

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“GESTIÓN DE RIESGOS PARA OBRAS
GEOTÉCNICAS EN TALUDES”**

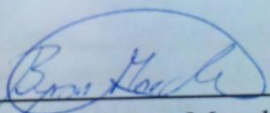
**PRESENTADO POR:
MARÍA FERNANDA OJEDA OJEDA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERA CIVIL
DICIEMBRE DE 2014
QUITO - ECUADOR**

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

Yo, Ingeniero Byron Morales, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema “GESTIÓN DE RIESGOS PARA OBRAS GEOTÉCNICAS EN TALUDES” de la estudiante María Fernanda Ojeda Ojeda, alumna de Ingeniería Civil, considero que dicho proyecto investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, Diciembre de 2014

EL DIRECTOR


Msc. Ing. Byron Morales
C.I.: 1712565900

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

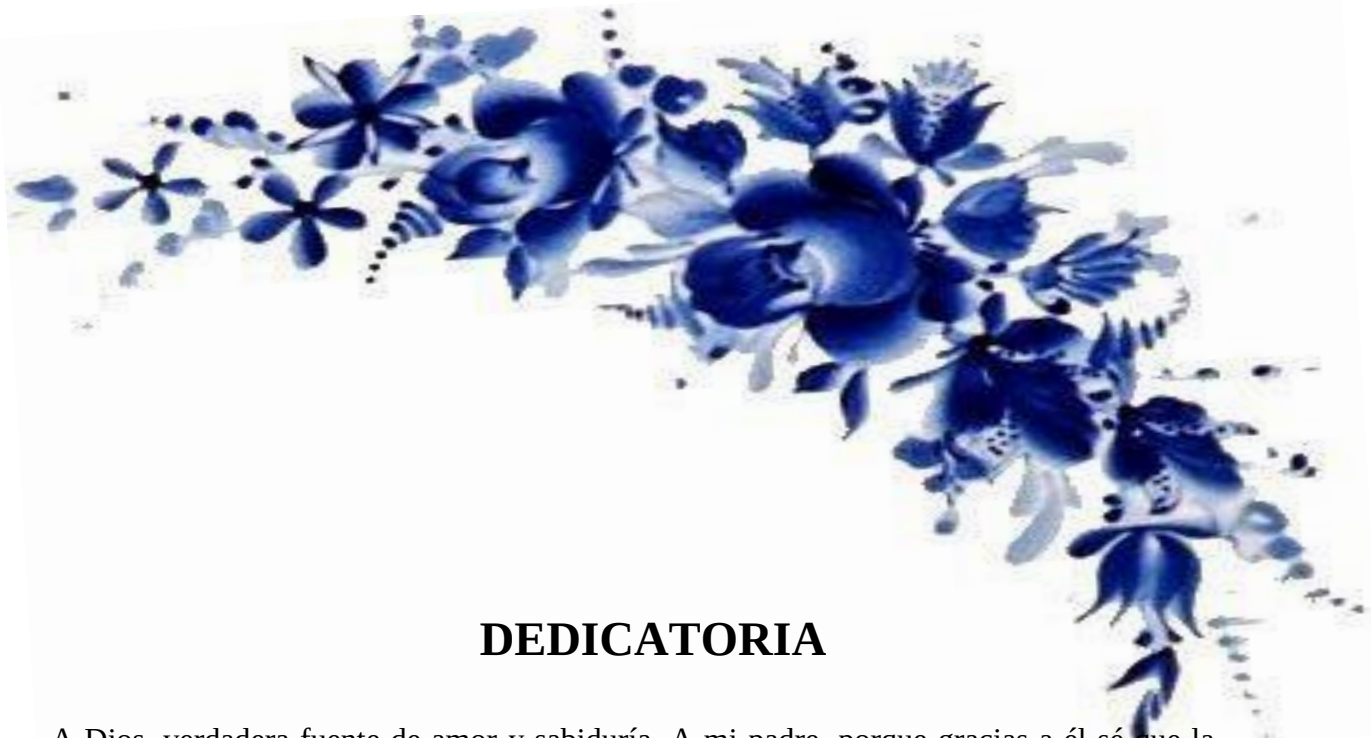
Yo, María Fernanda Ojeda Ojeda, declaro que el contenido del presente trabajo investigativo, “GESTIÓN DE RIESGOS PARA OBRAS GEOTÉCNICAS EN TALUDES” así como sus ideas y opiniones, son de exclusiva responsabilidad de su autor. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especial.

Quito, Diciembre de 2014

ALUMNA:



María Fernanda Ojeda Ojeda
C.I.: 0603118258



DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría. A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo. A mi madre, cuyo vivir me ha mostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos.

A mi hermosa hija que es el motor principal que me impulsa día con día para seguir adelante, te amo este logro es para ti.

A mi esposopor su paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios ser maravilloso que me diera fuerzas y fe para creer lo que me parecía imposible terminar. A mi familia por apoyarme con mi Hija mientras yo realizaba mi proyecto y sobre todo por estar siempre a mi lado en cada momento de mi vida. A mi esposo, su ayuda en impulsarme a terminar mi tesis.

A mis maestros en especial al Ingeniero Juan Carlos Moya por su apoyo total y su amistad, por su esfuerzo y dedicación quien con su conocimiento, su experiencia, su paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón sin importar donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL DIRECTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ANEXOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE FOTOS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 EL PROBLEMA.....	20
1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.3 JUSTIFICACIÓN	22
1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	23
1.4.1 General.....	23
1.4.2 Específicos.....	23
1.5 IDEA A DEFENDER.....	23
1.5.1 Variable dependiente.....	24
1.5.2 Variable independiente.....	24

2	GESTIÓN DE RIESGOS.....	25
2.1	Identificación de los Riesgos.....	28
2.1.1	Riesgos Naturales en Ecuador.....	28
2.1.2	Sismicidad.....	33
2.1.3	Mapa de Zonificación Sísmica y Factor de Zona Z.....	38
2.1.4	Clima de Ecuador.....	40
2.2	TALUDES.....	46
2.2.1	Definición de Talud.....	46
2.2.2	Nomenclatura de un Talud.....	48
2.2.3	Tipos de Materiales que Conforman los Taludes.....	49
2.2.4	Tipo de Movimientos en Taludes.....	51
2.2.5	Velocidad del Movimiento.....	54
2.2.6	Resistencia al Esfuerzo Cortante de los Suelos.....	55
2.2.7	ESFUERZOS TOTALES O EFECTIVOS.....	59
2.2.8	Análisis de Estabilidad de Taludes.....	61
2.2.9	Soluciones de Estabilización.....	64
2.2.10	Factor de Seguridad.....	67
2.2.11	Métodos de Estabilización de taludes.....	69
2.2.12	Análisis Retrospectivo.....	70
2.3	Deslizamientos.....	71
2.4	Métodos sugeridos para reducir el riesgo.....	76
2.4.1	Transferencias de Riesgos.....	82
2.4.2	Señales y Dispositivos para Zonas de Riesgos.....	85
2.4.3	Control de derrumbes en tiempo real e instrumentación empleada en los derrumbes.....	87
2.4.4	Tecnología satelital aplicaciones de GPS.....	88
2.5	ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA Y DESASTRE.....	93
2.5.1	Prevención ante el Desastre.....	93
2.5.2	Sistema de Alerta Temprana.....	93
2.5.3	Evaluación y Comunicación del peligro de Deslizamientos.....	95
2.5.4	Herramientas tecnológicas para la evaluación de deslizamientos de tierra: cartografía, teledetección y seguimiento.....	95
2.5.5	Respuesta ante la Emergencia.....	103
2.5.6	Rehabilitación y Reconstrucción.....	110
2.6	TIPOS DE INSTRUMENTOS	116
2.6.1	Equipos Convencionales de Topografía.....	117
2.6.2	Medidor Superficial de Inclinação.....	118
2.6.3	Medidor de Verticalidad.....	118
2.6.4	Extensómetros Horizontales.....	118
2.6.5	LOS INCLINÓMETROS.....	121
2.6.6	REFLECTOMETRÍA (TDR).....	129
2.6.7	PIEZÓMETROS.....	131
2.6.8	Sistemas de Alarma.....	134
2.6.9	Diseño del Programa de Instrumentación y Monitoreo.....	135
2.6.10	ORTOFOTOS.....	137

2.6.11	DRONES	139
2.7	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	142
3	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	143
3.1	Limitaciones	144
3.2	Delimitación	144
3.2.1	Delimitación temporal	144
3.2.2	Delimitación espacial	145
3.2.3	Recolección de información.....	145
3.2.4	Formato de evaluación de la amenaza por deslizamientos en taludes.	147
3.2.5	Interpretación de resultados.	159
3.2.6	Análisis e interpretación de resultados.....	160
4	DATOS INFORMATIVOS.....	161
4.1	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.	161
4.2	JUSTIFICACIÓN	162
4.3	OBJETIVOS.....	163
4.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	163
4.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	163
4.4	PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO	164
4.5	MONITOREO DE DESLIZAMIENTOS E INSTRUMENTACIÓN.....	165
4.6	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y MONITOREO EN TALUDES ..	166
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	177
5.1	CONCLUSIONES	177
5.2	RECOMENDACIONES	181
	BIBLIOGRAFÍA.....	183
 ANEXOS		
	ANEXO 1 REFUERZO DE TALUDES VIA COLLAS –VIA GUAYLLABAMBA ..	188
	ANEXO 2 GRANDES DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR	211
	ANEXO 3 EJEMPLOS DE ORTOFOTOS	217
	ANEXO4 CARTOGRAFIA DE LAS AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL POR CANTON EN EL ECUADOR.....	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Sismos y estado de volcanes en el año 2014.....	34
Figura 2. 2: Mapa actualizado de las estaciones de la red de sismógrafos Resiga año 2014	37
Figura 2. 3.Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z	39
Figura 2.4: Mapa de Isoyetas media anual.	43
Figura 2. 5: Mapa de red de estaciones Meteorológicas.....	44
Figura 2. 6: Predicción Meteorológica INAMHI.	45
Figura 2 7. Nomenclatura de Taludes y Laderas	48
Figura 2. 8. Tipo de Movimientos de Taludes Fuente: “Deslizamientos y estabilización de taludes en zonas tropicales”, (Días, 2002).....	53
Figura 2. 9 Disposición De La Muestra. Fuerza y Desplazamiento	56
Figura 2. 10 Recta Intrínseca.....	57
Figura 2. 11.Célula Triaxial	58
Figura 2. 12. Grafico Tipo de Ensayo	59
Figura 2. 13. Métodos De Cálculos	63
Figura 2.14: Planta geomorfológica de un deslizamiento en Comiols (Lérida). Se observa alcance de la masa deslizada, los escarpes producidos, etc.....	67
Figura 2. 15Esquema de un deslizamiento de rotación.	73

Figura 2. 16 . Esquema de un deslizamiento de traslación.....	75
Figura 2. 17: Esquema de una casa sin protección, en el trayecto de un flujo de escombros y (o) “alud de lodo”. Los métodos sugeridos para reducir el riesgo de las corrientes de escombros se muestran en la figura 2.16.	77
Figura 2.18: Ejemplo esquemático de una casa dotada de estructuras de protección. Muestra la construcción de muros y cercas de deflexión de escombros. Debido a la fuerza extrema del impacto asociado con algunas corrientes de escombros, estas y otras estructuras deben diseñarse y construirse cuidadosamente.	77
Figura 2. 19: Esquema de materiales típicos, que se consiguen en muchas regiones del mundo, para ayudar a reducir los daños causados por las inundaciones / corrientes de escombros fuertes.	78
Figura 2. 20: Los sacos de arena sirven básicamente para proteger contra corrientes bajas de hasta 0,6 metros (2 pies). Para proteger de corrientes más altas se necesita una estructura de tipo más permanente. Cabe señalar que los sacos de arena no impermeabilizan para impedir la entrada del agua.	78
Figura 2. 21: Esquema típico para la colocación de sacos de arena para la protección de las casas (la distribución y la orientación pueden variar según las situaciones individuales). .	79
Figura 2. 22: Los sacos de arena para ayudar a desviar los escombros de los edificios.	79
Figura 2. 23: Protección típica de ventanas y puertas usando madera desmontable	79
Figura 2. 24: Clavado de madera contrachapada o madera para la protección de ventanas y puertas. Límite de 1/2 estaca a deflector de escombros de 3 pies de alto - tierra compactada para ofrecer más resistencia.....	80
Figura 2. 25: Deflector de madera, que es más permanente que los sacos de arena.	80
Figura 2. 26: Primer plano esquemático de técnica de instalación de un deflector de madera.	80

Figura 2. 27: Una alternativa de los deflectores de la madera – secciones de poste de teléfono o durmientes de ferrocarril.	81
Figura 2. 28: Barrera de camino de entrada desmontable. Los postes de metal se pueden quitar y poner, según sea necesario, ya que entran flojos en cubiertas de concreto en el suelo.....	81
Figura 2. 29: Zona de caída de Ceniza SGR1 v1 Zona de Flujos de Lodo SGR1 v2...	86
Figura 2. 30: Zona de Flujos Piroclásticos SGR1 v3 Zona de flujos de LavaSGR1 v4...	86
Figura 2. 31:Zona de amenaza de TsunamiSGR1 t1 Zona de amenaza de DerrumbeSGR1 d1	86
Figura 2. 32: Zona de amenaza de DeslizamientoSGR1d2 Zona de amenaza de InundaciónSGR1 i1	86
Figura 2. 33: Zona de amenaza de IncendioForestalSGR1 f1	87
Figura 2. 34: Aplicación GPS para celulares.....	92
Figura 2. 35 : Sistema de Alerta Temprana.....	94
Figura 2. 36: Ejemplo de un mapa de inventario de deslizamientos que muestrelas localizaciones de los deslizamientos del pasado con información topográfica que consiste en la elevación (en metros) y los cursos de drenaje (Mapa del Servicio Geológico de los Estados Unidos).....	98
Figura 2. 37 : Un ejemplo de un mapa de susceptibilidad a deslizamientos. Este mapa muestra una zona en Canadá, el valle del río Mackenzie, Territorios del Noroeste. Gráfico por Rojean Costure, Servicio Geológico de Canadá.	99
Figura 2. 38:Parte del mapa de riesgo de deslizamientos superficiales que muestra parte de la zona Magnolia de la ciudad de Seattle, Estado de Washington, Estados Unidos, en km2.	100
Figura 2. 39:Una imagen de Lidar oblicua de los deslizamientos de tierra de La Conchita, California, EE.UU., realizada en 2005. Se muestran los contornos de deslizamientos de	

tierras de 1995 (azul) y 2005 (amarillo); las flechas muestran ejemplos de otros deslizamientos de tierra en la zona; la línea roja esboza el escarpe principal de un antiguo derrumbe que afectó el acantilado entero. (Servicio Geológico de los Estados Unidos)..	102
Figura 2. 40: Vigilancia del deslizamiento de Cucaracha en el Canal de Panamá con mediciones electro-ópticas (Reyes, 1996).....	117
Figura 2. 41 : Medidor de verticalidad	118
Figura 2. 42:Diagrama de instalación de un extensómetro horizontal.	119
Figura 2. 43: Equipo sencillo, en madera, para medir los desplazamientos (Japan Landslide Society National Conference of Landslide Control, 1996)	119
Figura 2. 44: Medidor de tira metálica (Dumnicliff, J., 1988).	120
Figura 2.45: Medidor de grilla graduada.	120
Figura 2. 46: Monitoreo de deslizamientos utilizando Inclínómetros y piezómetros (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002).	121
Figura 2. 47: Esquema de un Inclínómetro (Hanna, T.H., 1985).....	121
Figura 2. 48: Sistema del Inclínómetro (Cornforth, D. H., 2005).	122
Figura 2. 49:Detalles de la tubería del Inclínómetro (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002). (Cornforth, D. H., 2005).....	122
Figura 2. 50:Localización de un Inclínómetro en relación con la superficie de (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002)	123
Figura 2. 51:Esquema del desplazamiento de un Inclínómetros Adaptado de (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002).	124
Figura 2. 52: Ejemplo de datos del Inclínómetro (Cornforth, D. H., 2005).	125
Figura 2. 53: Designaciones de las ranuras y vectores del movimiento (Cornforth, D. H., 2005).....	126
Figura 2. 54: Ejemplo de datos de Inclínómetro (Cornforth, D. H., 2005)	128

Figura 2. 55: Ejemplo de la colocación de Inclínómetros para determinar la localización de la superficie de falla en los puntos de difícil acceso (Cornforth, D. H., 2005)	129
Figura 2. 56:Esquema del sistema TDR (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002)	130
Figura 2. 57:Esquema de cable coaxial del sistema TDR.	130
Figura 2. 58: Piezómetros sencillos de cabeza abierta	132
Figura 2. 59:Piezómetros de cabeza abierta (Cornforth, D. H., 2005)	133
Figura 2. 60: Representación esquemática de un sistema de alarma (Clark A.R., Moore R., Palmer J.S , 1996).....	134
Figura 2. 61:Distribución de los Inclínómetros, postes de medición y sondeos con piezómetros en el deslizamiento.....	136
Figura 2. 62: Ortofoto disponible por cantones (IGM, 2014)	137
Figura 2. 63: Ortofoto disponible por procesos realizados (IGM, 2014)	138
Figura 3. 1: Incidencia de fenómenos naturales que causan mayores deslizamientos en Ecuador.....	159

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 2 1: Evidencia de la inundación del 5 de marzo de 1987. En la orilla norte del río Aguarico cerca del pueblo de Lumbaqui. La inundación ha removido la mayoría de la cobertura vegetal en las terrazas bajas como se muestre al frente de la foto.	29
Foto 2 2: La Josefina en la actualidad después de más de 20 años.	30
Foto 2. 3: Ejemplo de Inundación zona Costera.....	32
Foto 2. 4: Erupción Volcánica en el Ecuador.....	32
Foto 2. 5: Sector Cumbaya 12 de agosto, un sismo de 5.1 grados en la escala de Richter se dio en Quito. Fuente: Medios de Comunicación.	35
Foto 2. 6: En 1970 un terremoto de 7.1 grados en Bahía de Caráquez destruyó gran parte de esta ciudad.....	36
Foto 2. 7: Deslizamiento de talud de forma natural.	46
Foto 2. 8: Vista del talud que forma parte de un terraplén.....	47
Foto 2. 9: Vista movimiento de rocas.....	49
Foto 2. 10.Talud con diferente tipo de material	50
Foto 2. 11: Terraplén en suelo blando.....	51
Foto 2. 12: Ejemplo de desprendimiento.....	53
Foto 2. 13. Reptación natural de taludes en “los Destrozos” (Málaga).....	53
Foto 2. 14: Sistemas de drenaje para evacuar el agua de escorrentía y la existente en la capa freática. Se realizan zanjas de recogida de agua en coronación de talud y en su pie y pozos profundos con conexión horizontal entre ellos en profundidad para aumentar la eficacia del drenaje.	65

Foto 2.15: Construcción de elementos resistentes de contención, en superficie, mediante muros de gravedad o elementos por bataches que van anclados al terreno para resistir los esfuerzos transmitidos por los empujes.	65
Foto 2. 16.: Ejecución de elementos profundos mediante pantallas o cortinas de pilotes, rectangulares o circulares (pasadores), que tienen la misión de estabilizar el talud alcanzando y atravesando las posibles superficies de rotura, evitando el deslizamiento de la masa de terreno. Estos elementos pueden ir arriostrados en cabeza mediante anclajes perforados en el terreno colaborando para resistir los empujes sobre la cortina de pilotes. 66	
Foto 2. 17: Realización de barreras de micropilotes o columnas de jet grouting para coser y rigidizar la masa de suelo inestable, atravesando las superficies de rotura, para mejorar la estabilidad general del talud.	66
Foto 2. 18 Fotografía de un deslizamiento de tierra de rotación que se produjo en Nueva Zelanda. La curva verde en el centro izquierda se encuentra la rampa (la zona donde el terreno ha fallado). El suelo en la parte inferior derecha (en la sombra) es el pie del deslizamiento de tierra (línea roja).	73
Foto 2. 19 Un deslizamiento de traslación que se produjo en 2001 en el Valle del Río Beatton, Columbia Británica, (Fotografía de Réjean Couture).	76
Foto 2.20.Señal de zona de derrumbes. Tramo Colibrí –Pifo	85
Foto 2. 21.Medición del movimiento de los deslizamientos utilizando un extensómetro, un instrumento que puede detectar el movimiento de la superficie del suelo entre el suelo estable y el deslizamiento de tierra.(Fotografía de Richard Lausín, Servicio Geológico de los Estados Unidos.)	88
Foto 2. 22 Prueba de un sistema de monitoreo accionado por energía solar para la transmisión a distancia de datos sobre deslizamientos de tierra en tiempo real. (Fotografía de Mark Reid, Servicio Geológico de los Estados Unidos).	88
Foto 2. 23: Navegador Satelital (GPS)	89

Foto 2. 24: Cartografía GIS para navegadores satelitales, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería.	90
Foto 2. 25: Rastreo satelital GIS, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería.	91
Foto 2. 26: Rastreo satelital GIS provincia de Pichincha, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería	91
Foto 2.27: Rastreo satelital GIS desde Chillogallo hacia la Universidad Internacional del Ecuador UIDE, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería	92
Foto 2. 28 : Nube de puntos y topografía LIDAR	103
Foto 2. 29: Información a la comunidad por parte de las autoridades.....	105
Foto 2. 30 : Drone parte frontal	139
Foto 2. 31 :Partes de un Drone	140
Foto 2. 32 : Un AR.Drone con el casco para interiores siendo pilotado por un niño con un iPhone, el control de este drone civil se encuentra totalmente asistido por el ordenador de a bordo.....	142
Foto 3. 1: Deslizamiento en el tramo Cochasquí fuente propia.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. ÁMBITOS Y CONTENIDOS DE LA GESTIÓN DE RIESGOS.....	26
Tabla 2 2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA GESTIÓN DE RIESGOS	27
Tabla2 3.VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA ADOPTADA. (NEC-11, 2011)	38
Tabla 2. 4. Red de Estaciones Meteorológicas. (INAMHI, 2013)	42
Tabla2 5. CLASIFICACIÓN TIPOS DE MOVIENTOS EN TALUDES. (Fuente Propia)52	
Tabla2 6 . ESCALA DE VELOCIDADES DE MOVIMIENTOS PROPUESTAS POR EL (Board, 2013).....	54
Tabla 2 7. METODOS DE ESTABILIZACIÓN PARA SUELO Y ROCA. Fuente propia64	
Tabla2 8. RANGOS DE FACTOR DE SEGURIDAD Y CRITERIOS DE VULNERABILIDAD (Días, 2002).....	69
Tabla 2. 9 PREVENCIÓN Y VULNERABILIDAD (Ingeniería, 2006)	93
Tabla 2. 10 SISTEMA DE ALERTA (INAMHI, 2013)	94
Tabla 2. 11 CONTROL. (Ingeniería, 2006)	110
Tabla 2.12 CONFORMACIÓN DEL TALUD O LADERA. (Ingeniería, 2006)	111
Tabla 2. 13 RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE (Ingeniería, 2006)	112
Tabla 2. 14 CONTROL DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA. (Ingeniería, 2006).....	113
Tabla 2. 15.ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. (Ingeniería, 2006)	114
Tabla 2. 16.MEJORAMIENTO DEL SUELO (Ingeniería, 2006)	115
Tabla 2. 17 FACTOR DE SEGURIDAD DE RIESGOS. (Ingeniería, 2006).....	116
Tabla 3. 1 INVESTIGACIONES IN SITU (Angelone, 2010).....	146
Tabla 4. 1: PRESUPUESTO GENERAL.....	175

CAPÍTULO I: ANTEPROYECTO

1 INTRODUCCIÓN

El propósito principal de la investigación es el de proporcionar la información indispensable sobre técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes que podrían ser aplicables en nuestro país.

