica que en 1955 murieron 8 personas por un deslizamiento del cerro Burío (La Nación, 2005).

En el esquema N° 8.1 se representa gráficamente el historial de eventos registrados en el cerro Burío y su presencia en la memoria histórica de las comunidades analizadas:



**Fuente:** Elaboración propia a partir de información documental y entrevistas (Marzo, 2012)



**Fotografía 8.1:** Casas afectadas por el evento de noviembre del 2010

## **8.2. Composición etérea de la población en el área de amenaza y distribución**

### **8.2.1 Cantón de Aserrí: Aspectos históricos y demográficos**

En éste apartado se presentará información de la población del Cantón de Aserrí, a manera de contextualización de los sitios específicos de estudio. Para la realización de éste apartado se consultaron distintas fuentes de información, tales como:

- Área de Servicios de Información y Divulgación Estadística (ASIDE) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), donde se consultaron las cifras preliminares de población y vivienda del Censo realizado a nivel nacional en el año 2011.
- Ministerio de Cultura y Juventud, para obtener datos del patrimonio histórico que existe en la totalidad del Cantón.
- El Museo Nacional para la identificación de los sitios arqueológicos registrados en el Cantón de Aserrí.
- El Área de Salud de Aserrí (ASA) de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), donde se consultó el Análisis de Situación Integral de Salud (ASIS) del año 2006.

### **Aspectos históricos**

En la época precolombina el territorio que actualmente corresponde al cantón de Aserrí, estuvo habitado por indígenas del llamado “Reino Huetar de Occidente”, que en los inicios de la conquista fue parte de los dominios del cacique Aczarri, llamado también Accerrí, Aquecerri, Aquearri, Adcerri o Adqarri; quien era súbdito de Garabito. El nombre del cantón es en recuerdo del cacique Aczarri, que gobernaba la región cuando llegaron los primeros conquistadores españoles y el nombre evolucionó a Aserrí (IFAM, 2004).

La población de Accerrí fue descubierta en 1561, por el conquistador don Juan de Cavallón y en 1575 se construyó la iglesia dedicada a San Luis de Tolosa. En ese mismo año se fundó la parroquia de Aserrí, una de las más antiguas del país (IFAM, 2004).

En ley N° 3 del 27 de noviembre de 1882, se creó Aserrí como cantón de la provincia de San José, designándose como cabecera al pueblo del mismo nombre y en la administración del presidente Próspero Fernández Oreamuno, el 27 de noviembre de 1882, en ley N° 3, se le otorgó el título de Villa a la población de Aserrí, cabecera del cantón creado en esa oportunidad. Posteriormente el 10 de agosto de 1920, en el gobierno del presidente Julio Acosta García, se promulgó la ley N° 69 que le concedió a la villa, la categoría de Ciudad (IFAM, 2004).

Por otra parte, en lo que a patrimonio se refiere, en el Cantón de Aserrí se tienen registradas cuatro infraestructuras como patrimonio histórico-arquitectónico, cuyos detalles se presentan seguidamente (MCJ, 2012):

“La Piedra de Aserrí” (Distrito Aserrí). Decreto N° 21707-C, publicado en La Gaceta N° 238 del 11 de diciembre de 1992. La evaluación del valor patrimonial consiste en: antigüedad, histórico y simbólico.

“Palacio Municipal” (Distrito Aserrí). Decreto N° 21706-C, publicado en La Gaceta N° 238 del 11 de diciembre de 1992. La evaluación del valor patrimonial consiste en: antigüedad, arquitectónico, científico, estético, histórico y simbólico.

“Templo católico San Luis de Tolosa” (Distrito Aserrí). Decreto N° 33431-C publicado en La Gaceta N° 224 del 22 de noviembre de 2006. La evaluación del valor patrimonial consiste en: antigüedad, arquitectónico, científico, estético, histórico y simbólico.

“Casa hermanos Abarca-Herrera” (Distrito San Gabriel). Decreto N° 27540-C publicado en La Gaceta N° 4 del 7 de enero de 1999. La evaluación del valor patrimonial consiste en: antigüedad, arquitectónico, científico, estético, histórico y simbólico.

En lo concerniente a sitios arqueológicos, según la información recopilada en el Cantón de Aserrí se tienen registrados dos sitios de interés arqueológico:

“Sitio Aserrí”. Registrado con la SJ-86-AS.

“Sitio Pecuaria Belén”. Registrado con la clave SJ-67-PB.

#### **Composición etérea de la población en áreas de amenaza**

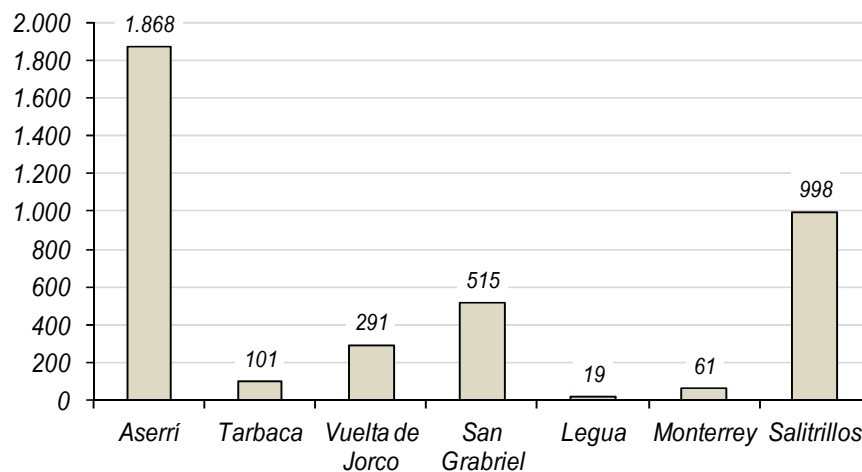
Dado que el país no posee un sistema actualizado de información estadística a nivel de comunidades y ante la dificultad para tener acceso a los datos recogidos con el Censo Nacional Población y Vivienda del año 2011, para la realización de este apartado se tuvo que recurrir a algunos datos generales publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), así como a estadísticas del Análisis de Situación de Salud (ASIS) del Área de Salud de Aserrí. A partir de lo anterior, algunas características demográficas del Cantón se detallan a continuación:

- Según las cifras preliminares del Censo del año 2011, en el Cantón Aserrí habitan 58.430 personas, de las cuales 28.598 (48.94%) son del sexo masculino y 29.832 (51.06%) son del sexo femenino (INEC, 2012).
- A partir de esos datos, se tiene que la densidad de población en el Cantón Aserrí es de 350 personas por kilómetro cuadrado (INEC, 2012).

Al apreciar la densidad de población para cada uno de los distritos del Cantón, se tiene que en el Distrito Aserrí se da la mayor densidad (1.868 hab/km<sup>2</sup>), mientras que el Distrito Legua es el que presenta la menor densidad (19 hab/ km<sup>2</sup>), como se observa en el gráfico N° 8.1.

**Gráfico N° 8.1**

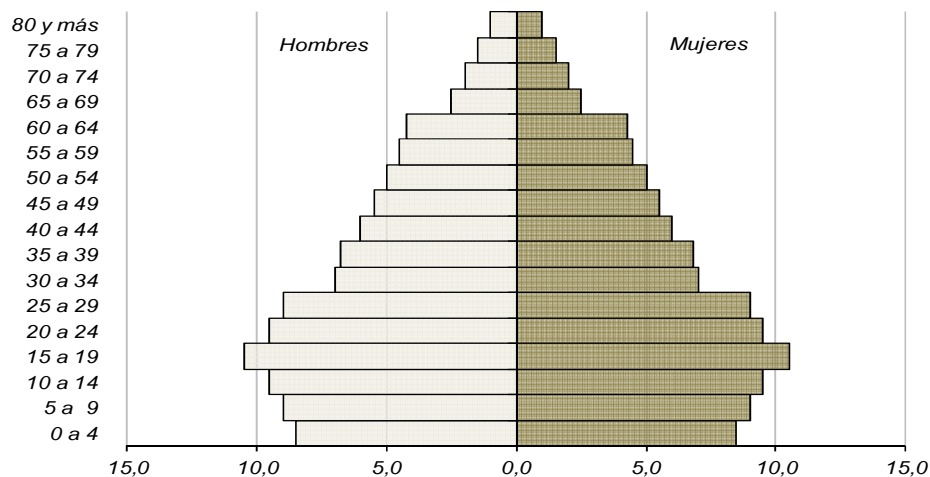
**Cantón Aserrí: Densidad de población (Absolutos)**



**Fuente:** INEC, Cifras preliminares Censo 2011

- En tanto, para el año 2006 el Área de Salud de Aserrí registró una tasa de natalidad del 14.98; una tasa de fecundidad general del 76.27; una tasa de mortalidad general de 2.41 y una tasa de mortalidad infantil de 5.98 (Área de Salud de Aserrí, 2007). De igual forma, para el año 2006 la distribución de la población del Cantón en lo que a grupos de edad se refiere, reflejó una distribución homogénea entre los hombres y las mujeres, tal y como se ve en el gráfico N° 8.2, donde se aprecia como para el año 2006, el mayor grupo de edad de población fue de las personas entre 15 y 19 años de edad.

**Gráfico N° 8.2.**  
**Cantón Aserrí: Distribución de la población por grupos de edad (Porcentajes)**



**Fuente:** Área de Salud de Aserrí, ASIS 2006

En lo que a estadísticas sociales se refiere, el Cantón Aserrí registró para el año 2007 un Índice de Desarrollo Social (IDS) del 38.6, lo que ubicó al Cantón en la posición número 51 entre los 81 cantones del país (MIDEPLAN, 2007). El IDS se define “como el proceso mediante el cual se procura alcanzar una sociedad más igualitaria, participativa e inclusiva, que garantice una reducción de la brecha que existe en los niveles de bienestar que presentan los diversos grupos sociales y áreas geográficas, para lograr una integración de toda la población a la vida económica, social, política y cultural del país, en un marco de respeto y promoción de los derechos humanos” (MIDEPLAN, 2007).

Al analizar algunas estadísticas de salud en el Cantón, se tiene que las principales causas de muerte registradas por el Área de Salud de Aserrí están vinculadas con problemas respiratorios crónicos, cáncer de estómago, otros tipos de cáncer y problemas cardiovasculares (Área de Salud de Aserrí, 2007). En tanto, las principales causas de consulta de atención por grupos de población se presentan en el cuadro N° 8.1:

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro N° 8.1.  
ASA: Principales causas de consulta por grupos de la población**

<b>Niños(as)</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Adultos</b>	<b>Adultos Mayores</b>
-Infección respiratoria aguda (IRAs)	- IRAs	- IRAs	- IRAs	- IRAs
-Trastorno respiratorio	- Embarazo	- Diabetes M	- Diabetes M	- Diabetes M
- Afectaciones de la piel/tejidos blandos	- Depresión	- Hipertensión	- Hipertensión	- Hipertensión
- Enfermedad del aparato digestivo	- Afectaciones de la piel y tejidos blandos	- Afectaciones de la piel y tejidos blandos	- Trastornos mentales	-Trastornos mentales
- Trastorno nutrición	- Enfermedad del aparato digestivo	- Enfermedad del aparato digestivo	- Enfermedad del aparato digestivo	- Enfermedad del sistema nervioso

**Fuente:** Área de Salud de Aserrí, ASIS 2006

En la parte educativa, en la totalidad del Cantón están presentes varios centros de educación primaria (escuelas) y secundaria (colegios), tanto de carácter público como privado, tal y como se detalla en el cuadro N° 8.2:

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro N° 2.**  
**Sector de análisis: Centros educativos registrados por tipo de dependencia y zona**

Nivel	Nombre	Distrito	Caserío	Dependencia	Zona
Escuelas	Edwin Porras Ulloa	Salitrillos	Calle Lajas	Público	Urbano
	Sáurez	Salitrillos	Lourdes	Público	Urbano
	Domingo Faustino Sarmiento	Salitrillos	Salitrillos	Público	Rural
	Santa Teresita	Salitrillos	Santa Teresita	Público	Rural

**Fuente:** Ministerio de Educación Pública, Registro de Centros Educativos en Costa Rica, 2009.

**Inventario de las principales organizaciones sociales**

En lo que se refiere a grupos organizados dentro de la zona de estudio, la conversación con varios vecinos del lugar, permitió determinar la existencia de tres grupos sociales claramente organizados y que tienen algún tipo de injerencia en la cotidianidad de la comunidad analizada: asociación de desarrollo, junta de educación y sub-comité de deportes.

Al respecto se debe indicar que el análisis se circunscribe al sector de Lourdes de Aserrí, ya que está en la zona con una mayor incidencia directa de los efectos de los deslizamientos del cerro Burío.

**CUADRO N° 8.3.**  
**PRINCIPALES ORGANIZACIONES SOCIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO**

Organización	Descripción
Asociación de Desarrollo Comunal de Lourdes de Aserrí.	Esta es una organización integrada por 7 miembros que se distribuyen los puestos de presidencia (1 persona), vicepresidencia (1 persona), secretaría (1 persona), tesorería (1 persona) y vocales (3 personas). Este tipo de Asociación es de tipo formal, territorial y de base popular. Se considera una organización formal porque su constitución, actuaciones, relaciones y disolución están determinadas por la Ley N° 3859 del 7 de abril de 1967 y su respectivo reglamento. Es una organización territorial porque su accionar está circunscrito a un área determinada, en este caso B° Lourdes de Aserrí. Es una organización de base popular porque sus afiliados son personas mayores de quince años vecinos de esa área territorial, sin distinciones de posición económica, ideológica, política, religiosa, racial o de sexo.



