

Capítulo IV

DISCUSSION GENERAL.

4.1 Justificación.

De la presentación de los métodos de AFPS [1995], Kramer [1996] y EUROCODIGO [1998] antes expuestos se puede observar como el aporte que ofrece cada uno es muy significativo para los objetivos de este trabajo. A continuación se hará una comparación para destacar las ventajas y desventajas de cada método así como una comparación de los resultados obtenidos en cada uno de ellos, incluyendo algunas sugerencias para implementarse en trabajos futuros.

4.2. Ventajas y desventajas de cada método.

Método de AFPS.

Ventajas:

- La ventaja de éste con respecto al EUROCODIGO es que la generación de los mapas que sirven como parámetro para la creación del modelo es sencilla y no necesita herramientas de programación.
- Identifica zonas susceptibles a la amplificación sísmica en las cercanías de las quebradas que no se presentan en el EUROCODIGO [1998]; esto se debe a que las AFPS [1995] atribuyen la amplificación sísmica a los cambios súbitos de pendiente y no a la forma topográfica del terreno.
- Con respecto a Kramer [1996], su ventaja es que en los resultados se identifican un mayor número de píxeles continuas con igual susceptibilidad que píxeles aislados, que para el nivel de detalle presentado éstas últimas no son fiables.
- Sus resultados son inmediatos ya que no requiere de filtros que depuren o mejoren la presentación de los mapas finales.

Desventajas:

- Se identifica como susceptible zonas ubicadas en las depresiones del área de estudio, esto se debe a que en estos lugares no están incluidos en la red de drenaje y ocurren en ellos cambios bruscos de pendiente.
- El mapa generado solamente presenta aquellos lugares donde ocurre la máxima amplificación sísmica por el efecto de la topografía, sin definir la distancia en que será extendido, debido a que no se pudo incluir el cálculo de las distancias “b” y “c”
- Uno de los parámetros utilizados en la creación del modelo fue la elaboración de la red de drenaje en el área de estudio, con anchos promedios en los ríos de 20 metros, valor que en algunos casos era sobre o sub estimado.

Método de Kramer.

Ventajas:

- Su generación en el programa ILWIS es de manera sencilla e inmediata puesto que las variables a definir son mínimas.
- Este método identifica todas aquellas crestas donde teóricamente se esperaría una amplificación sísmica.
- Resalta zonas probables a amplificarse en las cercanías a las planicies.
- Debido a que separa convexidades de concavidades solo identifica cresta o bordes de quebradas.

Desventajas:

- No considera la variación del factor de amplificación en el espacio.
- Se necesita la generación de filtros para mejorar la presentación de los mapas finales, ya que están saturados de información, provocando error de cierre en los polígonos que serán colocados sobre el mapa de relieves del terreno.
- En las cercanías a los acantilados, laderas, crestones, no presentan amplificaciones, puesto que según el método no son terrenos convexos.
- Describe que la amplificación sísmica ocurre al existir una convexidad en el terreno, pero no propone su cuantificación.
- No define la distancia a la cual ocurrirá la máxima amplificación.

Método del EUROCODIGO:

Ventajas:

- Por la filosofía del método su ventaja es que identifica una mayor área, que será susceptible al aumento de las ondas sísmicas; así como también incluye en el análisis parámetros como la altura del terreno, variable importante por ser directamente proporcional a la amplificación por topografía; por otra parte el método toma en cuenta las diferentes formas topográficas existentes en el área de estudio.

Sus desventajas son:

- Que al depender de la altura del terreno (medida desde la base de la forma topográfica analizada o sea de la elevación), su obtención no es inmediata ni

sencilla ya que se necesita de un programa que la determine. El programa de altura propuesto en este trabajo es viable, siempre y cuando el área a analizar sea pequeña y de formas topográficas regulares, al no cumplir cualquiera de estos dos parámetros se vuelve poco factible, por tanto no es el adecuado, para mejorarlo se debe contar con un buen equipo de SIG que permita la gran cantidad de cálculos necesarios o implementar lo que se propone en el anexo G.

- Esta enfocado a casos particulares de taludes, producirlo de manera general ocasiona inconsistencia en los resultados obtenidos, ya que identifica con igual grado de susceptibilidad la cresta de una montaña de 50 metros de altura y la cresta del volcán de San Salvador.
- No identifica otras zonas en las cuales se esperaría podrían presentar este tipo de amplificación, como por ejemplo en las cercanías de las quebradas.
- Aunque plantea factores de amplificación, no define a que distancia éstos serán significativos en el terreno, es decir hasta que punto se extenderá tal valor.
- Sus resultados son atribuibles a mostrar las pendientes en el terreno, es decir que la amplificación no esta enfocada a riscos en el terreno.

4.3. Comparaciones de métodos.

Al implementar las variables faltantes del método propuesto por las AFPS [1995] y al eliminar el problema de las depresiones mencionado en el capítulo 3, será en comparación a los dos restantes métodos es el más idóneo, puesto que es el que mejor representa las zonas con posibilidades de amplificación al ocurrir un sismo, sobre todo en los riscos del terreno y en cambios bruscos de pendientes cercanos a quebradas.

El modelo que expone el EUROCODIGO [1998], es el que identifica mayores áreas que son susceptibles a la amplificación sísmica, pero deja de considerar la susceptibilidad que se esperará en las cercanías de las quebradas en las planicies.

Aunque la creación del modelo que plantea Kramer [1996] es el más simple, puesto que lleva el menor número de variables a considerar en su implementación, deja de lado a la altura, considerando que no existe variación en la amplificación de un accidente topográfico si éste es convexo comparado a otro de mayor o menor altura.

Para el caso particular de las montañas donde el terreno en su parte alta es plana, se genera una inconsistencia en los resultados obtenidos por el método de Kramer [1996] ya que se obtiene los valores de amplificación más bajos, este caso debe ser considerado para la etapa de cuantificación del factor de amplificación.

4.4. Propuesta de metodología.

Debido a que cada método difiere en cuanto a las regiones que toma como susceptibles para amplificarse al momento de un evento sísmico, se decidió unir los resultados de las AFPS [1995] Y KRAMER [1996] con el objeto de crear un mapa que contenga todas aquellas zonas definidas por las bases teóricas de cada modelo, tales como cambios bruscos de pendientes, riscos, acantilados pronunciados, crestas, laderas entre otros. El método que plantea el EUROCODIGO [1998] ha sido excluido de este análisis, puesto que refleja las amplificaciones en la pendiente del terreno y no las que deberían de ocurrir en crestas, asimismo debido a que la limitante de la identificación de la altura de talud limita los resultados del método.

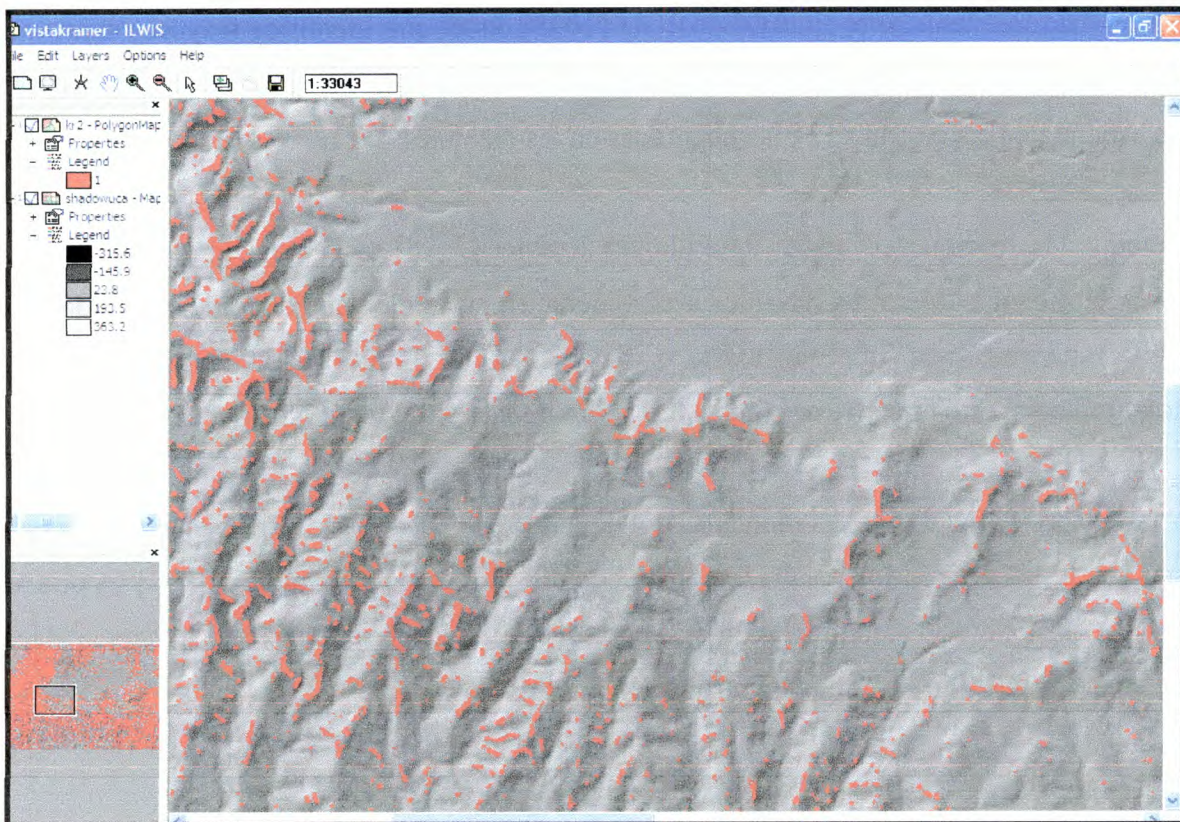


Figura 4.1. Zonas susceptibles de amplificarse propuestas por Kramer [1996].