Este manual pretende ser un recurso para que las personas afectadas por deslizamientos de tierra adquieran nuevos conocimientos, especialmente sobre las condiciones que son únicas a sus vecindarios y comunidades.

Existen extensa literatura e investigaciones disponibles sobre deslizamientos de tierra, pero por desgracia muy poco de este material se ha sintetizado e integrado para abordar las condiciones geológicas y climatológicas que son únicas a cada región desde el punto de vista geográfico y sobre todo una gestión de riesgo.

Los deslizamientos de tierra ocurren en todo el mundo, en todas las condiciones climáticas y en todo tipo de terrenos, produciendo miles de millones de pérdidas monetarias, y causando miles de muertos y heridos cada año.

A menudo causan perturbaciones económicas en largo plazo, desplazamiento de la población y efectos negativos sobre el medio ambiente.

El aumento de la población puede estar limitado en su expansión geográfica, salvo cuando ocupa zonas inestables, empinadas y remotas. A menudo la estabilización de las zonas con huellas de deslizamientos es demasiado costosa y algunos habitantes no tienen otro lugar para reasentarse. Afortunadamente, se pueden adoptar precauciones y medidas simples, “de baja tecnología”, al menos para garantizar la seguridad inmediata de la población.

Esta investigación ofrece una breve explicación de muchas de estas opciones. Sugerimos recurrir, siempre que sea posible, a la asistencia de ingenieros o geólogos profesionales o personas con experiencia en la mitigación de laderas inestables antes de actuar.

Mediante esta información se presta ayuda a los propietarios de viviendas, a la comunidad, a las autoridades encargadas del manejo de emergencias y a los responsables políticos a tomar medidas positivas para crear conciencia acerca de las opciones disponibles y el recurso en lo que respecta a los riesgos de deslizamientos.

En consecuencia a lo anunciado, el trabajo de investigación se ha conformado de la siguiente manera:

Capítulo I.- Plantea el problema, antecedentes del problema planteado partiendo de los riesgos naturales existentes en nuestro país, proponiendo objetivos para el desarrollo de la presente investigación, formulando hipótesis y sus respectivas variables a ejecutar.

Capítulo II.- Se recopila la información técnica referente al tema de la investigación, conceptos, leyes vigentes en nuestro medio y esquemas de gestión aplicados en otros países del mundo, de la región y del país.

Capítulo III.- Metodología, se presenta la modalidad básica, el nivel y el tipo de investigación que se desarrolló, permitiendo responder a las preguntas ¿Qué medidas de prevención pueden reducir los deslizamientos?, ¿Cómo los fenómenos naturales vienen causando estragos en los taludes? ¿Para qué se debe aplicar la gestión de riesgos en los taludes?

Capítulo IV.- Se desarrolla la propuesta de un modelo de instrumentación y monitoreo con el fin de adoptar la técnica más adecuada y el costo aproximado de su implementación.

Capítulo V.- Se incluyen las conclusiones a las que llevó la misma y las recomendaciones que arrojan de la investigación.

1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador, la problemática por deslizamientos se ve incrementada en la época lluviosa con los períodos de lluvia prolongados y aún más por los sismos que frecuentemente afectan el territorio nacional, dejando grandes pérdidas humanas, materiales y económicas. En nuestro país se han reportado importantes deslizamientos, inducidos ya sea por movimientos sísmicos como por precipitaciones excesivas, lo que provoca la desestabilización del suelo en los taludes y causa severos daños.

Todo esto ha motivado a diversas personas e instituciones a buscar alternativas que permitan prevenir o reducir los daños que los deslizamientos producen.

Entidades públicas y privadas han implementado diversas técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes, tanto estructurales como no estructurales, según las características particulares que éstos posean.

Así mismo, también se han hecho uso de diferentes técnicas de mitigación en proyectos urbanísticos para la protección de los mismos, tal es el caso del talud ubicado en la vía Cochasquí k 029 norte del país, el cual fue estabilizado.

1.2 EL PROBLEMA

Actualmente en nuestras vías sobre todo los deslizamientos han ocasionan grandes pérdidas humanas, materiales y económicas que se relacionan directamente con el acelerado crecimiento poblacional y sus necesidades, las características del relieve ecuatoriano y de la ubicación de las ciudades importantes. Muchas comunidades, residenciales han sido desarrolladas muy próximas a taludes existentes o conformados para su urbanización; así también la construcción de carreteras ha conllevado una considerable cantidad de cortes que requieren obras de protección en diferentes materiales que, en el presente, no se han realizado en todos los casos.

La combinación de los factores anteriores convierte a los deslizamientos en un problema complejo, que además se ve influenciado por otros elementos tales como la geometría de los taludes, la geología de los materiales por los que están conformados, la intensidad de las precipitaciones, la sismicidad, etc.

Frecuentemente, los deslizamientos que se producen en los taludes cierran el paso vehicular impidiendo la salida y entrada de vehículos a las distintas comunidades, llevando serios problemas de comunicación a las mismas, dañando la infraestructura vial existente afectando la economía de los usuarios y la comunicación de una población con otra, sin mencionar el hecho de que se requiere una mayor inversión para su rehabilitación. Habitualmente, las personas afectadas solicitan a la municipalidad, al Ministerio de Obras Públicas o a cualquier organización no gubernamental, ayuda para construir obras que contrarresten el problema; mientras que otras personas y algunas alcaldías que tienen la posibilidad económica costean por su cuenta la construcción de muros u otras obras de mitigación; sin embargo, éstas muchas veces son realizadas únicamente en base a la experiencia de quienes la construyen, lo que las hace poco funcionales y de corta vida útil y estos incidentes podrían convertirse en riesgo por su posible colapso.

Por otra parte, los costos de ejecución que la mayoría de personas no pueden pagar; por ello es común ver taludes cubiertos con plásticos tratando de evitar la saturación de los suelos que los conforman, como una solución inmediata, que no siempre funciona. Todo esto hace que miles de personas se sigan viendo afectadas año con año como consecuencia de los deslizamientos en taludes, principalmente personas de escasos recursos económicos.

1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En toda obra civil sea cual sea que requiera una superficie plana en una zona de pendiente, o alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie, precisan la excavación de taludes.

En nuestro país existen varios problemas con respecto a taludes, que se los ha tratado independientemente de acuerdo con los problemas que se han ido presentando en las carreteras del país, las causas principales son el escaso mantenimiento, la mala utilización del suelos sobre los taludes tanto para el uso de siembra como para asentamientos poblacionales que no tienen o implementan sistemas adecuados de evacuación de aguas, las cunetas de coronación en mal estado por falta de mantenimiento o por un mal proceso constructivo.

Los taludes se construyen con la pendiente más elevada que permite la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad. El diseño de taludes es uno de los aspectos más importantes de la ingeniería geotécnica, pues está presente en la mayoría de las actividades constructivas.

En general, los taludes en ingeniería civil alcanzan alturas máximas de 50 a 60 m y se proyectan para ser estables a largo plazo, precisando medidas de estabilización complementarias cuando no sea posible realizar las excavaciones con las alturas y ángulos requeridos, por motivos económicos o de otro tipo.

Las carreteras del Ecuador generalmente sufren continuas interrupciones de tráfico debido a los deslizamientos de laderas y taludes, sea por un defectuoso diseño de los mismos o por un inadecuado y oportuno mantenimiento. Este problema se agrava en zonas del subtrópico donde las condiciones climáticas son rigurosas y las características de los suelos poco favorables a su estabilidad. Este fenómeno obliga a la necesidad de realizar costosas reconstrucciones luego de haber sufrido numerosas y periódicas interrupciones de tráfico, accidentes graves y el consecuente incremento económico en la operación vehicular.

El motivo del estudio que voy a realizar es por la escasa información que hay acerca de la gestión de riesgo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Siendo la inestabilidad de taludes muy frecuentes y conscientes que nuestro país no cuenta con una buena gestión de riesgos en algunos campos de la construcción y aún más en la rama que estoy analizando por tal motivo nos lleva a la gran cantidad de pérdidas (tanto humanas como materiales) que se han dado en el pasado y que se hicieron más notables a raíz de los recientes fenómenos climáticos muy agresivos y sismos que desencadenaron múltiples deslizamientos a lo largo del territorio nacional, se hace necesario contar con los criterios adecuados para la óptima implementación, tanto económica como funcional, es necesario hacer un estudio de gestión de riesgos en taludes. La optimización de estas técnicas permitirá un mayor desarrollo a un menor costo, y las secuelas por deslizamientos se verán reducidas en la red vial y en proyectos urbanísticos, lo que traerá consigo un mayor bienestar para las personas.

Lo anterior sólo se puede llevar a cabo si se cuenta con la información precisa que permita identificar las soluciones más adecuadas y viables a cada problema en particular y que establezca los pasos a seguir para implementarlas, lo cual constituye el fin de este proyecto.

Además de tener muy buena información de cómo llevar a cabo un proyecto haciendo uso de una buena gestión de riesgos.

No es una buena práctica de ingeniería el tratar de eludir los problemas antes de intentar resolverlos. La presencia de deslizamientos de gran magnitud difíciles de estabilizar es un argumento de gran peso para sustentar un proceso de elusión. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones estos deslizamientos son movimientos antiguos, los cuales han sido disfrazados por procesos nuevos de meteorización, erosión, por vegetación o actividades humanas. La no detección de estos grandes deslizamientos en la fase de planeación puede acarrear costos muy altos en el momento de la construcción. En el caso de talud o coluviones producto de antiguos movimientos, cualquier corte o cambio de las condiciones de precaria estabilidad pueden generar nuevos movimientos. Al reconocer y cuantificar un deslizamiento puede resultar más ventajoso para el proyecto, el modificarlo para evitar la zona problema.

1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.4.1 General

Describir los riesgos para obras geotécnicas en taludes que se presentan en las diferentes infraestructuras de obras civiles.

1.4.2 Específicos

- Identificar los potenciales riesgos en la estabilidad de taludes.
- Describir las causas que generan los deslizamientos en taludes.
- Elaborar una herramienta sencilla que sirva de guía para evitar y/o prevenir los riesgos que producen en condiciones iniciales y modificadas en los taludes de diferentes obras civiles.

1.5 IDEA A DEFENDER.

El proyecto tiene como finalidad recolectar la información necesaria que permita identificar la Gestión de Riesgo para Obras Geotécnicas en Taludes.

Así mismo, este trabajo está enfocado a la investigación precisa y detallada de las principales medidas de mitigación ante deslizamientos en taludes, conformados principalmente en zonas donde hay asentamientos humanos.

Este trabajo no está enfocado a medidas de mitigación en taludes conformados en las cercanías de quebradas y ríos, ni a los deslizamientos que ocurren en laderas, debido a que éstos necesitan de estudios más extensos.

Para la selección adecuada de las técnicas de mitigación en cada caso particular de talud, se escribirán las diversas técnicas de estabilización y protección de taludes existentes que han sido implementadas hasta la actualidad, su funcionalidad y su campo de aplicación en nuestro país, así como también aquellas que se utilizan en otros países para luego evaluar la viabilidad de su aplicación en nuestra realidad económica.

1.5.1 Variable dependiente.

- Evitar pérdidas humanas y materiales.
- Disminución de accidentes que provoca los deslizamientos constantes en esta zona del país.

1.5.2 Variable independiente

- Estabilización de los taludes.

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

2 GESTIÓN DE RIESGOS

La evaluación del riesgo requiere de un conocimiento detallado de los procesos o el proceso natural que interviene:

(Bonachea, 2006). Incluye los elementos expuestos y determinar con anterioridad su vulnerabilidad y considerar igualmente los daños directos e indirectos. El autor concluye que debido a la dificultad de obtener datos sobre algunos de los factores antes mencionados la cartografía de riesgos no ha presentado un gran avance.

(Brabb, 1984), define el riesgo por deslizamientos como “el número de muertes, personas heridas, daños a la propiedad o interrupciones en la actividad económica” y aconseja que un mapa de riesgos de este tipo deba mostrar el área o población expuesta, la vulnerabilidad a los deslizamientos de los elementos expuestos y la población y las consecuencias en personas y estructuras.

(Bonnardet, 2004), analiza el riesgo a partir de una serie de escenarios en los cuales se tiene en cuenta la frecuencia de deslizamientos, la intensidad del proceso involucrado.

Hoy en día el concepto de “gestión” o “manejo del riesgo”, puede definirse como: la aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a eliminar, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios, y el ambiente, o bien como el conjunto de acciones integradas de reducción de riesgos a través de actividades de prevención, mitigación, preparación y atención de emergencias y recuperación post-impacto.

A pesar de que la terminología para la gestión del riesgo continúa evolucionando, su objetivo último es siempre el mismo: Evitar o reducir los efectos dañinos de las amenazas naturales (tales como pérdida de vidas y propiedades, pérdidas económicas, efectos en la economía y en los procesos de desarrollo, etc.) y aumentar la seguridad de las personas, bienes y propiedades, colaborando así al desarrollo sostenible a través del equilibrio entre el medio natural y el medio antrópico.

Bajo un punto de vista global, la gestión del riesgo incluye dos diferentes ámbitos de consideración cada uno con sus diferentes áreas de intervención, las cuales se resumen en las tablas 2.1 y 2.2:

TABLA 2. 1. ÁMBITOS Y CONTENIDOS DE LA GESTIÓN DE RIESGOS.(SNET, 2002)

FASES	OBJETIVO	CONTENIDO
PREVENCIÓN Y MITIGACION DE RIESGOS	Mitigación y prevención de los riesgos	Estudio y evaluación de las amenazas naturales, de la vulnerabilidad y de las condiciones de riesgo.
		Identificación de escenarios de riesgo o desastre potencial
		Definición y diseño de las actuaciones y medidas preventivas y mitigadoras a corto, medio y largo plazo
		Incorporación de las medidas a los planes de ordenamiento y desarrollo a nivel territorial nacional y local, y a nivel sectorial.
	Capacitación Técnica	Capacitación técnica del personal.
	Educación en la “cultura del riesgo” y en la prevención	Desarrollo de programas de información pública y educación ciudadana.
		Inclusión en los planes de estudios universitarios
ATENCION A LA EMERGENCIA Y AL DESASTRE	Preparación ante el desastre	Fortalecimiento de la preparación, capacidad de acción, organización institucional y colaboración interinstitucional.
	Respuesta en emergencias	Elaboración de metodologías y manuales para el desarrollo de planes de emergencia y contingencia para escenarios tengan en cuenta las características físicas, económicas y sociales de cada región.
		Fortalecer los organismos operativos nacionales y locales.
	Reconstrucción y rehabilitación	Fortalecer la capacidad técnica, administrativa y financiera para agilizar los procesos de reconstrucción y recuperación.
		Coordinación interinstitucional que evite la repetición o duplicidad de funciones y aumente la operatividad.

TABLA 2 2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA GESTIÓN DE RIESGOS(SNET, 2002)

PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS			ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA Y DESASTRE		
Identificación de riesgos.	Mitigación y Prevención	Transferencia de Riesgos	Preparación ante el desastre	Respuesta ante Emergencia	Rehabilitación y Reconstrucción
1. Evaluación de amenazas naturales (tipo, frecuencia, magnitud, localización y extensión) 2. Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos (población, bienes, estructuras). 3. Formulación de situaciones hipotéticas 4. Monitoreo y vigilancia de las amenazas naturales y elaboración de pronósticos	1. Obras de mitigación tanto física como estructural... 2. Educación, concientización y capacitación sobre riesgos y su prevención.	1. Seguro y reaseguro de infraestructuras y bienes privados. 2. Reglamentación en materia de seguridad en los servicios públicos (energía, agua, transporte, etc.) 3. Fondos para desastres (nacionales o locales)	1. Sistemas de alerta temprana y de comunicaciones. 2. Planes para imprevistos (servicios públicos) 3. Refugios y planes de evacuación. 4. Sesiones informativas y simulacros en sitios públicos. 5. Redes de instituciones que deben responder en situaciones de emergencia (nacionales y locales).	1. Asistencia humanitaria. 2. Limpieza, reparaciones temporales, y restablecimiento de servicios. 3. Evaluación de los daños. 4. Movilización de recursos para la recuperación (públicos, sectoriales, etc.).	1. Rehabilitación y reconstrucción de infraestructura crítica dañada. 2.-Incorporación de componentes de mitigación de desastres en actividades de reconstrucción.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.

2.1.1 Riesgos Naturales en Ecuador.

Ecuador es un país que está ubicado en el denominado cinturón de Fuego del Pacífico es uno de los países con más alto riesgo por su ubicación geográfica. Esta se sitúa sobre las fallas del Pacífico, sobre la línea de volcanes y los Andes, frente a los fenómenos naturales del Niño y la Niña.

Las particularidades de la ubicación geográfica, de las condiciones climáticas y de los factores geológicos y tectónicos, hacen que tanto en Ecuador como en Colombia, se presenten regularmente fenómenos catastróficos de origen hidro-meteorológico (tormentas, inundaciones, sequías), geológico (terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos) y mixtos (erosión, avalanchas, etc.).

Adicionalmente, la actividad humana orientada irracional y desordenadamente a la explotación, a ultranza de los recursos naturales (deforestación, sobrepastoreo, urbanización galopante, minería, etc.), ha contribuido a la aceleración y magnificación de los fenómenos naturales. Recuérdese al respecto que esos fenómenos naturales, al formar parte de la dinámica global del planeta (atmosférica, geotectónica), son en sí mismos inevitables y es el hombre, con sus quehaceres degradatorios el que los convierte en catastróficos.

Por otra parte, debe tomarse en cuenta que no son solamente los fenómenos mencionados los que con su actividad directa pueden generar daños sino que lo pueden hacer también otros secundarios y derivados (aludes, taponamiento de cauces, deshielo de glaciares, etc.). Además, son quizás los más destructivos aquellos casos en que se presentan situaciones mixtas es decir en que simultáneamente se presentan dos o más fenómenos (sismo + tormenta + deslizamientos como por ejemplo el 5 de marzo de 1987 en Ecuador).

Para efectos del análisis futuro y en detalle del problema de la inestabilidad de laderas, deberá considerarse una extensa banda del flanco oriental de la Cordillera entre Baeza, El Chaco, Reventador, La Bonita y Mocoa, en donde se desarrollan normalmente lluvias de elevada intensidad, corrientemente con máximos en 24 horas de 100 mm o más. Esta es también la región de mayor actividad sísmica y volcánica lo que contribuye aún más a intensificar el fenómeno (sismo del 5-3-1987).



Foto 2 1: Evidencia de la inundación del 5 de marzo de 1987. En la orilla norte del río Aguarico cerca del pueblo de Lumbaqui. La inundación ha removido la mayoría de la cobertura vegetal en las terrazas bajas como se muestre al frente de la foto.

Para el análisis de la inestabilidad de las laderas, considerada esta como el conjunto de procesos por medio de los cuales se desprenden, movilizan y transportan las partículas o masas de suelo y/o rocas de las vertientes, no pueden ser tomadas en cuenta solo las variables de tipo geológico (litologías, hidrología, estructura), geomorfológico (pendientes, relieve) y climático (intensidad y volumen de lluvias), sino también y cada vez con mayor influencia, la actividad humana y su irracionalidad en cuanto a la metódica degradación del ambiente (deforestación, sobrepastoreo, minería urbanización desordenada, etc.). A continuación, se analiza por sectores la susceptibilidad de la región a cada uno de estos tipos de fenómeno.

El ejemplo del gigantesco derrumbe del Cerro Tاهual (La Josefina) ocurrido el 23 de marzo de 1993 provocó la represa del río Paute amenazando el embalse de Amaluza aguas abajo (instalación que produce alrededor del 60% de la energía eléctrica del país). Este evento causó la muerte de alrededor de 50 personas y los daños directos fueron estimados en 147 millones de dólares.



Foto 2 2:La Josefina en la actualidad después de más de 20 años.

En las áreas planas o de relieves de colinas suaves del Amazonas (ríos bajos Napo, San Miguel y Putumayo) y no obstante las pendientes suaves del terreno, los suelos de tipo literático (arcillo-limosos color rojo) son muy vulnerables a la erosión laminar y micro - concentrada y a la formación de pequeños deslizamientos y reptación. Esta situación se da con mayor intensidad en áreas deforestadas, en donde a causa del sobrepastoreo, se ha perdido la cobertura vegetal y el ganado ha compactado el terreno (La Hormiga, Santa Ana, El Carmen).

Conforme el relieve comienza a ser más y más fuerte, hacia el área de transición y piedemonte, la erosión concentrada (surcos, cárcavas) tiende a desarrollar su predominio y los deslizamientos, según el espesor del suelo, tienden a ser más profundos (Terapia, Sansa huari, Shushufindi, Orito). En los cauces fluviales se nota una actividad intensa de erosión y socavación de bancos aluviales y depósitos antiguos, en particular en las convexidades de los meandros y en los bordes de las terrazas. La sedimentación juega aquí un papel muy importante (Napo, Misahuallí, Tipishca, Asís).

Las regiones montañosas están todas expuestas a la erosión, manifestada en todas sus formas (laminar, concentrada, cárcava, etc.), sobre todo en las que se ha sustituido el bosque por pastizales y cultivos mal manejados. Los deslizamientos son también muy comunes, sobretodo en perfiles residuales, en donde se movilizan los materiales apolíticos, rego líticos y colegiales; las regiones de Casanga, El Chaco, Llamantes, etc., son buenos ejemplos del caso. Cuando las pendientes sobrepasan el 100% y llegar a ser su verticales se desarrollan corrientemente deslizamientos y caídas de bloques rocosos y aludes que forman conoides de deyección que amenudo obstruyen los cauces fluviales (Mocoa - San Francisco, ríos Dué, Salado, Guamués, Papallacta, Tambo, etc.).

Por último, vale la pena hacer mención del desarrollo de la erosión eólica en las partes altas de la cordillera y en particular, en las áreas de páramo. Allí, las bajas pluviosidades y las condiciones de altura y ambiente inhiben un desarrollo rápido de la vegetación densa y natural, lo que sumado al manejo incorrecto de las actividades agropecuarias, incrementa su vulnerabilidad (remoción de suelos arables y sus nutrientes orgánicos y minerales, formación y migración de dunas, etc.)

Aparte de las condiciones propias de la climatología local, las inundaciones son fenómenos que también se desarrollan y magnifican por la conjugación de factores geomorfológicos (relieve) e hidrogeológicos de las cuencas. Pero aquí también, la influencia de la actividad humana es cada vez más importante (deforestación, erosión inducida, etc.). Todo ello participa de los aspectos ligados a la capacidad de regulación y amortiguamiento que posean las cuencas, aspectos que se aplican a casi todas las de la región estudiada.

Así pues, las áreas bajo la influencia de las crecidas aumenta, lo mismo la vulnerabilidad de las obras de infraestructura ligadas a los cauces fluviales: muelles, puentes, carreteras, etc. Esto es particularmente evidente en el caso de los cauces bajos de los ríos Napo, Coca, Aguarico, San Miguel y Putumayo y de poblaciones como los puertos Napo, Misahuallí, Coca, Asís, Colón, Conejo, Tipishca y otros. Valga la aclaración para asegurar que los problemas de inundación de algunas poblaciones no obedecen necesariamente al comportamiento anómalo del río sino a la invasión del lecho mayor por parte de los pobladores.