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

<b>CUADRO Nº 8.3. PRINCIPALES ORGANIZACIONES SOCIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
<b>Organización</b>	<b>Descripción</b>
Junta de Educación del centro educativo Sáurez de Lourdes de Aserrí.	<p>La Junta de Educación es un órgano auxiliar de la Administración Pública en materia de educación está conformada por una junta directiva conformada por 5 miembros, cuyos puestos se distribuyen en la presidencia (1 persona), vicepresidencia (1 persona), secretaría (1 persona) y vocales (2 personas). La función primordial de la Junta de Educación es asegurar la integración de la comunidad y el centro educativo. Como organismos auxiliares de la Administración Pública, la Junta tiene personalidad jurídica y patrimonio propio. Sin embargo, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 45 de la Ley Fundamental de Educación, su actividad está subordinada a la Política Educativa vigente.</p> <p>Entre las actividades que debe cumplir la Junta están, entre otros, los siguientes: velar por el buen estado, construcción y mejora de la planta física de las instituciones a su cargo, así como por la conservación y protección de los bienes muebles; administrar los recursos económicos provenientes del Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares, asignados a la institución educativa por medio de la División de Alimentación y Nutrición del Escolar y del Adolescente, para el funcionamiento de los comedores escolares; promover la participación activa y responsable de los miembros de la comunidad, en el funcionamiento adecuado del comedor escolar e impulsar políticas de integración comunal para financiar y desarrollar dichos programas en el ámbito institucional; autorizar el uso de la planta física para actividades comunales y culturales, cuando se realicen fuera de la jornada de la institución; promover actividades y crear mecanismos de participación e integración entre la comunidad y los centros educativos.</p>
Sub-comité comunal de deportes de Lourdes de Aserrí	El Subcomité Comunal es un órgano adscrito al Comité Cantonal de Deportes y Recreación y tiene a su cargo el mantenimiento y administración de la cancha de fútbol de Bº Lourdes. El Subcomité Comunal está integrado por un Junta Directiva de siete miembros residentes de la comunidad de Bº Lourdes y está subordinado al Comité Cantonal de Deportes de la Municipalidad de Aserrí.
Asociación de productos agropecuarios de la comunidad de Acosta y Aserrí” (ASOPROAAA)	<p>ASOPROAAA fue fundada a causa de la grave influencia que tuvo el huracán Mitch, que destruyó los sistemas productivos de los agricultores de estos cantones. Como consecuencia de este desastre se desarrollo un estudio a nivel regional con 28 representantes de organizaciones de la zona, que permitió determinar la fragilidad que había en sus sistemas productivos, aunado a esto no existía una organización solida que se encargara del desarrollo social de estas comunidades.</p> <p>ASOPROAAA se convirtió en una organización encargada del</p>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

<b>CUADRO Nº 8.3. PRINCIPALES ORGANIZACIONES SOCIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
<b>Organización</b>	<b>Descripción</b>
	<p>mejoramiento social, económico, cultural, educativo y productivo de sus asociados, así como también de suministrar a estos servicios sociales y comunales (Mesén, 2011).</p> <p>ASOPROAAA desarrolla proyectos de caficultura orgánica, microbeneficiado ecológico y producción ganadera sostenible.</p>
Asociación Grupo Cultural Aserrí” (AGRUCA)	<p>Fundada en el año 2009 y dedicada a la conservación de la mascarada tradicional costarricense, la cual, es de carácter privado, cultural, técnico y conservacionista, sin fines de lucro y con ámbito de actuación nacional e internacional (MCJ, 2012).</p> <p>Asimismo, AGRUCA ha solicitado asesorías ambientales respecto a la situación del cerro Burío y los riesgos que representa, como un mecanismo para hacer conciencia en la población. En dicha asesoría se establece como punto de referencia el evento de 1955 y a partir del mismo se establece que <i>“la Asociación Grupo Cultural Aserrí quiere extender el llamado a las organizaciones pertinentes y a la población en general de alerta roja en todo el sector (...) que las características físicas geomorfológicas del sector nos presentan un relieve empinado propenso a derrumbes donde el sedimento que se deslizara no solo contendrá barro y agua sino que llevara consigo gran cantidad de escombros, rocas y demás cosas que se traiga a su paso, logrando así una fuerza inimaginable que llevara consigo toda construcción cercana al cauce del deslizamiento el cual estará focalizado en los ríos del sector”</i> (Chinchilla, 2010).</p>
<b>Fuente:</b> Elaboración propia a partir de visita a la zona de estudio (Marzo, 2012)	

### **8.3 Descripción de las principales actividades económicas en el entorno del deslizamiento**

Dentro de la zona de estudio las actividades económicas son mínimas, esto por cuanto en la parte alta si bien existen terrenos identificados como pastizales, la presencia de ganado es prácticamente nula. Asimismo, las actividades agrícolas para el cultivo tampoco están presentes, salvo algunas pequeñas áreas cultivadas de café.

En lo que se refiere a la parte media de la zona de estudio, en donde se da una mayor presencia de asentamientos humanos, las actividades económicas identificadas están relacionadas con una incipiente actividad comercial, dada ésta por pequeños establecimientos (pulperías). Se

identificaron asimismo algunas áreas en donde se da la actividad mecánico-automotriz, esto por pequeños talleres mecánicos, orientados básicamente a vehículos livianos.

En la parte media de la zona de estudio también se observó la presencia de algunos corrales, tanto para ganado vacuno como para ganado caprino, siendo ésta última actividad una de las más predominantes en la parte media de la zona de estudio, aunque dicha actividad se da de forma artesanal y a pequeña escala, básicamente a nivel familiar para la elaboración y comercialización de productos derivados de las cabras (leche, queso, etc.).

En lo que se refiere a la parte baja de la zona de estudio, las actividades económicas que se identificaron fueron las relacionadas con comercio, ya que existe una diversidad de establecimientos que ofrecen distintos bienes y servicios tanto a las personas que viven de forma permanente en el lugar, así como aquellas que se movilizan por la zona.

Dentro de ese tipo de actividad se puede hacer mención tanto a establecimientos pequeños tales como pulperías, bazares, miniabastecedores, así como comercios de mayor magnitud, como son por ejemplo supermercados, tiendas de ropa y calzado o bien aquellos que ofrecen servicios de alimentación, como son las sodas y/o restaurantes, así como bares y cantinas.

## **9. IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VULNERABLE ANTE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS**

Durante el recorrido por la zona de estudio se identificaron infraestructuras que se vieron afectadas por el evento del año 2010, motivo por el cual se considera que esas infraestructuras siguen siendo vulnerables, directa o indirectamente, ante cualquier otro deslizamiento que se presente en el lugar. A continuación se describen las infraestructuras identificadas:

- Caminos

Como se anotó líneas arriba, dentro de la zona de estudio el camino va en paralelo al cauce del río Curubres, aspecto que denota el tipo de ocupación antrópica que ha tenido el lugar. Dicho camino se encuentra en regular estado en las partes bajas y medias de la zona de estudio, con la particularidad de que en la parte baja los caminos son asfaltados y permiten la circulación de vehículos en doble vía sin ningún problema. En tanto, en la parte media, el camino tiene un recubrimiento de concreto y es relativamente angosto, dificultando la circulación de vehículos en doble sentido. Finalmente, conforme se asciende a la parte alta de la zona de estudio el camino se deteriora considerablemente.

- Puentes peatonales

Una de las características que se identificaron en la zona de estudio, particularmente en la parte media, es que las personas construyeron sus viviendas a ambos lados del cauce del río Curubres, motivo por el cual se observan al menos 5 puentes peatonales que cruzan dicho cuerpo de agua y permiten a las personas cruzar de un lado a otro. Algunos de esos puentes se construyeron después del evento del año 2010.



**Fotografías N° 1.1 y 1.2** Vista de algunos de los puentes para peatones que existen en la parte media de la zona de estudio y que permiten transitar sobre el cauce del río Curubres

- **Centro de educativo**

En el sector de estudio se ubica un centro de educación primaria, correspondiente a la “Escuela Sáurez”, misma con una matrícula de I y II ciclo de aproximadamente 100 estudiantes, 30 en el nivel de preescolar y 40 en el sistema de educación especial (MEP, 2012).

La estructura anterior no se vería afectada directamente por los flujos de lodo dada su ubicación, siempre y cuando los mismos sean de poca magnitud



**Fotografía N° 1.3.** Vista parcial del centro educativo Sáurez

- **Puentes para tránsito vehicular**

En la parte baja de la zona de estudio se identificaron varios puentes que permiten el tránsito vehicular, así como la comunicación entre Lourdes y otras comunidades de la zona (Cinco Esquinas, Salitrillos).

**Fotografía N° 1.4.** Puente para tránsito de vehículos en la parte baja.



- **Espacios deportivos**

En el sector de Lourdes (Sáurez) se localiza una plaza de fútbol, siendo éste el único espacio para la práctica deportiva que existe en la zona de estudio.

**Fotografía N° 1.5.** Puente para tránsito de vehículos en la parte baja



- **Obras del acueducto local**

Dentro de la zona de estudio se identificaron obras vinculadas al acueducto local, mismas que consisten en tanques de almacenamiento, así como la infraestructura para la distribución (tuberías). Dichas obras se encuentran, en su mayoría, paralelas al cauce del río Curubres y se localizan tanto en las partes altas, medias y bajas del sector de estudio.



Fotografías N° 1.6, 1.7 y 1.8. Tanques de almanecamiento del acueducto municipal

- **Templos religiosos**

En el sector de Lourdes (Sáurez) se localiza el único templo católico identificado en la zona propensa a ser afectada por un posible flujo.



Fotografía N° 1.9. Templo católico de la comunidad de Lourdes

**FIGURA 9.1 MAPA DE INFRAESTRUCTURA VULNERABLE**



## **10. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN COMUNAL DEL RIESGO AL DESLIZAMIENTO EN ACTORES CLAVES DE LA COMUNIDAD**

Como parte del estudio, se hizo un mapeo de actores clave, identificándose en el sector de análisis a las siguientes personas bajo esa categoría:

- Sr. William Agüero, Presidente de la Asociación de Desarrollo de Bº Lourdes
- Sr. Alexis Ceciliano, Presidente de la Junta de Educación de la Escuela Sáurez
- Sr. Mario Meza, funcionario de la Escuela Sáurez
- Sr. Boris Montero, vecino de Bº Lourdes con más de 25 años de vivir en la zona
- Sr. Filimon Monge, vecino de Bº Lourdes con más de 40 años de vivir en la zona (actualmente vive en el sector de “Calle Cedral”)
- Sr. Carlos Asofeifa, Presidente de la Asociación de Desarrollo de Aserrí y habitante de Bº Lourdes

En este punto se debe aclarar que como parte de las consideraciones éticas hacia las personas entrevistadas, los comentarios o manifestaciones que se presentarán en el documento estarán codificados. Esta es una práctica común en la investigación cualitativa ya que *“...con el fin de salvaguardar los derechos de los informantes, y a veces la integridad del investigador es necesario en el proceso de registro de la información utilizar seudónimos, "limpiar" la información de aquellos datos (nombres, lugares, fechas) que permitan la identificación del informante o de personas a las que él se refiere y utilizar códigos (...) esa disposición permite que el informante, al ser notificado que su nombre no será revelado en el documento que se elaboré, se exprese más libremente y sin reservas por ser identificado ante un comentario o forma de pensar que puede ser visto de mala forma por otras personas de su entorno”* (Galeano, 2009).

### **10.1 Mapas de percepción, memoria histórica**

Como se anotó líneas arriba en este documento, de acuerdo a informes técnicos de la Comisión Nacional de Emergencia (CNE, 1994) y datos de prensa escrita (La Nación, 2010), el cerro Burío ha presentado 3 eventos importantes en los últimos 60 años: uno en 1955, otro en 1988 y el último en el año 2010.

Sin embargo, al hacer la consulta en las comunidades analizadas, las personas con las que se conversó no hicieron mención en ningún momento del evento del año de 1988, generado como resultado de las lluvias que provocó la influencia indirecta del huracán "Joan".

Las personas hicieron comentarios relacionados con el evento del año 1955 y a las muertes que el mismo produjo en el sector de Sáurez (también conocido como Lourdes). Sin embargo, sobre el mismo existe diversidad de criterios entre las personas consultadas, ya que mientras algunas dicen que en ese año 15 personas fallecieron, otras indican que el número de personas fallecidas fue de 20. No obstante, la revisión de información periodística indica que en 1955 murieron 8 personas por un deslizamiento del cerro Burío (La Nación, 2005).

En lo que respecta al evento del año 2010, si bien las personas hicieron comentarios sobre el mismo, no lo atribuyeron directamente al deslizamiento como tal, sino a otros factores, tal y como se aprecia en los siguientes extractos:

*"...aquí se ha hablado mucho de que ese cerro se va venir pero eso ha sido de muchos años atrás. En todos los inviernos sube gente ahí a ver cómo está eso y al final de cuentas no pasa nada. Lo que pasó la última vez fue más que todo por una corta de árboles que hicieron allá arriba y dejaron la madera que no iban a utilizar ahí botada y claro, con las lluvias todo eso baja al río y va generando 'tapones' hasta que esos 'tapones' ceden y baja la presa. En lo personal no creo que el problema que tuvimos la última vez se deba a lo del Burío, sino más bien a lo irresponsable que es la gente por dejar las cosas mal puestas..." (Entrevista INF-Burío-OXB).*

*"...antes de que pasara lo que pasó aquí en el 2010, yo fui allá arriba y todo estaba bien en lo que se refiere al cerro, pero sí vimos mucho material en el cauce del río, piedras, troncos de árboles y eso fue lo que se vino con las lluvias de ese año (...) vea que aquí donde estamos no llegó el agua y eso que ahí no más pasa el río (...) yo tengo muchos años de vivir acá y nunca ha pasado nada grave, no es que lo que pasó no haya perjudicado a alguna gente, pero también es que ellos construyeron donde no*

*debían (...) para mí lo último que pasó fue más culpa de la gente que del cerro..”  
(Entrevista INF-Burío-OYK).*

En lo que respecta a los daños que ha experimentado la comunidad por los eventos del cerro Burío, las personas hicieron comentarios como los siguientes:

*“...quien construye a la pura par de un río, sabe que en algún momento va sufrir las consecuencias y eso no tiene nada que ver con la existencia o no de un deslizamiento, simplemente el río en algún momento va reclamar el territorio que le pertenece y eso es lo que hacen los ríos cada vez que llueve más de la cuenta, se desbordan para nosotros pero en realidad el río hace uso del terreno que siempre ha tenido para cuando tiene más agua de la cuenta...” (Entrevista INF-Burío-ONW).*

*“...con lo que paso en el 2010 lo que más se afectó fueron los pasos sobre el río, porque aquí como Ud. puede ver la gente vive a ambos lados del río y entonces había muchos puentecitos que le permitían a la gente cruzar, pero la crecida se llevó casi todos y mucha gente tuvo que ingeniárselas para cruzar el río, incluso cuando el agua aún estaba toda turbia...” (Entrevista INF-Burío-OZF).*

Otro comentario sobre el evento del año 2010 lo atribuye a un pequeño desprendimiento, casi que natural, tal y como se lee en la siguiente cita:

*“...es un hecho que eso de Burío es cierto, ese cerro se está viniendo, pero lo está haciendo de ‘apoco’, cada invierno baja un poco de lodo y al rato eso es bueno, porque eso le quita presión al mismo cerro. Peor sería, creo yo, que no baje nada y entonces ahí sí que se venga de un solo golpe. Considero que eso es como los temblores, que los expertos dicen que es mejor que este temblando cada cierto tiempo porque eso libera la fuerza de la tierra y quizá con eso del Burío pase algo parecido...”  
(Entrevista INF-Burío-OZF).*

Por otra parte, algunas de las personas consultadas expresaron un sentimiento de negación respecto al riesgo de deslizamiento, como se recopila seguidamente:

*“...eso del cerro uno lo viene oyendo desde hace muchos años y la gente habla de lo que pasó en 1955 y luego lo que pasó en el 2010, pero son cosas aisladas que no tienen nada que ver con el comportamiento del cerro. En 1955 eso allá arriba estaba lleno de árboles y claro, cuando convirtieron todo eso en pastos para el ganado pues se dio una mayor erosión y eso fue lo que se vino con las lluvias. Algo parecido fue lo que pasó la última vez, que la gente corta árboles y no se preocupan por sembrar nuevos y por ello cuando llueve siempre baja un poco de sedimento y al encontrarse piedras en el cauce del río, se las trae para abajo...” (Entrevista INF-Burío-OXB).*

*“...aquí cuando vienen los periodistas le preguntan a uno un montón de cosas, pero una de las que más preguntan es ¿por qué sigo viviendo acá si ese cerro se puede venir en cualquier momento? Yo lo que les digo es que en todo el tiempo que tengo de vivir acá sólo en el 2010 fue que pasó algo pero fue algo que tenía que pasar por la cantidad de agua que cayó en esos días. Ante semejante aguacero no hay río que no se desborde (...) la verdad es que yo he vivido acá desde pequeño y ya uno tiene la vida hecha acá, esta tierra le dio un techo y educación a los hijos y ya eso de irse a otro lado no está para uno (...) primero Dios que no pase lo que dicen que puede pasar y yo creo que eso lo más importante, pedirle a Dios y eso siempre lo hemos...” (Entrevista INF-Burío-ONW).*

## **10.2 Conclusiones donde se integra toda la información histórica y la percepción del riesgo**

Del estudio realizado en el sector de análisis se pueden obtener, desde el punto de vista social, las siguientes conclusiones:

- La memoria colectiva de la comunidad tiene presente el evento de 1955, pero no así otros eventos que se han presentado en la zona como consecuencia de los deslizamientos del cerro Burío.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

- Hasta cierto punto, las personas son conscientes de que parte del problema de deslizamiento de cerro Burío ha sido provocado por la actividad humana y que algunas de las consecuencias se han dado por la invasión de las zonas cercanas a los cauces de los ríos.
- Las personas consultadas tiene un sentido de pertenencia y arraigo importante con el lugar en el cual viven, aspecto que les hace manifestar un sentido de negación ante los riesgos derivados de un eventual deslizamiento del cerro Burío. Dicho sentido de negación surge como un mecanismo de defensa ante una posible orden desalojo o de traslado permanente del sitio actual de residencia a otra comunidad.
- Un elemento que destaca del estudio realizado, es que conforme se avanza hacia la parte baja del sector de análisis, menor es el interés que se nota de las personas sobre el deslizamiento. En tanto en la zona media, sector afectado en el evento del 2010, las personas son más proclives a externar comentarios sobre la situación en estudio.