En un acercamiento hecho al sur del área de estudio (ver figura 4.1), se observa en color rojo las áreas propensas a amplificarse por el método de Kramer [1996], las cuales coinciden en las crestas de las montañas y lugares en las quebradas donde el terreno es convexo. Si se hace una vista en este mismo sector del área que identifica el método de AFPS [1995] (ver figura 4.2), algunas zonas coinciden, especialmente en las crestas de las montañas, y las cercanías de las quebradas, es posible apreciar en esta figura como el método de las AFPS identifica ampliificaciones en sectores con cambios de pendiente en depresiones.

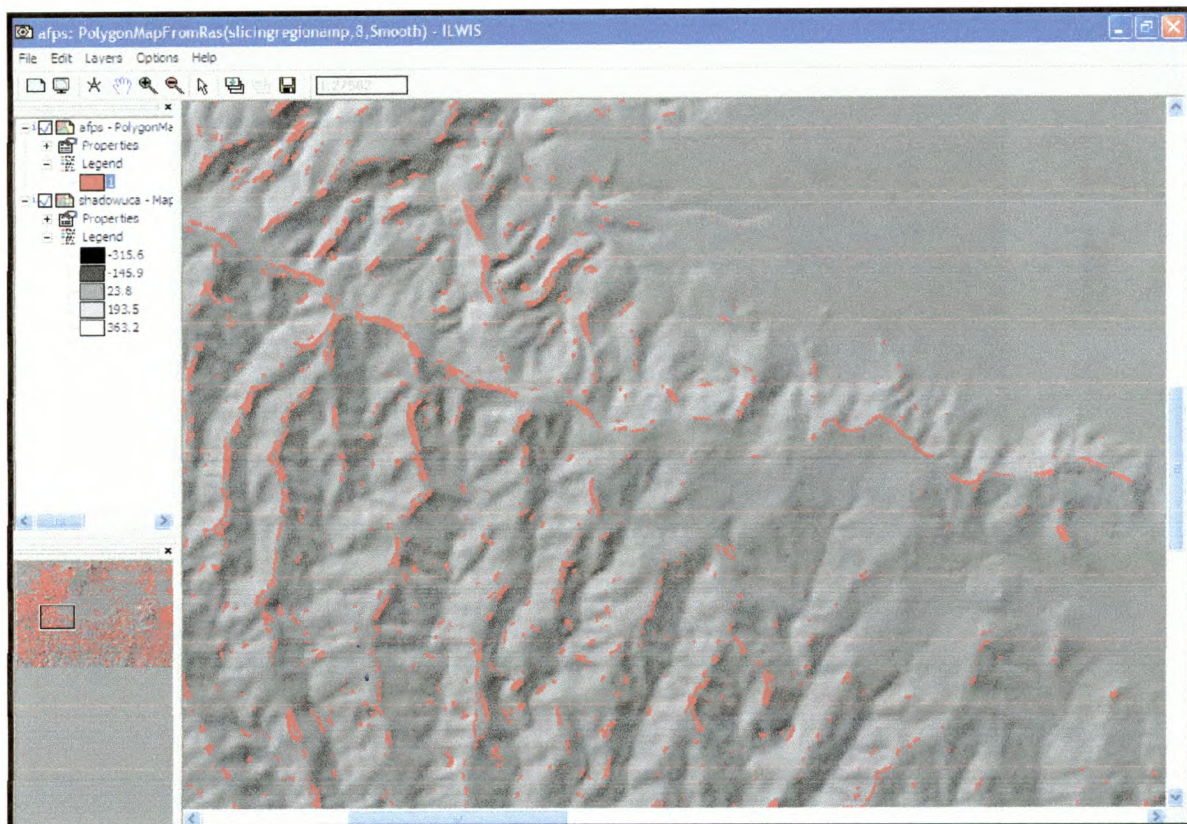


Figura 4.2. Zonas susceptibles de amplificarse propuestas por AFPS [1995].

Se pretende crear un modelo que considere las áreas identificadas por los métodos antes expuestos, considerando la amplificación dada por los cambios bruscos de pendientes y la convexidad del terreno. Para ello se hace una suma de las regiones de cada método por separado; los pasos a seguir son los siguientes:

Una vez creado el mapa de las AFPS [1995] y Kramer[1996] se coloca en la barra de operaciones el siguiente condicionante: $\text{Suma} = \text{iff}((\text{AFPS}\#) \text{or} (\text{Kramer}\#), 1, \text{undef})$, lo propuesto en esta ecuación es que si los píxeles del mapa de las AFPS existen o existen los de Kramer, tendrán valores de uno, sino tales píxeles tendrán valores indefinidos, el condicionante “or” hace verdadera la proposición si una de las variables es verdadera. Se utilizó para la generación del mapa suma el resultado de Kramer para el cual el valor laplace es menor a -6, tal como se explicó en el capítulo 3. El mapa suma se presenta en la figura 4.3.

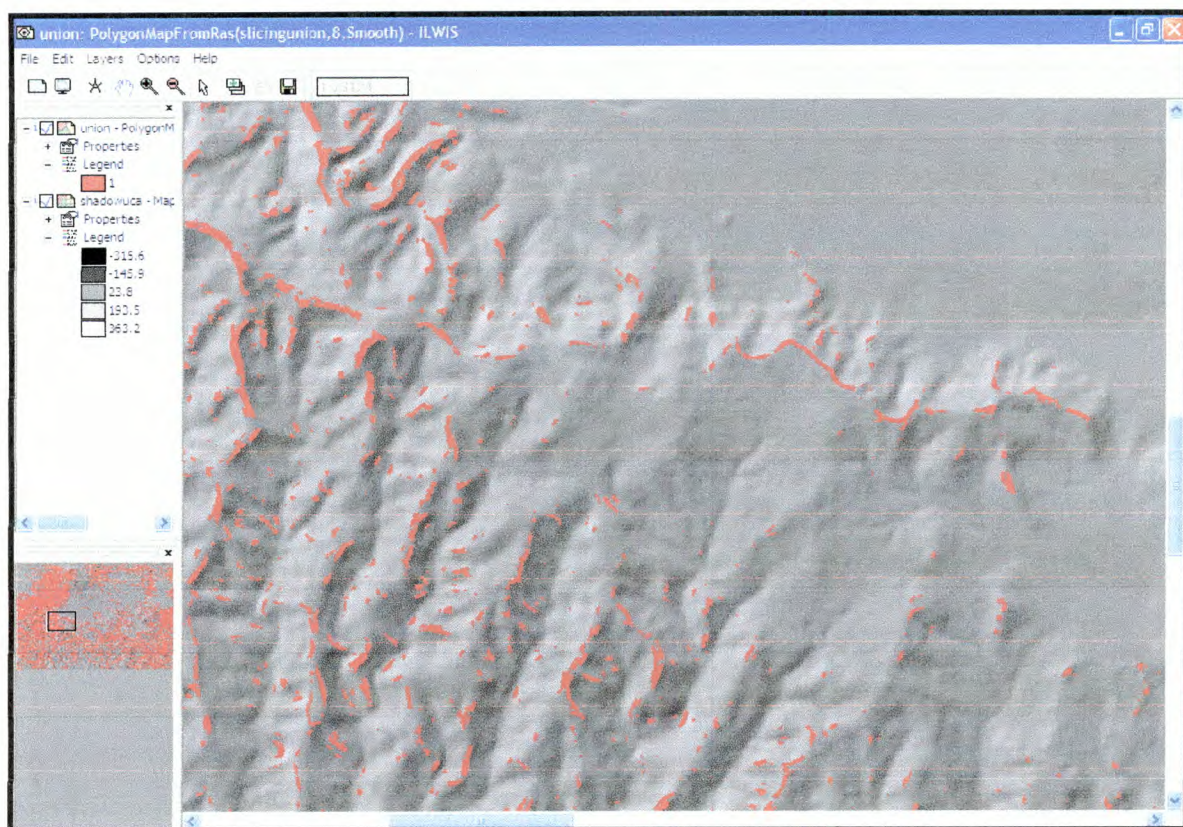


Figura 4.3. Mapa con unión en resultados de los métodos AFPS y KRAMER.

La figura 4.3 refleja un mapa con mayor número de lugares propensos para sufrir amplificación sísmica, incluyendo regiones como hondonadas en el terreno. Kramer no identifica la susceptibilidad de lugares ubicados en estas últimas ya que ahí el terreno es cóncavo. Al valerse de esta característica será conveniente buscar las áreas comunes en los métodos, de tal manera que sea eliminado el problema en las concavidades.

Para lograr identificar las áreas comunes de ambos métodos se coloca en la barra de operaciones de ILWIS el siguiente condicionante:

`areascomunes=iff((AFPS#)and(Kramer#),1,undef).`

Se propone que si todos los píxeles del mapa de las AFPS existe y existen los píxeles el mapa de Kramer, entonces se les asignará un valor de uno, de lo contrario cada píxel tendría un valor indeterminado. El condicionante “and” hace verdadera la proposición

cuando ambas variables son verdaderas. Se utilizó el mapa de LAPLACE menores a cero para tener un mejor detalle de las convexidades. El resultado lo refleja la figura 4.4.