Foto 2. 3: Ejemplo de Inundación zona Costera



Foto 2. 4: Erupción Volcánica en el Ecuador

2.1.2 Sismicidad.

El territorio ecuatoriano está prácticamente surcado en su totalidad por sistemas o conjuntos de fallas geológicas, entre las cuales unas son más activas que otras. Es decir que la cantidad, frecuencia y magnitud de los eventos generados por una falla geológica determinada es variable, lo cual hace que ciertas regiones sean sísmicamente más activas que otras.

Dentro de los principales sistemas de fallas geológicas que atraviesan nuestro territorio se destacan el Sistema principal dextral de fallas, que atraviesa el territorio desde el nororiente hasta el golfo de Guayaquil. Este sistema de fallas ha originado la mayoría de los grandes terremotos que han azotado principalmente a la región Interandina. El otro sistema importante es el denominado de fallas inversas, de las estribaciones de la Cordillera Real, donde se originó el primer gran terremoto conocido en el Ecuador (1541) y el sismo del 5 de marzo de 1987, entre otros.

Antes de la aparición de los instrumentos de medida, los sismógrafos, se conocía de la ocurrencia de los eventos sísmicos por los efectos que dejaban sobre las personas, las propiedades o el medio-ambiente. En épocas recientes, este tipo de datos se encuentran en archivos históricos, pero para el caso de eventos de mayor antigüedad, solo se tiene información si estos dejaron su huella en el medio-ambiente, este es el caso de eventos sísmicos de gran magnitud ocurridos hace miles de años.

La historia sísmica del Ecuador está llena de dolorosas experiencias, producto de grandes catástrofes que dejaron a su paso muerte y destrucción a lo largo y ancho de todo el territorio nacional. En términos generales, si tomamos en cuenta los temblores de pequeña magnitud que no son sentidos por las personas y son detectados únicamente por los sismógrafos, el número de sismos que se registran en nuestro territorio pueden sumar decenas de miles por año. Dentro de esta gran cantidad de actividad sísmica, de tiempo en tiempo ocurren grandes terremotos, cuya historia se inicia en 1541. Hasta la actualidad, en un lapso de 458 años, han ocurrido en nuestro territorio 37 terremotos de intensidad igual o mayor a VIII (Escala Internacional de Mercalli), grado a partir del cual, los efectos son de consideración. Y si se toma en cuenta los sismos a partir de la intensidad VI, (que es el grado desde el cual se presentan daños leves), hay que añadir 96 eventos que han causado daños desde leves hasta moderados.

Es imposible cuantificar las pérdidas materiales ocasionadas por estos terremotos, y en lo referente a las pérdidas de vidas, éstas superan las 80.000 muertes.

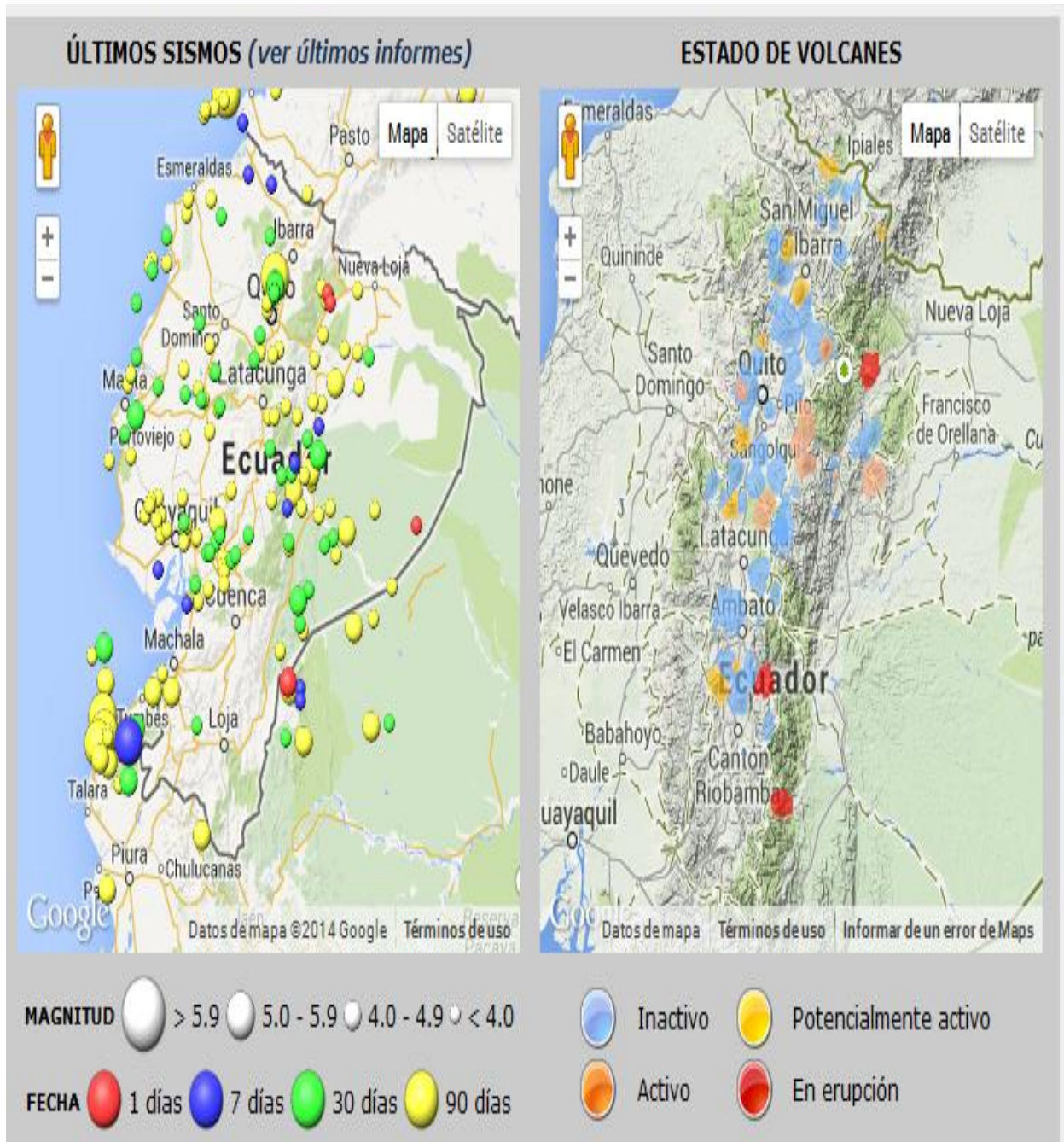


Figura 2.1: Sismos y estado de volcanes en el año 2014

Fuente: (IG-EPN, 2014)

El pasado 12 de agosto, un sismo de 5.1 grados en la escala de Richter se dio en Quito y hasta el día, 16 de agosto de 2014, más de 71 réplicas del mismo se han sentido en la capital. Este evento se suma a una lista recopilada por (IG-EPN, 2014), en donde recoge el

historial de los movimientos telúricos más trascendentales, desde 1964. De allí, hasta la fecha, el país ha experimentado 23 sismos de gran magnitud. Algunos de ellos fueron informados por (COMERCIO, 2014), sobre todo por los daños que ocasionaron a la comunidad.



**Foto 2.5: Sector Cumbaya 12 de agosto, un sismo de 5.1 grados en la escala de Richter se dio en Quito.
Fuente: Medios de Comunicación.**

Por ejemplo, en 1996 se dio el terremoto de Pujilí, que tuvo una magnitud de 5.7 grados en la escala de Richter y ocasionó la muerte de 16 personas.



Foto 2. 6: En 1970 un terremoto de 7.1 grados en Bahía de Caráquez destruyó gran parte de esta ciudad. Fuente: Archivo El Comercio Otro movimiento telúrico fuerte ocurrió en Bahía de Caráquez (Manabí), en 1998.

Así también Latacunga en 1976, el sismo en esa época fue de 6 grados en la escala Mercalli – medida que se utilizaba para calcular la gravedad de los sismos por los daños antes de la medida Richter -; Esmeraldas, en abril del mismo año vivió otro terremoto de 6.8 grados en la Escala Mercalli; y otras poblaciones como: Loja en 1970 y Pastaza en 1987.

Uno de los motivos de los sismos en todo el continente americano es que existen cuatro grandes placas tectónicas que la transforman en una zona proclive a sufrir terremotos. Las placas son: Placa del Pacífico (cubre toda la zona del Océano Pacífico), Placa Nazca (continente sudamericano), Placa de Cocos (zona del Océano Pacífico Centroamérica) y la Placa del Caribe (zona del Mar Caribe en Centroamérica).

Sismicidad para Enero del 2014

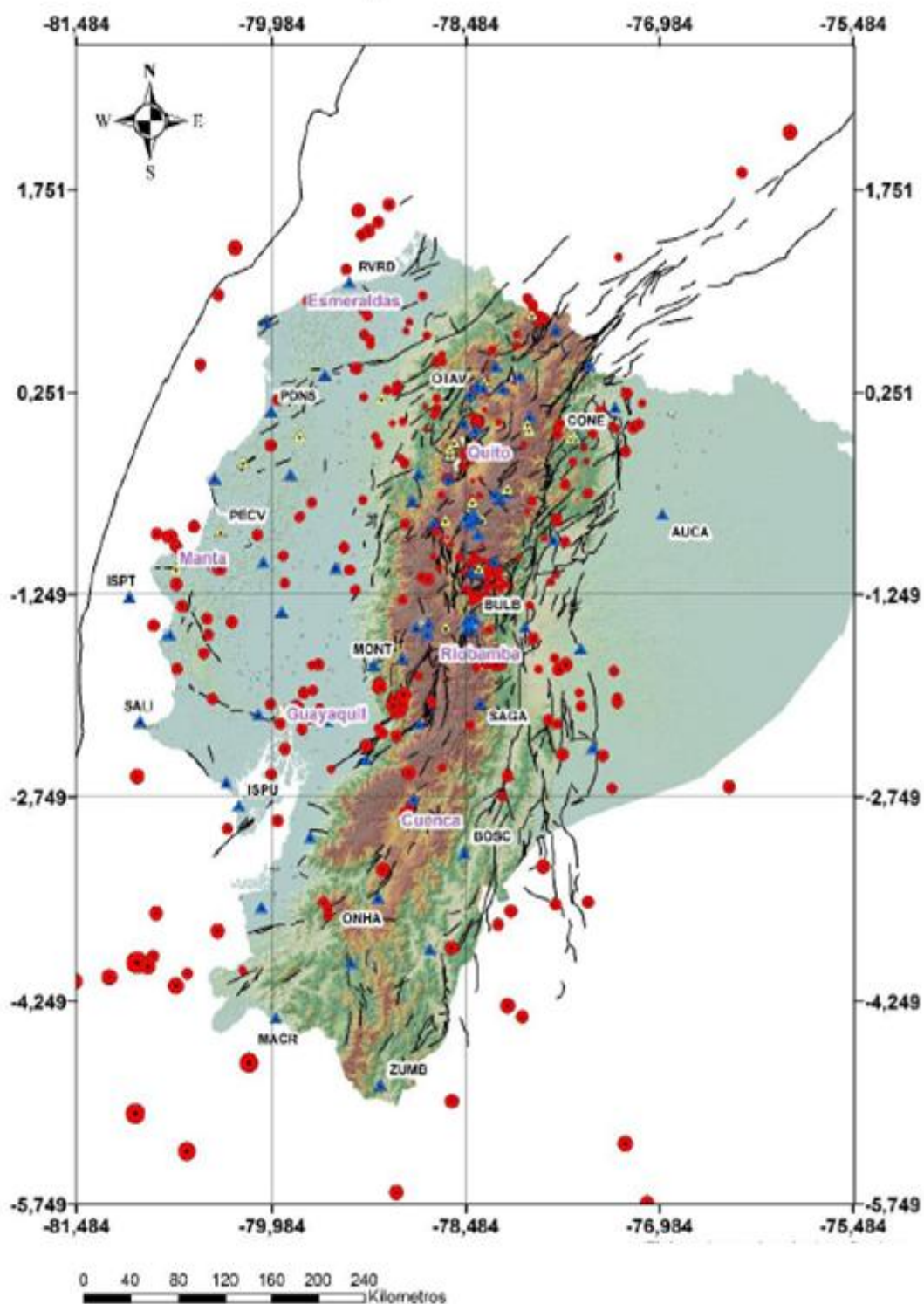


Figura 2. 2: Mapa actualizado de las estaciones de la red de sismógrafos Resiga año 2014

2.1.3 Mapa de Zonificación Sísmica y Factor de Zona Z

El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z, de acuerdo al mapa de la Figura 2.3. El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nor-oriente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta (Tabla 2.3). Para facilitar la determinación del valor de Z. Si se ha de diseñar una estructura en una población o zona que no consta en la lista y que se dificulte la caracterización de la zona en la que se encuentra utilizando el mapa de la Figura 2.3, debe escogerse el valor de la población más cercana. (NEC-11, 2011).

TABLA 2.3. VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA ADOPTADA. (NEC-11, 2011)

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica.	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

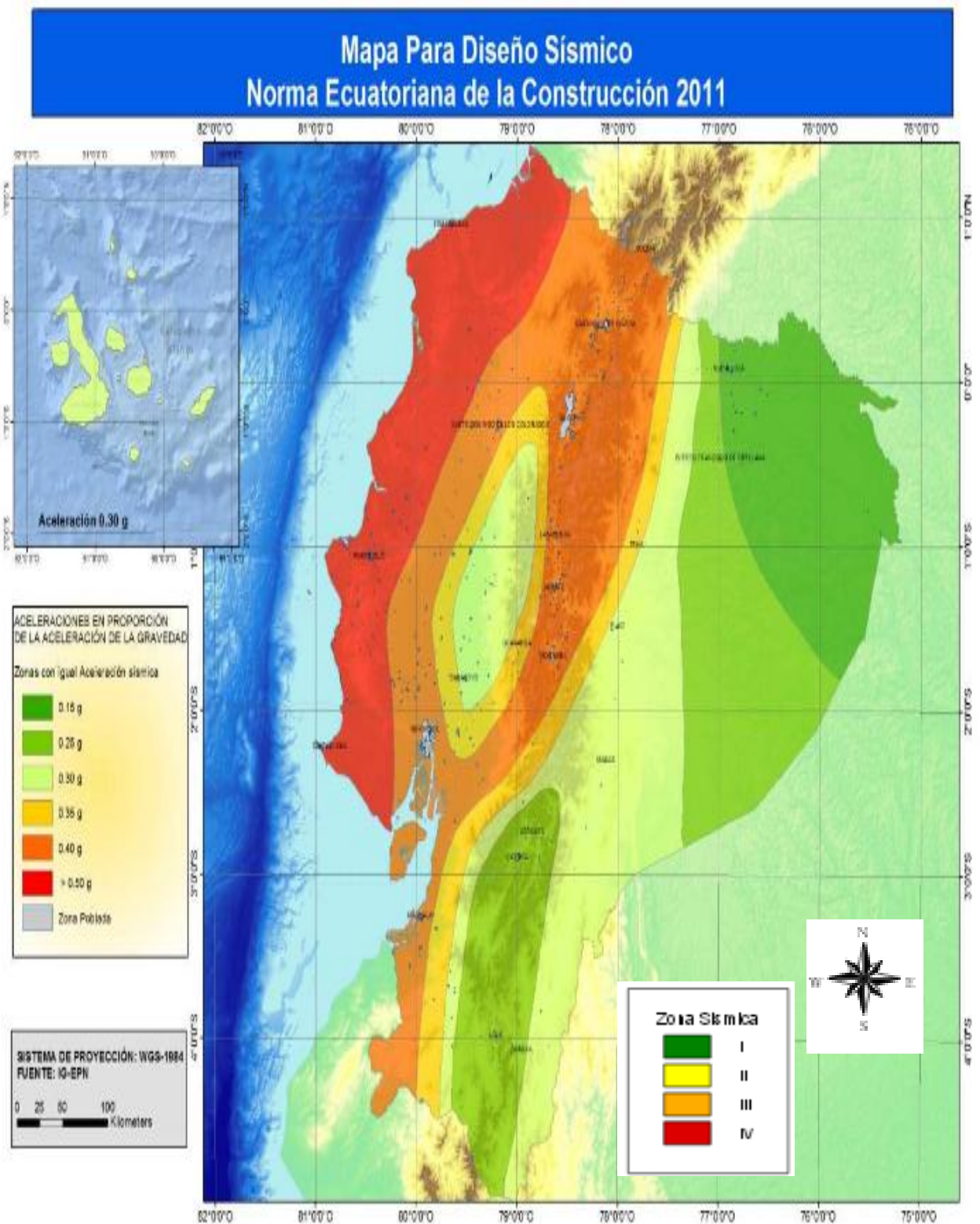


Figura 2. 3.Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

2.1.4 Clima de Ecuador.

El clima de Ecuador va desde temperaturas muy elevadas, como ocurre en la zona interna de la Costa y en la selva del Oriente, hasta temperaturas muy bajas en las cumbres nevadas de la Cordillera de los Andes. Es por ello que los climas del Ecuador deben ser considerados de acuerdo a sus regiones naturales.

La temperatura promedio de la región Costa oscila generalmente entre los 22° C y los 28° C. El invierno dura desde diciembre a mayo, y el verano de junio a diciembre. En estas dos épocas las temperaturas medias varían alrededor de los 28 °C (invierno) y los 24 °C (verano), con cambios de temperatura debido al viento frío seco que llega del suroeste procedente del mar. Otra característica del clima de la costa es la presencia abundante de las lluvias sobre todo en los meses de invierno.

En la Sierra la temperatura media oscila entre los 7°C y los 21°C, ya que es característica de la región la existencia de temperaturas extremas y su variación durante un mismo día, así se pueden tener días muy calientes, tardes lluviosas y noches frías. La estación de lluvias o invierno dura de octubre a mayo y el verano de junio a octubre. El clima de la Sierra es muy variado, debido a la presencia de la cordillera de los Andes y a los vientos que soplan por los valles y llanuras. En esta región se localizan los siguientes climas o pisos climáticos: tropical andino, subtropical andino, templado, frío y glacial.

Como se puede ver, dentro del clima ecuatorial de la Sierra, se observan cambios apreciables además que el régimen de las lluvias sufre bastante alteración durante el año. Tal es el caso del clima de Quito, ciudad en la que las precipitaciones son casi impredecibles y no necesariamente ocurren entre los meses de invierno.

En la Amazonía el clima es cálido húmedo, con temperaturas promedio de 25°C a 38 °C y una humedad ambiente del 90%. La región del Oriente es aún más cálida y más húmeda que la costa y presenta características de climas subtropicales o de tipo ecuatorial, caracterizado por una humedad alta y temperaturas prácticamente constantes que cambian ligeramente con las estaciones. Los promedios de lluvias de la región son importantes ya que sobrepasan los 2 500 mm. Anuales.

El clima del Ecuador en la Región Insular, debe ser dividido en pisos climáticos, conocidos como: desértico, tropical, templado y frío, con una variación entre los 12°C y los 30 °C.

El clima del Ecuador es, en general, caluroso y subtropical. A causa de la geografía del país, atravesado por los Andes, se han generado diferentes pisos climáticos y regiones. Así, las zonas andinas son muy frías, mientras que en las regiones del litoral y de la selva, las temperaturas son altas y las lluvias tropicales abundantes.

En el año de 1890, se inician las observaciones meteorológicas, con la instalación de estaciones en Quito y Ambato, con un criterio experimental de esta nueva ciencia, que comenzaba a desarrollarse en Europa, principalmente.

Con posterioridad y en los inicios del siglo XX, se instalaron otras estaciones que obedecían a similar justificación. Posteriormente se realizan en forma regular las observaciones meteorológicas en el Observatorio Astronómico de Quito, en enero de 1891.

Un primer indicio de la planificación de estaciones meteorológicas se produce en la década de los 30's, del siglo pasado, cuando se inicia el transporte aéreo en Ecuador, a través de la empresa Panagra, que instaló estaciones en varios aeropuertos; en este caso ya con un fin técnico-sinóptico, como es la previsión meteorológica aeronáutica.

En los años 60's, en el proceso de creación del Inamhi, fue una misión y cooperación técnico – económica de las Naciones Unidas la que efectuó una planificación, instalación y operación de estaciones meteorológicas, donde se consideran las necesidades aeronáuticas, climáticas e hidrológicas del país.

A inicios de los años sesenta se conforman algunas redes de estaciones meteorológicas. Finalmente en 1961 se creó el Servicio Nacional de Meteorología, con el cual se inició verdaderamente la meteorología en el Ecuador.

Actualmente, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inamhi) cuenta con una Red de 383 Estaciones Meteorológicas Convencionales distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 2.4. Red de Estaciones Meteorológicas.(INAMHI, 2013)

Estación	Costa	Sierra	Oriente	Insular
Agrometeorológica	5	6	2	-
Climatológica Principal	16	31	4	3
Climatológica Ordinaria	46	44	6	1
Pluviométrica	77	122	13	1
Pluviográfica	2	4	1	-
Subtotal	146	206	26	5
(%)	38.0	53.9	6.8	1.3
Total	383			

Con el avance tecnológico y las exigencias de disponer información en tiempo real para los Sistemas de Vigilancia Meteorológica y para los Sistemas de Alerta Temprana (SAT), que permiten mitigar los efectos de los fenómenos meteorológicos anómalos y adversos, a partir del año 2003, se inició la automatización de la Red Nacional de Estaciones.