**Aspectos positivos y negativos identificados por ejes**

En lo que respecta a los ejes de degradación ambiental, emergencias-desastres, plan regulador y salud-educación, desde una perspectiva positiva o negativa, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

<b>Cuadro Nº 10.1. Aspectos positivos y negativos identificados por eje</b>		
<b>Eje</b>	<b>Aspecto positivo</b>	<b>Aspecto negativo</b>
Degradación ambiental		<p>En la parte alta se observa corta de árboles, lo que contribuye al agrietamiento del deslizamiento en el cerro Burío.</p> <p>Por otra parte, se observan distintos puntos donde se han instalado pequeños micro botaderos de desechos e incluso en el cauce del río Curubres se observan todo tipo de desechos domésticos, lo que evidencia que las personas siguen considerando los ríos como “botaderos” de basura.</p>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

<b>Cuadro Nº 10.1. Aspectos positivos y negativos identificados por eje</b>		
<b>Eje</b>	<b>Aspecto positivo</b>	<b>Aspecto negativo</b>
Emergencias y desastres	Existe interés por parte de las organizaciones sociales en la zona de estudio de conocer más sobre el Burío, así como de capacitarse en temas de desastres, riesgo y vulnerabilidad.	Existe una percepción casi generalizada de negación ante los riesgos de deslizamiento entre la población consultada. Tal situación puede deberse al sentido de pertenencia y arraigo con el lugar de residencia y el temor de ser trasladados a otro sector.
Trámites de construcción – plan regulador		No existe Plan Regulador en el Cantón, lo que facilita la construcción de viviendas en las zonas de protección del río, así como la edificación de “diques” con gaviones, lo cual hace más angosto el cauce del río, generando una mayor fuerza y velocidad al caudal del agua en época de lluvia.
Salud-educación	La existencia de un centro educativo en el sector de estudio y la presencia de una Junta de Educación, pueden facilitar la implementación de programas de educación en temas ambientales y de prevención y preparación para la atención de desastres.	La no presencia de servicios de salud en la zona de estudio dificulta el acceso de las personas a dicho servicio, aspecto que afecta en mayor medida a personas de edad avanzada que requieren de medicamentos para el control de enfermedades propias de esa población, las cuales pueden generarse por el estrés que experimentan las personas en época de lluvia.

### **10.2.1 Escenarios de intervención**

La realización del estudio en las comunidades afectadas por los eventos recurrentes del cerro Burío permite establecer los siguientes escenarios de intervención sobre las causas y efectos para reducir el riesgo al deslizamiento:

- **Instituciones gubernamentales** (nivel central, regional y local). Es importante que las instituciones del Gobierno Central relacionadas con la gestión de riesgo y manejo de desastres, en cada uno de los niveles de representación (central, regional y local), incorporen en sus políticas, programas y planes aspectos orientados a la identificación de su personal vinculado a las emergencias por desastres en sus distintas etapas (prevención y atención).
- **Organizaciones sociales.** La existencia de organizaciones sociales dentro de la zona de estudio permitiría capacitar a los líderes comunales en distintos temas vinculados con la gestión del riesgo y manejo de desastres, para que estos a su vez capaciten al resto de la población de la zona sobre el tema. Este se considera un escenario importante ya que el estudio permitió determinar que existe un sentimiento de negación respecto a la situación de riesgo y vulnerabilidad por parte de las personas que viven en el área, aspecto que debe ser modificado para mitigar los efectos de un nuevo evento en el cerro Burío.

#### **10.2.2 Transferencia del riesgo**

Dadas las limitaciones presupuestarias y los excesivos procesos de contratación que tienen los entes públicos para la reconstrucción de obras de infraestructura luego de un desastre, la transferencia de riesgo surge como una opción viable para cubrir los costos que implica rehacer caminos, puentes, sistemas de acueducto, etc. Para lograr tal situación, sería necesario que a nivel local la Municipalidad de Aserrí implementara las siguientes acciones:

- Realizar un análisis completo del potencial de pérdidas de las edificaciones civiles y obras públicas en caso de un nuevo evento en el cerro Burío. Lo anterior implica que se organice una base de datos de información de las edificaciones civiles y de las obras públicas que se verían afectadas o presentan mayor riesgo y vulnerabilidad en caso de producirse un deslizamiento.
- Desarrollar un sistema de información geográfica, que permita visibilizar las edificaciones civiles y obras públicas en mayor situación de riesgo y vulnerabilidad, para de esa forma definir los escenarios potenciales de pérdidas ante un nuevo evento del cerro Burío.

- Llevar a cabo estudios financieros y técnicos que permitan al Gobierno Local adquirir una póliza de un “seguro colectivo para la atención de desastres”, de manera tal que se defina un porcentaje de edificaciones civiles y de obras públicas a asegurar para que, ante la eventual ocurrencia de evento, el seguro cubra a la totalidad de edificaciones y obras existentes en la zona en situación de riesgo y vulnerabilidad. Se tiene por ejemplo que en Manizales, Colombia, el Gobierno Local y el ente asegurador establecieron que con un 30% de edificaciones y obras aseguradas, ante un desastre, la póliza daría cobertura a aquellas edificaciones u obras sin seguro, lo que permite ayudar a los estratos más pobres al momento de atender una situación de desastre (Cardona, 2005).
  
- Difundir en la población de la zona de estudio el interés de la Municipalidad en suscribir la póliza “seguro colectivo para la atención de desastres” y hacerle ver a las personas su importancia y beneficios, así como establecer los montos de las primas que deberán cancelar las personas, montos que podrían ser incluidos en los recibos de pago de los impuestos municipales.

Con estas acciones se podría establecer un mecanismo que permita al Gobierno Local asegurar las edificaciones y obras públicas que se encuentran en situación de riesgo y vulnerabilidad y así dar respuesta de manera más pronta a la reconstrucción de los posibles daños que puede generar un nuevo evento en la zona de estudio.



## **11. ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN DEL ESTADO Y LOS MUNICIPIOS**

### **11.1 Propuesta para incorporar la información generada en el Plan Regulador de Aserrí**

Uno de los puntos centrales del estudio realizado en las comunidades afectadas por los eventos del cerro Burío es el relacionado con los usos de la tierra actuales y sus implicaciones en la situación de riesgo y vulnerabilidad de la zona. Como se anotó líneas arriba, en la parte alta de la zona de estudio la deforestación es evidente, así como la presencia de viviendas e infraestructuras en los márgenes del río Curubres, sin respetar las zonas de protección establecidas por ley para los cuerpos de agua.

Actualmente para el cantón de Aserrí no se cuenta con un Plan Regulador aprobado, según indicaciones propias de los funcionarios de la Municipalidad. Únicamente se cuenta con el documento elaborado por el Programa de Planificación Regional Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica (PRUGAM) de Elaboración, Actualización y Homologación de los Planes Reguladores de la Gran Área Metropolitana, elaborado en el año 2008.

Dicho documento a pesar de que contempla las principales variables necesarias para que el Plan Regulador del cantón (inclusive Índices de Fragilidad Ambiental), no hayan sido sometidos a consideración de las diferentes instituciones para ser aprobado e implementado.

Es por esta razón que se considera que, una vez analizado dicho documento, se deberá de profundizar un poco en el análisis que se hace de las zonas inestables y propensas a deslizamientos, según muy bien lo indica PRUGAM, las cuales están ubicadas a todo lo largo del cantón, por las fuertes pendientes que el mismo presenta, especialmente al sur del Cantón.

Dicho documento resalta que a pesar de que en términos generales hay pocos desarrollos de urbanizaciones en el cantón, en las zonas más pobladas existe mucha edificación ilegal y ubicada en lugares inadecuados como al borde de ríos y sobre entubamientos de ríos, los cuales se han identificado mediante la presente investigación, como zonas por donde en el caso de un desprendimiento de las zonas altas, se podrían encausar flujos de lodos y producir inundaciones. Es por esta razón que la población residente en esas zonas, se encuentran ubicadas en zonas de alto riesgo y deberían de reubicarse.

En relación a las vías, PRUGAM en su documento, identifica vías en general en mal estado y muy angostas, lo que eventualmente podrían también encausar fácilmente flujos hacia las partes bajas, provocando un eventual deterioramiento de las vías mayor al existente, afectando alcantarillados y alumbrado público.

La sección correspondiente a tendencias y demandas de la parte ambiental, PRUGAM indica que a lo largo del cantón (zona sur) se cuenta con 195 ha que son parte de la Zona Protectora de Cerros de Escazú, con una buena parte del mismo conformada como bosque denso, siendo reflejo de una buena gestión y protección de la zona.

La región analizada, no escapa a dicha condición. Si bien es cierto, existen algunos parches de pastos, en su mayoría la zona comprende partes importantes de bosques, los cuales en su mayoría comprenden fuertes pendientes, como se indicó en el correspondiente apartado.

PRUGAM identifica algún grado de Deforestación por talas y quemas hacia el sur del distrito de Aserrí, el cual coincide en algunas zonas con la zona de la corona del deslizamiento, en donde se da una alteración original de la vegetación en zonas de protección.

Así mismo en el documento se recomienda mantener la “zona de contención” identificada entre la parte alta de los cerros y la zona de urbanización del cantón, con el fin de desarrollar una zona con vocación agrícola sostenible. Esto a su vez garantizaría que no se desarrollen obras que puedan poner en peligro a sus habitantes en caso de que se diera algún desprendimiento.

#### **11.1.1 Recomendaciones**

- La Municipalidad de Aserrí, deberá de mantener a mano la cartografía pertinente para identificar de manera sencilla, las zonas que se plantean como zonas de riesgo para la población, las cuales se han determinado en la presente investigación, para que en relación a dicha información se obtengan los criterios suficientes para crear la zonificación que se propondrá en el Plan Regulador y así mismo para que a futuro, se tenga un criterio de peso

en el otorgamiento de los permisos de desarrollos de las diferentes actividades económicas a realizar en la cuenca del Río Cañas.

- Se considera pertinente reubicar dichas poblaciones, en zonas que son determinadas por la Ley Forestal Nº 7575, la cuales según su vocación de protección, deberán de mantener el retiro de 10 m o 15 m en zonas con pendiente mayor a 45º en cada margen de los ríos.
- Se deberá de mantener la condición de protección forestal de las zonas altas, por tratarse de zonas vulnerables a la afectación de un posible desprendimiento de material de la zona alta, donde se encuentra el deslizamiento del Burío.
- La Municipalidad como gobierno local, deberá de determinar cuales son los umbrales en los cuales otorgará los permisos de construcción en las zonas altas de la cuenca, principalmente teniendo en consideración la pendiente en la cual se desarrollen las obras, las cuales en caso necesario, deberán de proponer las obras de mitigación para no afectar la estabilidad de las laderas, así como no deben de poner en peligro la integridad de la obra a desarrollar. En este caso la municipalidad deberá de solicitar la evaluación correspondiente de la obra y del terreno donde se desarrollará para otorgar el correspondiente permiso de construcción, amparándose en los lineamientos dados por la legislación costarricense.
- Es necesario que se implemente un control coordinado entre la municipalidad y la Oficina del Área de Conservación para tratar de evitar al máximo la deforestación de las zonas altas. Esto principalmente ya que la zona en cuestión deberá de mantener una cobertura de vegetación importante, que sirva como protección del suelo, para evitar eventuales desprendimientos de material de la zona alta de la cuenca.
- En términos generales y según las características de la cuenca analizada, es necesario que la Municipalidad emprenda un manejo integral de la cuenca del Río Cañas, en donde se rescate el carácter de protección forestal de las zonas altas y por otro lado se dé un manejo integral a las zonas medias y bajas, las cuales contemplen principalmente la protección de la población de dichas zonas.

### **11.2 Propuesta de una estrategia de intervención**

Desde el punto de vista social, la realización del estudio permite establecer los siguientes elementos dentro de una estrategia de intervención:

- Fortalecer las capacidades de las instituciones gubernamentales involucradas en el tema de gestión de riesgo en el nivel local: Comisión Nacional de Emergencia, Municipalidad de Aserrí, Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos, Fuerza Pública y organizaciones sociales de la zona.
- Mejorar la preparación de las comunidades presentes en la zona de estudio ante la ocurrencia de desastres de origen natural, tanto mediante la capacitación así como con la dotación de equipos y elementos de alerta temprana para primera respuesta.

Asimismo, algunas de las acciones que se proponen llevar a cabo para el desarrollo de la estrategia de intervención son:

- Consolidación de un comité de emergencias local que tenga su sede en las comunidades analizadas. Dicho comité además deberá:
  - Ser capacitado en el tema de gestión de riesgos y manejo de desastres.
  - Identificar las amenazas por eventos naturales u originados por la acción humana que podrían afectar a la comunidad.
  - Ubicar en un mapa o croquis, las zonas de riesgo o peligro, incluyendo las propiedades, infraestructuras, caminos, etc. que podrían verse afectadas.
  - Realizar un inventario de los recursos humanos (personas disponibles) y recursos materiales (alimentos, lugares de albergues, etc.) existentes en la comunidad.
  - Plan operativo de respuesta, definiendo los procedimientos que se aplicarán para la atención de una emergencia así como la función de cada miembro del comité.
  - Definir una edificación dentro de la comunidad para la instalación de un puesto de mando para atender la emergencia y dar información a la comunidad.
  - Se debe realizar una revisión y actualización al plan: se deben realizar reuniones para que el plan sea ensayado, corregido y se esté actualizando.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Definición de puntos o terrenos no vulnerables en las comunidades analizadas para que sirvan como sedes para la creación de albergues ante la ocurrencia de un eventual deslizamiento.
- Creación de un protocolo que permita llevar un control eficiente de la recepción y distribución de ayudas humanitarias en situaciones de emergencia.
- Definir canales de comunicación entre los distintos entes involucrados en la respuesta ante un eventual evento para garantizar una pronta atención a las personas afectadas.
- Incorporar a profesionales de salud mental dentro de los equipos humanos que se conformen para la prevención y atención de emergencias en las comunidades analizadas.

## **12. DISEÑO DEL SISTEMA DE VIGILANCIA Y ALERTA TEMPRANA DEL DESLIZAMIENTO**

Un Sistema de Alerta Temprana (SAT) es aquel dispositivo complejo que avisa con antelación de la eventualidad de un acontecimiento natural que podría causar un desastre, con el principal objetivo de evitarlo.