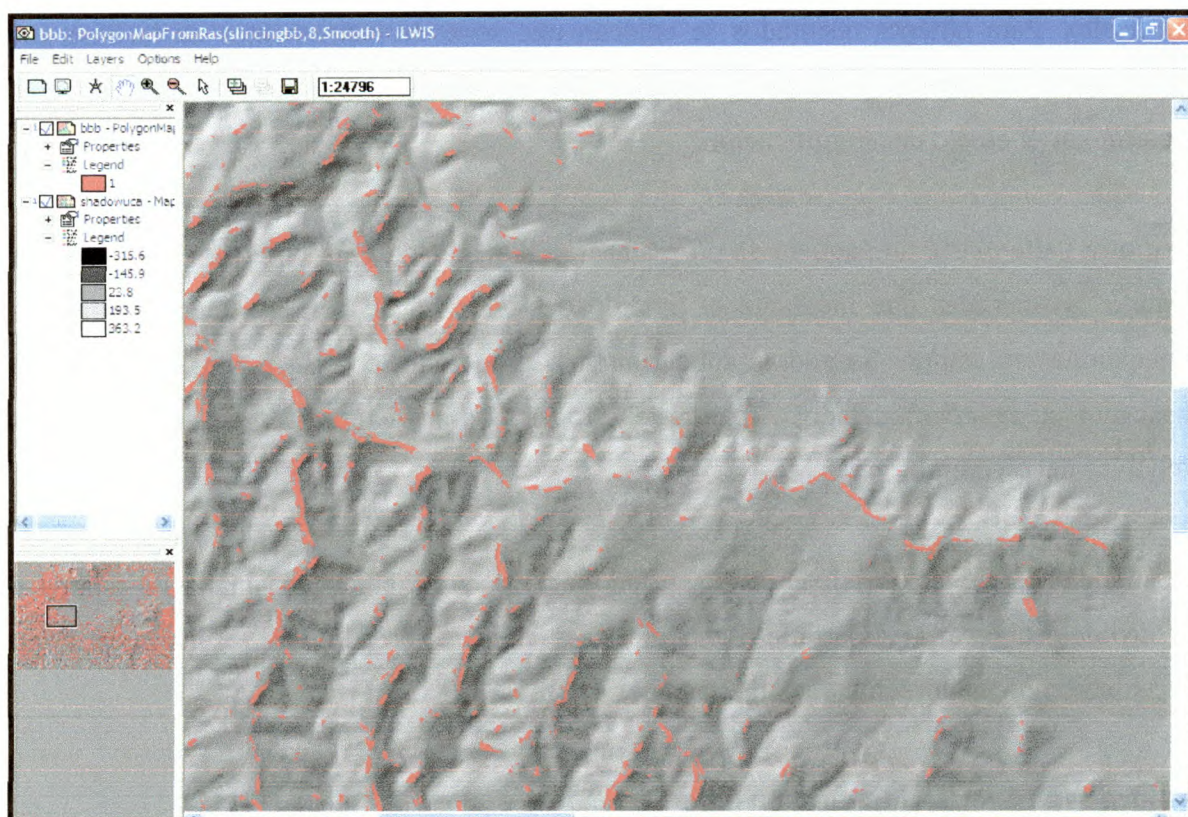


Figura 4.4. Áreas comunes de los métodos AFPS y Kramer.

Efectivamente todas las depresiones fuera de la red de drenaje planteada en el capítulo 3, han sido excluidas, este resultado es una aproximación adecuada a los propósitos de este documento, sin embargo hay una serie de variables que no han sido implementadas en los métodos expuestos, tal es el caso de la distancia a la que ocurrirán las amplificaciones planteadas por las AFPS, la altura planteada por el Eurocódigo; pero que podrán implementarse como una continuación a este tema.

4.5. Etapa de validación.

Otro paso importante a seguir será la determinación del factor de amplificación que servirá de validación a los métodos planteados en el capítulo 3, para definirlos debe contarse con observaciones en campo como las registradas en la colonia Las Colinas en Santa Tecla para

el sismo del 13 de Enero del 2001, en donde las amplificaciones (topográficas y geológicas) fueron hasta del 40% dato obtenido a través del método de “Nakamura”, el cual consiste en un control de amplitudes generadas por microsismos en las componentes horizontales y verticales. Para obtener resultados se colocan una serie de instrumentos en la base que sirve como referencia y la parte superior del accidente topográfico al que se desea determinar el efecto de *amplificación*.

Por otra parte existe un paquete de programación llamado “Algor”, utilizado para modelar *figuras geométricas* que mediante el modulo de rigidez o de cortante representarán las condiciones en campo. Se podrán aplicar análisis espectrales con o sin restricciones en la base del elemento modelado, a partir de esto se podrán determinar las deformaciones relativas del elemento.

El modelo de elevación puede ser exportado a tal paquete como una malla de puntos y dentro de este crear la superficie para aplicarle el análisis deseado. Los resultados podrían servir como una valoración a los factores de *amplificación*.

Valoración de los resultados obtenidos.

El producto obtenido a partir de la propuesta de metodología muestra congruencia con lo descrito en la teoría, su resultado puede ser utilizado en futuras investigaciones acerca del fenómeno y puede ser de utilidad en la etapa de cuantificación del factor de *amplificación* por el efecto de la topografía.

En este sentido el siguiente paso a seguir como se mencionó anteriormente en el apartado 4.5, es la validación de las áreas que se han registrado como susceptibles, por lo que se recomienda hacer mediciones en campo, es decir colocar instrumentos de registros en algunas zonas que se han identificado como susceptibles, la selección de dichas zonas se puede realizar como se describe a continuación.

Si coincide el área identificada como susceptible con:

- Lugares donde las propiedades geológicas del suelo son tales que pueden presentar amplificación sísmica (las ondas sísmicas se atenúan en medios rocosos y pueden amplificarse en tierra blanca poco consolidada).
- Regiones cercanas a las fuentes sísmicas, esta información puede ser obtenida a partir de los mapas de epicentros del país en donde se puede observar una concentración de sismicidad en las cercanías a la cadena volcánica y la zona de subducción.
- Sitios con posibles problemas como licuefacción, deslizamientos.
- Zonas donde exista viviendas que pueden ser afectadas.

De cumplirse lo anterior se puede colocar los instrumentos al pie del talud y en la cima, esto con el objeto de poder medir la posible amplificación las cuales pueden ser utilizadas para la validación de la propuesta de la metodología y para la cuantificación del factor de amplificación.

La metodología propuesta puede ser generada para todo el país y el mapa resultante puede ser utilizado como referencia en los reglamentos de diseño por sismo, de tal manera que si se desea construir en zonas donde coincide el área identificada como susceptibles con los lugares antes descritos, bajo estas consideraciones sea necesario la realización de estudios de campo para considerar la posibilidad de ocurrencia de amplificación por el efecto topográfico.

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

De acuerdo al contenido de los capítulos presentados en éste documento y a los resultados obtenidos de la modelación de los métodos propuestos en el sistema de información geográfica, se formulan las conclusiones siguientes:

- El producto obtenido de la generación de los modelos propuestos por Kramer [1996], EUROCODIGO [1998], AFPS [1996] son mapas de referencia que pueden ser utilizados para establecer una medida cualitativa del fenómeno de la amplificación sísmica por efecto topográfico.
- A partir de los mapas obtenidos por la modificación del cambio de pendiente (I-i) hecho en el capítulo III para el método de AFPS [1996], se puede notar que a menor cambio de pendiente mayor es el área que se identifica como susceptible a sufrir amplificación sísmica por efecto topográfico, es decir que guardan una relación inversamente proporcional.
- Al observar en el capítulo III los resultados obtenidos a partir de la modificación del valor de la variable altura en el método del Eurocódigo [1998], se puede concluir como el método cumple para el caso particular de taludes y no para cualquier forma topográfica, ya que la generación de este método para el modelo de elevación estudiado genera inconsistencias como identificar con igual amplificación sísmica diferentes formas topográficas a desiguales alturas.
- La reproducción en un SIG de los métodos propuesto por Kramer [1996], AFPS [1996] para toda el área de El Salvador es factible y eficiente; caso que no ocurre en el método del Eurocódigo [1998].
- De las modificaciones hechas al valor de la convexidad del terreno en el método de Kramer [1996], se puede apreciar la necesidad de incorporar al modelo la variable altura, ya que al no considerarla se obtienen resultados como identificar con igual

susceptibilidad sísmica a terrenos convexos de diferente elevación, algo que teóricamente tendrá que ser diferente.

- Al sumar los mapas obtenidos de la generación de los métodos AFPS (1996) y Kramer (1996), el resultado obtenido muestra coherencia ya que identifica las zonas donde teóricamente ocurrirán fenómenos de amplificación por el efecto de la topografía.

5.2. Recomendaciones.

- Considerar el tema del presente documento para futuras investigaciones, en las que se trate con profundidad el comportamiento sísmico con respecto a la topografía del terreno en campo, con el objetivo de implementar un factor de amplificación que sea aplicable a los códigos de diseño sismorresistentes.
- Comparar los mapas de susceptibilidad de amplificación sísmica por efecto topográfico con mapas de daños obtenidos de los eventos de Enero y Febrero de 2001, esto con el fin de poder explicar los daños registrados en zonas con posible amplificación topográfica y poder lograr así un mejor entendimiento del fenómeno.
- Mejorar el programa del cálculo de alturas propuesto para el método del Eurocódigo o establecer un nuevo algoritmo que ayude a la efectividad del proceso. Se propone un procedimiento en el anexo G.
- Implementar al método de AFPS (1996) la distancia de extensión del factor de amplificación y las variables que muestran su variación en el espacio; esto con el fin de ser utilizado en la etapa de cuantificación del fenómeno.

GLOSARIO.