A los diez años se contó con 91 Estaciones Automáticas AWS, con comunicación Satelital y GPRS en tiempo real.(INAMHI, 2013)

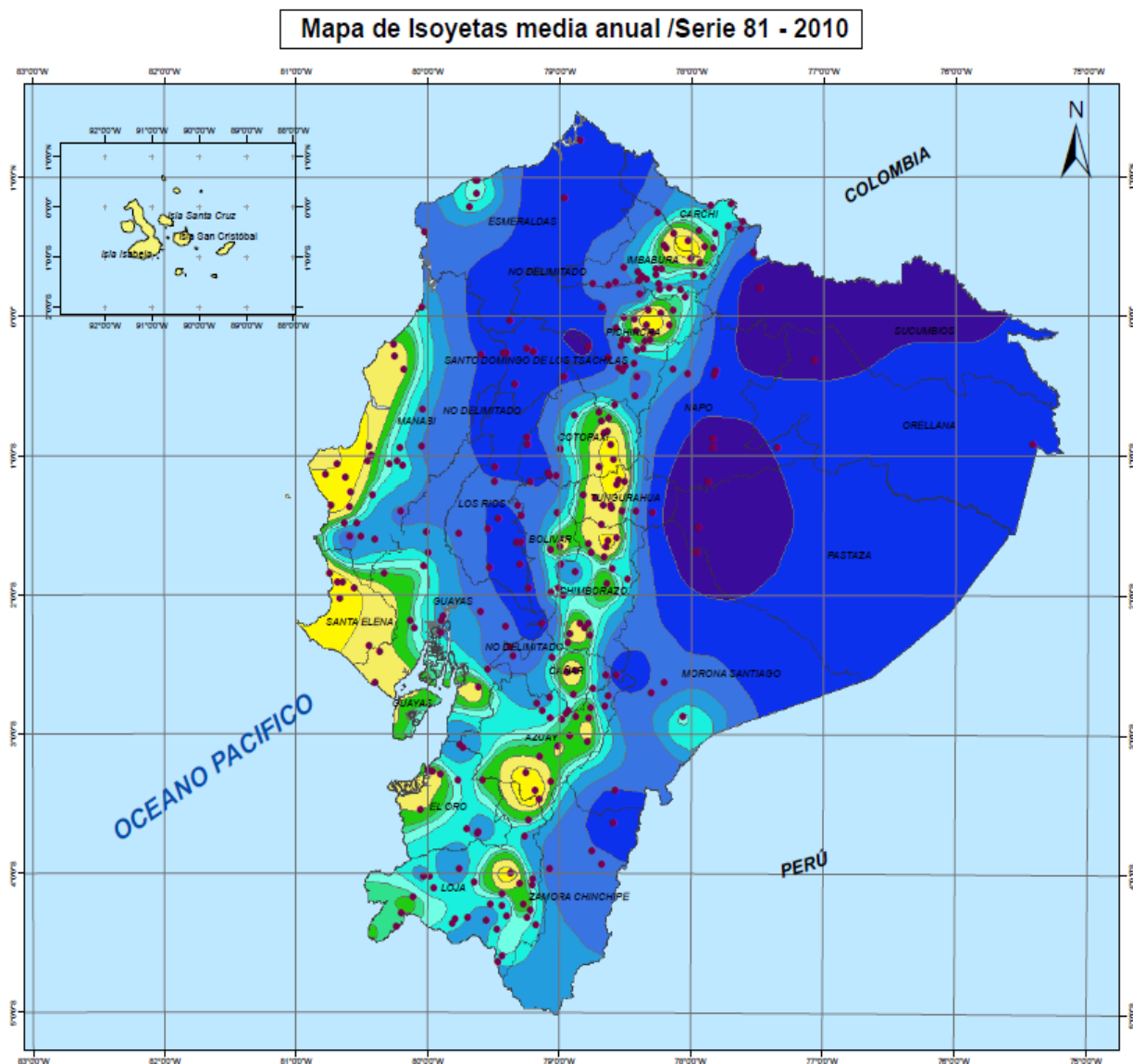


Figura 2.4: Mapa de Isoyetas media anual.

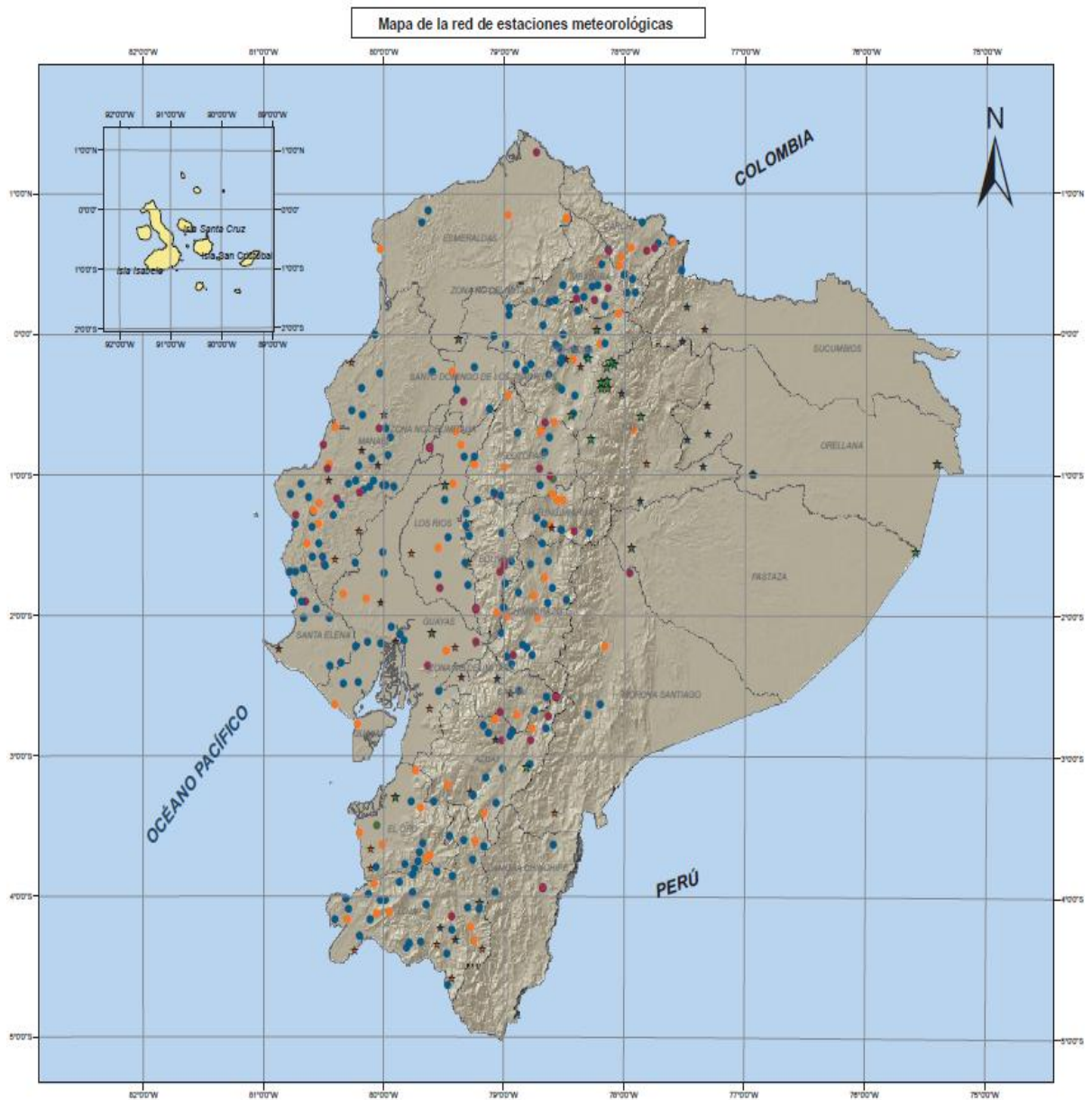


Figura 2. 5: Mapa de red de estaciones Meteorológicas.

Leyenda:

Red meteorológica:

- Agrometeorológica
- Climatológica Ordinaria
- Climatológica Principal
- Pluviográfica
- Pluviométrica
- ★ Automáticas
- ★ Automáticas con agrometeorológicas
- ★ Automáticas con climatológicas ordinarias
- ★ Automáticas con climatológicas principales
- ★ Automáticas con pluviométricas

□ División Provincial

BOLETÍN DE ALERTA
PREDICCIÓN Y VIGILANCIA
DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS

FECHA: SABADO, 25 DE OCTUBRE 2014

Hora de emisión: 23H00

El Subproceso de Predicción Meteorológica del INAMHI emite la siguiente alerta:

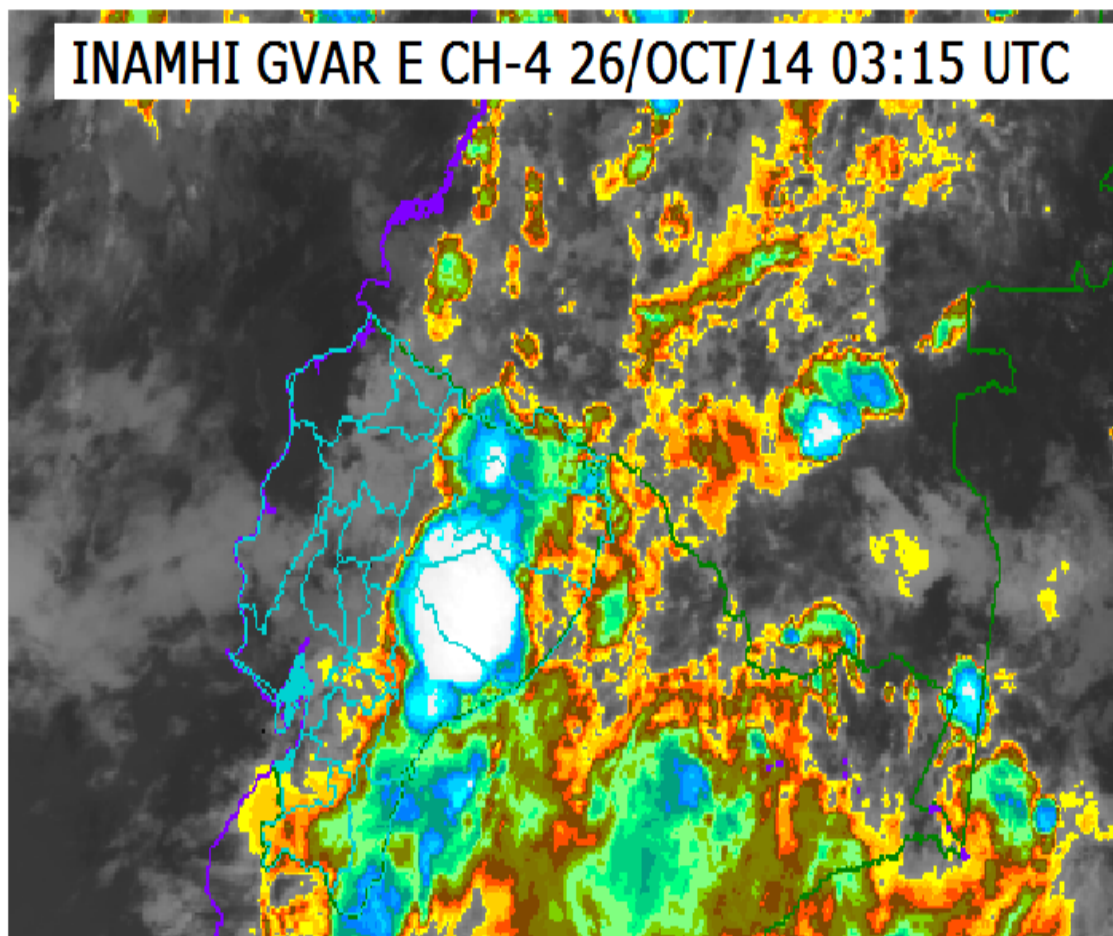


IMAGEN IR 25-OCTUBRE-2014 – 22:15 (Hora local)

Sistema convectivo (área de nubosidad de mal tiempo) sobre la región Amazónica provocando lluvias entre moderadas a fuertes, tormentas eléctricas y ráfagas de viento, mismas que se prolongarán hasta horas de la madrugada. Por circulación del viento en niveles altos de la atmósfera inestabilizando la región interandina con lluvias entre ligeras y moderadas.

Figura 2. 6: Predicción Meteorológica INAMHI.

2.2 TALUDES

2.2.1 Definición de Talud.

Cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal permanente. Son apoyados sobre la base de laderas de pendiente muy alta. Estos taludes son conformados por bloques de roca depositados por gravedad, especialmente por caídos de roca y/o suelo. Para determinar la estabilidad de una masa de suelo debemos determinar su coeficiente de seguridad al deslizamiento. Al existir un coeficiente de seguridad igual a 1, se produce el deslizamiento del talud.



Foto 2. 7: Deslizamiento de talud de forma natural.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera.

Cuando los taludes son el resultado de una acción antrópica se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural, en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

Los taludes se deben construir con la mayor inclinación posible garantizando su estabilidad, y aprovechando al máximo el espacio.

No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

En ciertos trabajos de Ingeniería Civil es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra. Tal es el caso de terraplenas en caminos viables, en presas de tierra, canales, etc.; donde se requiera estudiar la estabilidad del talud. En ciertos casos la estabilidad juega un papel muy importante en la obra, condicionando la existencia de la misma como puede verse en presas de tierra, donde un mal cálculo puede hacer fracasar la obra.



Foto 2. 8: Vista del talud que forma parte de un terraplén

2.2.2 Nomenclatura de un Talud.

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Además, se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas.

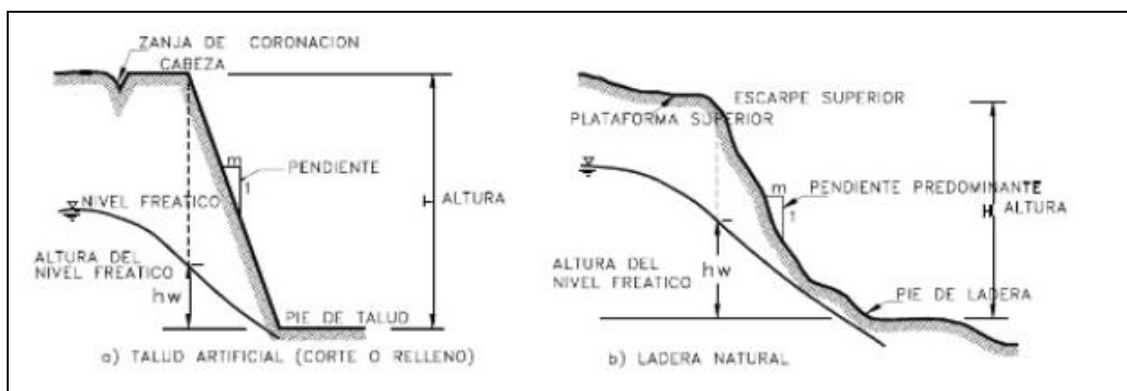


Figura 2 7. Nomenclatura de Taludes y Laderas

Fuente: “Deslizamientos y estabilización de taludes en zonas tropicales”, (Días, 2002)

1. Altura

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

2. Cabeza o escarpe

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

3. Pie

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

4. Altura de nivel freático

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

5. Pendiente

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45° , 100%, o 1H: 1V.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud

2.2.3 Tipos de Materiales que Conforman los Taludes.

La naturaleza intrínseca del material mantiene una estrecha relación con el tipo de inestabilidad que puede producirse, condicionando y pudiendo estimarse de antemano la susceptibilidad de cada material a que se desarrolle un movimiento.

Los terrenos en los que se producen los movimientos, pueden dividirse en tres grupos:

- Rocas
- Suelos
- Materiales de Relleno

a. ROCAS

Se denomina “Roca” a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de la iniciación del movimiento. La distinta naturaleza de las rocas que formarlos macizos rocosos implica una problemática determinada en su comportamiento ante la estabilidad de los taludes. El comportamiento de un macizo rocoso generalmente depende de las características de las discontinuidades (estratificación, diaclasas, fallas, esquistosidad, líneas de debilidad, etc.) que presenta, así como de la litología características resistentes, meteorización, alterabilidad, etc.



Foto 2. 9: Vista movimiento de rocas.

b. SUELOS.

Estos pueden ser de dos tipos, atendiendo a su composición granulométrica:

- Residuales, Derrubios o Detritos
- Tierra o Suelo

Se denomina con el nombre de Residuales, Derrubios o Detritos a los suelos de composición granulométrica gruesa, es decir, constituidos predominantemente (en peso) por gravas y bloques.

Se denomina tierra o suelo, al material que contiene más del 80% de las partículas menores de 2 milímetros. Se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas. Cuando el contenido de limo y arcilla es el mayoritario de la fracción fina, se le puede denominar como barro.

Estos materiales suelen diferenciarse atendiendo a su génesis:

- Transportados: coluviones, aluviales, glaciales, etc.
- Desarrollados in situ: eluviales.

La dinámica de estos materiales depende de las propiedades y características de sus agregados, por lo que además se debe considerar

- Tamaño, forma y grado de redondez de las partículas más gruesas.
- Proporción del contenido de arenas y/o arcilla.
- Contenido de agua en el suelo y situación del nivel freático, etc.



Foto 2. 10. Talud con diferente tipo de material

c. MATERIALES DE RELLENO

Se agrupan bajo esta denominación todos aquellos depósitos artificiales, realizados por la demanda de ciertas actividades, tales como: construcción de obras civiles (terraplenes, presas de tierra, vertederos, etc.) o bien como acumulación de materiales de desecho, sobrantes, estériles, etc. Las consideraciones técnicas del comportamiento de estos rellenos tienen una gran semejanza con los materiales tipo suelo.



Foto 2. 11: Terraplén en suelo blando

2.2.4 Tipo de Movimientos en Taludes.

Las clasificaciones de movimientos de ladera más aceptadas se basan en las características cinemáticas de los movimientos, es decir, en los mecanismos de propagación. Para identificar del mecanismo actuante es necesario acudir a detalladas observaciones geomorfológicas, geométricas y al análisis de los desplazamientos en superficie y en profundidad. Raras veces se dispone de toda esta información y la identificación del mecanismo se realiza casi exclusivamente apartar de la forma de la masa movida. Ésta, no siempre permitirá una adecuada diagnosis por cuanto que mecanismos distintos pueden generar formas parecidas. Todas las clasificaciones coinciden en la existencia de, al menos, cinco mecanismos principales que son: caídas, vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales y flujos. En la presente clasificación se han añadido dos grupos más, uno de movimientos complejos y otro de deformaciones sin rotura manifiesta o previa a la rotura que incluye algunos de los movimientos conocidos clásicamente.

TABLA 2 5. CLASIFICACIÓN TIPOS DE MOVIENTOS EN TALUDES.(Fuente Propia)

TIPO DE MOVIMIENTO	FORMA	DEFINICIÓN
Desprendimientos	Caída Libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.
	Desprendimiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamientos de escombros.	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca Planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo- roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o suelo-roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Usualmente originado por exceso de presiones de poros.
Repteo		Movimiento lento e imperceptible talud debajo de una masa de suelo o suelo-roca.

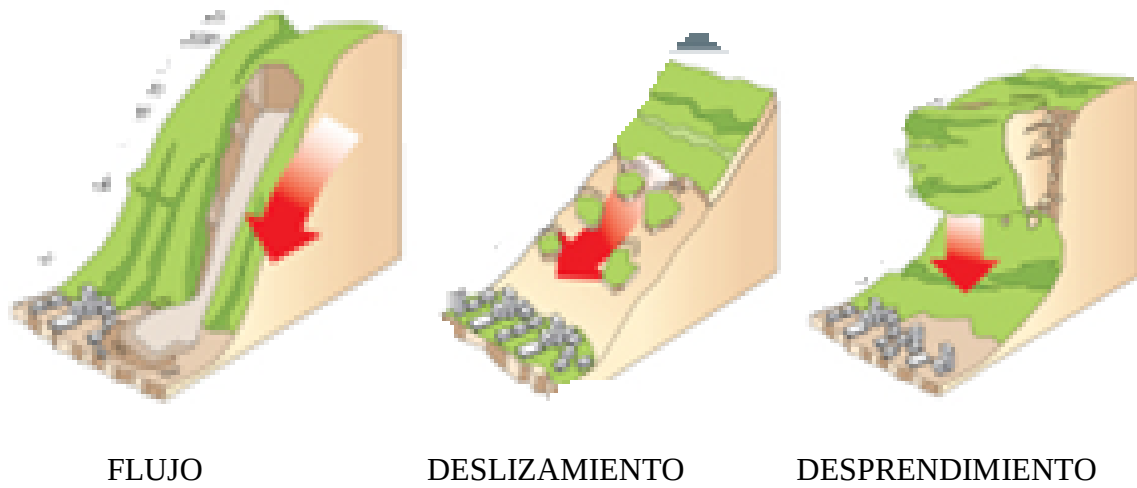


Figura 2. 8. Tipo de Movimientos de Taludes Fuente: “Deslizamientos y estabilización de taludes en zonas tropicales”, (Días, 2002)



Foto 2. 12: Ejemplo de desprendimiento



Foto 2. 13. Reptación natural de taludes en “los Destrozos” (Málaga).

2.2.5 Velocidad del Movimiento.

En la tabla 2.4 se indica la escala de velocidades de movimientos propuestas por el (Board, 2013) Transportation Research Board de los Estados Unidos, la cual se puede considerar como escala única de rata de movimiento. En algunos casos, ocurren velocidades diferentes de los diversos modos de movimiento y se requiere definir cada uno de ellos.

La velocidad del movimiento tiene gran influencia sobre el poder destructivo de un deslizamiento. Generalmente, los deslizamientos extremadamente rápidos corresponden a catástrofes de gran violencia, ocasionalmente con muchos muertos y cuyo escape es poco probable. Por otro lado los movimientos extremadamente lentos son imperceptibles sin instrumentos y representan, en general un riesgo muy bajo de pérdida de vidas humanas.

TABLA 2.6. ESCALA DE VELOCIDADES DE MOVIMIENTOS PROPUESTAS POR EL (Board, 2013)

CLASE	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (mm/s)	DESPLAZAMIENTO	PODER DE DESTRUCCIÓN
7	Extremadamente rápido			Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes; escape improbable.
		5×10^3	5 m/seg	
6	Muy rápida			Muy rápida. Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
		5×10^1	3 m/min	
5	Rápida			Rápida. Escape posible; estructuras, propiedades y Equipos destruidos.
		5×10^{-1}	1.8m/hora	
4	Moderada			Algunas estructuras temporales y poco sensitivas pueden mantenerse temporalmente.
		5×10^{-3}	13 m/mes	
3	Lenta			Construcciones remediales pueden llevarse a cabo durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente.
		5×10^{-5}	1.6 m/año	
2	Muy lenta			Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
		5×10^{-7}	16 mm/año	
1	Extremadamente lenta			Imperceptibles sin instrumentos; construcción posible pero deben tenerse precauciones.

2.2.6 Resistencia al Esfuerzo Cortante de los Suelos.

Se llama esfuerzo cortante al esfuerzo tangencial que actúa sobre el plano de ruptura del suelo.

Los suelos, como cualquier material, bajo ciertas sollicitaciones, se comportarán como materiales elásticos, pero en muchas veces tendrá deformaciones mayores de las normales, por lo que será un factor predominante el considerar la plasticidad del suelo.

El suelo puede presentar diversos tipos de fallas tales como: disgrega miento, deslizamiento en líneas de rotura o fluencia plástica.

La resistencia al esfuerzo cortante está representada por la ecuación de Coulomb.

$$\tau = c + \sigma_0 \tan \phi$$

En la que:

τ = Resistencia al corte del suelo.

c = Cohesión del suelo.

σ_0 = Esfuerzo normal intergranular.

ϕ = Ángulo de fricción interna del suelo, el cual se supone que es constante.

La cohesión puede ser definida como la adherencia entre las partículas del suelo debida a la atracción entre ellas, producidas por sus fuerzas intergranular.

El ángulo de fricción interna es función de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y la forma de los granos y de la presión normal. (Avila, 2004)

ENSAYOS DE CORTE

Sobre la tapa se aplica una carga vertical que, repartida en el área de la probeta, supone una tensión normal σ_z . A continuación, se aplica una carga horizontal, que supone una tensión tangencial τ_{xz} , de forma que se produzca el deslizamiento entre las dos partes de la muestra (para ello es indiferente que la parte inferior sea fija y la superior móvil, o viceversa, habiendo aparatos de los dos tipos). Durante el ensayo se miden los desplazamientos relativos (horizontal, dx , y vertical, dz) entre las dos mitades de la muestra. (Fig.2.9)

El objetivo del ensayo es mantener constante la tensión normal, y aumentar la tangencial hasta rotura. Por ello, la carga vertical suele aplicarse mediante sistemas de tensión controlada (lo más usual es mediante pesas). En cambio, para la tensión tangencial es más conveniente aplicarla como deformación controlada, haciendo deslizar la probeta a una velocidad constante, mediante un gato de empuje, y medir la carga horizontal que se aplica en cada momento.