Es de esta manera que los SAT, se enfocan a la implementación de diferentes mecanismos y procedimientos que se orienten a la oportuna detección de fenómenos cuya ocurrencia representen un peligro para una comunidad en partícula. Esto aunado a la comunicación oportuna de organismos, instituciones y población afectada, quienes deberán de asumir una actitud responsable, en donde se producirá la movilización para evitar daños y pérdidas de vidas y bienes.

El propósito de los Sistemas de Alerta temprana es contribuir a establecer una metodología de detección temprana de situaciones anómalas, asociadas a fenómenos producidos por la variabilidad climática, entre ellos lluvias, deslizamientos, inundaciones, terremotos, huracanes, entre otros. El resultado final esperado de la implementación de un SAT aplicado para las comunidades afectadas por el Deslizamiento de Burío, es la movilización en torno a la aplicación de un Plan de Emergencia que busca reducir los impactos de los eventos peligrosos podrían ocurrir en las comunidades que se encuentran en riesgo al pie de dichos cerros, para un evento esperado.

La idea es generar un monitoreo constante que se lleve a cabo con la instrumentación o tecnología adecuada de manera permanente, de tal manera que los grupos organizados de la comunidad, ya sean de protección, emergencia y autoridades locales puedan dar seguimiento a los fenómenos y su evolución en base a reportes que envíen los centros de monitoreo a las entidades competentes de dar alertas a las comunidades sobre el estado de los fenómenos, para así implementar los procedimientos de respuesta previamente planificados para la atención de desastres.

Tal como es conocido y analizado a lo largo del presente documento, tanto el deslizamiento de Burío, como los deslizamientos en general, son uno de los procesos naturales que dan forma a la superficie de la tierra, sin embargo cuando éstos afectan infraestructuras o vidas humanas, es que representan una amenaza real.

Según lo indica Ocharan (2007), los SAT deben de recoger cuatro elementos fundamentales que se enfoquen en comunidades en potencial riesgo:

1. Conocimiento del riesgo: recolección sistemática de datos y puesta en práctica de evaluaciones de riesgo poder responder a las siguientes preguntas: ¿Se conocen bien las amenazas y vulnerabilidades?, ¿Cuales son sus patrones y las tendencias? Y ¿se tienen ampliamente disponibles datos y mapas de riesgo?
2. Servicio de seguimiento y aviso: desarrollo de servicio de monitoreo de eventos y de alerta temprana, de forma que se puedan contestar, de forma que se puedan contestar las siguientes preguntas: ¿se están monitoreando los parámetros correctos?, ¿hay una base científica sólida cuando se hacen predicciones? Y ¿se pueden generar avisos apropiados y a tiempo?
3. Difusión y comunicación: comunicar la información sobre el riesgo y la alerta temprana para responder a las siguientes preguntas: ¿los avisos llegan a todas las personas en riesgo?, ¿se entienden el riesgo existente y dichos avisos? Y ¿es la información clara y utilizable?
4. Capacidad de respuesta: construir una capacidad nacional y a nivel comunitaria. Se deben de responder a las siguientes preguntas: ¿los planes de respuesta están al día y han sido probados?, ¿se hace uso de la capacidad y el conocimiento local? Y ¿está la población preparada y lista para reaccionar ante los avisos?

### **12.1 Diseño de Alertas**

Tal y como lo indica la Organización de Estados Americanos (2001) *“La clave del éxito de cualquier plan o actividad de un Programa de Alerta Temprana y Reducción de Vulnerabilidad... en Cuencas Menores es la participación directa de la comunidad”*, es por esta misma razón que se propone como actor fundamental, la Formación de un Comité Organizador.

Dicho comité deberá de estar integrado por:

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones voluntarias, clubes o asociaciones de la comunidad
- El sector público: la Municipalidad de Aserrí, oficinas locales de gobierno, empresas del Estado (electricidad, agua, etc)
- El sector privado: industrias, empresas, agricultores, negocios en general, etc.

Una vez determinados los integrantes de dicha comisión se deberá de realizar una reunión inicial en conjunto con los pobladores de la comunidad, tanto de la cuenca baja como de la cuenca alta, en donde se explicará los conceptos generales simplificados de los Sistemas de Alerta Temprana, (como cuenca, partes bajas y altas de la cuenca, sistema de alerta temprana de lluvias y de movimientos en masa, entre otros que se considere fundamental) y del porqué de la creación de dicho sistema para la comunidad.

También se deberán de crear equipos de trabajo, donde la OEA (2001), identifica 4 equipos fundamentales:

- Equipo 1: Voluntarios para la construcción e instalación de instrumentos de medición.
- Equipo 2: Voluntarios para la lectura de los instrumentos de medición de lluvia e instrumentos de medición de desplazamiento del deslizamiento y otros útiles para detectar posibles movimientos en masa.
- Equipo 3: Voluntarios para buscar información hidrológica y para trabajar en el Centro de Operaciones de Emergencia, el cual será establecido con el propósito de recibir la información, procesarla y pronosticar algún evento de importancia.
- Voluntarios para ejecutar planes de emergencia como respuesta a un pronóstico de lluvias intensas o movimientos en masa de los sectores previamente identificados.

Se debe de dejar claro, después de haber formado los equipos de trabajo, las fechas y lugares para las próximas reuniones, asegurándose que se cuente con la mayor asistencia posible, informando que los voluntarios que según sus labores asignadas, ellos deberán dentro de sus tareas, monitorear los instrumentos de medición, pronosticar eventos y alertar a la población.



Es esencial como un paso de diseño de un SAT tener el concepto claro de CUENCA para el Río Cañas y visualizarlo como un espacio geográfico, en donde se identifiquen las áreas propensas a deslizarse y los cauces de los ríos con sus tributarios.

Se debe de identificar las comunidades y los cuerpos de aguas que las rodean, las cruzan o se encuentran cerca de ellas. Reconocer las uniones entre ríos y reconocer cuales son las zonas más altas y bajas de la cuenca en relación a otros.

También se debe de elaborar el mapa de la comunidad para que los miembros, tanto del comité organizador como de la comunidad en general, identifiquen visualmente las carreteras, casas, colegio, iglesia, escuela, salón comunal, etc.

Es importante que tanto por experiencias de los pobladores como de conocimiento general, se identifiquen los lugares en donde hubieron deslizamientos, para identificar los lugares que han presentado eventos en el pasado o lugares que por sus condiciones son vulnerables, reconociendo las condiciones por las cuales en el pasado se presentaron emergencias en dichas zonas.

De esta forma se podrá crear mapas (o croquis) de las zonas vulnerables en donde se identifique un riesgo alto, medio o bajo a verse afectadas por posibles eventos.

### **12.2 Monitoreo Hidrometeorológico**

Tal como lo expresa Villagrán, J. en su investigación con el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en América Central (CEPREDENAC), *“Cualquier sistema de este tipo debe satisfacer el criterio operativo para brindar una alerta con suficiente anticipación para que la población pueda tomar las precauciones mínimas necesarias en relación al fenómeno que se aproxima”*, y es por esta razón que el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas deben de ser las mejores que permitan hacer un pronóstico y una alerta para que en caso de una emergencia, el desastre sea de proporciones menores a los esperados.

Según Villagrán, el monitoreo de condiciones hidrometeorológicas se debe llevar a cabo de dos formas:

1. De la forma telemétrica: en donde se utiliza equipo de medición automático, conectado a un sistema de radiocomunicación. Donde las condiciones son monitoreadas en tiempo real y son transmitidas automáticamente a un centro de pronósticos, con el fin de ser analizada en cualquier momento.
2. Monitoreo de tipo comunitario: es mucho más simple que el monitoreo telemétrico, en donde los pobladores de las comunidades utilizan sistemas de medición más simples y con técnicas más elementales, en donde los operadores de las estaciones, ubicadas generalmente en las cuencas de interés, reportan vía radio la información sobre lluvias y niveles de los ríos a un centro local de pronósticos, donde se analizan los datos utilizando rutinas simples.

Ambos sistemas han presentado importantes ventajas en algunos de los lugares donde se han implementado diferentes sistemas de Alerta Temprana, entre los cuales Villagrán menciona los siguientes:

- Los sistemas hidrometeorológicos telemáticos permiten a los hidrólogos y personal técnico –científicos un monitoreo constante y de alta resolución, lo que produce un mayor grado de exactitud en los datos obtenidos
- Dichos sistemas poseen numerosas formas de ser accesados, por ejemplo telefonía, radiocomunicación y vía satélite, en donde en algunos de los países o lugares implementados pueden ser accesados por otras entidades como la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), para que dicha información sea accesada de manera más sencilla vía internet desde cualquier sitio como medios masivos de difusión.
- Los sistemas comunitarios corresponden a sistemas que ayudan a entidades nacionales y de protección civil a crear mayor conciencia de las poblaciones en riesgo sobre las necesidades de iniciar actividades en el tema de reducción de desastres.
- Entre los mismos vecinos de las zonas en riesgo, permiten una comunicación más sencilla de información de carácter social, legal y muy en especial de carácter hidrometeorológica.
- Los sistemas comunitarios son de bajo riesgo debido a la sencillez del equipo de monitoreo y su operación se hace por parte de voluntarios.

Según la presente investigación, se ha concluido que uno de los sistemas más convenientes de implementar en las comunidades involucradas, es el monitoreo comunitario, en donde se involucre de manera principal a la comunidad y se les concientice del peligro en el cual, según el análisis realizado, se encuentran expuestos.

Se considera que la falta de información hidrometeorológica, suministrada por parte de entidades gubernamentales para la implementación de un SAT, así como la continua generación o actualización de la misma, es inexistente o imposible de conseguir para la comunidad. Por otro lado la información existente cuenta con diferentes formatos o diferentes períodos de análisis.

Estas situaciones lo que han generado, es que se produzca información nueva para la implementación del SAT eficiente, la misma deberá de ser generada por parte de la comunidad involucrada, con un apoyo constante e incondicional de la Municipalidad de Aserrí y de la Comisión Nacional de Emergencias.

Muchos son los factores que deberán de ser valorados a la hora de implementar un sistema de monitoreo de esta índole, sin embargo basados en la metodología de Villagrán, se deberán de considerar:

- Capacidad de la población para operar y darle mantenimiento a la instrumentación a ser implementada
- Capacidad económica de la comunidad para poder adquirir instrumentación de repuesto para mantener en funcionamiento el sistema, así como posible capacidad económica de los entes gubernamentales como no gubernamentales dispuestos a formar parte del SAT a implementar.
- Voluntad de la población para operar el sistema

Una vez sean determinados estos factores y algunos otros que se consideren necesarios para el caso propio de los deslizamientos a analizar, es necesario definir con ayuda de un criterio técnico especializado, cual es el equipo que se deberá de adquirir y definir cuales serán las zonas en donde se ubicarán, los cuales se recomiendan, sean ubicados en las zonas altas de la cuenca del Río Cañas.

Es necesario recordar que dicho equipo, una vez en funcionamiento, se requerirá de un programa de mantenimiento preventivo y de recursos tanto materiales como humanos, para su operación rutinaria y permanente, mientras las zonas a deslizar se mantengan activas.

Cabe resaltar que este tipo de monitoreo posee la desventaja de que si la información hidrometeorológica no es generada por un servicio hidrometeorológico, hidrológico o ente capacitado técnico y científicamente para la producción de este tipo de información, se posee una limitante sumamente importante en la generación de la difusión de una alerta temprana más efectiva.

### **12.3 Diseño de propuesta de medición de niveles de agua en el cauce del Río Cañas**

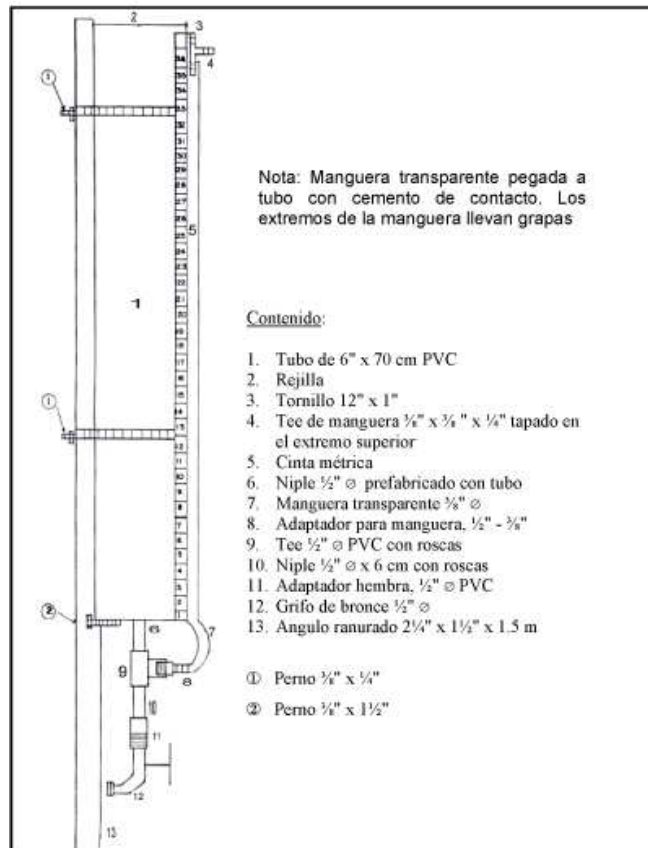
La medición de lluvia y del nivel de agua de los ríos y quebradas, tiene como objetivo hacer un seguimiento a las condiciones hidrológicas que pueden producir una inundación.

Es importante que como mínimo se cuente con un pluviómetro ubicado en la cuenca alta para medir la cantidad diaria de lluvia y que se cuenten con escalas hidrométricas colocadas en la cuenca media del principal tributario (Río Cañas) con el fin de tener lecturas del nivel de las aguas, con el fin de determinar con prontitud, producto de un aumento de lluvia, si se produce un aumento anormal del cauce de los ríos tributarios de la cuenca principal.

Existen muchos tipos de materiales y técnicas diferentes para la construcción de pluviómetros, los cuales son sencillos de conseguir con materiales simples, los cuales tienen que estar colocados en lugares libres de obstáculos que puedan retener lluvia y en lugares horizontales que no hagan perder parte del agua llovida almacenada, para funcionar adecuadamente. Estas condiciones evitarán provocar un error en la lectura del pluviómetro. No se debe de olvidar que la colocación del pluviómetro, debe de ser en la parte alta de la cuenca, en varios puntos para abarcar mayor extensión, es decir, a mayor cantidad de pluviómetros, mejores lecturas.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

PLUVIÓMETRO DE TUBO DE PVC



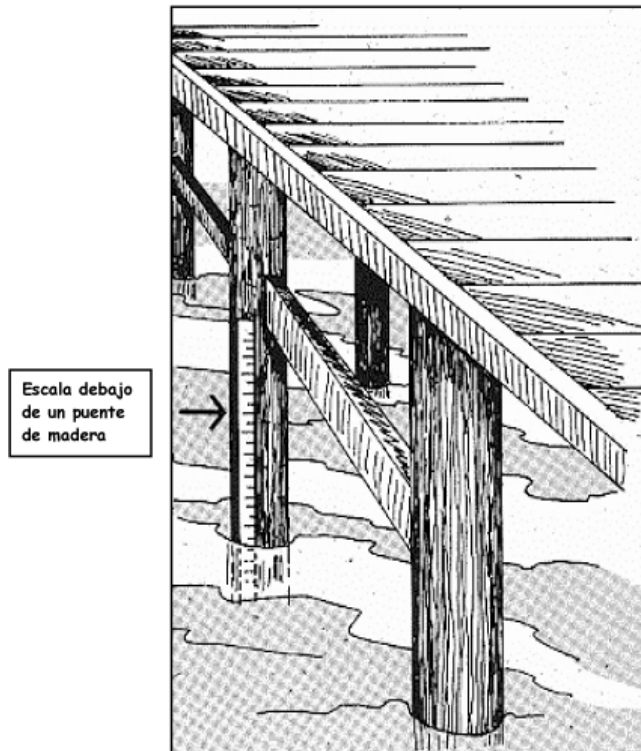
Fuente: Módulo II, Análisis Hidrológico, Diseño de Sistemas de Alerta y Medición Hidrológica, Proyecto OEA/ECHO/COPECO,

Con base a un estudio previo de los históricos de lluvia que han provocado deslizamientos en la zona, determinar los umbrales en los cuales las poblaciones de la parte media y baja, se encuentran en amenaza inmediata por el aumento de las lluvias, para así poder iniciar una eventual evacuación mientras las lluvias disminuyan de manera importante.