A

Acantilado:	Accidente topográfico con pendiente casi vertical, generalmente consta de una costa rocosa.
Amplificación sísmica:	Cuando las ondas pasan de un depósito a otro con características diferentes estas tienen a aumentar bajando la frecuencia, aumenta la amplitud pues la energía trata de conservarse.
Angulo de incidencia	Ángulo con el que penetra una rayo de un medio al otro.
Arcilla	Están formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos, principalmente por minerales silicatados constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos.
ARC/VIEW:	Software diseñado para la presentación de datos geográficos mediante un sistema multimedia en el que el usuario interactúa con la base de datos a través de un entorno geográfico integrado. Es un producto de ESRI, Inc.
Arenas	Están compuestas de cuarzo, pueden ser redondeadas, subangulosos o angulosos de acuerdo al grado de transporte y fricción a que han estado sujetos.
Areniscas	Sedimento arenoso que después de una compactación y cementación natural se convierte en una roca relativamente dura.
Asentamiento	Pequeños movimientos diferenciales que los suelos sufren dependiendo de sus propiedades.
Aspereza topográfica:	Forma irregular del terreno, formando porciones irregulares.
Atenuación:	Disipación de energía sísmica con la distancia desde la fuente sísmica.
Atributo:	Información no gráfica asociada con un punto, línea o elemento de un área en un SIG.
Avalancha	Se pueden considerar como desprendimientos o movimientos complejos en algunas ocasiones son muy rápidos, con caída de

masa de rocas que se desprenden de laderas escarpadas y pueden ir acompañadas de hielo y nieve.

B

Bidimensional	Referente a dos dimensiones
Brechas calizas:	Rotura o abertura en una cresta, en una pared rocosa o en el frontón de una costa.

C

Cabalgamientos:	Superposición anormal de un conjunto geológico sobre otro motivada por presiones laterales.
Cantera	Terreno del que se extrae piedra apropiada para la construcción.
Cementación:	Trabazón sólida de fragmentos clásticos sueltos mediante un cemento o pasta pétreo, generalmente arcillosa, ferruginosa, calcárea o silícea, que une los elementos alógenos de las rocas clásticas, tales como areniscas, conglomerados, brechas, pudingas, etc.
Concavidad.	Superficie que se caracteriza por tener su centro más deprimido que por los bordes.
Conglomerados:	Depósitos que consisten de cantos, guijas y gránulos cuando son cementados.
Cono prismático.	Sólido limitado por la parte de una superficie cónica comprendida entre el vértice y un plano que la corte según una curva cerrada.
Convexidad	Superficie que se caracteriza por tener su centro por encima de sus bordes.
Cresta.	Cumbre peñascosa.
Crestones	Cumbre que posee su parte superior de forma plana
Cuadrante	Cada una de las cuatro porciones de plano que determina dos ejes coordenados.
Cuarzo	Mineral formado por sílice de color blanco, brillo vítreo y de mucha dureza.

D

Densidad:	Relación entre la masa de un cuerpo y la del agua o aire que ocupa un mismo volumen.
Depósitos coluviales:	Son los materiales detríticos que cubren el fondo de un valle y que han descendido de las vertientes del mismo.
Depósitos fluviales:	Almacenamiento escalonados de aluviones que han quedado a distintas alturas a ambos lados del cauce actual del río.
Depresión:	Concavidad del terreno sin escorrentía superficial, hacia el exterior.
Detritos:	Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.
Divisoria:	Línea imaginaria del contorno de una cuenca hidrográfica, que distribuye escurrimientos originados por la precipitación en el sistema de cauces que fluyen hacia la salida de cuencas.

E

Eoceno:	Período cuyas formaciones continentales están caracterizadas por los mamíferos.
Eólicos saturados:	Son partículas de arena o de polvo que son arrastrados por el viento y depositadas con mucho contenido de agua , se produce una acumulación de arena o de arcillas
Erosión:	Desgaste producido en un cuerpo producido por otro.
Escarpe:	Terreno con mucha pendiente.
Espectro de respuesta	Representa el comportamiento de un sistema con un grado de libertad, frente a una excitación dinámica.

F

Falla activa :	Falla geológica lo largo de la cual ha habido desplazamientos de falla en tiempos históricos o donde se han localizado focos de terremotos.
Falla a tensión:	Falla geológica en la cual actúan fuerzas de tensión.
Frecuencia natural.	Frecuencia de vibración de un sistema sometido a un desplazamiento.
Fuente sísmica:	Fuente de un terremoto en particular.

Fuerzas de inercia: Fuerzas que se oponen al movimiento.

G

Geomorfología: Describe las formas del terreno.

Georeferencia: Es el proceso de delimitar un objeto dado, ya sea físico (como un lago) o conceptual (una región administrativa), en términos de su relación espacial al terreno.

Gradación: Serie de cosas ordenadas por grados o de grado en grado.

Granito: Es un ejemplo típico de rocas ígneas, abunda en la naturaleza, se compone principalmente de cuarzo, feldespato ortoclasa con algo de mica.

Gravas: Piedras machacadas, usadas para allanar carreteras y caminos y en la confección del concreto.

H

Holoceno: Período cuaternario que abarca desde los pleistocenos hasta nuevos días.

Hondonada: Parte más honda de un terreno.

I

Incendio: Fuego alto que se propaga y hace estragos.

Inundaciones: Crecida de ríos que hacen desboronarse al agua.

L

Ladera: Declive de un monte o de una altura.

Limos: Suelos de granos muy finos, con formas escamosas.

Longitud de onda. Distancia mínima entre dos puntos que tienen el mismo estado de vibración en una onda periódica, medida a lo largo de la línea de propagación.

M

Macroporos:	Poros de tamaños considerables.
Marga:	Roca compuesta de arcilla y carbonato cálcico que se usa como abono y para fabricar cemento.
Mesetas:	Terreno elevado y llano de gran extensión.
Meteorización:	Acción de los agentes erosivos externos sobre las rocas de la corteza terrestre.
Microtrpidación	Técnica utilizada para determinación los periodos fundamentales del terreno.
Morfología:	Estudio de la forma de los terrenos.

N

Nivel freático:	Representa el nivel o profundidad en el cual el agua esta sometida a la presión atmosférica.
Normalización	Acción y efecto de normalizar o unificar.

O

Oligoceno	Este período es la continuación directa del eoceno sin grandes tránsitos respecto a fósiles marinos.
Onda difractada:	Cuando una onda viaja de un medio a otro con propiedades diferentes, la onda entrante cambia su ángulo y velocidad.
Onda directa:	En el movimiento sísmico, es la primera onda , la que sale de la fuente.
Onda reflejada:	Cuando un movimiento ondulatorio incide sobre un obstáculo, y es propagado por el mismo medio.
Ondas sísmicas:	Ondas sísmicas que viajan más velozmente, también conocidas como ondas primarias.

P

Peligrosidad sísmica:	Probabilidad de que haya un movimiento fuerte de cierta intensidad en un lugar dentro de un período específico.
Píxel:	Unidad de medida más pequeña en un sistema de información geográfica.

Planicie	Llanura muy extensa.
Pleistoceno:	Primera época del periodo cuaternario.
Presiones intersticiales:	Fuerzas que actúan en los espacios entre rocas.

Q

Quebradas:	Abertura estrecha entre montanas.
------------	-----------------------------------

R

Raster:	Es un regular grid de celdas cubriendo un área.
Relación de vacíos:	Volumen no ocupado sólidos, que puede estar ocupado por aire o agua o mezcla de ambos.
Resistencia a la compresión:	Es la capacidad que tiene un material a sufrir cargas normales de compresión.
Resistencia a la tensión:	Es la capacidad que tiene un material a sufrir cargas normales de tensión.
Resistencia al cortante:	Es la capacidad que tiene un material a sufrir cargas tangenciales.
Resonancia:	Cuando dos fuentes de vibración capaces de emitir con igual frecuencia, y una de ellas vibra y las ondas llegan a la otra también vibrará.
Riesgo sísmico:	Probabilidad de una pérdida durante un período definido.
Riscos:	Peñasco alto y escarpado.
Rocas calizas:	Están constituidas por carbonato de calcio, a veces magnesio y materia silicosa como el cuarzo.
Rocas graníticas:	Son rocas duras y consistentes, son las más abundante en la corteza terrestre.
Rocas grauvacas:	Constituidas por abundancia de fragmentos de rocas preexistentes, poco relacionadas en su tamaño y están unidas por un cemento arcilloso.
Rocas volcánicas:	Son producto de las erupciones volcánicas tales como las lavas.

S

Sedimentos:	Suelo removido de la superficie de la tierra debido al impacto de las gotas de lluvia y transportado aguas abajo por los ríos hasta que se deposita finalmente en lagos, embalses u océanos.
Sismo:	Sinónimo de terremoto.
Suelos consolidados:	Suelos con una reducción gradual del volumen hasta que se alcanza la presión interna de equilibrio
Suelos granulares:	Suelos cuyas partículas mayores de 0.06mm.
Suelos poco consolidados:	Formación superficial de la corteza terrestre, que no presenta resistencia a corte.
Suelos residuales:	Son los remanentes de la impermeabilización de las rocas que no han sido acarreadas.
Suelos saturados:	Son suelo en los cuales sus vacíos están llenos de agua.

T

Talud:	Masa de suelo o rocas con superficie inclinada no horizontal.
Terraplén:	Masa de tierra para elevar un terreno.
Terremoto.	Vibración de la tierra causada por el paso de ondas sísmicas.
Terrenos llanos:	Porción de tierra que no posee desniveles.

V

Valle:	Llanura de terrenos entre montañas, cuenca de un río.
Vulnerabilidad:	La probabilidad de que una estructura sufra daños cuando se somete a un movimiento fuerte de cierta intensidad.

BIBLIOGRAFÍA.