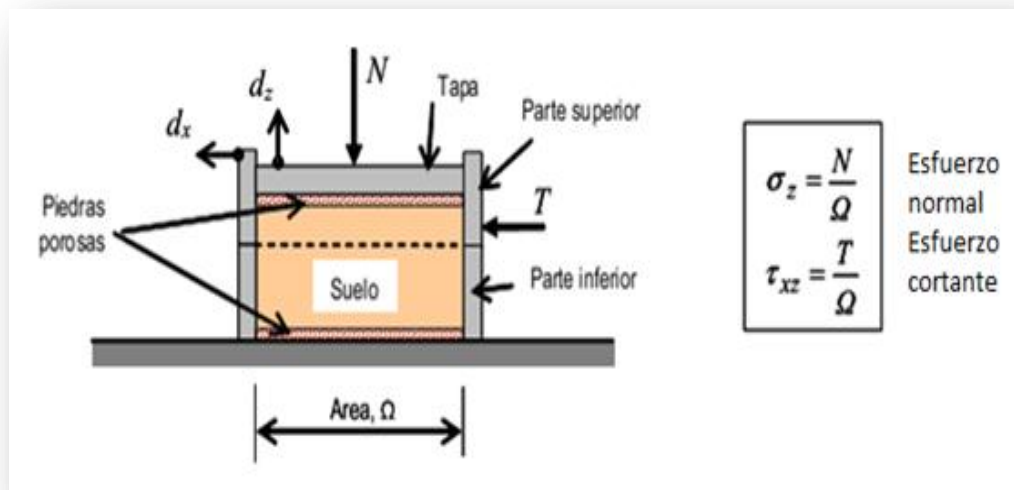


Figura 2. 9 Disposición De La Muestra. Fuerza y Desplazamiento

Estos esfuerzos se calculan dividiendo las respectivas fuerzas por el área (Ω) de la muestra o de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \phi$$

Según esta ecuación la resistencia al corte depende de la cohesión (c) y la fricción interna del suelo (ϕ).

Al aplicar la fuerza horizontal, se van midiendo las deformaciones y con estos valores es posible graficar la tensión de corte (τ), en función de la deformación (ϵ) en el plano de esta tensión de corte. De la gráfica es posible tomar el punto máximo de tensión de corte como la resistencia al corte del suelo.

Los valores de τ se llevan a un gráfico en función del esfuerzo normal (σ_n), obteniendo la recta intrínseca (Fig.2.10), donde τ va como ordenada y σ_n como abscisa. El ángulo que forma esta recta con el eje horizontal es el ángulo ϕ y el intercepto con el eje τ , la cohesión c .

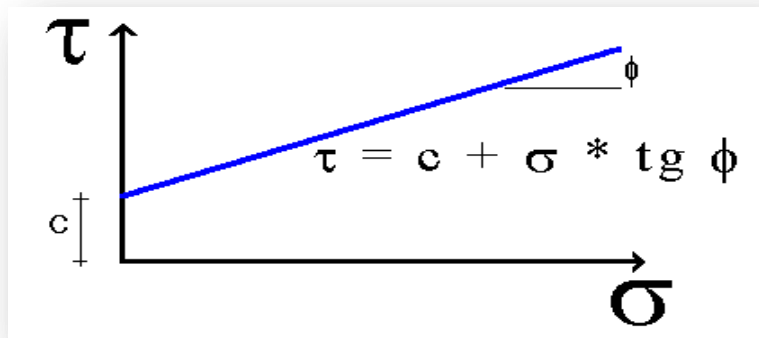


Figura 2. 10 Recta Intrínseca.

Los ensayos de corte directo en laboratorio se pueden clasificar en tres tipos según exista drenaje y/o consolidación de la muestra, por lo tanto los valores de c y ϕ dependen esencialmente de la velocidad del ensayo y de la permeabilidad del suelo. (Avila, 2004)

- **Ensayos con drenaje (D)**, realizables en todo tipo de suelos, con las precauciones comentadas sobre la velocidad de carga e inundación de muestra para suelos finos.
- **Ensayos consolidados-sin drenaje (C-U)**, en los que la carga normal se aplica con drenaje, esperando el tiempo preciso para la consolidación, y la tangencial sin drenaje. En este aparato sólo son posibles en suelos relativamente impermeables (arcillas).
- **Ensayos sin drenaje (U)**, en los que tanto la carga normal como la tangencial se aplican sin drenaje. Se trata de ensayos posibles, pero en principio sin sentido práctico, ya que la aplicación de la tensión normal no produce efecto alguno.
- **Ensayos triaxial:** El objetivo fundamental del ensayo es aplicar tensiones normales diferentes en direcciones horizontal y vertical, sobre una probeta cilíndrica. De esta forma, el estado de tensiones tiene simetría de revolución, es decir, las tensiones (y deformaciones) son iguales en todas las direcciones horizontales. Al mismo tiempo, se controlan el drenaje y la medida de presiones intersticiales.

Consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho o goma, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal ó axial (σ_1), sin modificar la presión lateral aplicada (σ_3), hasta que se produzca la falla. (Fig.2.11)

Realizando por lo menos 3 pruebas, con presiones laterales diferentes, en un gráfico se dibujan los círculos de Mohr (Fig.2.12) que representan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a éstos, se determinan los parámetros ϕ y c del suelo. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones en que este trabajará, las alternativas para realizar el ensayo serán consolidados no drenado (CU), no consolidado no drenado (UU) o consolidado drenado (CD).

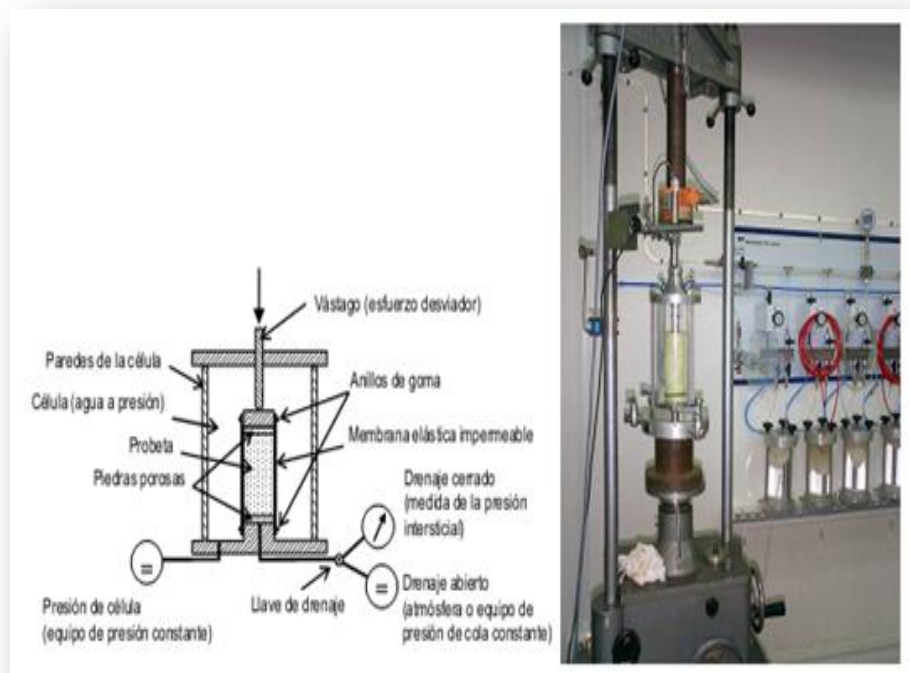


Figura 2. 11.Célula Triaxial

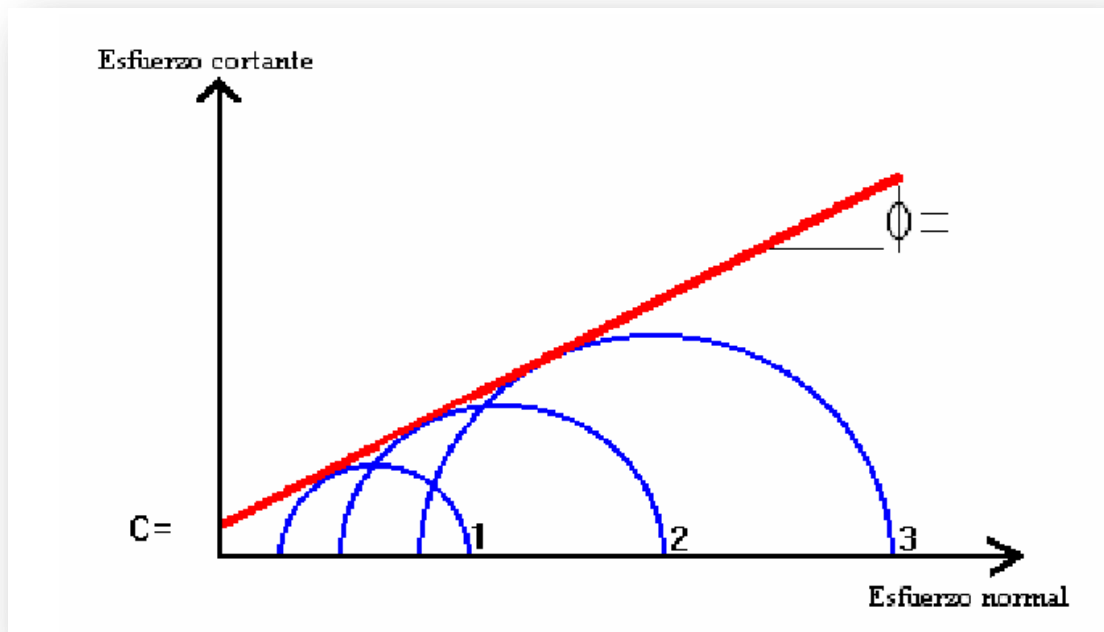


Figura 2. 12. Gráfico Tipo de Ensayo

2.2.7 ESFUERZOS TOTALES O EFECTIVOS

Se define como esfuerzo a la fuerza por unidad de área. Una masa de suelo saturada consiste de dos fases distintas: el esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Cualquier esfuerzo impuesto sobre el suelo es soportado por el esqueleto de partículas y también por la presión en el agua. Típicamente, el esqueleto puede transmitir esfuerzos normales y de corte por los puntos de contacto entre partículas y el agua a su vez puede ejercer una presión hidrostática, la cual es igual en todas las direcciones. Los esfuerzos ejercidos por el esqueleto solamente, se conocen como esfuerzos efectivos y los esfuerzos hidrostáticos del agua se les denominan presión de poros. (Badillo & Rodriguez , 1980)

$$Esfuerzo\ total = \frac{esfuerzo\ efectivo + presión\ de\ poros}{Área\ total}$$

Los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse suponiendo sistemas de esfuerzos totales o efectivos. En principio, siempre es posible analizar la estabilidad de un talud utilizando el método de presión efectiva, porque la resistencia del suelo es gobernada por las presiones efectivas tanto en la condición drenada, como en la condición no drenada.

Pero en la práctica sin embargo es virtualmente imposible determinar con precisión cuales son los excesos de presión de poro que se van a generar por los cambios en las cargas (excavaciones, colocación de rellenos o cambios en el nivel de agua). Debido a esta razón no es posible desarrollar análisis precisos de estabilidad en estas condiciones, utilizando procedimientos de esfuerzos efectivos.

Sin embargo, se puede trabajar todo el análisis utilizando presiones efectivas, sin que se requiera especificar los valores de los excesos de poro en las condiciones no drenadas.

DENESTABILIZACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL TALUD POR DISMINUCIÓN DE LAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS:

Las presiones hidrostáticas acumuladas en el talud disminuyen las presiones efectivas, afectando la resistencia del material para el caso de taludes en suelo. Para el caso de taludes en roca, las presiones hidrostáticas disminuyen las presiones normales actuantes, afectando su resistencia por cortante. En ambos casos se perjudica la estabilidad del talud, la cual puede restablecerse incorporando soluciones de drenaje superficial y/o drenaje profundo al talud. EL método específico será seleccionado por el Profesional Responsable.(Badillo & Rodriguez , 1980)

ESTABILIZACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL TALUD POR DISMINUCIÓN DE LOS ESFUERZOS CORTANTES SOLICITANTES:

Se obtendrá suavizando la inclinación del talud, teniendo el Profesional Responsable que seleccionar la alternativa adecuada, que entre otros, podría uniformizar el talud a una pendiente específica, incorporar un sistema de bermas de equilibrio, o cortar la cresta del talud, aliviando peso, o también rellenando con material en la base del mismo, aplicando peso.(Badillo & Rodriguez , 1980)

ESTABILIZACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL TALUD POR INTRODUCCIÓN DE FUERZAS RESISTENTES:

En zonas inestables del talud, es posible incorporarle fuerzas resistentes externas que se integren internamente al talud, logrando compensar la deficiencia de estabilidad encontrada en la etapa de evaluación de la condición de estabilidad, cuya selección es responsabilidad del Profesional Responsable. (Badillo & Rodriguez , 1980)

2.2.8 Análisis de Estabilidad de Taludes.

Cuando las condiciones del sitio y los parámetros de resistencia al cortante han sido investigados apropiadamente, se puede efectuar el análisis detallado de estabilidad de taludes.

1) Método de Dovelas: Se pueden analizar superficies de falla circulares y no circulares. La masa deslizante se divide en una serie de dovelas verticales y se establece el equilibrio de las fuerzas que actúan en cada dovela. Existen diversos métodos para convertir el sistema indeterminado en determinado.

2) Método de la Cuña Deslizante: Este es un procedimiento simple y conservador para superficie de falla no circular en suelos con $\phi = 0$ ó $\phi > 0$.

La descripción de las Fuerzas Actuales, así como el Factor de Seguridad y el Equilibrio de Fuerzas y Momentos, así como los diferentes métodos se presentan en las láminas adjuntas.

Cualquier método que satisface el Equilibrio de Momentos, da el mismo factor de seguridad en el análisis de $\phi = 0$ con superficies de falla circular.

- El Método Ordinario de Dovelas (Fellenius), da error en el lado conservador para el caso de $\phi > 0$. Con presiones de poro pequeñas, para los análisis en función de esfuerzos totales y de esfuerzos efectivos, el error es menor del 10%. Para pendientes casi planas con presiones de poro altas, el error puede ser mayor del 50%.

- Para el análisis de $\phi = 0$ ó $\phi > 0$ con presiones de poros bajas o altas, el Método Simplificado de (Bishop, 1954) es adecuado para el análisis de falla circular. El método es muy estable numéricamente, sólo hay problemas de convergencia cuando los extremos de la superficie de falla es muy parada, casi vertical.
- En los métodos que satisfacen solamente el equilibrio de fuerzas, el Factor de Seguridad es muy sensible a la inclinación asumida de las fuerzas laterales. El método de Lowe y Karafiath es razonable para el análisis de $\phi > 0$, pero no conservador (10-15%) para $\phi = 0$.
- Si todas las condiciones de equilibrio son satisfechas, la magnitud del error en el Factor de Seguridad es muy pequeña, usualmente $\pm 5\%$ de la respuesta correcta.

Los métodos que satisfacen todas las condiciones de equilibrio presentan ventajas y desventajas.

a) GPS o JANBU:

- El mejor para el cálculo manual.
- Pueden existir inestabilidades numéricas en el computador.

b) SPENCER :

- El más estable numéricamente, bueno para el computador.
- malo para el análisis manual.

c) MORGENTERNPRICE:

- El más flexible.
- Las fuerzas laterales asumidas se pueden cambiar, cambiando $f(x)$.
- Teóricamente es atractivo porque $f(x)$ se puede cambiar hasta encontrar una distribución interna de esfuerzos razonable.
- En la práctica consume mucho tiempo y es innecesario para el cálculo del Factor de Seguridad, ya que este valor varía muy poco con $f(x)$.

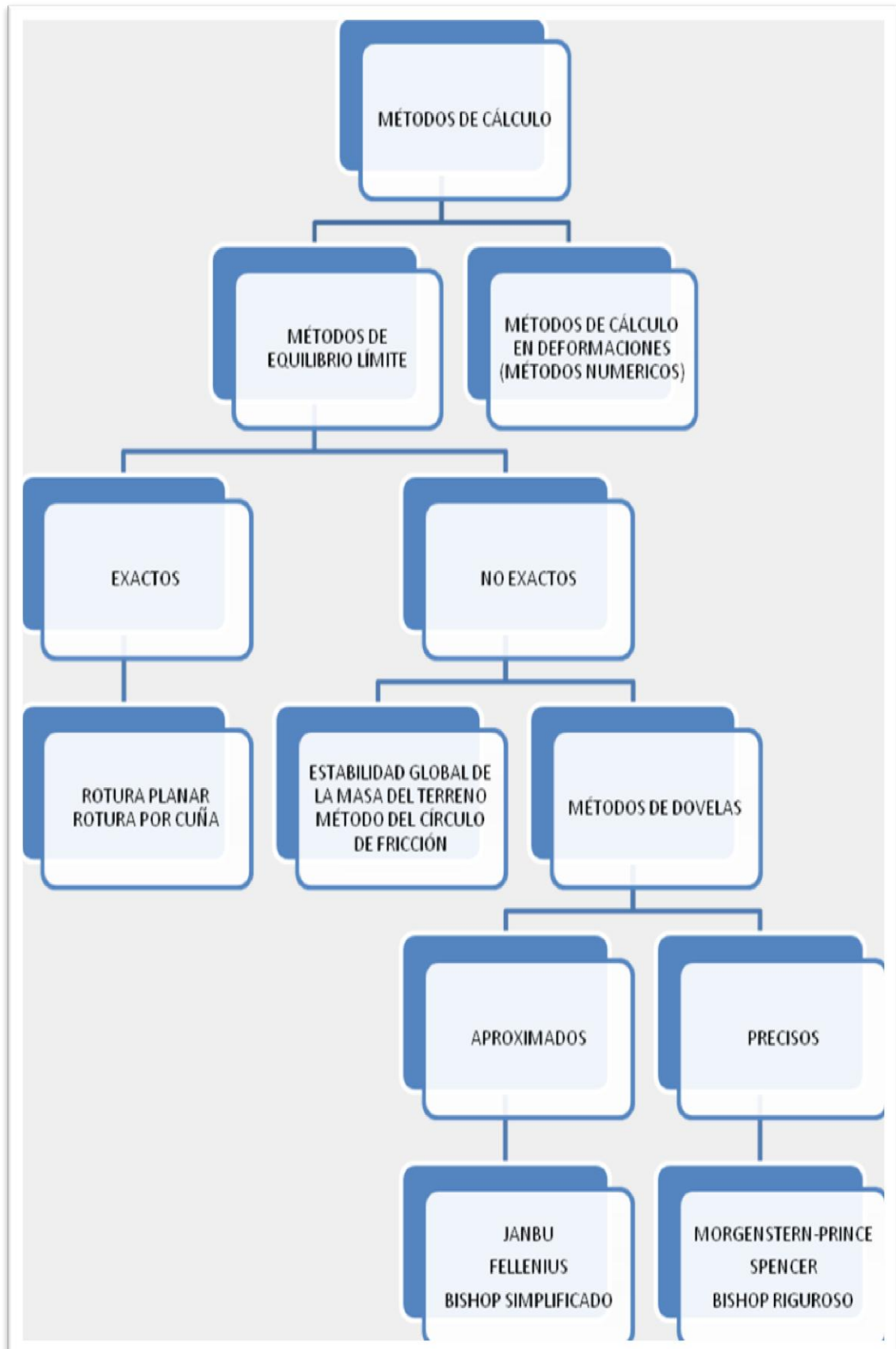


Figura 2. 13. Métodos De Cálculos

2.2.9 Soluciones de Estabilización.

TABLA 2 7.METODOS DE ESTABILIZACIÓN PARA SUELO Y ROCA. Fuente propia

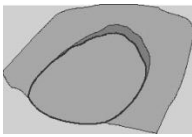
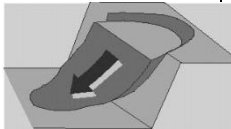
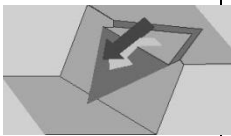
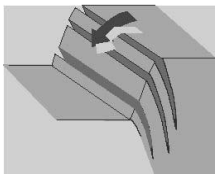
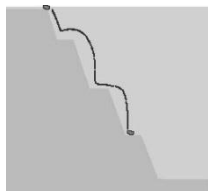
Material	Tipo de rotura	Drenaje	Abatimiento	Pantallas ancladas	Muros	Claveteado	Suelo reforzado	Anclajes con mallas	Anclajes con	Pernos de anclaje	Concreto proyectado	Malla de alambre	Remoción de bloques	Barreras flexibles	Muros de impacto
Suelo o roca muy fracturada		✓	✓	✓	✓	✓	✓								
		✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Roca		✓						✓	✓	✓	✓				
		✓						✓	✓	✓					
								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Foto 2. 14: Sistemas de drenaje para evacuar el agua de escorrentía y la existente en la capa freática. Se realizan zanjas de recogida de agua en coronación de talud y en su pie y pozos profundos con conexión horizontal entre ellos en profundidad para aumentar la eficacia del drenaje.



Foto 2.15: Construcción de elementos resistentes de contención, en superficie, mediante muros de gravedad o elementos por bataches que van anclados al terreno para resistir los esfuerzos transmitidos por los empujes.



Foto 2. 16.: Ejecución de elementos profundos mediante pantallas o cortinas de pilotes, rectangulares o circulares (pasadores), que tienen la misión de estabilizar el talud alcanzando y atravesando las posibles superficies de rotura, evitando el deslizamiento de la masa de terreno. Estos elementos pueden ir arriostrados en cabeza mediante anclajes perforados en el terreno colaborando para resistir los empujes sobre la cortina de pilotes.



Foto 2. 17: Realización de barreras de micropilotes o columnas de jet grouting para coser y rigidizar la masa de suelo inestable, atravesando las superficies de rotura, para mejorar la estabilidad general del talud.