Las escalas hidrométricas serán colocadas, relacionadas directamente al número de cuerpos de agua de la cuenca, es decir que para una mayor eficiencia y obtención de mejores lecturas se colocará una escala hidrométrica por cada tributario de la cuenca. Estas son esencialmente reglas con los que se miden los niveles de altura de las aguas de los ríos y quebradas. Deben de ser lo suficientemente largas para poder leer el nivel del agua cuando el río esté muy alto.

Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A

ESCALA FIJA EN PUENTE DE MADERA

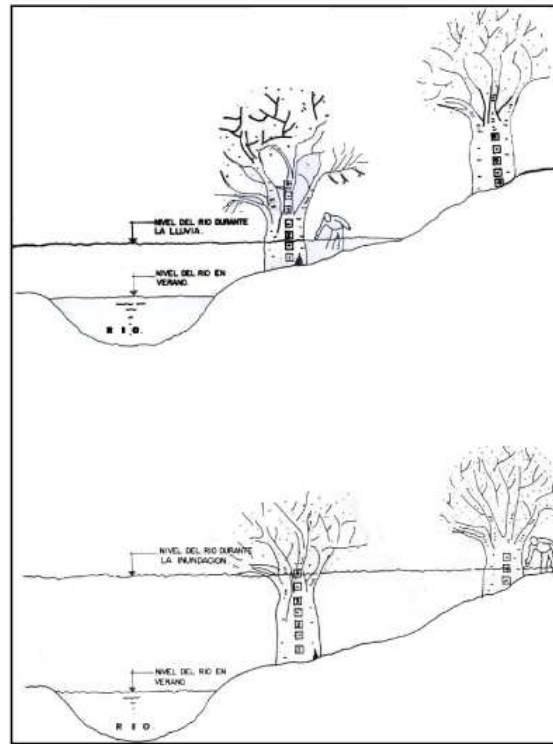


Fuente: *A Citizen Guide to Understanding and Monitoring Lakes and Streams: Getting a Handle on Hydrology*. Illustrations by Joy Michaud. Reproducido con permiso de Joy Michaud, © 2001.

Deben de ser construidas en época seca, en donde el nivel del agua sea calculado como nivel 0, podrán ser fijas instaladas en puentes y estabilizadas en el fondo del río o a una sección del puente, o pueden ser escalas hidrométricas en series, las cuales se pueden ubicar en árboles que se encuentren cerca al cauce, en donde las reglas se claven en los árboles o sean pintadas directamente en los árboles, leyendo primero los árboles más cercanos al cauce y luego los más lejanos.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

LECTURA DE ESCALAS EN SERIE



Fuente: Módulo II, Análisis Hidrológico, Diseño de Sistemas de Alerta y Medición Hidrológica, Proyecto OEA/ECHO/COPECO

La ubicación y número de instrumentos de medición pueden ser mejorados cuando se cuenta con la ayuda de un profesional, por lo que se considera de vital importancia al menos la asesoría profesional en el momento de su instalación.

Existen otro tipo de instrumentos como el desarrollado en el 2008 por el Instituto Tecnológico de Costa Rica de acuerdo a las necesidades planteadas por la Comisión Nacional de Emergencias para ser aplicado en la Cuenca del Río Cañas, Guanacaste, en donde tras una necesidad continua de un sistema de alerta de crecida en los niveles de agua del Río Cañas, se ubicó un sensor conectado a un cable en una de las casas cercanas, en donde un dispositivo de control permite la visualización del nivel de agua, el cual con una programación de un nivel de alarma, ligado a un nivel de agua del río determina que si el agua alcanza un valor determinado, se encenderá de manera automática una sirena.

#### **12.4 Propuesta de medición de desplazamientos del terreno**

Como se ha podido constatar con ejemplos tanto en nuestro país como en otros de Centroamérica y el Mundo, el aumento de lluvias intensas durante un período relativamente corto, son asociados directamente a deslizamientos o deslaves en zonas propensas a estas condiciones.

El Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe (CRID) (2009), en su catálogo de Herramientas y Recursos de Información sobre Sistemas de Alerta Temprana, considera que dentro de los Instrumentos para el Monitoreo de Remociones en Masa, el Medidor de Movimientos de Ladera y Detector de Flujos de Lodo y Escombros en Guatemala, es un buen ejemplo para implementar dentro de este tipo de amenazas, en donde los usuarios de la herramienta fueron tanto las comunidades aledañas como personal no especializado de la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de los Desastres (CONRED) de Guatemala.

Los movimientos de flujos y escombros de la zona de análisis evolucionó a partir del monitoreo ya existente del Volcán Santiaguito y fue construido tras un deslizamiento de un Cerro cercano, en Alta Verapaz.

El medidor de movimientos de ladera (deslizómetro) consta de tres partes: “una caja con el mecanismo de medición, un cable conectado a la caja con el mecanismo de medición y un poste conectado al otro extremo del cable. El poste se hunde en algún lugar de la masa en movimiento y la caja se ubica en un sitio estable. El cable permite transmitir el movimiento del poste y la masa, a la caja con el mecanismo central. En ésta, el cable está conectado a una aguja que se desliza por una abertura en la tapadera de la caja y que indica sobre una regla la distancia que se ha desplazado el poste y la masa, al comparar dos lecturas tomadas en distintos momentos.”

Geociencias, Riesgo y Recursos Naturales S.A. (2011), describe el detector de flujos de lodo y escombros (laharímetro), “Estos funcionan por medio de un alambre que se instala perpendicularmente a la dirección de la corriente principal. El alambre se reventará al momento de que pase un flujo de escombros. Se deberá realizar un recorrido en las zonas de interés para escoger el sitio más idóneo para la instalación y el resguardo del equipo por parte de alguna familia



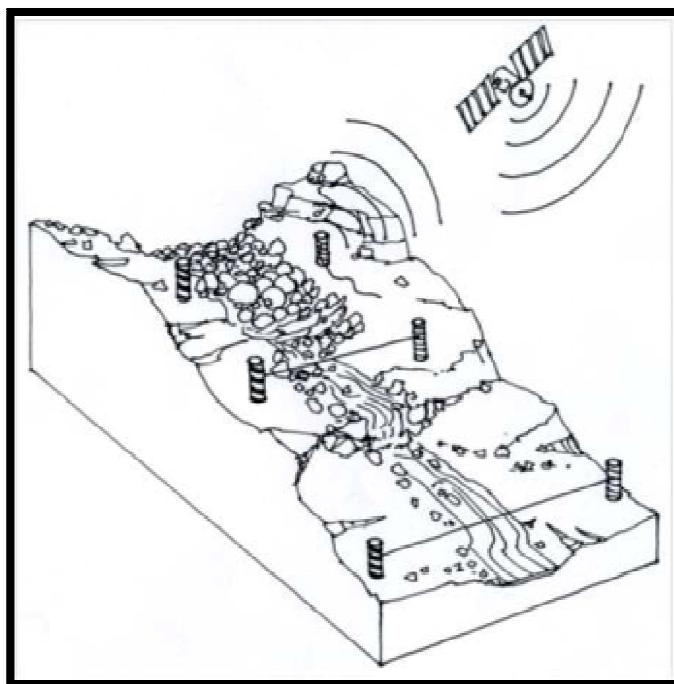
**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

de la comunidad.” Estos laharímetros se instalarán, bajo un enfoque experimental, en coordinación con funcionarios del Comité Local de Emergencia. Se instalarán a una altura apropiada para el monitoreo de flujos de escombros de mediana o gran magnitud.

El cable estará conectado directamente a una alarma o sirena, la cual deberá de ser ubicada de manera que la comunidad vulnerable la escuche en su totalidad, si el cable es arrastrado por el flujo o el deslizamiento, este hará que de manera inmediata se accione la alarma para que la comunidad sea evacuada de inmediata hacia los sitios previamente destinados para dicho fin.

**Esquema sobre la ubicación, instalación y funcionamiento de “laharímetros” para la detección de flujos de escombros**

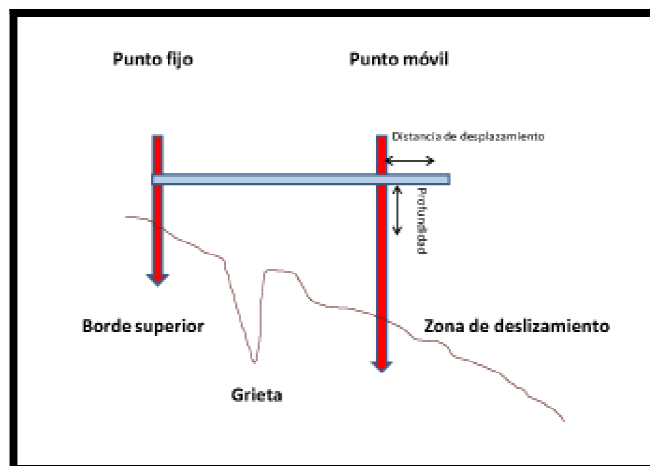


Ambas herramientas permiten que tanto en casos de deslizamientos extremos, o de movimientos únicamente de desplazamiento, generar una alerta tanto de evacuación, como de monitoreo del desplazamiento a largo plazo para emitir criterios de evacuación según el movimiento de la masa según el registro de históricos con el que se cuenta. En términos generales, son herramientas de bajo costo, en donde se necesita los recursos económicos para la compra y colocación del equipo como de la instrucción del voluntario o voluntarios que le den mantenimiento como su respectiva

lectura para el monitoreo y la responsabilidad de un ente institucional para el suministro de los recursos económicos.

Otra herramienta útil implementada en Ecuador por el proyecto SINCHI RUNA, financiado por la Comisión Europea para la provincia de Chimborazo, 2010, es la implementación de pluviómetros junto con Reglas de medición de grietas, el cual es útil para la medición del desplazamiento de la masa de tierra.

Este dispositivo se coloca en grietas identificadas como consecuencia de un posible desplazamiento de tierra que pueda causar daños a corto y largo plazo.



Se ha considerado que debido a las características de los deslizamientos analizados, estas herramientas anteriormente descritas presentan características útiles y de bajo costo, las cuales con el debido mantenimiento y responsabilidad tanto de voluntarios como de instituciones gubernamentales responsables de la implementación de las mismas, son fáciles de implementar y resultaría muy útiles para la implementación de un SAT eficiente.

### **12.5 Propuesta de capacitación y preparación a la población**

El funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana propiamente y como se ha detallado anteriormente comprende la lectura y registro de los instrumentos anteriormente descritos, la transmisión de esta información al comité local y nacional de emergencias de la debida prevención o evacuación de las comunidades en riesgo para las comunidades de Lourdes y Sáurez, principalmente, así como Aserrí en general.

Es por esto que la transmisión de los datos después de las lecturas, deben de ser inmediatamente trasladadas al comité local de emergencia para que los técnicos encargados de la interpretación de los mismos realicen los cálculos de un posible evento y en caso de que el mismo sea inminente, se inicie con la difusión de la alerta.

Es de vital importancia que la comunidad conozca que hacer en caso de una emergencia y que en función a ésta, que identifiquen con facilidad donde se encuentran los albergues, cuales son las rutas de evacuación o salida en caso de una emergencia (éstas deben de estar mapeadas y ubicadas en lugares visibles) y como salvaguardar sus objetos personales. Este plan de emergencia debe de ser suministrado a cada familia que sea miembro de la comunidad en riesgo, y que esté a vista en un lugar común para conocimiento de todos.

El comité local de emergencia como ente responsable de la comunidad, deberá de tener claramente identificados:

1. Identificar cuales son las zonas de alto riesgo y el número de habitantes de esa zona
2. Responsables de la Alerta
3. Responsables de la Alarma
4. Cual es el número de familias que componen la comunidad, para que en caso de una emergencia, saber cuales son las posibles víctimas o casas que no se han encontrado después del evento

El comité de emergencias deberá de ser responsable de las siguientes actividades, según la OEA (2001):

- Transportar a la gente a los albergues

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Trasladar ayuda a los damnificados: agua, medicinas, etc.
- Coordinar las actividades para el rescate utilizando la ruta de evacuación
- Buscar y rescatar a las personas desaparecidas
- Dar seguridad a los pobladores y sus pertenencias
- Vigilar los centros de distribución de alimentos y de ayuda en general
- Atender a heridos y enfermos
- Mantener un registro de la población afectada
- Distribuir alimentos en los albergues

**Activación de Alertas**

La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias establece tres tipos de alertas de acuerdo al nivel de respuesta requerido para una situación de emergencia.