- Trabajos de graduación:

Brizuela Reyes, Beatriz y L.E. Menjívar Recinos. [2002] Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", San Salvador, El Salvador.

Sigaran Carolina [2003] Numerical Assessement of the Influence of Earthquakes on Irregular Topographies. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de S.Mc. en Ingeniería Geológica en la universidad the internacional institute for Geo-information Science and Earth observation.

- Libros:

Blyth F.G. y M. H. de Freitas [1999] Geología para ingenieros compañía editorial continental, Mexico.

Bommer Julian [1996] Sismología para ingenieros. UCA editores, San Salvador, El Salvador.

Boore, D.M. [1972] A note on the effect of simple topography on seismic SH waves, Bulle, seis, soc, am. USA.

Dale F. Ritter [1986] Process Geomorphology University at Carbondale Southern Illinois second edition, Iowa, Canada.

Das Braja M. [2001] Principios de ingeniería de cimentaciones, International Thomson Editores, cuarta edición, Mexico.

Gonzalez de Vallejo, Luis I. [2004] Ingeniería Geológica. Pearson Educación S.A Madrid España.

Jimenez Salazar J.A. y de Justo Alpañes J.L. [1975], Geotecnia Cimientos I, segunda edición, Madrid, España.

Kramer Steven L. [1996] Geotechnical earthquake engineering, Prentice Hall, USA.

McClure, F. E. [1973] Performance of single family Dwelling in the San Fernando Earthquake of february 9,1971. USA.

Sitar, N. Clough. G.M. [1983] Seismic response of steep slopes in cemented soils, J. Geotechnique Engrg, ASCE.

Sauter, F. [1989] Fundamentos de ingeniería sísmica, Editoriales tecnológicos, Costa Rica.

Udías Vallina Agustín y Mézcua Rodríguez Julio [1996], Fundamentos de sismología. UCA editores, San Salvador, El Salvador.

Whitlow Roy [1994] Fundamentos de mecánica de suelos, compañía editorial continental, Mexico.

- Dictionarios.

Diccionario de la lengua española esencial [2002] LARROUSE EDITORIAL, México D.F.

Vocabulario técnico-científico [2001] editorial OCEANO, España.

- Artículos y revistas:

Ashford S.A, Sitar N. [1997] Topographic effects on the seismic response of steep slopes. Bulletin of the seismological society of America.

Asociación Española de Normalización y Certificación [1998] EUROCODIGO 8, AENOR, Madrid, España.

Cepeda José y E. Burgos [2003] Microregión valle del Jiboa, UCA editores, El Salvador.

Grupo oceano[1998] Enciclopedia autodidáctica océano, Barcelona.

Pierre-Yves Bard [1995] Local effects on strong ground motion: Basic physical phenomena and estimation methods for microzoning studies, Grenoble Cedex, Francia.

Ponce de Leon Diana, J.A de San Antonio, R. Mañé, J. Seisdedos [2003] Caracterización de los riesgos geológicos y dimensionamiento de los recursos hidrogeológicos, UCA editores, El Salvador.

Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones en El Salvador [1994] Norma técnica para diseño por sismo, El Salvador.

- Entrevistas.

Pullinger Carlos [2004], Información acerca de los estudios realizados en el deslizamiento de la residencial Las Colinas, ciudad de Santa Tecla, departamento de La Libertad.

- Internet.

Escuela de Ingeniería Civil, <http://albatros.uis.edu.co> , Marzo 2004.

Facultad de Ingeniería Civil, <http://tms.ingcominas.gov.co>, Marzo 2004.

Escuela de Ingeniería Civil, <http://www.tdx.cesca.es>, Marzo 2004

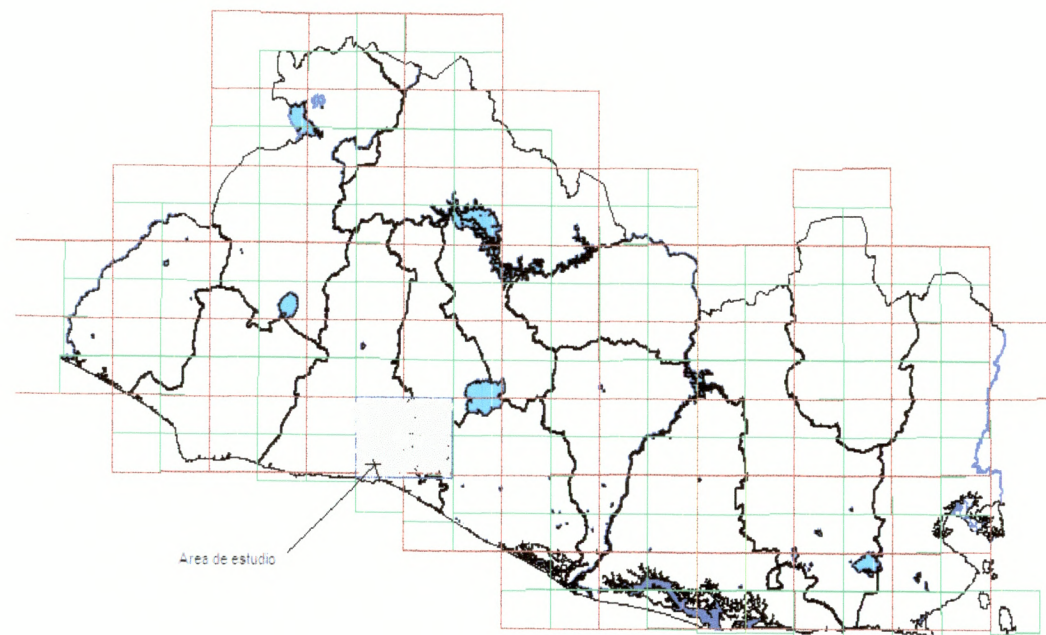
Revista prisma, <http://www.prisma.org.sv>, Marzo 2004

Escuela de Ingeniería Civil <http://www.oas.org/usd/publication/>, Marzo 2004

ANEXOS

Anexo A

UBICACIÓN DEL CUADRANTE DE ESTUDIO.



MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

Anexo B

METODOLOGÍA PARA LA CREACION DEL MAPA DE PENDIENTES.

CREACION DEL MAPA DE PENDIENTES

Para crear un mapa de pendientes en ILWIS, a partir del modelo de elevación digital, será necesaria la elaboración de la derivada de éste en la dirección “X” y en la dirección “Y”, a través de un filtro aplicado al mapa raster de elevación tal como se observa en la figura B1.

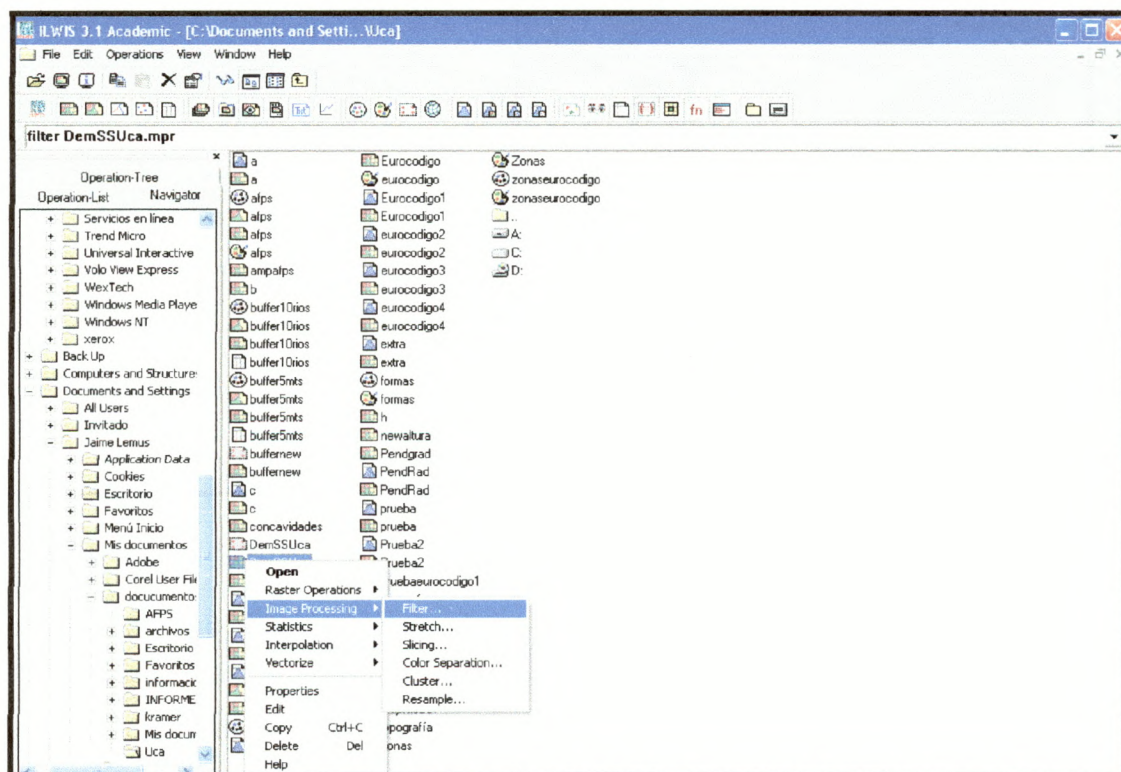


Figura B1. Ilustración de la forma de escoger un filtro dentro del programa ILWIS.

Con la selección del filtro se debe determinar el tipo deseado en este caso será lineal, dentro de estos seleccionar la derivada en X (DFDX) y repetir el proceso para la derivada en Y (DFDY), ver figura B2.