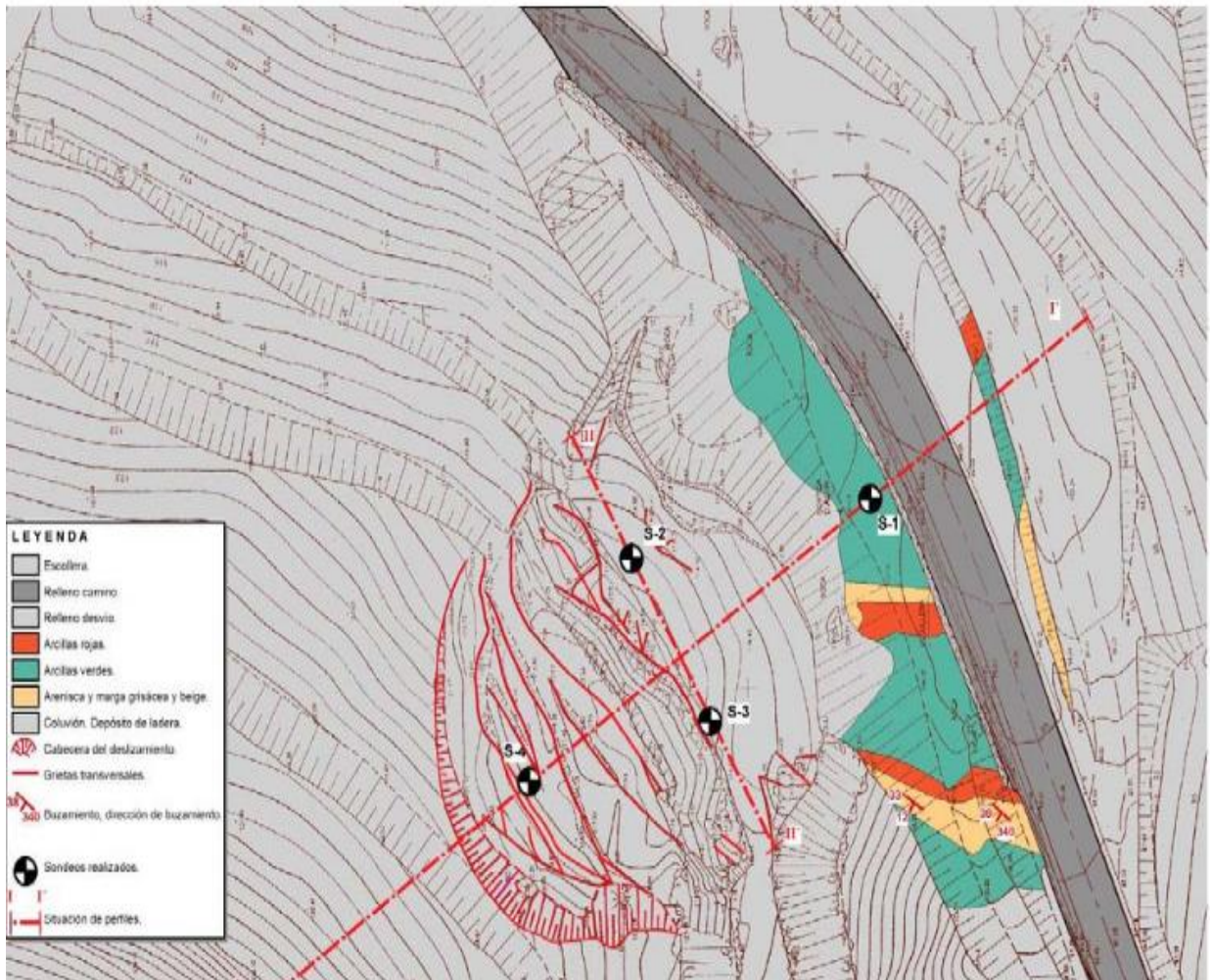


Figura 2.14: Planta geomorfológica de un deslizamiento en Comiols (Lérida). Se observa alcance de la masa deslizada, los escarpes producidos, etc.

2.2.10 Factor de Seguridad.

El factor de seguridad mínimo contra la falla por capacidad de carga de un terraplén, talud o muro sobre un suelo blando, a corto plazo, debe ser mayor que uno ($FS \geq 1.1$). Para estratos potentes, el colocarle una capa de refuerzo no aumentará el factor de seguridad más allá del calculado para un talud sin refuerzo.

Para el caso en donde se encuentren factores de seguridad menores que uno, será necesario llevar un procedimiento de construcción muy cuidadoso, ejecutarlo por pasos, con bermas laterales, particularmente en el caso de turbas o rellenos suaves.

Otras estrategias podrían ser la pre consolidación, con o sin drenes verticales, la remoción de esos suelos blandos y su sustitución o bien la compactación in situ, pudieran ser

adecuadas, sin embargo, los beneficios del uso de los refuerzos podría venir en el permitir la circulación sin problemas de la maquinaria de construcción, para levantar o construir el terraplén, empujando las capas de suelo sobre de la capa o capas de refuerzo. La pérdida de material, por incrustación, al comenzar un relleno sobre suelos blandos es muy alta, y el refuerzo permite dichos ahorros, además de permitir el iniciar adecuadamente el relleno.

También deberá de notarse que la compresión y la consolidación de los suelos blandos, una vez que el terraplén haya sido construido, aumentarán el factor de seguridad contra la falla por capacidad de carga al paso del tiempo, por lo cual, la parte más crítica en la construcción de un terraplén sobre suelos blandos, será el final de la fase de construcción

El Factor de Seguridad es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. (Fallenius, 1927) Presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al cortante}}$$

En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S. = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento actuante}}$$

Existen, además, otros sistemas de plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud y método probabilístico. La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “equilibrio límite” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie. Se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio. Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del factor de seguridad.

Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada

tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos.
(Días, 2002)

$$FS = \frac{\Sigma \text{resistencia al corte}}{\Sigma \text{esfuerzos al cortante}}$$

TABLA 2 8. RANGOS DE FACTOR DE SEGURIDAD Y CRITERIOS DE VULNERABILIDAD(Días, 2002)

FACTOR DE SEGURIDAD	CRITERIO
FS	
1,1 < FS < 1,25	Vulnerabilidad muy alta
1,25 < FS < 1,5	Vulnerabilidad alta
1,5 < FS < 2,0	Vulnerabilidad moderada
2,0 < FS < 3,0	Vulnerabilidad baja
FS > 3,0	Vulnerabilidad muy baja

2.2.11 Métodos de Estabilización de taludes

En el planeamiento de medidas efectivas de estabilización es importante entender las causas de la inestabilidad. Las causas más comunes son: talud muy empinado por corteo relleno, exceso de presión de poros causado por niveles freáticos altos o interrupción de la trayectoria de drenaje, socavación debido a la erosión de agua superficial y pérdida de resistencia con el tiempo debido a procesos de reptación e intemperismo.

Un estudio geológico concienzudo y un programa detallado de exploración del subsuelo son necesarios para determinar la causa del deslizamiento y planificar las medidas correctivas. La superficie de falla deberá determinarse con sondajes e Inclínómetros más allá de la línea de falla.

Si se estabiliza un derrumbe o deslizamiento mediante el tendido del talud o el uso de contrafuertes o estructuras de retención, la resistencia del suelo debe determinarse por métodos retrospectivos. Este valor de resistencia se usará en la evaluación del factor de

seguridad después de la estabilización, o para estimar las cargas de diseño en la estructura de retención. Si existen diferencias entre las resistencias al cortante de laboratorio y del análisis retrospectivo, se usará este último ya que es un valor más confiable en el diseño de las obras de estabilización.

2.2.12 Análisis Retrospectivo.

Este método se refiere al estudio de uno o más eventos de distribución poblacional en un momento dado, para averiguar el índice de prevalencia en un área o institución. Esta secuencia cronológica les sitúa frente a los estudios longitudinales, que hacen un seguimiento del factor de riesgo en el tiempo. Sin embargo, la finalidad de los estudios transversales también puede hacer el seguimiento del efecto que produce en el tiempo el factor de riesgo o variable causal, a través de la reconstrucción hacia el pasado, de un modo retrospectivo, es decir reconstruyendo el pasado a partir de los datos recogidos en el presente.

Por ello, en los estudios transversales se puede identificar no sólo el porcentaje del fenómeno o evento (número de casos), sino también identificar factores relacionados para establecer asociaciones de causalidad (un factor de riesgo y un efecto). Cuando el corte se refiere a la distribución de frecuencia del fenómeno objeto de estudio, se trataría de un estudio de prevalencia, y equivaldría a una especie de censo que puede repetirse en el tiempo.

Pretendemos establecer relaciones de asociación, uno es presumiblemente el factor de riesgo y, por tanto, es obligado que esté presente antes de que suceda el evento, eligiéndose como factor determinante del efecto o efectos. En nuestro estudio transversal se revisaron todos los eventos de forma simultánea, con una mirada hacia atrás. El suponer que unos anteceden al otro en este binomio, se hizo de acuerdo a datos provenientes de otros estudios descriptivos previos, así como de conclusiones a partir de la observación cotidiana de la realidad objeto de análisis. (Salthouse & Schoeder, 2004).

2.3 DESLIZAMIENTOS.

Un deslizamiento es un movimiento pendiente abajo de una masa de tierra o roca que se produce en superficies de rotura o en zonas relativamente delgadas de intensa deformación de corte. Inicialmente, los movimientos no se producen simultáneamente en el conjunto de lo que finalmente se convierte en la superficie de rotura; el volumen del material desplazado aumenta desde una zona de falla local.

Derrumbe rotacional.

Éste es un deslizamiento de tierra en el que la superficie de rotura se curva hacia arriba (en forma de cuchara) y el movimiento del deslizamiento es más o menos de rotación alrededor de un eje que es paralelo al contorno de la ladera. En ciertas circunstancias, la masa desplazada puede moverse como una masa relativamente cohesionada a lo largo de la superficie de ruptura con poca deformación interna. La cabeza del material desplazado puede moverse casi verticalmente hacia abajo y la superficie superior del material desplazado puede inclinarse hacia atrás hacia la escarpa. Si la rampa es de rotación y tiene varios planos paralelos curvas de movimiento, se le llama depresión.

Incidencia

Debido a que los deslizamientos de rotación se presentan con mayor frecuencia en materiales homogéneos, son los deslizamientos más comunes en los materiales “de relleno”.

Tamaño / rango relativo

Asociado con pendientes que varían entre 20 y 40 grados. En los suelos, la superficie de rotura en general tiene una relación entre profundidad y longitud entre 0,3 y 0,1.

Velocidad de desplazamiento (velocidad de movimiento)

Extremadamente lenta (menos de 0,3 metros o 1 pie cada 5 años) a moderadamente rápida (1,5 metros o 5 metros por mes) a rápida.

Mecanismo provocador

Lluvias intensas y (o) sostenidas o el deshielo rápido pueden dar lugar a la saturación de las laderas y al aumento de los niveles de aguas subterráneas en la masa; caídas rápidas en el nivel del río después de las inundaciones, aumento de los niveles de agua subterránea como resultado del llenado de los depósitos, o el aumento del nivel de los arroyos, lagos y ríos, causan erosión en la base de las laderas. Estos tipos de deslizamientos también pueden ser inducidos por el terremoto.

Efectos (directos o indirectos)

Pueden ser muy perjudiciales para las estructuras, carreteras, y líneas de vida, pero no suelen ser potencialmente mortales si el movimiento es lento. Las estructuras situadas en la masa en movimiento también pueden verse gravemente dañadas cuando la masa se inclina y se deforma. El gran volumen de material que se desplaza es difícil de estabilizar de forma permanente. Estas fallas pueden dañar los ríos, causando inundaciones.

Medidas de mitigación

Se puede aplicar control instrumental para detectar el movimiento y la velocidad de movimiento. Las vías de drenaje interrumpidas deben ser restituidas o rediseñadas para evitar la acumulación futura de agua en la masa de los deslizamientos. Una clasificación adecuada y la ingeniería de las pendientes, siempre que sea posible, reducirán el riesgo considerablemente. La construcción de muros de contención en la punta puede retrasar o desviar el movimiento de la tierra; sin embargo, los derrumbes que caen por encima de dichas estructuras pueden rebasar tales estructuras de retención a pesar de estar bien construidas.

Previsibilidad

Los deslizamientos históricos se pueden reactivar. Las grietas en los techos (cabezas) de las laderas son buenos indicadores de la iniciación de una falla. Las figuras 7 y 8 muestran un esquema y una imagen de un derrumbe de rotación.

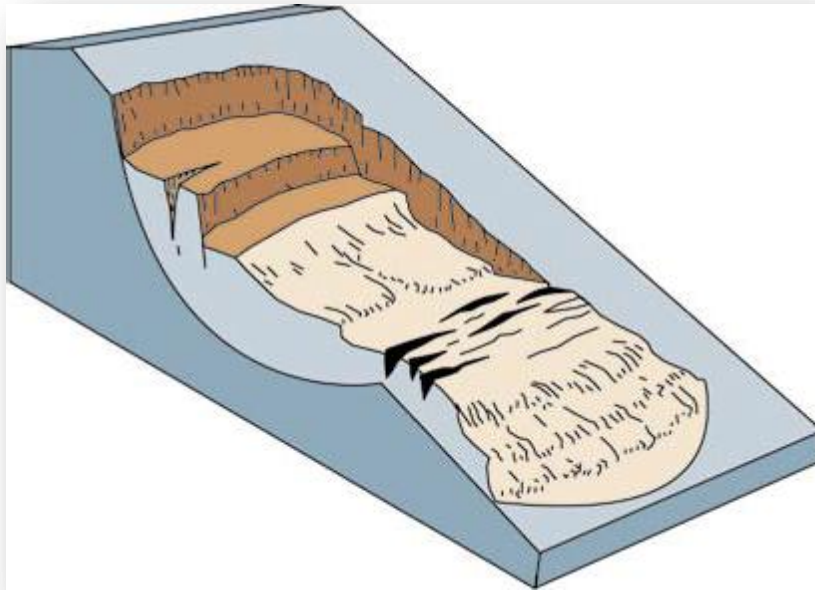


Figura 2. 15. Esquema de un deslizamiento de rotación. (Esquema modificado de referencia 9.)

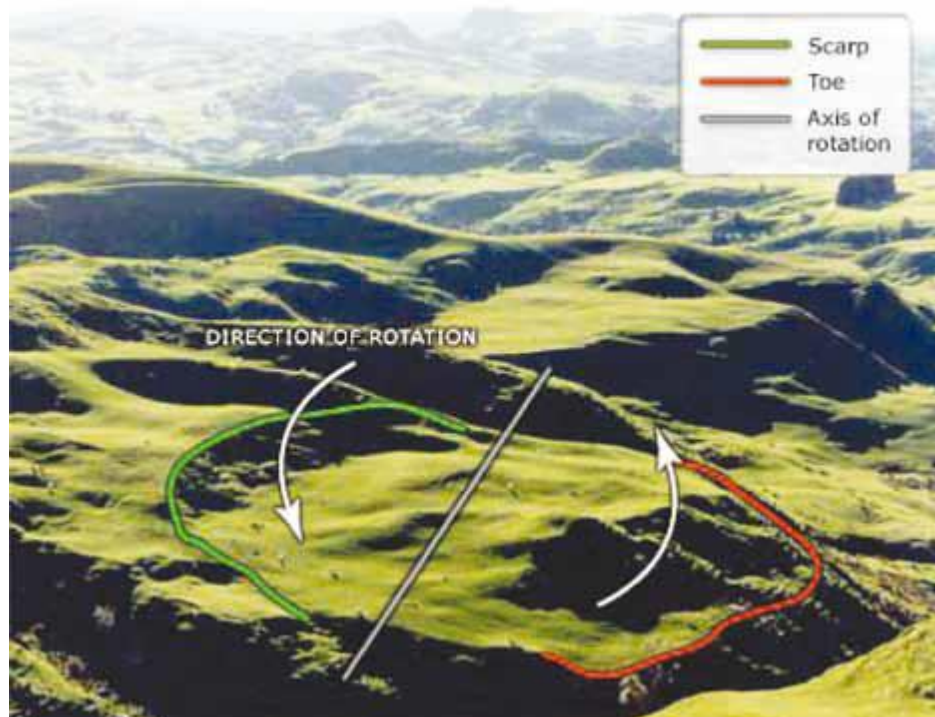


Foto 2. 18 Fotografía de un deslizamiento de tierra de rotación que se produjo en Nueva Zelanda. La curva verde en el centro izquierda se encuentra la rampa (la zona donde el terreno ha fallado). El suelo en la parte inferior derecha (en la sombra) es el pie del deslizamiento de tierra (línea roja).

Esto se llama un deslizamiento de rotación que la tierra se mueve de izquierda a derecha en una superficie curva deslizante. La dirección y eje de rotación también están representados. (Fotografía de J. Michael Crozier, Enciclopedia de Nueva Zelanda, actualizado 21 de septiembre 2007.).

Deslizamiento de traslación

La masa en un derrumbe de traslación se mueve hacia afuera, o hacia abajo y hacia afuera, a lo largo de una superficie relativamente plana con poco movimiento de rotación o inclinación hacia atrás. Este tipo de deslizamiento puede avanzar distancias considerables si la superficie de rotura está lo suficientemente inclinada, a diferencia de los deslizamientos de rotación, que tienden a restablecer el equilibrio de los deslizamientos. El material del deslizamiento puede variar de suelos sueltos, no consolidados, a placas extensas de roca, o ambos. Los deslizamientos de traslación suelen fallar a lo largo de discontinuidades geológicas tales como fallas, juntas, superficies de los lechos o el contacto entre la roca y el suelo.

Incidencia

Uno de los tipos más comunes de deslizamientos de tierra en todo el mundo. Se encuentran a nivel mundial en todo tipo de ambientes y condiciones.

Tamaño / rango relativo

En general, son menos profundos que los deslizamientos de rotación. La superficie de ruptura tiene una relación de distancia a longitud inferior a 0,1 y puede ir desde fallas pequeñas (del tamaño de un lote residencial) a deslizamientos de tierra regionales muy grandes que tienen kilómetros de ancho.

La velocidad de los desplazamientos

El movimiento puede ser lento inicialmente (5 pies por mes o 1,5 metros por mes), pero muchos tienen una velocidad moderada (5 pies por día o 1,5 metros por día) a extremadamente rápida. Al aumentar la velocidad, la masa aplastante de las fallas de traslación puede desintegrarse y convertirse en un corriente de escombros.

Mecanismos disparadores

Son principalmente las lluvias intensas, el aumento en el agua subterránea dentro del deslizamiento debido a las lluvias, el deshielo, las inundaciones o el anegamiento

debido al riego, las fugas en los tubos o las perturbaciones causadas por la actividad humana tales como el socavamiento. Este tipo de deslizamientos de tierra puede ser inducido por terremotos.

Efectos (directos o indirectos)

Al principio, los deslizamientos de traslación pueden ser lentos, dañando las propiedades y (o) las comunicaciones; en algunos casos pueden cobrar velocidad y causar la muerte. También pueden formar presas en los ríos, provocando inundaciones.

Medidas de mitigación

Un drenaje adecuado es necesario para evitar que se deslice o, en el caso de una falla existente, para evitar una reactivación del movimiento. Entre las medidas correctivas están la nivelación, la terracería y el drenaje y los muros de contención. Soluciones más sofisticadas en la roca son las anclas, pernos y pasadores, que en todas las situaciones es preferible aplicar a través de profesionales. Los deslizamientos de traslación en pendientes moderadas a fuertes son muy difíciles de estabilizar permanentemente.

Previsibilidad

Existe una alta probabilidad de que ocurran repetidamente en las zonas donde se han producido en el pasado, incluidas las zonas sujetas a frecuentes terremotos fuertes. La ampliación de grietas en la cabeza o protuberancia de la punta puede ser un indicador de falla inminente. Figura 2.16 y foto 2.20 muestran un esquema y una imagen de un deslizamiento de tierra de traslación.

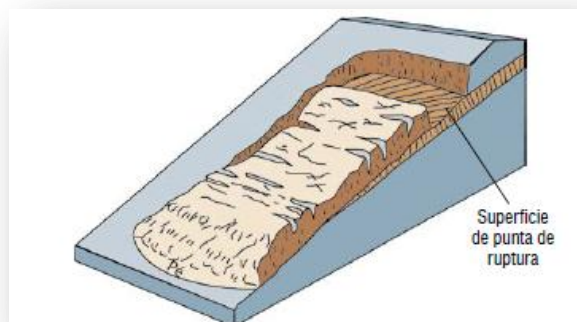


Figura 2. 16. Esquema de un deslizamiento de traslación.



Foto 2. 19 Un deslizamiento de traslación que se produjo en 2001 en el Valle del Río Beaton, Columbia Británica, (Fotografía deRéjeanCouture).

2.4 MÉTODOS SUGERIDOS PARA REDUCIR EL RIESGO.

a Educación, Concientización y Capacitación Sobre Riesgos.

En esta sección se proponen algunas medidas simples que puede tomar el propietario de una casa o que puederecomendar un administrador de emergencias para ayudar a las personas a mitigar los efectos de la erosión, que en muchoscasos puede dar lugar a corrientes de escombros y algunos deslizamientos de tierra.

Las figuras (2.17 y 2.18)que siguen muestran esquemas de técnicas de mitigación de corrientes de escombrosque pueden ser útiles para proteger las estructuras. Las ilustraciones son modificaciones de las que se encuentran en la Referencia 20, un folleto publicado para los propietarios de Los Ángeles, California, EE.UU., por el Departamento de ObrasPúblicas del Condado de Los Ángeles, que muestra una metodología sencilla para

reducir los peligros de las inundaciones, la erosión y los deslizamientos. (L.M. & Bobrowsky, 2008).



Figura 2. 17: Esquema de una casa sin protección, en el trayecto de un flujo de escombros y (o) “alud de lodo”. Los métodos sugeridos para reducir el riesgo de las corrientes de escombros se muestran en la figura 2.16.

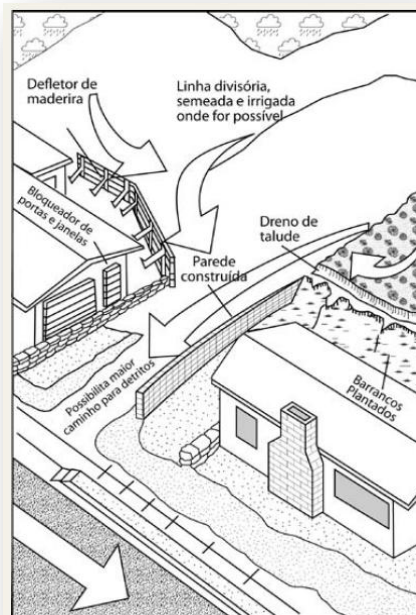


Figura 2.18: Ejemplo esquemático de una casa dotada de estructuras de protección. Muestra la construcción de muros y cercas de deflexión de escombros. Debido a la fuerza extrema del impacto asociado con algunas corrientes de escombros, estas y otras estructuras deben diseñarse y construirse cuidadosamente.

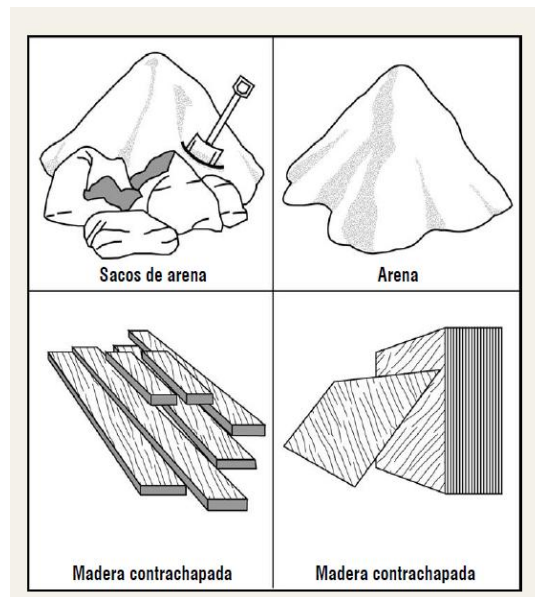


Figura 2. 19: Esquema de materiales típicos, que se consiguen en muchas regiones del mundo, para ayudar a reducir los daños causados por las inundaciones / corrientes de escombros fuertes.

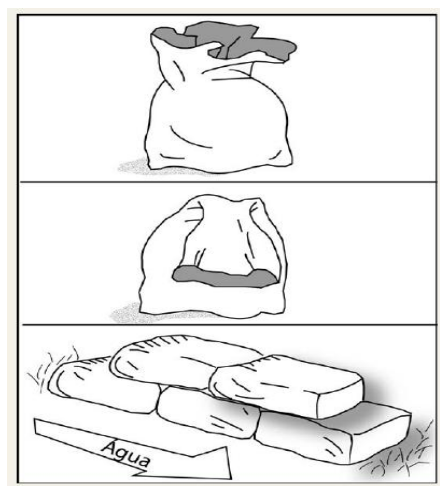


Figura 2. 20: Los sacos de arena sirven básicamente para proteger contra corrientes bajas de hasta 0,6 metros (2 pies). Para proteger de corrientes más altas se necesita una estructura de tipo más permanente. Cabe señalar que los sacos de arena no impermeabilizan para impedir la entrada del agua.