Estas se dividen de acuerdo a su prioridad, las cuales se detallan en el siguiente cuadro.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

**Cuadro Nº 12.1**

**Rangos para la activación de Alertas**

<b>Rangos para activación de alertas ALERTAS</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>RESPONSABLE DE LA ACTIVACION</b>
<p><b>VERDE</b></p> <p>1. Hay en los alrededores una posibilidad de que se presente una emergencia</p>	<p><b>INFORMAR</b></p>	<p>Si se declara alerta verde, debe mantenerse en todo momento informada a la población mediante los medios de comunicación. La iglesia Católica, Iglesias no Católicas, Escuelas y Colegios Públicos y Privados, Cruz Roja local, Fuerza Pública y Comité Local de Emergencia</p>	<p><b>Coordinador del Comité Local de Emergencias (CLE) CNE</b></p>
<p><b>AMARILLA</b></p> <p>1. Que existe la posibilidad de que se presente una emergencia.</p> <p>2. Que todos deben estar alertas y vigilantes de</p>	<p><b>PREVISION (ALISTAR)</b></p>	<p>1. Se insta a la población a mantener a mano, un maletín pequeño con lo indispensable para la familia.</p> <p style="padding-left: 40px;"> <b>1.1.1.1 Una mudada (abrigo)</b>  <b>1.1.1.2 Zapatos cómodos</b>  <b>1.1.1.3 Foco</b>  <b>1.1.1.4 Alimento y agua para uno o dos días</b>  <b>1.1.1.5 Medicamentos básicos y específicos si se requieren</b> </p> <p>2. Vigilar el cauce de los ríos y quebradas</p> <p>3. Notificar inmediatamente a la Cruz Roja o a la Fuerza Pública Tel: 2282-63-47, sobre cualquier cambio importante en el caudal de los ríos o quebradas.</p>	<p><b>Coordinador del CLE CNE</b></p>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

los lugares de peligro.		<p>4. Alejarse inmediatamente de las orillas de los ríos o quebradas.</p> <p>5. Tenga siempre listo y alcance de todos el plan de evacuación. El cual debe haber sido analizado por todas las familias y puesto en práctica con anterioridad.</p> <p>6. Dar informes reales a los Medios de Comunicación</p> <p>7. La alerta amarilla únicamente puede ser dada o retirada por la Comisión Nacional de Emergencia y /o por el Comité Local de Emergencia de Aserrí.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>ROJA</b></p> <p>1. Que una emergencia está a la vista.</p> <p>2. que al escuchar la alerta establecida, todos, sin excepción, deben seguir inmediatamente el Plan local con calma y orden.</p>	<p style="text-align: center;"><b>RESPONDER Y EVACUAR</b></p>	<p>1. La alerta roja la dará únicamente la Comisión Nacional de Emergencias, a través del Comité Local de Emergencia de Aserrí.</p> <p>2. La alerta se dará</p> <p><b>Pasos a seguir, si se dan las señales de alerta roja:</b></p> <p>1. Abandonar las viviendas inmediatamente, llevando consigo su maletín con cosas básicas, previamente empacado. No se detenga a sacar cosas materiales.</p> <p>2. siga el plan de evacuación correspondiente a la zona donde se localiza su vivienda, buscando lugares geográficamente altos, alejados de los ríos.</p> <p>3. Tome únicamente las vías de salida señaladas en su plan de evacuación, siguiendo las marcas de color, establecidas en el mismo plan.</p> <p>4. Dirigirse al lugar de reunión señalado en su plan de evacuación.</p> <p>5. Permanecer en el sitio de reunión que se indica en el plan, hasta que pase la emergencia y la ayuda haya llegado.</p> <p>6. Por ningún motivo, regrese a su vivienda, hasta que el CLE dé instrucciones.</p> <p>Nota: Las escuelas y colegios tendrán su propio plan de evacuación, seguro y</p>	<p style="text-align: center;"><b>Coordinador del CLE CNE</b></p>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de El Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

		<p>efectivo, por ningún motivo los padres de familia deben dirigirse a las escuelas, porque todos los alumnos se evacuarán inmediatamente a un lugar seguro donde pasada la emergencia sus padres los podrán recoger. Solicite al director de la institución, en donde estarán sus hijos, el nombre y dirección del sitio hacia donde evacuaran los alumnos.</p>	
--	--	--	--

**Fuente: Comisión Nacional de Emergencias**

### **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **13.1 Conclusiones**

- La zona al Sur de Aserrí se caracteriza por presentar una predominancia de pendientes bajas, muy bajas y planicies en el sector norte que cubren (23.1% del área), según la clasificación de van Zuidam (1986), las cuales se asocian con la forma del terreno característica del lugar: campos de depósitos aluviales y brechosos de origen denudacional (flujos de deslizamientos). En la zona sur hay pendientes medias, muy fuertes a extremadamente fuertes (76,8% del área), representadas por los Cerros de Escazú y parte de la Cordillera de Talamanca.
- La clasificación final del parámetro de humedad es de 3, lo cual indica una influencia de media de este parámetro en lo que respecta a la susceptibilidad al deslizamiento, este factor es especialmente importante en los meses de mayo-junio y septiembre-octubre, como es común en la mayoría de las estaciones meteorológicas del Valle Central y de la Cuenca del Río Tárcoles.
- El parámetro de disparo por sismo se ha evaluado considerando la intensidad (MM) máxima reportada por Morales y Aguilar (1993), la cual es de VIII y se considera constante para el área de estudio. Por lo anterior, el factor de disparo por sismo conduce a una valoración del parámetro  $D_s$  es de 8, constante para el área de estudio, ver cuadro 4.15. El parámetro de disparo por lluvia tiene una influencia igualmente baja  $D_{II}$  2, en el cálculo de la susceptibilidad y es constante para toda el área de estudio.
- Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la metodología para determinar la susceptibilidad de los terrenos a deslizarse MVM, indican que un 76,8% del área se clasifica como de susceptibilidad media a muy alta y un 23.2% como de susceptibilidad de muy baja a baja.
- El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, este no sustituye



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

los estudios de detalle de carácter geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta.

- Debe considerarse también, la influencia y el efecto que podría tener un eventual flujo de lodos y detritos en los cauces inferiores del río Curubres, ya que este confluye con el río Cañas el cual atraviesa poblados importantes como San Rafael Arriba, San Rafael Abajo, y Desamparados.
- La precipitación en la cuenca es moderada, sin embargo, ante eventos climáticos extremos la lluvia erosiona con mayor facilidad los suelos alfisoles característicos de este sector; a esto debe sumársele el hecho de que en la parte alta de este deslizamiento la cobertura vegetal predominante corresponden a pastizales, lo que provoca una mayor escorrentía superficial y al presentar pendientes importantes genera una fuerte erosión del suelo, lo que puede inestabilizar las laderas y la parte alta del deslizamiento.

**Conclusiones Socio-Ambientales**

- La memoria colectiva de la comunidad tiene presente el evento de 1955, pero no así otros eventos que se han presentado en la zona como consecuencia de los deslizamientos del cerro Burío.
- Hasta cierto punto, las personas son conscientes de que parte del problema de deslizamiento de cerro Burío ha sido provocado por la actividad humana y que algunas de las consecuencias se han dado por la invasión de las zonas cercanas a los cauces de los ríos.
- Las personas consultadas tiene un sentido de pertenencia y arraigo importante con el lugar en el cual viven, aspecto que les hace manifestar un sentido de negación ante los riesgos derivados de un eventual deslizamiento del cerro Burío. Dicho sentido de negación surge como un mecanismo de defensa ante una posible orden desalojo o de traslado permanente del sitio actual de residencia a otra comunidad.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Un elemento que destaca del estudio realizado, es que conforme se avanza hacia la parte baja del sector de análisis, menor es el interés que se nota de las personas sobre el deslizamiento. En tanto en la zona media, sector afectado en el evento del 2010, las personas son más proclives a externar comentarios sobre la situación en estudio.
- Uno de los puntos centrales del estudio realizado en las comunidades afectadas por los eventos del cerro Burío es el relacionado con los usos de la tierra actuales y sus implicaciones en la situación de riesgo y vulnerabilidad de la zona. Como se anotó líneas arriba, en la parte alta de la zona de estudio la deforestación es evidente, así como la presencia de viviendas e infraestructuras en los márgenes del río Curubres, sin respetar las zonas de protección establecidas por ley para los cuerpos de agua.
- El análisis de las divergencias de uso, indican que el 44.3% del área de estudio se encuentra con un uso conforme y su distribución espacial se da en las zonas altas y bajas de la cuenca; mientras que el 54.6% es de sobreuso, principalmente por la presencia de cultivos o pastizales en zonas de altas pendientes, especialmente en las zonas altas y medias de la cuenca. Finalmente, tan solo se presenta un 1.1% de subuso, esto debido a la presencia de pastizales o charrales en las zonas bajas, las cuales son aptas para el desarrollo de la agricultura.
- Actualmente para el cantón de Aserrí no se cuenta con un Plan Regulador aprobado, según indicaciones propias de los funcionarios de la Municipalidad. Únicamente se cuenta con el documento elaborado por el Programa de Planificación Regional Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica (PRUGAM) de Elaboración, Actualización y Homologación de los Planes Reguladores de la Gran Área Metropolitana, elaborado en el año 2008. C
- Dicho documento a pesar de que contempla las principales variables necesarias para que el Plan Regulador del cantón (inclusive Índices de Fragilidad Ambiental), no ha sido sometido a consideración de las diferentes instituciones para ser aprobado e implementado. C

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- En relación a las vías, PRUGAM en su documento, identifica vías en general en mal estado y muy angostas, lo que eventualmente podrían también encausar fácilmente flujos hacia las partes bajas, provocando un eventual deterioramiento de las vías mayor al existente, afectando alcantarillados y alumbrado público.
- La sección correspondiente a tendencias y demandas de la parte ambiental, PRUGAM indica que a lo largo del cantón (zona sur) se cuenta con 195 ha que son parte de la Zona Protectora de Cerros de Escazú, con una buena parte del mismo conformada como bosque denso, siendo reflejo de una buena gestión y protección de la zona.
- La región analizada, no escapa a dicha condición. Si bien es cierto, existen algunos parches de pastos, en su mayoría la zona comprende partes importantes de bosques, los cuales en su mayoría comprenden fuertes pendientes, como se indicó en el correspondiente apartado.
- PRUGAM identifica algún grado de Deforestación por talas y quemas hacia el sur del distrito de Aserrí, el cual coincide en algunas zonas con la zona de la corona del deslizamiento, en donde se da una alteración original de la vegetación en zonas de protección.

### **13.2 Recomendaciones**

- Se recomienda continuar con una actualización periódica de la base de datos asociadas a *shapes* o información georeferenciada, mediante comprobaciones de campo y teledetección actualizada para la zona.
- Se recomienda reforestar con especies frutales autóctonas de bajo tamaño la parte alta de la cuenca donde existen evidencias de reptación y soliflucción, esto provocaría una mayor estabilidad del suelo gracias a las raíces de estos árboles. No se debe considerar por ningún motivo reforestar con especies no nativas, tales como Eucalipto o Ciprés (por mencionar algunos ejemplos), ya que estos generan un proceso de desertificación del suelo, trayendo consigo impactos negativos sobre este sector.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Se debe cambiar por otro uso (bosque) aquellas áreas con una cobertura de pastizales en este sector con evidencias de solifluxión y reptación, ya que este tipo de uso provoca una menor infiltración y por ende una mayor escorrentía superficial lo cual provocaría procesos de erosión laminar.
- También es recomendable cambiar el uso de las zonas con presencia de cultivos hortícolas, ya que generalmente producen una mayor erosión, sin embargo, si lo anterior no es factible, es conveniente se sigan ciertas reglas durante su cultivo, ya que se puede reducir enormemente este proceso (erosivo); por ejemplo sembrar en eras siguiendo las curvas de nivel, reduciendo la velocidad de la escorrentía producto de la fuerza de gravedad, provocando una menor erodabilidad del suelo.
- Se debe eliminar la presencia de ganado en la parte alta del deslizamiento, ya que este genera efectos negativos sobre la estabilidad del suelo y de las laderas debido a su peso y densidad corporal; el pisoteo del ganado sobre los pastizales provoca un fuerte impacto generando el llamado "pie de vaca", terracetos y solifluxión, los cuales al ir evolucionando con el paso del tiempo generan grietas y cárcavas señales iniciales de movimiento e inestabilidad del suelo.
- Se debe prohibir la construcción de viviendas en la parte alta del deslizamiento, o cualquier otra actividad urbana o comercial que provoque un impacto en los recursos naturales o que ejerza presión sobre estos.
- Es necesario desarrollar trabajos cuyo objetivo sea tomar medidas con respecto a un eventual taponamiento o represamiento del río Curubres, como por ejemplo: una ampliación del cauce, eliminación de obstáculos, construcción de gaviones en las márgenes del río para evitar la erosión de las laderas y desprendimiento de material.
- Se recomienda implementar medidas para drenar el deslizamiento superficialmente de acuerdo a las características que presenta el mismo. Adicionalmente se debe valorar si las medidas de

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

impermeabilización sobre todo en el sector de la corona del deslizamiento y en los costados del área en movimiento son factibles.

- Se recomienda valorar el construir terrazas siguiendo las curvas de nivel, lo cual disminuye la pendiente y el efecto que ejerce la gravedad ante la presencia de pendientes fuertes, especialmente en el frente del deslizamiento.
- Es necesario que las autoridades y gobierno local regulen el crecimiento y expansión urbana principalmente en la parte alta de la zona propensa a deslizamiento así como también en los márgenes del cauce principal del río Curubres, a una distancia no menor a los 20m de ambos márgenes del río.
- Se debe regular el vertido de desechos sólidos al cauce principal del río Curubres, ya que esto reduce tanto la capacidad hidráulica como la geometría del cauce, reduciendo el ancho y la profundidad del mismo, provocando el desbordamiento de este y la inundación de las viviendas construidas en el área de influencia del río principal.
- La fragmentación de la cuenca en un conjunto de propiedades o fincas de diferentes dueños, dificulta la aplicación de medidas correctivas, esto debido a los diferentes intereses por parte de los propietarios en cuanto a la utilización de sus tierras. Se debe procurar que existan pocos dueños de tierras o finqueros dentro de una misma cuenca para facilitar el ordenamiento, ya que las fincas serán más grandes y al poner en práctica una medida sobre una finca determinada, se estará ordenando una mayor superficie de la cuenca, lo anterior es aplicable especialmente en la parte alta de la cuenca.
- Es necesario que en la cuenca media se trate de ir adquiriendo en la medida de lo posible, las propiedades que se encuentran en la zona de protección de río, con el fin de cambiar de un uso residencial actual, a un uso de reserva.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Se recomienda implementar el pago por servicios ambientales, en los que el Estado les dé una especie de bonificación a los propietarios de tierras que conserven en su estado natural algún recurso de importancia para la cuenca, tales como bosque, y limpieza de ríos.
- En general se deberán ejecutar prácticas de buen uso y conservación del suelo, para disminuir la erosión laminar y retener mejor los nutrientes del suelo.
- Seguir los lineamientos propuestos por el proyecto PRUGAM, el cual se basa de acuerdo a la clasificación de los Índices de Fragilidad Ambiental (IFA), que regulan el uso de la tierra y la actividad comercial, urbana y agrícola.
- Se recomienda como parte de la gestión y prevención del riesgo, instalar estaciones meteorológicas automáticas en la parte alta de la cuenca, que brinde información en tiempo real sobre la cantidad de precipitación que está cayendo sobre este sector, lo cual servirá como una alerta temprana ante una eventual reactivación del deslizamiento y un posible flujo de lodos y detritos en el pueblo que se encuentra aguas abajo, específicamente en el sector de Barrio Lourdes.

**Medidas de Intervención (Estructurales Y No Estructurales)**

- El deslizamiento de Burío presenta un área considerable, mientras que su pendiente es en promedio de entre 50° y 70°. Por lo que tratar de conformar un talud más manejable, no es viable dado que la cantidad de material a remover sería muy significativo, y eventualmente no se podría garantizar resultados satisfactorios, por otra parte para llevar a cabo acciones como las que se señalan sería necesario implementar vías de acceso para poder llegar a ciertos sitios del deslizamiento que en estos momentos no las poseen.
- Recubrir toda el área del deslizamiento de Burío es muy difícil, además de muy oneroso. Sin embargo, se puede indicar que el área que abarca el deslizamiento en diferentes sitios presenta puntos de inestabilidad muy localizados, los cuales es factible estabilizarlos por medio de algún

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

tipo de geotextil, los cuales varían en características y precio. Esta solución se debe valorar muy detalladamente, ya que hay que evaluar en forma muy objetiva si la inversión es congruente con los resultados que se obtendrán. En cuanto a las grietas que se presentan, estas se encuentran igualmente en diferentes sitios y son de diferente magnitud, encontrándose aberturas de hasta 35 cm, lo que evidencia que el movimiento es constante, se considera que por las características del fenómeno esta no es una opción válida, ya que los sitios en donde se presentan poseen pendientes muy fuertes.