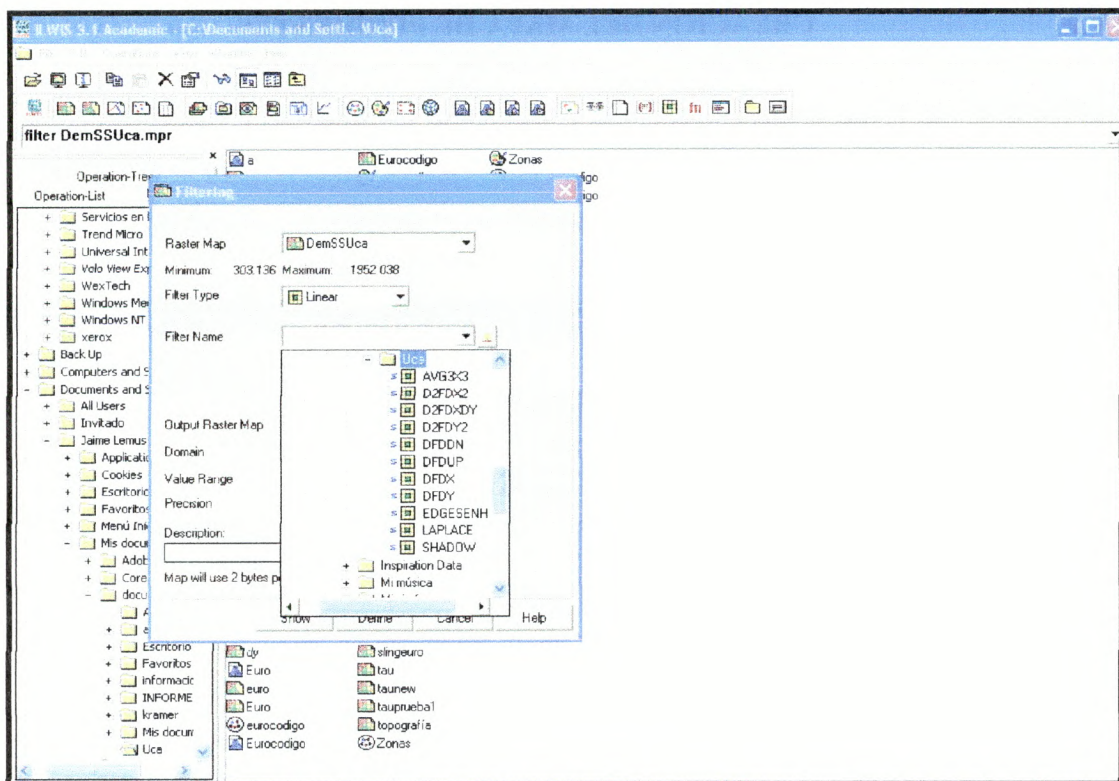


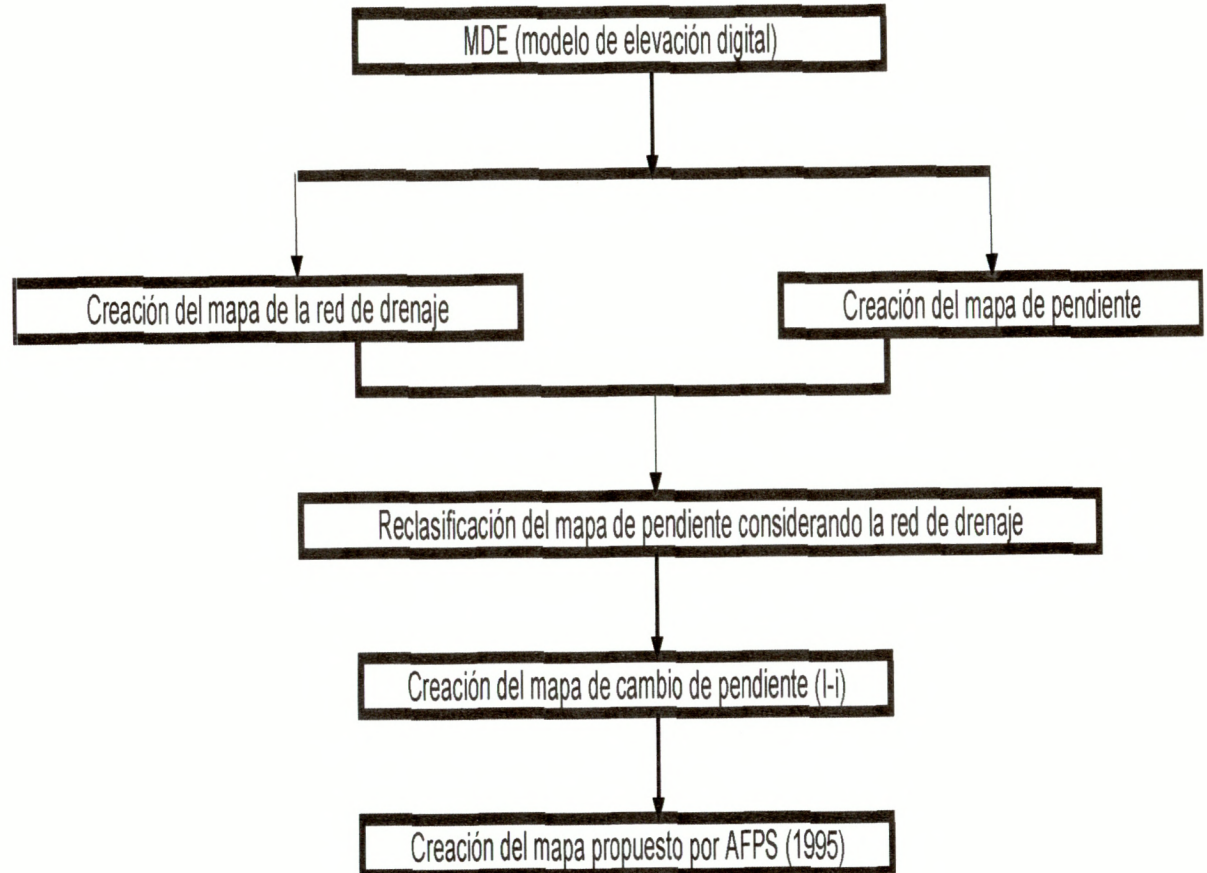
Figura B2, forma de seleccionar el tipo de filtro.

Una vez definidos estos dos mapas raster se procede a introducir en la barra de operaciones del programa la siguiente expresión: $\text{slopec} = \text{ragdeg}(\text{atan}(\frac{\text{hyp}(\text{dx}, \text{dy})}{\text{pixsize}(\text{dem})}))$. Es importante mencionar que este mapa tendrá valores de pendientes en grados si se desea tener en radianes solamente se tendrá que colocar en la barra de operaciones $\text{degrad}(\text{ragdeg}(\text{atan}(\frac{\text{hyp}(\text{dx}, \text{dy})}{\text{pixsize}(\text{dem})})))$.

Anexo C

FLUJOGRAMA DEL METODO DE LAS AFPS.

METODO PROPUESTO POR AFPS[1995]



Anexo D

CLASIFICACION DE LAS FORMAS TOPOGRAFICAS.

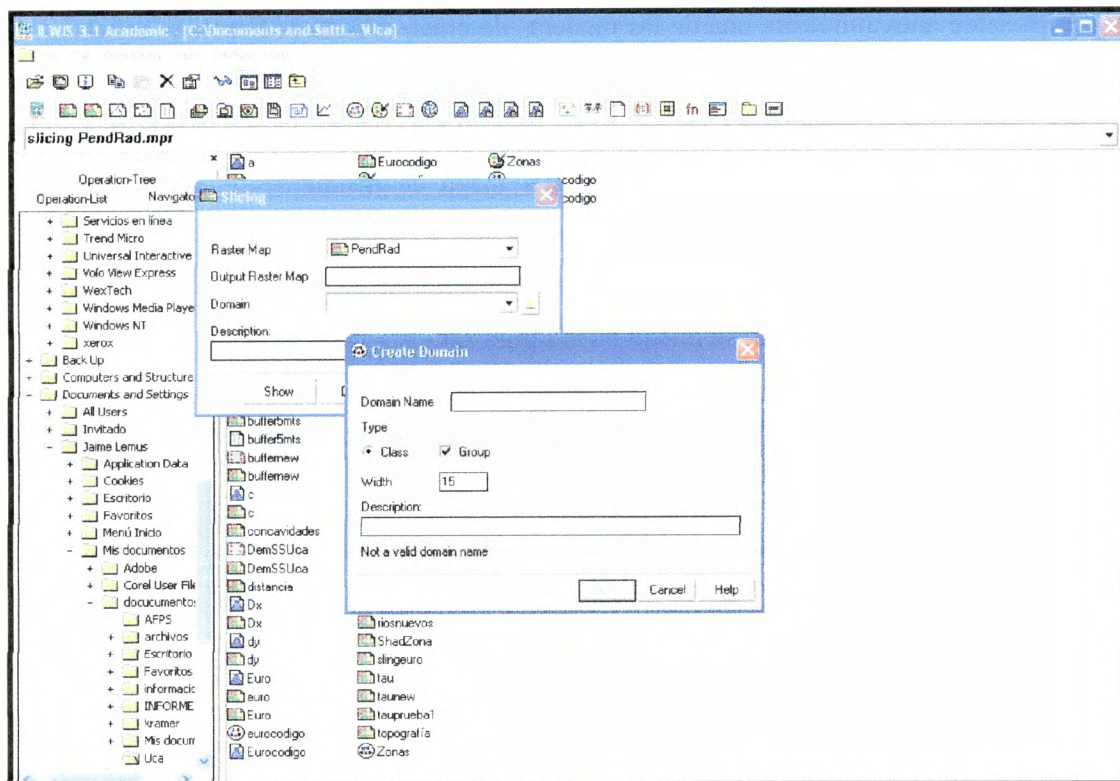


Figura D2, creación de un dominio.