El material ideal para sacos de arena es la arena. Las bolsas no se deben llenar con astillas de madera, papel, basura u otros materiales. Los sacos de paja llenos de arena y tierra se deterioran al quedar expuestos durante varios meses a humedecimiento y secado constante. Si las bolsas se colocan demasiado pronto, pueden no ser eficaces cuando se necesiten.

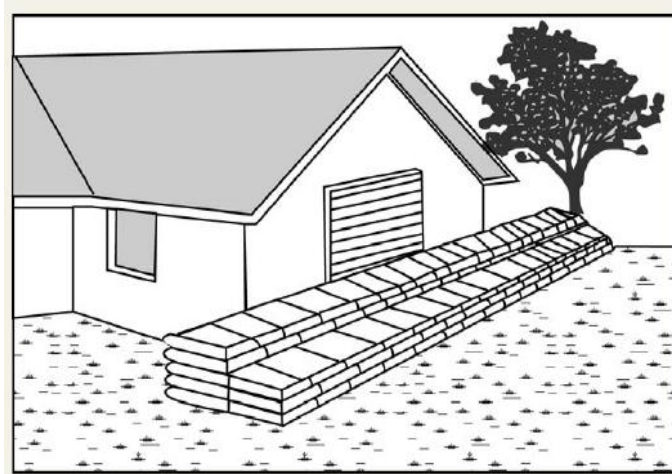


Figura 2. 21: Esquema típico para la colocación de sacos de arena para la protección de las casas (la distribución y la orientación pueden variar según las situaciones individuales).

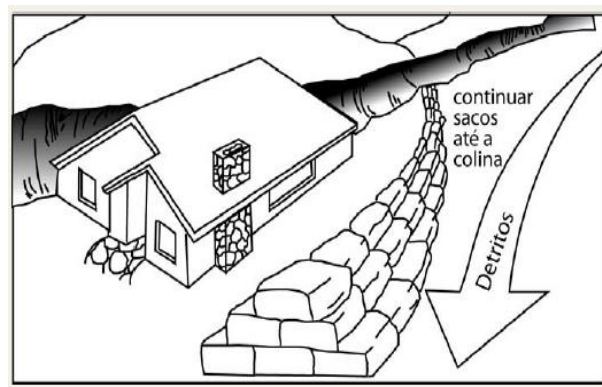


Figura 2. 22: Los sacos de arena para ayudar a desviar los escombros de los edificios.

Precaución: No es aconsejable usar paja o pacas de heno en vez de sacos de arena. No trabajan tan bien como los sacos de arena y pueden ser arrastrados por el agua.

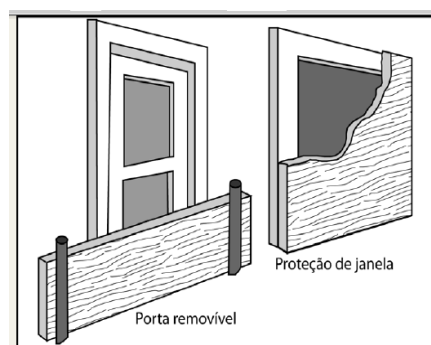


Figura 2. 23: Protección típica de ventanas y puertas usando madera desmontable

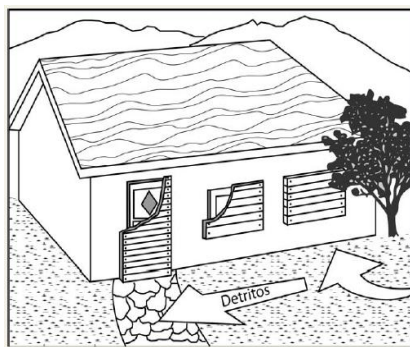


Figura 2. 24:Clavado de madera contrachapada o madera para la protección de ventanas y puertas. Límite de 1/2 estaca a deflector de escombros de 3 pies de alto - tierra compactada para ofrecer más resistencia

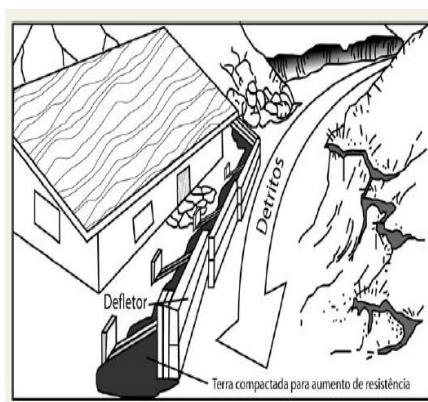


Figura 2. 25:Deflector de madera, que es más permanente que los sacos de arena.

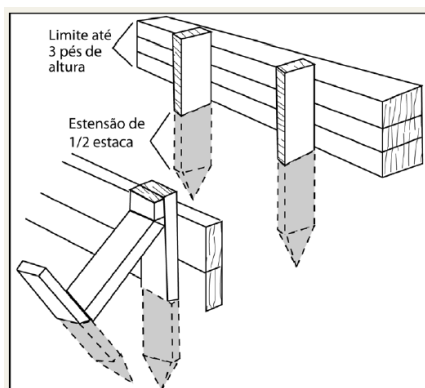


Figura 2. 26: Primer plano esquemático de técnica de instalación de un deflector de madera.

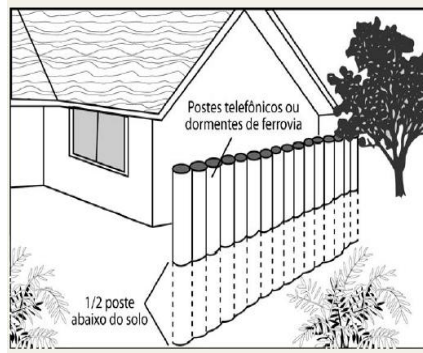


Figura 2. 27: Una alternativa de los deflectores de la madera – secciones de poste de teléfono o durmientes de ferrocarril.

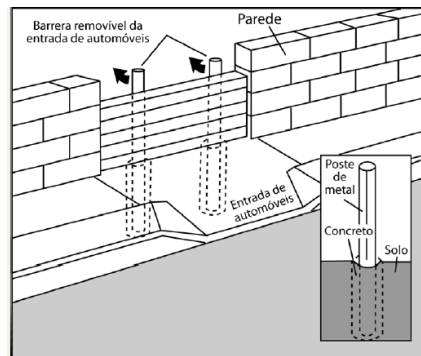


Figura 2. 28: Barrera de camino de entrada desmontable. Los postes de metal se pueden quitar y poner, según sea necesario, ya que entran flojos en cubiertas de concreto en el suelo.

Cosas básicas que hay que recordar en cuanto a mitigación y respuesta a las corrientes de escombros y otros peligros de deslizamiento / Respuesta a emergencias.

Los sacos de arena, las herramientas y las hojas de plástico pueden ser útiles durante las lluvias fuertes (el plástico puede utilizarse para proteger e impermeabilizar algunos artículos). Téngalos siempre disponibles, siempre que sea posible. Ayude a otros en la comunidad que tal vez no sean capaces de reforzar sus viviendas, como los discapacitados o los ancianos. Eduque a los niños en técnicas de mitigación. Las técnicas de mitigación son más efectivas cuando las usan tantos miembros de una comunidad como sea posible.

- Si surgen grietas poco usuales, hay asentamiento o deslizamiento de tierras, se recomienda que la gente consulte a un agente municipal (por ejemplo un administrador de emergencias) y (o) un ingeniero civil o geólogo calificado tan pronto como sea posible.

- Se sugiere que no se alteren las laderas o zonas de drenaje sin el asesoramiento de expertos. Siempre es aconsejable consultar a un profesional o alguien con experiencia en este tipo de trabajo.
- El drenaje normal de la propiedad corre por lo general hacia a la calle o un dispositivo de drenaje aprobado. Al diseñar los jardines, los propietarios u otras personas deben evitar interrumpir los pasos naturales de las corrientes creados cuando se niveló originalmente la propiedad. Obstrucciones tales como patios, aceras no se deben colocar en surcos laterales a menos que se instale un método alternativo de drenaje.
- Coloque ilustraciones en forma de esquemas sencillos en lugares públicos, para ayudar a la población a aplicar técnicas de mitigación.
- Es aconsejable contar con un plan de respuesta a emergencias para la evacuación y el reasentamiento de las poblaciones amenazadas por riesgos de derrumbes. Por lo general, conviene asegurarse de que todos conozcan de estos procedimientos.

2.4.1 Transferencias de Riesgos.

Los desastres extremos están caracterizados por la ocurrencia de fenómenos de baja frecuencia y alta severidad, además de la dificultad para predecir el momento y el lugar de su ocurrencia. Por sus características, las pérdidas que esos eventos generen pueden causar graves impactos a una comunidad, ciudad o nación.

Los municipios y las entidades territoriales según el caso tienen el deber legal de prevenir los riesgos especialmente contra eventos previsibles, a veces producto de la ineficiencia de los servicios públicos a su cargo. Con base en los resultados de los análisis de riesgo los municipios, corporaciones, empresas de servicios públicos, etc., deben tomar las medidas administrativas o judiciales con el objeto de minimizar o eliminar el riesgo a la pérdida de vidas humanas o bienes materiales.

En una situación de riesgo inminente debido a lluvias intensas por ejemplo, se puede obligar a un morador a salir de su casa de habitación incluso con el uso de la policía, si es necesario y el Municipio debe velar por la seguridad de los bienes abandonados en virtud de esta relocalización para prevenir saqueos, por ejemplo. Superada la situación de riesgo el Municipio debe autorizar el regreso de los moradores y exigir la realización de las obras de seguridad, de acuerdo a las responsabilidades de cada entidad o personas.

Generalmente estas obras deben ser realizadas por los propios Municipios. En el caso de riesgo grave se puede recurrir a declaratoria de “Emergencia Manifiesta”, la cual lleva herramientas administrativas que permiten agilidad en la contratación de consultoría y construcción de obras de prevención y control. En el caso de riesgo localizado se deben identificar los puntos y las áreas de riesgo dentro de una determinada área estudiada. Además, se debe definir si se trata de un riesgo emergente o de un riesgo permanente o a largo plazo.

En el caso de una situación de emergencia se deben tomar decisiones en forma inmediata para eliminar o reducir determinada situación de riesgo localizado, debido a la inminencia de los procesos de inestabilización, especialmente cuando la emergencia coincide con el periodo lluvioso.

Las soluciones pueden estar destinadas a relocalizar preventivamente a los habitantes o a construir obras inmediatas de emergencia, las cuales dependen de la claridad técnica que se tenga de la amenaza y la posibilidad técnica o material para la construcción de obras adecuadas de control. (Leroi, 1996).

Financiación humanitaria

Durante un desastre, las capacidades de un país pueden encontrarse disminuidas, ya sea por los efectos del desastre o por déficit de recursos o medios, requiriendo un soporte complementario por parte de sistemas, gobiernos, organizaciones internacionales, (Organismos No Gubernamentales) ONG y empresa privada. Este tipo de ayuda debe ser canalizada en forma adecuada para que su impacto sea mayor. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2013-2014)

A continuación se detallan las principales herramientas de financiamiento de carácter global:

a. Llamamiento de ayuda internacional – Flash Appeal

El Llamamiento de Ayuda Internacional es una herramienta para estructurar la respuesta humanitaria coordinada para los primeros seis meses de un desastre. Los Llamamientos están asociados a un plan de respuesta temprana estratégica y de proyectos específicos formulados dentro de 5-7 días de producido un desastre. De existir incertidumbre sobre la evolución del evento se puede trabajar en función de los escenarios más probables y las estrategias de respuesta para cada uno de ellos. Alrededor del mes de ser formulados, los Llamamientos de Ayuda son revisados en función de la información disponible.

El Llamamiento sirve de base para las solicitudes de financiación internacional a través de diferentes fondos, aportes de gobiernos, donaciones, etc. El Coordinador Residente de Naciones Unidas, en el país afectado, en acuerdo con el Sistema Nacional y con el apoyo de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas – (Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios – Naciones Unidas) OCHA, realiza el llamamiento / convocatoria con base en la información y consulta con los actores humanitarios presentes en la respuesta.

En los llamamientos se incluyen proyectos de las agencias de Naciones Unidas, organizaciones internacionales y ONG. En principio, la Sociedad Nacional de Cruz Roja puede ser parte del Llamamiento como asociado de una agencia de Naciones Unidas; las estructuras gubernamentales no pueden aplicar en forma directa a los fondos, pero pueden ser socios de agencias de Naciones Unidas y ONG.

b. Fondo Central de Respuesta a Emergencia –CERF

El CERF es un fondo humanitario establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas del 2006 que permite de manera oportuna y efectiva habilitar la asistencia humanitaria a los afectados por desastres y conflictos armados.

El CERF dispone de un mecanismo de subvención de USD 450 millones y facilidades de crédito de USD 50 millones. En forma anual, el fondo se repone con las donaciones del sector privado y de gobiernos.

Dos tercios de los fondos CERF son destinados a la respuesta rápida en las primeras 72 horas de recibida una solicitud del Coordinador Residente; el tercio restante se distribuye a través de una 'ventana de financiamiento' en dos rondas por año para programas en los que se demuestre una brecha importante entre necesidades y fondos disponibles.

2.4.2 Señales y Dispositivos para Zonas de Riesgos.

Propósito fundamental es informar y orientar a la población a través de señalización sobre todo en las áreas de mayor influencia por fenómenos de origen natural o socio natural sobre las zonas de amenazas, zonas de prohibido el paso, zonas de seguridad, albergues y refugios, así como las rutas para salir de la zona expuestas a amenazas y llegar a las zonas de seguridad.



Foto 2.20. Señal de zona de derrumbes. Tramo Colibrí –Pifo

Fuente Propia, 17 Agosto 2014.

Señales de zonas de amenazas.

Estas señales indican la presencia de potenciales peligros producidos por amenazas naturales. (INEN, 2002)

- Pictograma negro sobre fondo amarillo retroreflectivo.
- Texto negro sobre fondo blanco retroreflectivo, con borde color negro



Figura 2. 29: Zona de caída de Ceniza SGR1v1 Zona de Flujos de Lodo SGR1 v2



Figura 2. 30: Zona de Flujos Piroclásticos SGR1 v3 Zona de flujos de LavaSGR1 v4



Figura 2. 31: Zona de amenaza de Tsunami SGR1 t1 Zona de amenaza de Derrumbes SGR1 d1



Figura 2. 32: Zona de amenaza de Deslizamientos SGR1d2 Zona de amenaza de Inundación SGR1 i1



Figura 2. 33: Zona de amenaza de Incendio Forestal SGR1 f1

2.4.3 Control de derrumbes en tiempo real e instrumentación empleada en los derrumbes.

La detección inmediata de la actividad de deslizamiento de tierra que proporcionan los sistemas de tiempo real puede ser crucial para salvar vidas humanas y proteger la propiedad. Observaciones de campo tradicionales, incluso si se hacen con regularidad, no pueden detectar los cambios en el momento que ocurren. Por otra parte, puede ser peligroso trabajar en deslizamientos activos y los grandes movimientos ocurren a menudo durante las tormentas cuando la visibilidades mala.

Los datos continuos proporcionados por el seguimiento a distancia entiempo real permiten una mejor comprensión del comportamiento dinámico del deslizamiento de tierra que, a su vez, permite a los ingenieros crear diseños más eficaces para prevenir o detener los deslizamientos. El seguimiento de los deslizamientos puede ser costoso y la mayoría de los sistemas de control requiere la instalación por expertos. La ventaja es que los sistemas que detectan el movimiento de los deslizamientos de tierra se pueden coordinar con los sistemas de alerta.



Foto 2.21. Medición del movimiento de los deslizamientos utilizando un extensómetro, un instrumento que puede detectar el movimiento de la superficie del suelo entre el suelo estable y el deslizamiento de tierra. (Fotografía de Richard Lausín, Servicio Geológico de los Estados Unidos.)



Foto 2.22 Prueba de un sistema de monitoreo accionado por energía solar para la transmisión a distancia de datos sobre deslizamientos de tierra en tiempo real. (Fotografía de Mark Reid, Servicio Geológico de los Estados Unidos).

2.4.4 Tecnología satelital aplicaciones de GPS.

Hoy por hoy nuestro País cuenta con muy valiosa tecnología que está al alcance de la mayoría, quien no cuenta con un teléfono celular el cual tiene incorporado un GPS. Aprovechemos las aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería.

En el medio se han desarrollado sistemas para la incorporación de Sistema de Información Geográfica (GIS) en los navegadores satelitales de mano (GPS). Esto le permite al usuario "llevar el GIS" y visualizarlo permanentemente, extrayendo o incorporando la información según sea necesario. Pero además, como el GPS se posiciona instantáneamente en coordenadas, el usuario visualizará su posición dentro del GIS y la información que incorpore quedará automáticamente situada en su posición correcta. Luego mediante una interface incluida en el equipo podrá bajar a la PC toda la información recogida en forma directa.



Foto 2. 23: Navegador Satelital (GPS)

Si a estos usos se le agrega la posibilidad de cargar la cartografía de la zona, (Ruta y caminos, eje de calles, arroyos y lagunas, curvas de nivel, estaciones d servicio, etc) le dará al usuario la ubicación geográfica a tiempo real, aumentando considerablemente las prestaciones del equipo.

Implementado el sistema, podrá:

- Contar con un equipo portátil (GPS), en la oficina o en el lugar de las obras, cargado con la cartografía local y todo el GIS referente a su propio servicio, cañerías o redes aéreas o subterráneas, componentes de la misma, interferencias, inventario, etc. con toda la información asociada a cada elemento

- Relevar las modificaciones o nuevos elementos de la red y mantener actualizado el Gis del servicio bajando la información a PC.
- Seleccionar alfabéticamente y ubicar geográficamente cualquier elemento del servicio y obtener su descripción, características o información sobre el mismo

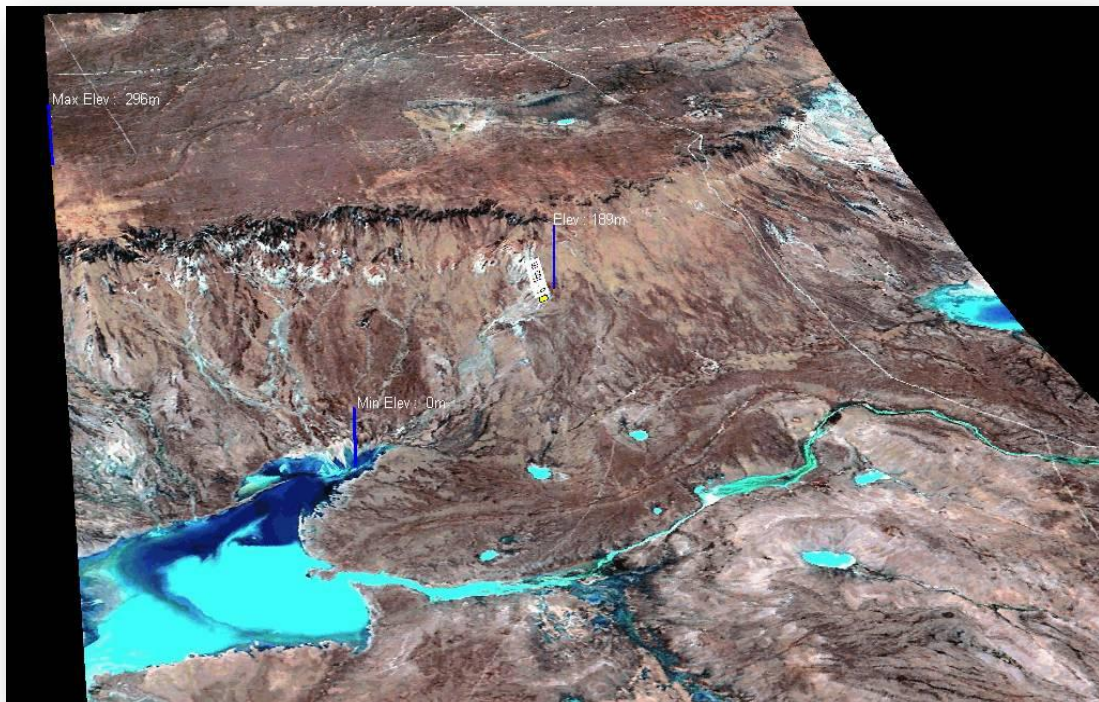


Foto 2. 24: Cartografía GIS para navegadores satelitales, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería.

Es importante recalcar que usando el sistema GIS nos proporciona mucha información de zonas afectadas por deslizamientos.

Uno de los objetivos fundamentales es ayudar a prevenir los riesgos que se pueden generar antes, durante y después de un evento de peligro sea cual sea este.

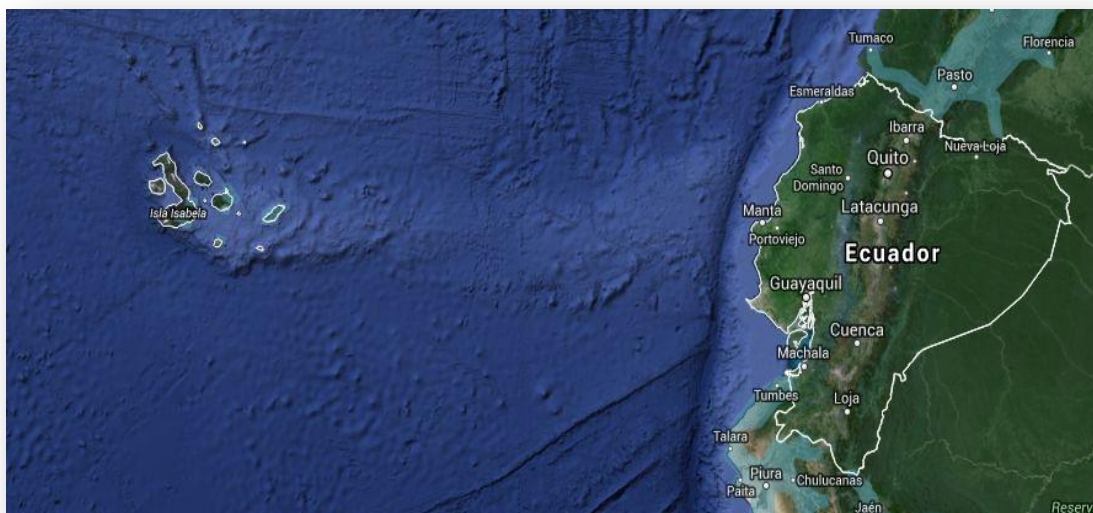


Foto 2. 25: Rastreo satelital GIS, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería.