- En cuanto al uso de la vegetación se puede indicar que se recomienda su uso en el deslizamiento en sí o en las áreas cercanas, dado que es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie, y en segundo da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Se recomienda implementar o cavar una serie de zanjas alrededor del deslizamiento para guiar el agua de la superficie alrededor del mismo. Estas zanjas pueden ser diseñadas en forma rectangular, de 0.50 m de profundidad, recubiertas de un material impermeable.
- Se recomienda valorar el implementar una galería de canales que baje el nivel de aguas subterráneas en el área. Los canales de drenaje que se recomiendan deben tener una profundidad de un mínimo de 3.5 metros, también deben tener cañerías de drenaje y estar llenas de un material impermeable, como por ejemplo arena o grava. Deben presentar forma de V, y distribuirse en forma que asemeje la forma de un pino invertido, en el cual se da la presencia de un canal principal, que corre a lo largo del deslizamiento, con la base hacia la parte superior y la punta hacia la parte inferior, la cual debería tener una pendiente positiva con dirección norte el cual recibe a su vez otros canales perpendiculares al principal. Se debe recubrir el fondo del mismo con una membrana de polietileno (geotextil) impermeable y flexible, debiendo evacuar las aguas fuera del área del área inestable.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Se recomienda ejecutar obras menores de drenaje, a efectuarse dentro de las zonas del deslizamiento, y consistirían simplemente de excavaciones hechas con retroexcavador que canalicen y orienten las aguas hacia los puntos más bajos de desagüe.
- En el caso del deslizamiento de Burío se considera como viable la construcción de barreras tipo dique, que impidan que el flujo provoque una afectación inmediata del área potencialmente. Se ha considerado la construcción de al menos 2 diques, que actúen como un sistema integrado para detener y retardar, ya sea totalmente o parcialmente un posible flujo. Se recomienda que sea levantado en roca, con una cubierta en su frente y contra frente de *rip rap*, y en la parte superior una amplitud promedio de 6,0 m, manteniendo una relación de 1:1.5 m, cabe agregar que por las condiciones del sitio la altura del mismo es variable.
- Para el deslizamiento de Burío se recomienda se proceda a analizar una solución relativamente novedosa e implementada por el WSL Swiss Federal Research Institute, Suiza, la cual consiste en una barrera dinámica con la capacidad de retener una cierta cantidad de material deslizado tanto de flujos de detritos mixtos/granulares o de lodo.
- La población que habita en las áreas vulnerables debe tener consciencia de los fenómenos existentes y como éstos los pueden afectar. Para ello es necesario que se ponga en práctica una campaña de concientización que se lleve a los diferentes estratos de la población a que informen del problema y se ponga la magnitud del mismo en la correcta medida, sin llegar a plantear una situación de alarma excesiva. Se considera conveniente por las implicaciones que ello lleva, iniciar con la población de los centros educativos (estudiantes) acompañadas de sus familias.
- Se debe establecer un mecanismo que permita la integración de las diferentes organizaciones que trabajan en la comunidad. De modo que entre todas aúnen esfuerzos para lograr el cometido por el cual trabajan, ya que se considera que en la medida que unan esfuerzos los logros serán mejores.



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Se debe de consolidar el Comité de Emergencias, e implementar una actualización del Plan de Emergencia, de modo tal que los pobladores sepan como actuar ante la presencia de un flujo de detritos o de lodo, como producto del desprendimiento de material del deslizamiento respectivo. Se deben de revisar y adoptar las mejores rutas de evacuación, así como los sitios que servirán de albergues.
  
- Es conveniente que se proceda a valorar de forma prioritaria los casos de las familias que se ubican sobre la zona vulnerable ante la presencia de un flujo. Es necesario determinar a ciencia cierta a quien corresponde la posesión de los inmuebles que habitan, ya que se logro deducir mientras se efectuó en este estudio que una parte importante de casas de la zona son alquiladas por sus usuarios.
  
- Se debe tomar la decisión de evacuar las unidades habitacionales que presentan un nivel muy alto de riesgo, y serían las primeras edificaciones en ser afectadas. Una vez evacuadas esas familias, las edificaciones deben ser demolidas, a partir de ese momento las autoridades correspondientes tienen que estar vigilantes para que no se vuelvan a edificar, ya que algunas de las edificaciones que se vieron afectadas con el último fenómeno, ya están siendo ocupadas nuevamente.
  
- El proceso de evacuación debe ser establecido en forma integral, es decir, no se trata de desalojar a las familias que se encuentren en zonas de alto riesgo, sino que se les debe dar una solución concreta, viable y segura.
  
- Se deben evitar usos del suelo en las zonas de los deslizamientos y áreas circunvecinas que puedan contribuir a que los movimientos de material se incrementen o se aceleren. Para lo anterior se debe tomar la decisión a nivel político de que se permita únicamente el uso forestal, para ello sería conveniente que se brinde un tipo de estímulo para que los propietarios asuman este de decisión.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- La Municipalidad de Aserrí debe establecer los mecanismos idóneos para evitar que se levanten edificaciones en aquellos sitios que por ley y por razones de seguridad no están habilitados, como es el cauce de los ríos. Como por ejemplo se debe velar porque se respeten los retiros que la Ley Forestal (7575) señala en cuanto al uso de esos espacios.
- Es conveniente implementar un Sistema de Alerta Temprana en la cuenca del río Curubres, así como en la del Cañas, en la medida de que estas presentan además de el deslizamiento estudiado, evidencia de otros deslizamientos activos de menor magnitud, así como de otros eventos de los cuales existen vestigios de la ocurrencia de los mismos.
- Se debe realizar un levantamiento topográfico a detalle, de forma tal que se pueda contar con un insumo vital para la modelación, y de esta forma poder realizar cálculos más precisos y a la vez efectuar un modelo tridimensional del relieve existente. Lo anterior se podría llevar a cabo mediante la aplicación de LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging), información de la cual pueden derivarse curvas de nivel cada metro.
- Implementar un sistema de medición detallado del deslizamiento, de manera tal que se pueda monitorear con un muy grado de certeza el comportamiento del mismo. Para ello es necesario poder contar con personal especializado que efectúe esa labor a lo largo del tiempo. No se puede especificar la duración del monitoreo porque este estaría en función del comportamiento del deslizamiento. Este monitoreo se debe realizar con diferente periodicidad dependiendo de la época del año.
- Otra de las medidas que se debe implementar es la compra y colocación de al menos tres estaciones pluviométricas, con un grado de sofisticación técnica tal que permita disponer de datos de precipitación en tiempo real, con el fin de efectuar un monitoreo de primer nivel, y de esta forma tener datos que permitan la toma de decisiones en el momento, de acuerdo al comportamiento de la lluvia.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- También es necesario poder contar con un equipo, o una estación que permita efectuar la medición de caudal sobre el río Curubres, y también sobre el río Cañas para monitorear el comportamiento de estos cursos fluviales, especialmente en situaciones de precipitación extrema.
- Es muy importante informar a la comunidad de Aserrí y sus habitantes del peligro de un deslizamiento y una posible inundación. Las personas que viven cerca del río Curubres deben estar alerta del peligro de una posible avalancha de lodo.

#### **Escenarios de intervención**

- Las instituciones del Gobierno Central relacionadas con la gestión de riesgo y manejo de desastres, en cada uno de los niveles de representación (central, regional y local), deben de incorporar en sus políticas, programas y planes aspectos orientados a la identificación de su personal vinculado a las emergencias por desastres en sus distintas etapas (prevención y atención).
- Utilizar la existencia de organizaciones sociales dentro de la zona de estudio para capacitar a los líderes comunales en distintos temas vinculados con la gestión del riesgo y manejo de desastres, para que estos a su vez capaciten al resto de la población de la zona sobre el tema. Este se considera un escenario importante ya que el estudio permitió determinar que existe un sentimiento de negación respecto a la situación de riesgo y vulnerabilidad por parte de las personas que viven en el área, aspecto que debe ser modificado para mitigar los efectos de un nuevo evento en el cerro Burío.

#### **Transferencia del riesgo**

- Realizar un análisis completo del potencial de pérdidas de las edificaciones civiles y obras públicas en caso de un nuevo evento en el cerro Burío. Lo anterior implica que se organice una

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

base de datos de información de las edificaciones civiles y de las obras públicas que se verían afectadas o presentan mayor riesgo y vulnerabilidad en caso de producirse un deslizamiento.

- Desarrollar un sistema de información geográfica, que permita visibilizar las edificaciones civiles y obras públicas en mayor situación de riesgo y vulnerabilidad, para de esa forma definir los escenarios potenciales de pérdidas ante un nuevo evento del cerro Burío.
- Llevar a cabo estudios financieros y técnicos que permitan al Gobierno Local adquirir una póliza de un “seguro colectivo para la atención de desastres”, de manera tal que se defina un porcentaje de edificaciones civiles y de obras públicas a asegurar para que, ante la eventual ocurrencia de evento, el seguro cubra a la totalidad de edificaciones y obras existentes en la zona en situación de riesgo y vulnerabilidad.
- Difundir en la población de la zona de estudio el interés de la Municipalidad en suscribir la póliza “seguro colectivo para la atención de desastres” y hacerle ver a las personas su importancia y beneficios, así como establecer los montos de las primas que deberán cancelar las personas, montos que podrían ser incluidos en los recibos de pago de los impuestos municipales.

**Propuesta para incorporar información en el Plan Regulador**

- Es por esta razón que se considera que, una vez analizado la propuesta del Plan Regulador, se deberá de profundizar un poco en el análisis que se hace de las zonas inestables y propensas a deslizamientos, según muy bien lo indica PRUGAM, las cuales están ubicadas a todo lo largo del cantón, por las fuertes pendientes que el mismo presenta, especialmente al sur del Cantón.
- Dicho documento resalta que a pesar de que en términos generales hay pocos desarrollos de urbanizaciones en el cantón, en las zonas más pobladas existe mucha edificación ilegal y ubicada en lugares inadecuados como al borde de ríos y sobre entubamientos de ríos, los cuales se han identificado mediante la presente investigación, como zonas por donde en el caso de un desprendimiento de las zonas altas, se podrían encausar flujos de lodos y producir inundaciones.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Es por esta razón que la población residente en esas zonas, se encuentran ubicadas en zonas de alto riesgo y deberían de reubicarse.

- Así mismo en el documento se recomienda mantener la “zona de contención” identificada entre la parte alta de los cerros y la zona de urbanización del cantón, con el fin de desarrollar una zona con vocación agrícola sostenible. Esto a su vez garantizaría que no se desarrollen obras que puedan poner en peligro a sus habitantes en caso de que se diera algún desprendimiento.

**Propuesta de una estrategia de intervención**

- Fortalecer las capacidades de las instituciones gubernamentales involucradas en el tema de gestión de riesgo en el nivel local: Comisión Nacional de Emergencia, Municipalidad de Aserrí, Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos, Fuerza Pública y organizaciones sociales de la zona.
- Mejorar la preparación de las comunidades presentes en la zona de estudio ante la ocurrencia de desastres de origen natural, tanto mediante la capacitación así como con la dotación de equipos y elementos de alerta temprana para primera respuesta.
- Conformación de un comité de emergencias local que tenga su sede en las comunidades analizadas. Dicho comité además deberá:
  - Ser capacitado en el tema de gestión de riesgos y manejo de desastres.
  - Identificar las amenazas por eventos naturales u originados por la acción humana que podrían afectar a la comunidad.
  - Ubicar en un mapa o croquis, las zonas de riesgo o peligro, incluyendo las propiedades, infraestructuras, caminos, etc. que podrían verse afectadas.
  - Realizar un inventario de los recursos humanos (personas disponibles) y recursos materiales (alimentos, lugares de albergues, etc.) existentes en la comunidad.
  - Plan operativo de respuesta, definiendo los procedimientos que se aplicarán para la atención de una emergencia así como la función de cada miembro del comité.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Definir una edificación dentro de la comunidad para la instalación de un puesto de mando para atender la emergencia y dar información a la comunidad.
- Se debe realizar una revisión y actualización al plan: se deben realizar reuniones para que el plan sea ensayado, corregido y se esté actualizando.
- Se deben definir puntos o terrenos no vulnerables en las comunidades analizadas para que sirvan como sedes para la creación de albergues ante la ocurrencia de un eventual deslizamiento.
- Es necesario crear un protocolo que permita llevar un control eficiente de la recepción y distribución de ayudas humanitarias en situaciones de emergencia.
- Definir canales de comunicación entre los distintos entes involucrados en la respuesta ante un eventual evento para garantizar una pronta atención a las personas afectadas.
- Incorporar a profesionales de salud mental dentro de los equipos humanos que se conformen para la prevención y atención de emergencias en las comunidades analizadas.

**Recomendaciones Socio-Ambientales**

- La Municipalidad de Aserrí, deberá de disponer y mantener la cartografía pertinente para identificar de manera sencilla, las zonas que se plantean como zonas de riesgo para la población, las cuales se han determinado en la presente investigación, para que en relación a dicha información se obtengan los criterios suficientes para crear la zonificación que se propondrá en el Plan Regulador y así mismo para que a futuro, se tenga un criterio de peso en el otorgamiento de los permisos de desarrollos de las diferentes actividades económicas a realizar en la cuenca de los ríos Curubres y Cañas.
- La Municipalidad como gobierno local, deberá de determinar cuales son los umbrales en los cuales otorgará los permisos de construcción en las zonas altas de la cuenca, y que no estén

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

prohibidas, principalmente teniendo en consideración la pendiente en la cual se desarrollen las obras, las cuales en caso necesario, deberán de proponer las obras de mitigación para no afectar la estabilidad de las laderas, y por ende no poner en peligro la integridad de la obra a desarrollar. En este caso la municipalidad deberá de solicitar la evaluación correspondiente de la obra y del terreno donde se desarrollará para otorgar el correspondiente permiso de construcción, amparándose en los lineamientos dados por la legislación costarricense.

- Es necesario que se implemente un control coordinado entre la municipalidad y la Oficina del Área de Conservación para tratar de evitar al máximo la deforestación de las zonas altas. Ya que la zona en cuestión deberá de mantener una cobertura de vegetación importante, que sirva como protección al suelo, y de esta forma tratar de evitar o reducir eventuales desprendimientos de material de la zona alta de la cuenca.
- En términos generales y según las características de la cuenca analizada (Curubres), es necesario que la Municipalidad emprenda un manejo integral de esta y adicionalmente de la cuenca del Río Cañas, en donde se rescate el carácter de protección forestal de las zonas altas y por otro lado se dé un manejo integral a las zonas medias y bajas, las cuales contemplen principalmente la protección de la población de dichas zonas.

**Conclusiones y Recomendaciones del Sistema de Alerta Temprana**

- Es necesario la implementación de un SAT efectivo en la cuenca de los ríos Curubres y Cañas, dado que las comunidades vulnerables han sido testigo de varios eventos importantes a lo largo de un período considerable de tiempo, por lo que es necesario recordar a dichas poblaciones que el peligro al que se ven expuestos es inminente.
- La participación activa de las comunidades juegan un papel esencial en la implementación de un SAT efectivo, por lo que las personas que conformen los comités de emergencia locales y voluntarios, deberán de estar comprometidos con el proyecto en su totalidad.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Se deberá de realizar un sistema de alerta efectivo orientado a la comunidad, dado que dependiendo de este y de las personas que conformen el comité local de emergencia, dependerá el efectivo funcionamiento del SAT durante una emergencia.
  
- Se considera que en el caso de la cuenca analizada, dada la corta extensión que existe desde el punto del desprendimiento, hasta la zona donde se encuentran ubicadas las poblaciones más cercanas, la implementación de herramientas para la medición hidrometeorológica y de movimientos de masas planteados son bastante útiles por lo que por parte de la Comisión Nacional de Emergencias, se debe analizar seriamente y con la mayor rapidez la viabilidad para optar por uno varios sistemas similares a los descritos, el cual deberá de tener toda la aprobación y apoyo por parte de la Municipalidad de Aserrí, como gobierno local encargado de la toma de decisiones en el cantón.
  