El dominio tendrá que ser de grupo, para colocar los nombres y clasificaciones que se deseen, para el caso de estudio se realizaron 4 clasificaciones tal como se muestra en la figura D3.

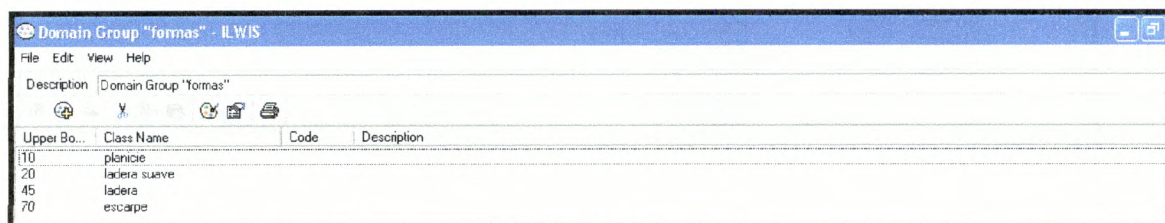


Figura D3, reclasificaciones deseadas en el mapa de pendientes.

theView = av.GetProject.FindDoc("View1")

'busca mde

theMde = theView.FindTheme("Grid1").getGrid

'toma info de mde

theCelda = theMde.GetCellSize

'mde a point

*****Temporal*****

theVTab1 = theMde.AsPointFTab("C:\proygis\Karla\thetheme1.shp".asFileName,
Prj.makenull)

*****Temporal*****

theTheme1 = FTheme.Make (theVTab1)

theFShape1 = theVTab1.FindField("Shape")

theFGridCode1 = theVTab1.FindField("Grid_Code")

theVTab1.SetEditable(true)

theField1 = Field.Make("Altura",#FIELD_DECIMAL,16,3)

theVTab1.addfields({theField1})

theFAltura1 = theVTab1.FindField("Altura")

theVTab1.Calculate("0", theFAltura1)

theVTab1.Refresh

'busca zonas.shp

theTheme2 = theView.FindTheme("formas100.shp")

theVTab2 = theTheme2.GetFtab

theFShape2 = theVTab2.findfield("Shape")

theFPend2 = theVTab2.findfield("Value")

```

theFAnalizar2 = theVTab2.findfield("First_Analizar")
'*****

'Selecciona las parcelas a analizar
theBitmap = theVTab2.GetSelection
'*****

theVTab2.Query("[First_Analizar]="+"si".quote, theBitmap, #VTAB_SELTYPE_NEW)
'*****

theVTab2.UpdateSelection

av.ClearStatus
av.ShowStopButton
ii = 0

total = theVTab2.GetSelection.Count

For each rec in theVTab2.GetSelection
    av.ShowMsg ("Working in polygon"++ii.asstring)
    progress = (ii/total) * 100
    ii = ii + 1
    doMore = av.SetStatus( progress )
    'toma la forma y la pendiente
    thePolygon = theVTab2.ReturnValue(theFShape2,rec)
    thePendiente = theVTab2.ReturnValue(theFPend2,rec)

'selecciona point
theTheme1.SelectByPolygon (thePolygon, #VTAB_SELTYPE_NEW)
theVTab1.UpdateSelection
theBitmap1 = theVTab1.GetSelection.Clone

```

```

'crea poligono y pregunta sus valores
theRect = theTheme1.GetSelectedExtent
theAncho = theRect.GetWidth
theAlto = theRect.GetHeight
theX1 = theRect.ReturnOrigin.GetX
theY1 = theRect.ReturnOrigin.GetY + theAlto

'calcula columnas y filas
theCol = (theAncho/theCelda).Round
theFil = (theAlto/theCelda).Round

'crea verticales o horizontales
'theLines = {}
if ((thePendiente = 1)or(thePendiente = 3)) Then
'crea verticales
For each i in 0..theCol
    theLine1 = Line.Make((theX1+(theCelda*i))@(theY1),(theX1+(theCelda*i))@(theY1-
theAlto)).AsPolyLine
    theLine = theLine1.ReturnBuffered (theCelda/3)

theVTab1.SetSelection(theBitmap1)
theVTab1.UpdateSelection

theTheme1.SelectByPolygon(theLine, #VTAB_SELTYPE_AND)
theVTab1.UpdateSelection
if (thePendiente = 1) Then
    theMinimo
theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,theVTab1.GetSelection.GetNextSet(-1))
For each j in theVTab1.GetSelection
    theActual = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,j)
    theVTab1.SetValue(theFAltura1,j,(theActual-theMinimo))

```

=

```

End
Else
  For each k in theVTab1.GetSelection
    'theBitmap = theVTab1.GetSelection
    'k = theBitmap.GetNextSet(-1)
    'n123 = theBitmap.Count
    theMinimo = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,k)
  End
  For each j in theVTab1.GetSelection
    theActual = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,j)
    theVTab1.SetValue(theFAltura1,j,(theActual-theMinimo))
  End
End
End
theVTab1.SetSelection(theBitmap1)
theVTab1.UpdateSelection
End
Else
  'crea horizontales
  For each i in 0..theFil
    theLine1 = Line.Make((theX1)@(theY1-(theCelda*i)),(theX1+theAncho)@(theY1-
(theCelda*i))).AsPolyLine
    theLine = theLine1.ReturnBuffered (theCelda/3)

    theVTab1.SetSelection(theBitmap1)
    theVTab1.UpdateSelection
    theTheme1.SelectByPolygon (theLine, #VTAB_SELTYPE_AND)
    theVTab1.UpdateSelection
    'msgbox.info(thevtab1.getselection.count.asstring,"")
    if (thePendiente = 2) Then
      For each k in theVTab1.GetSelection
        theMinimo = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,k)

```

```

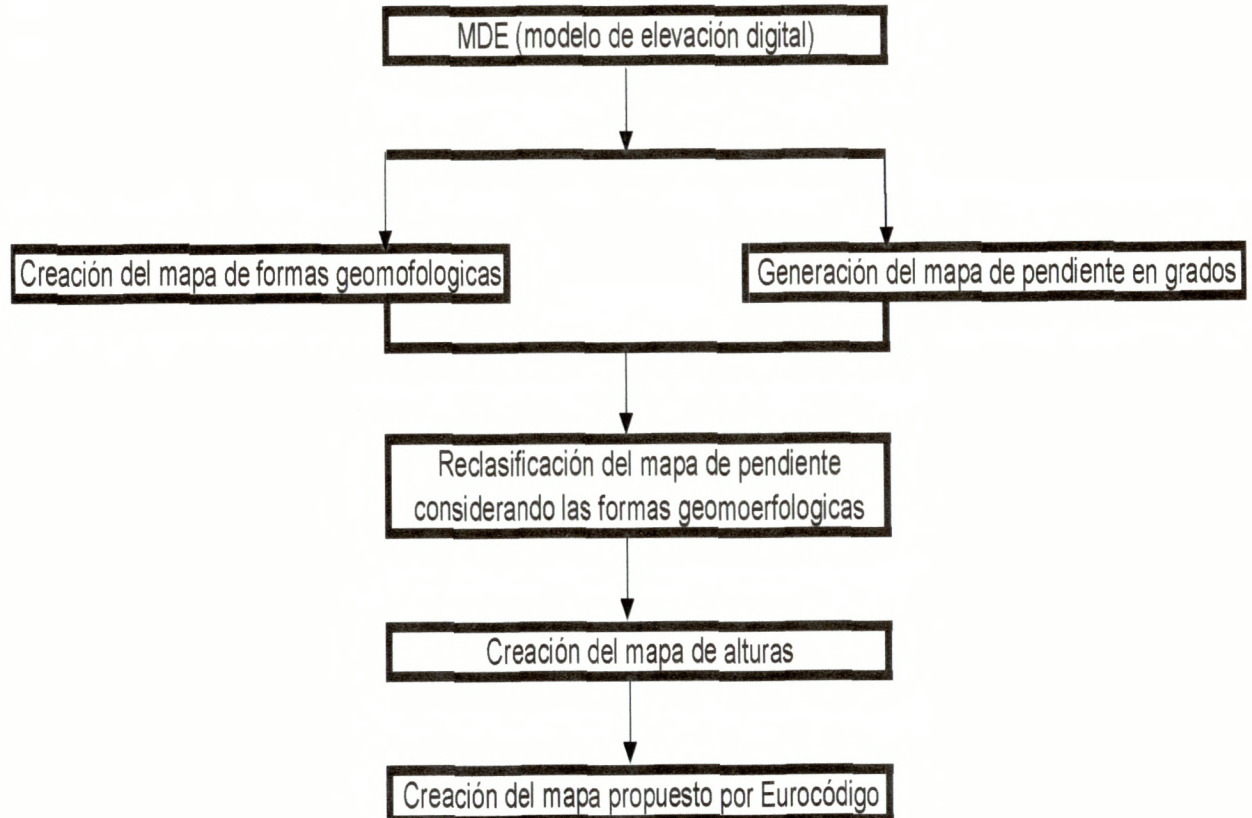
End
For each j in theVTab1.GetSelection
    theActual = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,j)
    theVTab1.SetValue(theFAltura1,j,(theActual-theMinimo))
End
Else
    theMinimo =
theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,theVTab1.GetSelection.GetNextSet(-1))
    For each j in theVTab1.GetSelection
        theActual = theVTab1.ReturnValue(theFGridCode1,j)
        theVTab1.SetValue(theFAltura1,j,(theActual-theMinimo))
    End
End
End
End
'msgbox.info("paso", "")
End
'termina la edicion del tema
theVTab1.SetEditable(FALSE)

'crea un nuevo grid de point a partir del campo newvalue
theVTab1.GetSelection.ClearAll
theVTab1.UpdateSelection

aGrid100 =
Grid.MakeFromFTab(theVTab1,Prj.MakeNull,theFAltura1,{theCelda,theMde.GetExtent})
theGTheme = GTheme.Make(aGrid100)
if (aGrid100.HasError) then
    return NIL
end
theView.AddTheme(theGTheme)

```


METODO PROPUESTO POR EUROCODIGO[1998]



Propuesta para mejorar el programa del cálculo de altura.

Si se supone que la figura G1 muestra la vista en planta de una montaña a la cual se desea calcular su altura y la figuras G2, G3 son los cortes a-a, b-b respectivamente.

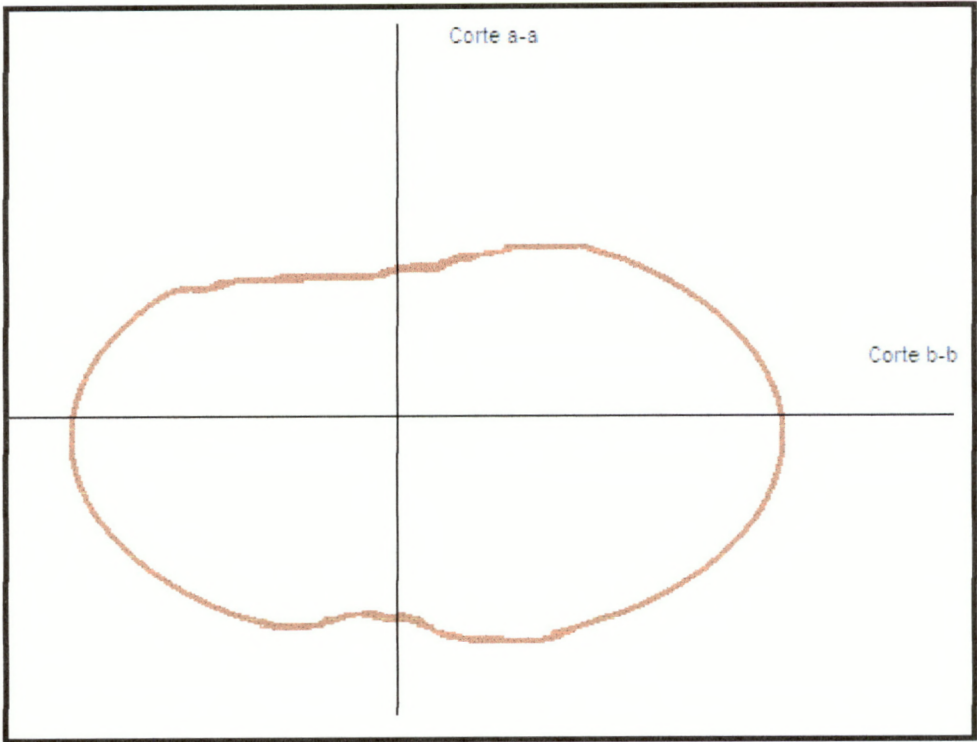


Figura G1, vista en planta de una montaña

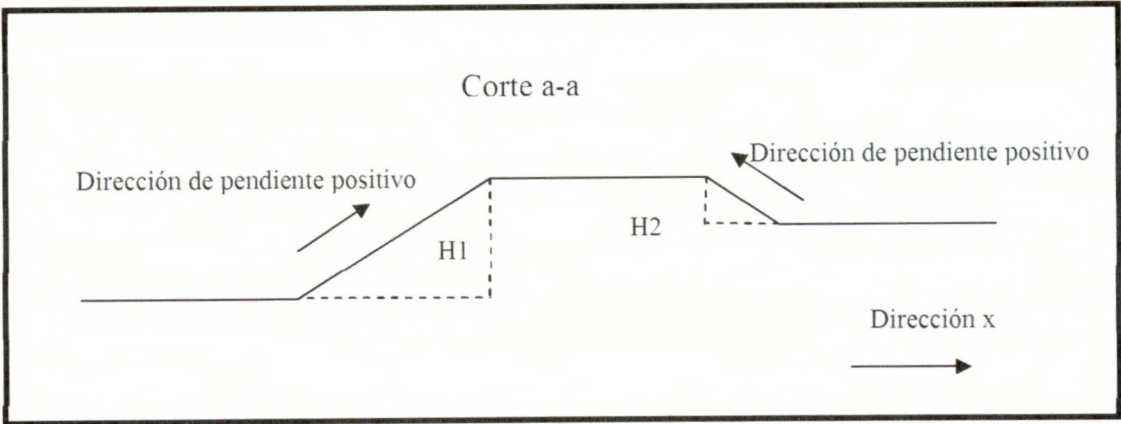


Figura G2 corte a-a del terreno

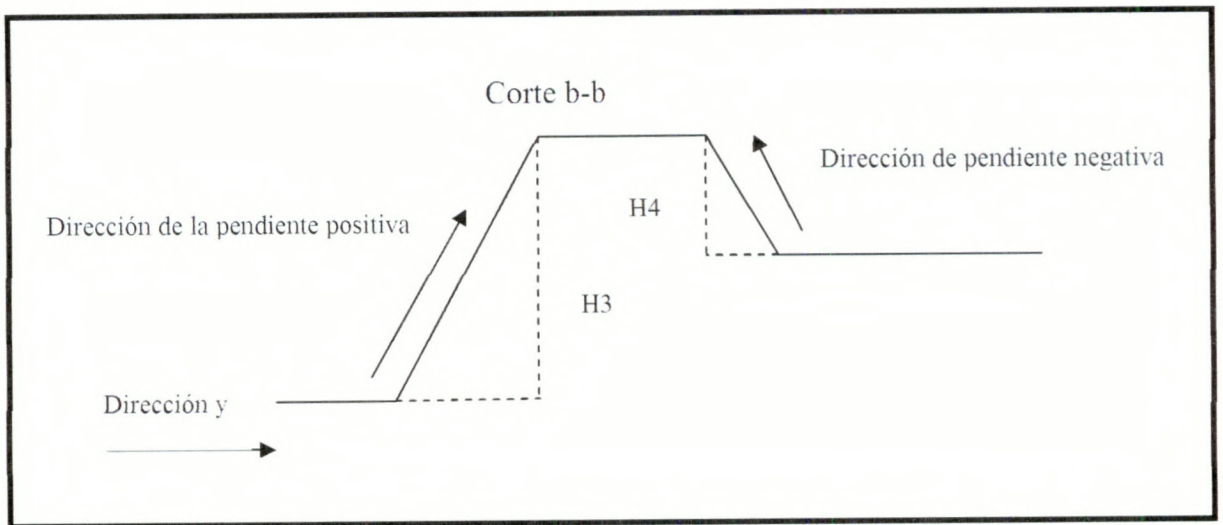


Figura G3 corte b-b del terreno

Como se puede observar de las figuras G2 y G3, existen cuatro alturas de talud que pueden ser calculadas para la forma topográfica estudiada, se necesita obtener la mayor de las cuatro por lo que se propone la siguiente suposición.

Al considerar que la figura G4 muestra una vista en planta de los píxeles en el área de estudio (cuadros sombreados), el cálculo de las alturas será obtenido como una diferencia de niveles. Así por ejemplo para la dirección “y” se obtendrán dos alturas una cuando la diferencia de elevación sea: Elevación i- Elevación j (considerando el sentido de la dirección de la pendiente positiva) y otra que es: Elevación j- Elevación i (considerando el sentido de la dirección de la pendiente negativa).

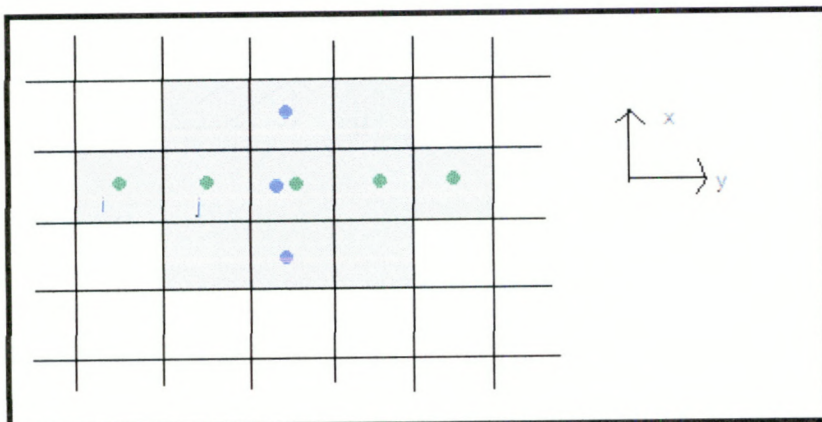


Figura G4 vista en planta de los píxeles en el área de estudio

Se procederá a efectuar el acumulado de los pequeños diferenciales de altura para obtener así la altura total, el resultado será cuatro mapas de alturas de los cuales se obtendrá un mapa que cumpla con el condicionante que para cada píxel será asignado el valor de altura mayor.

Los cuadros en blanco en la figura G4 muestran planicies, por lo que se iniciará la diferencia de elevación donde esta termine e inicie el talud.

Se recomienda usar para esta propuesta el programa Arc Info con la extensión GRID y la función *DOCELL*; ya que este paquete hace operaciones de vecindad con facilidad.