- La falta de información hidrometeorológica, disponible en la zona, suministrada por parte de entidades gubernamentales para la implementación de un SAT, así como la continua generación o actualización de la misma, es inexistente o imposible de conseguir para la comunidad. Por lo que se deberá de trabajar fuertemente en mejorar esta situación con apoyo del Gobierno local o de las instituciones a nivel nacional que cuenten con dicha información.



## **BIBLIOGRAFIA**

- ASA 2006:. **Análisis de Situación Integral de Salud del Área de Salud de Aserrí de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).**
- Badilla, S.,1988: **Desastres naturales provocados por inundaciones: El caso de una sección inferior de la cuenca del Río Tempisque.** Tesis de Lic., Heredia, CR. 156 págs. 19 figs. 11 mapas.
- Barquero, R. & Rojas, W., 1994: **Catálogo de mapas de isosistas de temblores y terremotos de Costa Rica. Red Sismológica Nacional (ICE-UCR).** San José, Costa Rica. (Informe inédito)
- Bieniawski, Z.T., 1989: **Engineering Rock Mass Classifications.** John Wiley & Sons, New York. 251 p.p.
- Bergoeing, J. & Malavassi, E., 1982: **Geomorfología del Valle Central.** Ciudad Universitaria Rodrigo J. Facio. 49 p.
- Campos, J.A. (2000). **Ubicación de zonas de riesgo y análisis de amenazas ante deslizamientos en comunidades pobres.** Tesis para optar por el grado de Licenciatura Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Centro de Estudios Ambientales de Honduras. **Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana (SAT) Comunitaria a Deslizamientos en los Municipios de San Francisco del Valle, San Marcos de Ocotepeque y Mercedes, Departamentos de Ocotepeque, Subcuenca del Río Higuito”** Centro de Estudios Ambientales de Honduras. Honduras. 2007.
- Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe (CRID). **Catálogo de herramientas y recursos de información sobre Sistemas de Alerta Temprana (SAT).** Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe (CRID). San José, Costa Rica, 2009.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.**  
**Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2006). **Informe Técnico: Deslizamiento El Burío (DPM-INF- 0253-2006)**. Realizado por: Geol Juan Ignacio Chaves Salas, Geólogo.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2008). **Informe Técnico: Evaluación de riesgo deslizamiento El Burío (DPM-INF- 1820-2008)**. Realizado por: Geol Joanna Méndez Herrera, Geóloga.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2009). **Informe Técnico: Valoración de seguimiento del deslizamiento El Burío (DPM-INF- 0191-2009)**. Realizado por: Msc. Julio Madrigal Mora, Geólogo.

Denyer, P y Arias, J., 1991: **Estratigrafía de la región central de Costa Rica**. Revista Geológica de América Central, 12: 1-59 p.

Denyer, P. & Alvarado, G.E., 2007: **"Mapa Geológico de Costa Rica. Escala 1:400.000"**. Librería Francesa S.A. San José, Costa Rica.

Departamento de Geología (ICE), 1987: **Informe Geoquímico de las Aguas Termales del sureste del Valle Central**. I.C.E. 48 p.

Fernández, J.A., Aguilar, A., Arrieta, L., Astorga, A., Barboza, G., Barrientos, J., Bolaños, X., Bottazzi, G., Bustos, I., Calvo, C., Campos., L., Escalante, G., Laurito, C., Obando, J., Pizarro, D., Rojas, J.F., Tejera, R., Valerín, E. & Ulate, R., 1997: **"Mapa Geológico de Costa Rica. Escala 1:750.000"**. Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). Dirección de Geología y Minas – Dirección de Hidrocarburos. Ministerio del Ambiente y Energía.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Geociencias, Riesgo y Recursos Naturales S.A. **Lineamientos generales para el diseño participativo y operación de Sistemas Comunitarios de Alerta Temprana ante deslizamientos provocados por lluvias en El Salvador.** Ayuda Obrera Suiza, Oyam, Cruz Roja Española, En coordinación y con el apoyo técnico de la Dirección General de Protección Civil y sus Delegaciones Departamentales y Municipales en las áreas de intervención y el Observatorio Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, Centroamérica. 2011.

González de Vallejo, L., Ferrer, L., Ortuño, L., & Oteo, L., 2002: **"Ingeniería Geológica"**. Pearson Educación, S. A. Núñez de Balboa, 120. Madrid, España. 744 pp.

Gretzer Mattias, Jansson Tommie.1999: **"Geotechnical Analysis of El Burio Landslide"** Thesis of Master. Kungl Tekniska Hogskolan. Estocolmo, Suecia.

Hernandez J.C. 1994: **"Factores de control y dinámica del deslizamiento El Burío, Aserrí, San José, Costa Rica"**. Tesis. Universidad de Costa Rica. Escuela de Geología, San José, Costa Rica

Hernández, J. 1994: **Caracterización geológica-geotécnica del deslizamiento el Burío, Cantón de Aserrí.** Inf. CNE. 9 págs., 2 mapa. (Informe inédito)

Holdridge, L. 2000. **Ecología basada en zonas de vida.** IICA, San José, CR. 216 p. (colección libros y materiales educativos / IICA, No 83).

Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2001: **"División territorial administrativa de la República de Costa Rica"**. 1ª Edición. Departamento Territorial y Nomenclatura. Instituto Geográfico Nacional. San José, Costa Rica. 133 pp.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN), 1988: **Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica.** Imprenta Nacional, San José. - 275 págs.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- I.F.A.M. (2004). **Atlas cantonal de Costa Rica**. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. San José, Costa Rica.
- I.N.E.C. (2004). **Documento metodológico del Censo Nacional de Población**. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Área de Censos y Encuestas. San José, Costa Rica.
- I.N.E.C. (2010): **“Documento metodológico de la Encuesta Nacional de Hogares y Propósitos Múltiples”**. San José: INEC - Área de Censos y Encuestas.
- I.N.E.C. (2011). **X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011**. Cifras Preliminares de Población y Vivienda. San José, Costa Rica.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A. & Paulhus, J.L., 1986: **Hidrología para Ingenieros**. McGraw-Hill, México. 386 p.p.
- Madrigal, R., 1977: **Geomorfología G-316**. Ciudad Universitaria Rodrigo J. Facio. 238 p.
- Madrigal, R. & Rojas, E., 1980: **Manual Descriptivo del mapa geomorfológico de Costa Rica (1:200 000)**. SEPSA. 81 p.
- MCJ (2012). **Sitios declarados como patrimonio histórico, cultural o arquitectónico de Costa Rica**. Recuperado del sitio web del Ministerio de Cultura y Juventud ([www.mcj.go.cr](http://www.mcj.go.cr)). Enero, 2012.
- MIDEPLAN. (2007): **“Índice de Desarrollo Social 2007”**. San José: MIDEPLAN.
- MIDEPLAN-COMEX. (2007). **“Decreto Ejecutivo Nº 34160 ‘Define Índice de Desarrollo Social denominado IDS’**. San José: Imprenta Nacional - La Gaceta Nº 250 del 28 de Diciembre del 2007.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Miles, S.B. & Keafer, D.K., 2002: **Seismic landslide hazard for the city of Berkeley, California**. U.S. Department of The Interior, U.S. Geological Survey. (Documento no editable en Internet).
- MINAET. (2006). "Decreto Ejecutivo N° 32966: **Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental**". San José: Imprenta Nacional - La Gaceta N° 85 del 4 de Mayo del 2006.
- Mora, R.: 2004. **Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del Cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica**. Servicios Especializados de Laboratorio de Suelos y Rocas, FUNDEVI 0960-00, Sección Geotecnia e Hidrogeología, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. 17 p.p.
- Mora, R., Chaves, J. & Vázquez, M., 2002: **Zonificación de la Susceptibilidad al Deslizamiento: Resultados obtenidos para la Península de Papagayo mediante la modificación del método Mora-Vahrson (Mora, R., Vahrson & Mora, S., 1992)**. Servicios Especializados de Laboratorio de Suelos y Rocas, FUNDEVI 0960-00, Vicerrectoría de Investigación 113-A0827, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.
- Mora, R., Vahrson, W. & Mora, S., 1992: **Mapa de Amenaza de Deslizamientos, Valle Central, Costa Rica**. Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC).
- Montero, W., 1994: **Sismicidad y Neotectónica**. –Escala 1:250 000, en Denyer, P., y Kussmaul, S. (eds): Atlas geológico del Gran Área Metropolitana. Costa Rica, Ed. Tecnológica de Costa Rica, Cartago. -147 – 160.
- Montero, W., 2000: **Mapa sismológico y neotectónico**. En Denyer & Kussmaul (ed): Geología de Costa Rica, Ed. Tecnológica de Costa Rica, Cartago. -219-239.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Morales, L.D., & Aguilar, A., 1993: **Mapa de amenaza sísmica de la Gran Área Metropolitana**. En: Denyer, P. & Kussmaul, S., 1994: Atlas Geológico de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 275 p.p.

NU. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). 2004.: **Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres**. NU. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). Ginebra. CH.

Ocharan, J. **Sistemas de Alerta Temprana, Fotografía actual y retos futuros**. Cuadernos Internacionales de Tecnología para el desarrollo humano. Oxfam International. America.

Programa de fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Riesgo por Deslaves –RECLAIMM- América Central. **2008: Amenaza por Deslizamiento (deslave en América Central) Guía La Amenaza por Deslizamientos o Deslave en el Ámbito Municipal**. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), Embajada de Noruega, Instituto Noruego de Geotecnia.

Programa de fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Riesgo por Deslaves –RECLAIMM- América Central. **2008: Informe Regional. Sistemas de Alerta Temprana y Monitoreo**. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), Embajada de Noruega, Instituto Noruego de Geotecnia.

Proyecto: “Preparativos para desastres y reducción de riesgos en la cuenca del Río Sandía, Puno-Perú.” **2006. :Sistema de Alerta Temprana Cuenca Alta del Río Inambari** Sistema Nacional de Defensa Civil, Centro de Estudios y Prevención de Desastres, Comisión Europea, Oxfam. Sandía, Puno, Perú.

Proyecto SINCHI RUNA Fortalecimiento de las capacidades de Preparación y Respuesta ante desastres en las Provincias de Chimborazo y Cañar, con énfasis en la población Indígena. 2010: **Sistemas de Alerta de Temprana ante Deslizamientos**. Financiado por Comisión Europea, en

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Coordinación con Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Chimborazo, República de Ecuador.

Ranald V., Giles. 1998: **“Mecánica de Fluidos e Hidráulica”**. Segunda Edición, página 247. Colombia. Libros McGraw-Hill de México S.A. de C.V. 1969. 273p.

Schosinsky, G. & Losilla, M., 2000: **“Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual”**. – Revista Geológica de América Central, 23: 43 – 55.

Suárez, J., 1998: **Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales**. Instituto de Investigaciones sobre erosión y deslizamientos. Ingeniería de Suelos Ltda. Colombia. 548p.

Tournon, J. & Alvarado, G.E., 1997: **“Mapa Geológico de Costa Rica. Escala 1:500.000”**. 1ª Edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Tournon, J. & Alvarado, G.E., 1997: **“Mapa Geológico de Costa Rica: folleto explicativo”**. 1ª Edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 79 pp.

Trifunac, M.D. & Brady, A.G., 1975: **On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of the recorded ground motion**. Bulletin Seismological Society of America, vol. 65.

Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, OEA. 2001: **Manual para el Diseño e Implementación de un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones en Cuencas Menores**. Organización de Estados Americanos. Washington, DC, Estados Unidos.

Vahrson, W., Arauz B., I.; Chacón B., R.; Hernández R., G.; Mora, S., 1990. **Amenaza de inundaciones en Costa Rica, América Central: comentarios al mapa 1:500.000**. Heredia: Costa Rica. Universidad Nacional (UNA). Escuela de Ciencias Geográficas; jul. 1990. 123p. mapas, ilus, tab.

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Van Zuidam, R.A. 1986: **Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping.** Smits Publishers, The Hague. 442 p.p.

Villagrán, J. 2007: **Sistemas de Alerta Temprana para Emergencias de Inundaciones en Centroamérica.** Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Panamá, República de Panamá.

Villón, M.2004: **"Hidrología"**. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 474 pág.

Weyl, R., 1957: **Contribución a la Geología de la Cordillera de Talamanca de Costa Rica.** Instituto Geográfico de Costa Rica. 76 p.

Woodward & Clyde, 1993: **A preliminary evaluation of earthquake and volcanic hazards significant to the major population centers of the Valle Central, Costa Rica, Final Report prepared for Ret Corporation.** -89 págs.

#### **Trabajos citados**

Área de Salud de Aserrí. (2007). *Análisis de Situación de Salud del Área de Salud de Aserrí.* Aserrí: CCSS.

Cardona, Omar. (2005). *Gestión de riesgos en Manizales.* Recuperado el 20 de Abril de 2012, de Universidad Nacional de Colombia: [http://www.manizales.unal.edu.co/gestion\\_riesgos/proceso.php](http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/proceso.php)

Chinchilla, L. (7 de Octubre de 2010). *Caso 3 Deslizamiento del cerro el Burío.* Recuperado el 19 de Marzo de 2012, de Scribd.com: <http://es.scribd.com/doc/41434555/Caso-3-Deslizamiento-del-cerro-el-Burio>

CNE. (1994). *Caracterización geológica-geotécnica del deslizamiento Burío.* San José, Costa Rica: CNE - Documento técnico 549.



**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

Galeano, M. (2009). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.

INEC. (2012). *Cifras preliminares del Censo Nacional de Población y de Vivienda 2011*. San José, Costa Rica: INEC.

La Nación. (6 de Noviembre de 2010). Cabeza de agua destruyó 50 casas en Lourdes de Aserrí. *La Nación* , pág. Sección El País.

La Nación. (20 de Diciembre de 2005). Deslizamiento arruinó 27 casas durante último mes en Aserrí. *La Nación* , pág. Sección Nacionales.

MCJ. (14 de Marzo de 2012). *Sistema de información cultural costarricense: Asociación Grupo Cultural Aserrí*. Recuperado el 14 de Marzo de 2012, de Ministerio de Cultura y Juventud: <http://sicultura.go.cr/component/sicultura/articulo/asociacion-grupo-cultural-aserri-607.html>

MEP. (2012). *Lista de centros educativos curso lectivo 2012*. San José, Costa Rica: Ministerio de Educación Pública.

Mesén, D. (29 de Noviembre de 2011). *Convirtiendo los desastres en oportunidades: La experiencia de ASOPROAAA*. Recuperado el 25 de Marzo de 2012, de Programa Pequeñas Donaciones FMAM - Costa Rica : <http://www.pequenasdonacionescr.org/noticias/74-convirtiendo-los-desastres-en-oportunidades-la-experiencia-de-asoproaaa>

### **Vídeos relacionados**

Habitantes locales:

- [http://www.youtube.com/watch?v=YP4\\_AfKY1-Q&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=YP4_AfKY1-Q&feature=related)
- <http://www.youtube.com/watch?v=9eyFHBo3Ty0&feature=relmfu>

Reportaje Noticias Repretel:

- Parte 1: <http://www.youtube.com/watch?v=qluK8gAw63A&feature=related>

**Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Burío, Aserrí, San José.  
Geocad Estudios Ambientales S.A**

---

- Parte 2: <http://www.youtube.com/watch?v=QmE92jjdAn8&feature=relmfu>  
Reportaje Lizeth Castro
- <http://www.youtube.com/watch?v=bJFXZACrjEc&feature=related>