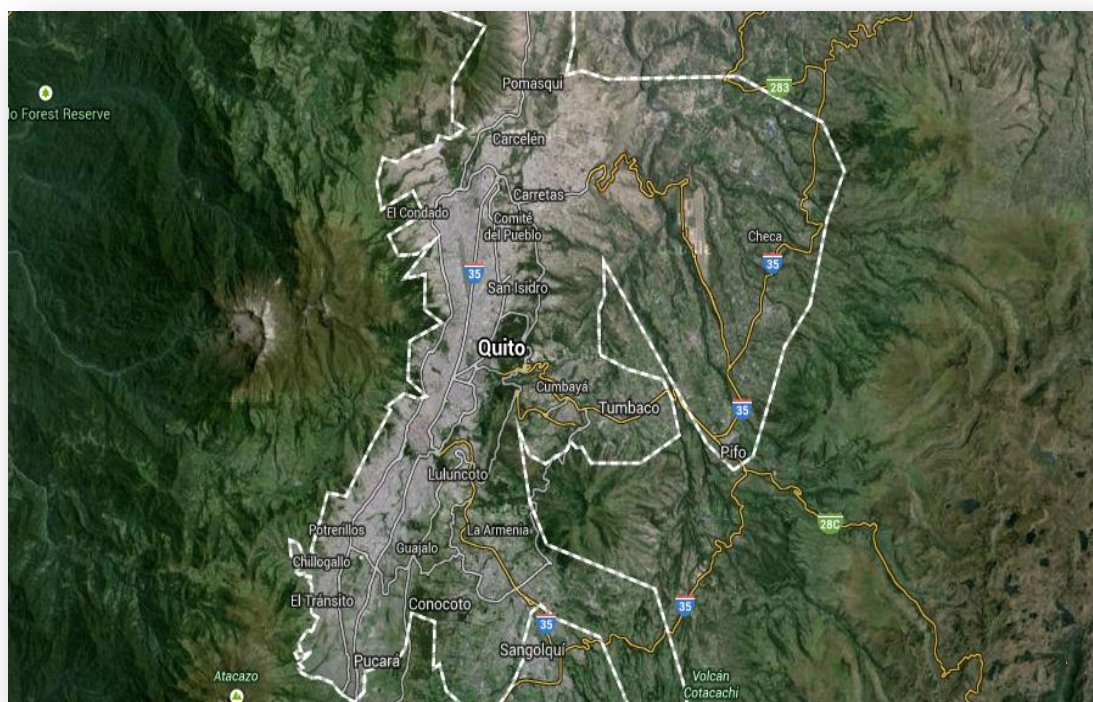


Foto 2. 26: Rastreo satelital GIS provincia de Pichincha, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería

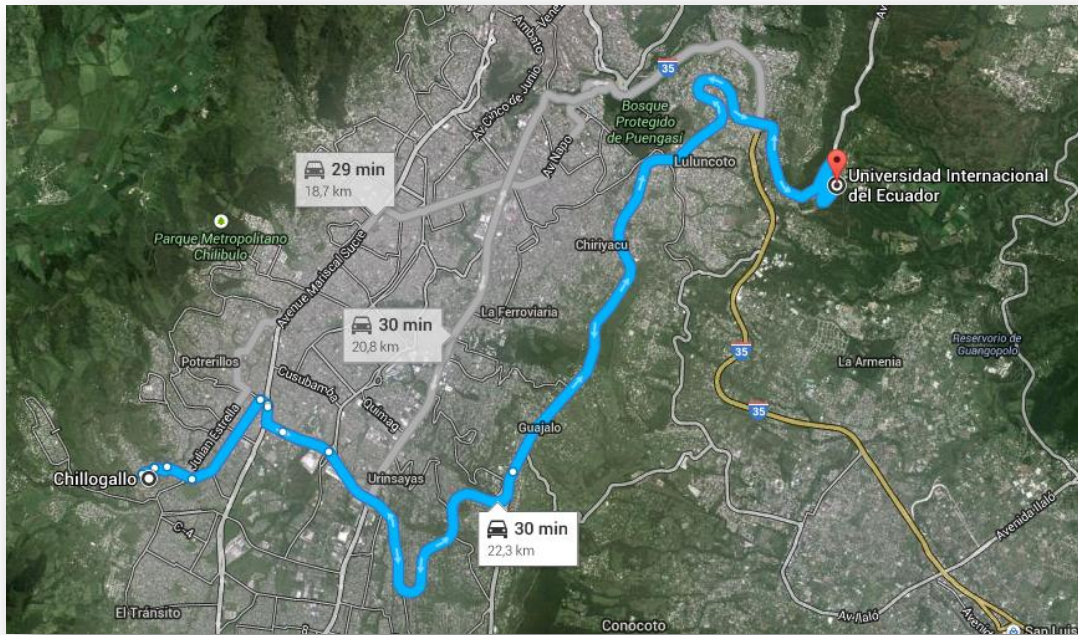


Foto 2.27: Rastreo satelital GIS desde Chillogallo hacia la Universidad Internacional del Ecuador UIDE, tecnología satelital y aplicaciones de GPS a proyectos de ingeniería

Hoy en día quien no hace uso de un teléfono celular y todo equipo posee de un sistema de GPS. Aprovechémonos de ese tipo de aplicaciones para utilizarlos como sistema de alarma en eventos telúricos y de deslizamiento de taludes, como por ejemplo ya existen aplicaciones de ubicación de tráfico, policías, accidentes, cámaras, etc. Así mismo podemos valernos de la tecnología y usar aplicaciones que nos sirvan como alarmas para prevenir un deslizamiento de talud.

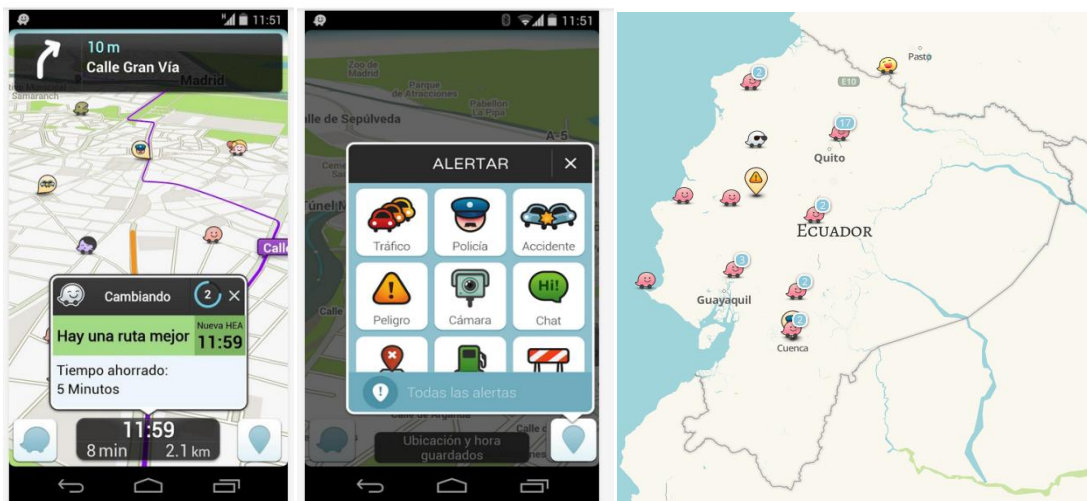


Figura 2. 34: Aplicación GPS para celulares

2.5 ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA Y DESASTRE

2.5.1 Prevención ante el Desastre.

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada.

Tabla 2.9 PREVENCIÓN Y VULNERABILIDAD(Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Disuación con medidas coercitivas	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado.	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo
Códigos técnicos	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.	Se requiere de una entidad que los haga cumplir
Aviso y alarma	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente, se aplica después de ocurrido el desastre.

2.5.2 Sistema de Alerta Temprana

Un Sistema de Alerta Temprana es un conjunto de elementos que operan de manera interrelacionada para alertar a la población ante el riesgo de ocurrencia de una inundación o deslizamiento para que sus efectos puedan ser minimizados o evitados, al conocerse el evento con cierta anticipación.

El propósito fundamental de un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones es proporcionar a los habitantes una herramienta que les permita reaccionar con la debida antelación ante una inminente inundación, para salvaguardar la vida y bienes propios.

Ello se logra mediante la medición de ciertas variables meteorológicas e hidrológicas en distintos lugares en la cuenca (lluvia, niveles o caudales de ríos, etc.) en tiempo real y su transmisión en forma “on-line” a un centro de procesamiento, donde mediante el uso de

modelaciones matemáticas de la cuenca y el río se puede anticipar la evolución de una inundación. Estas modelaciones podrían incluir también el uso de pronósticos ajustados en base a los datos que se están midiendo en la cuenca. Estos sistemas admiten distintos grados de automatización de modo de ayudar de la manera más rápida posible a quienes deben tomar decisiones para salir a atender la emergencia.

Esta información podemos adquirirla en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI” **(El objetivo principal de un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones es conocer, con algunas horas de anticipación, el riesgo de inundación derivada de un evento climático o hidrológico particular, detectando la localización y magnitud de la eventual inundación.)**

El sistema de alerta finalmente debe quedar integrado a otra serie de componentes que permiten actuar ante la ocurrencia del evento. La figura 2.35 sobre dichos componentes, esto es la recolección, transmisión, almacenamiento y procesamiento de información para obtener resultados anticipados de la inundación y su vinculación con el sistema de respuesta.



Figura 2. 35: Sistema de Alerta Temprana.

Tabla 2. 10 SISTEMA DE ALERTA (INAMHI, 2013)

Nivel de alerta	Descripción
Verde	Evento cuya potencial ocurrencia se prevé.
Amarilla	Inminente ocurrencia de un evento que causará daño en la localidad.
Roja	Ocurrencia de evento que genera daños a la población, los bienes y/o el medio ambiente.

2.5.3 Evaluación y Comunicación del peligro de Deslizamientos.

En todo el mundo, la información sobre deslizamientos de tierra varía en su cantidad y complejidad y la calidad va desde inventarios detallados de los deslizamientos del pasado y la susceptibilidad resultante y los mapas de peligrosidad a ninguna información en absoluto. La gente en algunas regiones del mundo tiene memoria colectiva acerca de deslizamientos pasados y sabe dónde son inestables y (o) peligrosas las laderas, y por ello sabe intuitivamente dónde conviene construir o no construir. Sin embargo, en muchas regiones no es fácil detectar las posibilidades de deslizamiento y las fallas de la tierra no se producen de forma regular. Además, algunos mecanismos de desencadenamiento ocurren esporádicamente y tienen un efecto gradual y acumulativo que no se puede observar con facilidad.

2.5.4 Herramientas tecnológicas para la evaluación de deslizamientos de tierra: cartografía, teledetección y seguimiento.

Uno de los principios rectores de la geología es que el pasado es la clave del futuro. Al evaluar los deslizamientos de tierra, esto significa que las futuras fallas de las pendientes podrían ocurrir como resultados de las mismas situaciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas causaron las fallas pasadas y presentes. Con base en este supuesto, es posible estimar el tipo, frecuencia, extensión y consecuencias de las fallas de las pendientes que pueden ocurrir en el futuro. Sin embargo, la ausencia de estos fenómenos en el pasado en una zona específica no niega la posibilidad de futuras fallas. Condiciones inducidas por la

actividad humana, tales como cambios en la topografía natural o las condiciones hidrológicas, pueden crear o aumentar la susceptibilidad de una zona a fallas de las pendientes. Con el fin de predecir los peligros de deslizamientos en una zona, se deben identificar las condiciones y procesos que promueven la inestabilidad y si es posible se deben estimar sus contribuciones relativas a fallas de la pendiente.

Se pueden sacar conclusiones útiles relativas al incremento de la probabilidad de deslizamientos combinando el análisis geológico con conocimiento de las condiciones meteorológicas de corto y largo plazo. La tecnología actual permite a las personas que vigilan los movimientos de tierra definir las regiones más susceptibles a deslizamientos y emitir advertencias y “alertas” que cubren períodos que van de horas a días cuando se presentan las condiciones meteorológicas o los umbrales que aumentan o inician ciertos tipos de deslizamientos de tierra.

2.5.4.1 Análisis de mapas.

El análisis de mapas suele ser uno de los primeros pasos en una investigación de deslizamientos. Entre los mapas necesarios están los del lecho de roca y la geología superficial, la topografía, los suelos, y si es posible, mapas geomorfológicos. Utilizando sus conocimientos de los materiales y procesos geológicos, una persona entrenada puede obtener de esos mapas una idea general de la susceptibilidad. En el anexo 4 al final de este informe contiene una sección sobre los distintos tipos de mapas utilizados en el análisis de deslizamientos de tierra.

a CARTOGRAFÍA LOCAL

Este tipo de cartografía identifica el potencial tridimensional de deslizamientos y considera sus causas. En esta etapa también se da orientación sobre el uso de la tierra, la zonificación y la construcción y se dan recomendaciones sobre futuras investigaciones propias de ese lugar. Las investigaciones deben incluir el trabajo de exploración del subsuelo para producir un mapa con secciones transversales

b TRES IMPORTANTES CRITERIOS PARA LOS MAPAS DE DERRUMBES.

Los tres tipos de mapas de deslizamientos de más gran utilidad para los planificadores y el público en general son:

- Los inventarios de deslizamientos de tierra.
- Los mapas de susceptibilidad a deslizamientos.
- Los mapas del riesgo de deslizamientos de tierra.

c MAPA DE INVENTARIOS DE DERRUMBES

Los inventarios indican las áreas en las que se identifican fallas debidas a procesos de deslizamiento (Figura 2.36). El nivel de detalle de estos mapas va desde los inventarios de reconocimiento simple que sólo delimitan zonas amplias donde parece haber habido deslizamientos hasta inventarios complejos que representan y clasifican cada uno de deslizamientos y muestran escarpes, zonas de agotamiento acumulación, deslizamientos activos e inactivos, la edad geológica, la tasa de movimiento y /u otros datos pertinentes sobre la profundidad y naturaleza de los materiales que intervinieron en el deslizamiento.

Los inventarios simples dan una idea general de la extensión de la zona de ocurrencia de deslizamientos y destacan las zonas donde deberían llevarse a cabo estudios más detallados.

Los inventarios detallados proporcionan una mejor comprensión de los diferentes procesos de deslizamiento de tierra que operan en un área y se pueden utilizar para regular o impedir la urbanización de las zonas propensas a deslizamientos y ayudar al diseño de medidas correctoras. También proporcionan una buena base para la preparación de mapas derivados, como los que indican la estabilidad de los taludes, califican el peligro de derrumbe y sirven para identificar el uso de la tierra. Una forma es utilizar la fotografía aérea con control selectivo del campo para la detección de áreas de deslizamientos y luego presentarla información en forma de mapa usando un formato codificado.

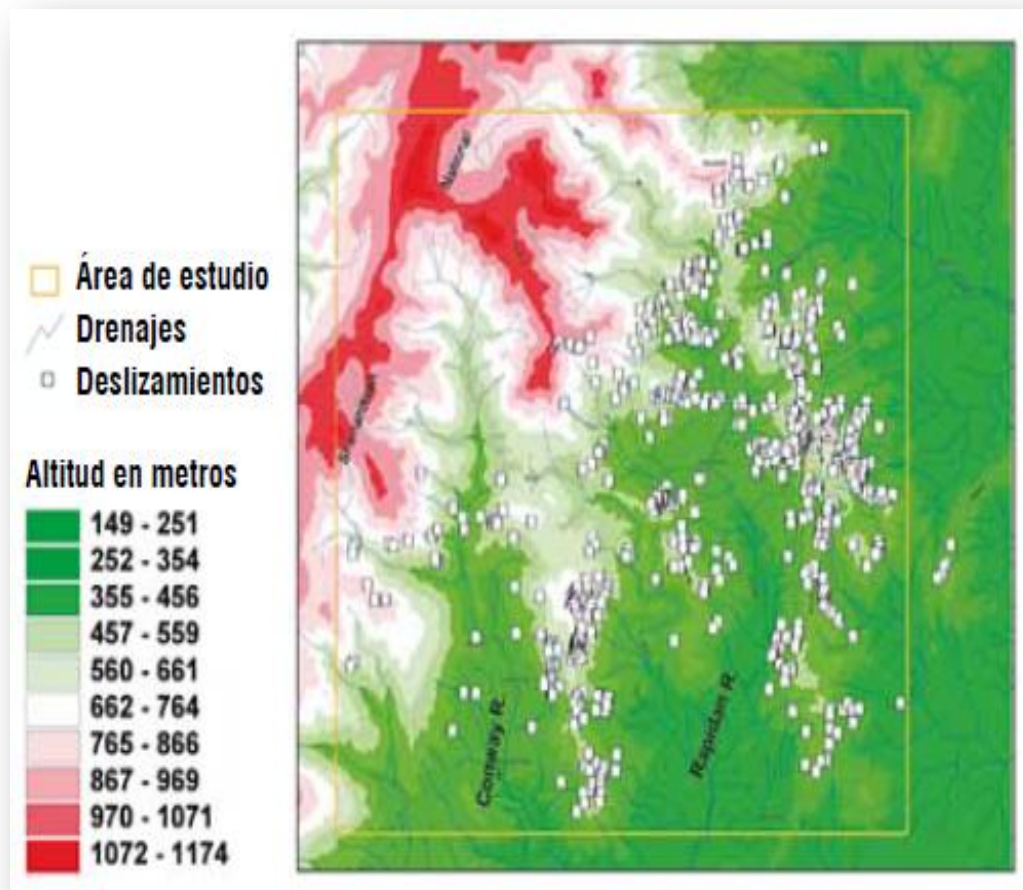


Figura 2. 36: Ejemplo de un mapa de inventario de deslizamientos que muéstralas localizaciones de los deslizamientos del pasado con información topográfica que consiste en la elevación (en metros) y los cursos de drenaje (Mapa del Servicio Geológico de los Estados Unidos).

d MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DERRUMBES

Un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos va más allá de un mapa de inventario y muestra las áreas que tienen el potencial de deslizamientos (Fig. 2.37). Estas áreas se determinan por la correlación de algunos de los principales factores que contribuyen al deslizamiento (tales como laderas escarpadas, unidades geológicas débiles que pierden fuerza cuando se saturan o se perturban y mal drenaje de la roca o el suelo) con la distribución de deslizamientos de tierra del pasado.

Estos mapas indican sólo la estabilidad relativa de la pendiente; no hacen predicciones absolutas. Los mapas de susceptibilidad a deslizamientos pueden considerarse como derivados de los mapas de inventario de deslizamientos debido a que un inventario es esencial para la preparación de un mapa de susceptibilidad. Por ejemplo, superponer un

mapa geológico con un mapa de inventario que preséntalos deslizamientos existentes puede identificar unidades geológicas específicas propensas a deslizamientos. Esta información puede extrapolarse a otras áreas para predecir deslizamientos potenciales. Mapas más complejos pueden incluir información adicional, por ejemplo el ángulo y el drenaje de la pendiente

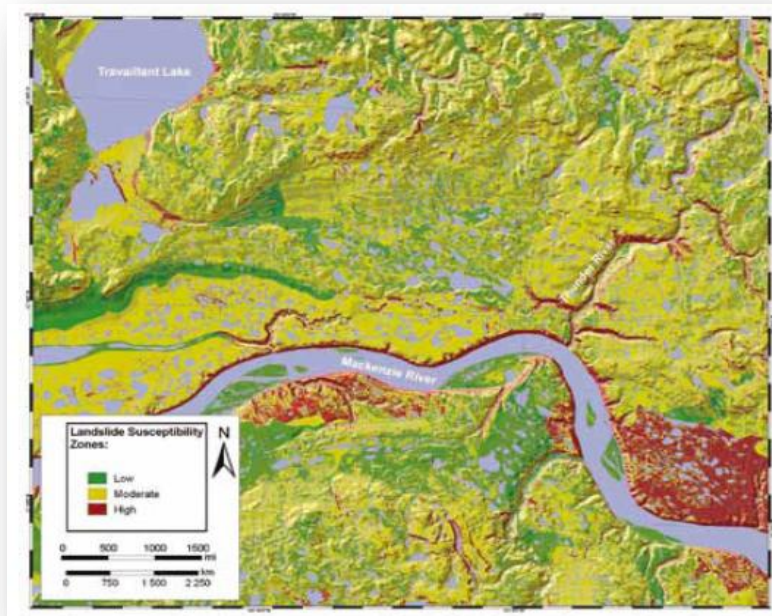


Figura 2. 37: Un ejemplo de un mapa de susceptibilidad a deslizamientos. Este mapa muestra una zona en Canadá, el valle del río Mackenzie, Territorios del Noroeste. Gráfico por Rojean Costure, Servicio Geológico de Canadá.

e MAPAS DEL PELIGRO DE DERRUMBE

Los mapas de riesgo muestran el grado de peligro para los procesos de riesgo (Fig. 2.38): donde han ocurrido en el pasado los procesos de deslizamientos, los sucesos recientes, y lo más importante, el riesgo en diversos sectores de que se produzca un deslizamiento de tierra en el futuro. Para una zona determinada, los mapas de riesgo contienen información detallada sobre los tipos de deslizamientos de tierras, la extensión de la pendiente sujetas a fallas, y la extensión máxima probable del movimiento del suelo. Estos mapas pueden usarse para predecir el grado relativo de riesgo en una zona de deslizamientos. Las áreas pueden ordenarse en una jerarquía, por ejemplo zonas de riesgo bajo, moderado y alto.

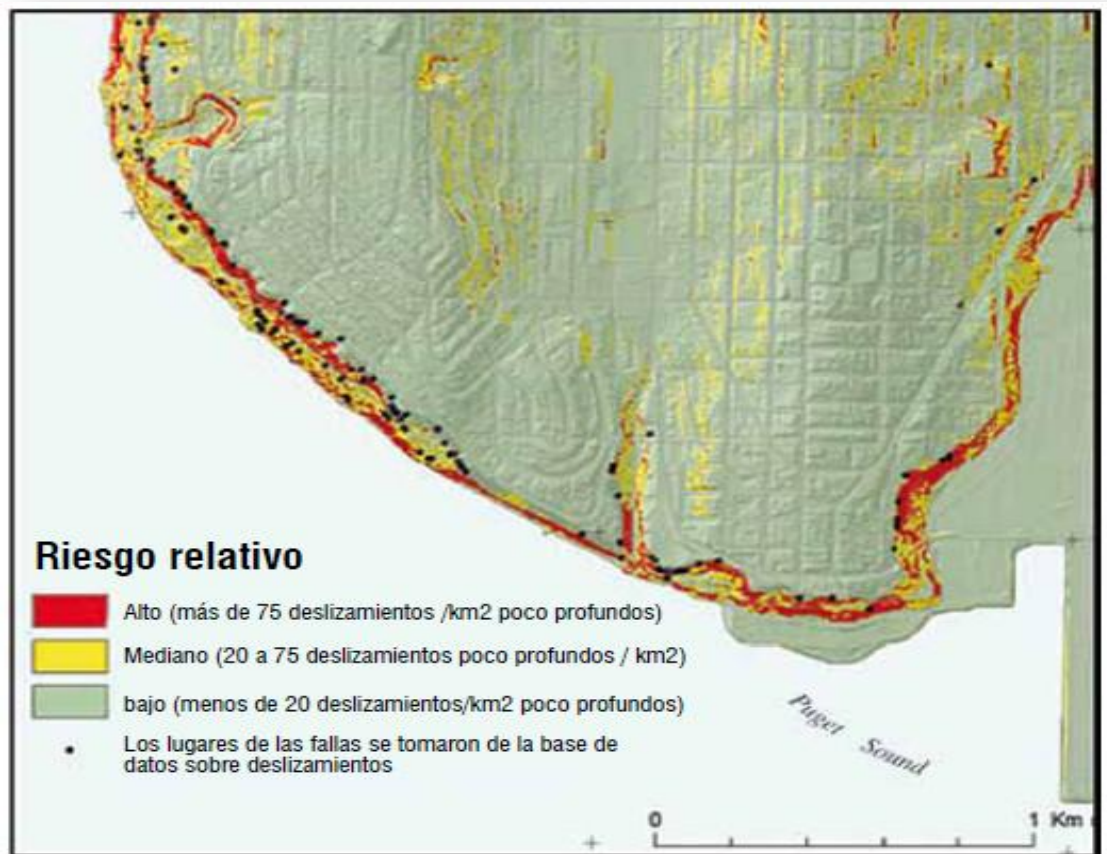


Figura 2. 38: Parte del mapa de riesgo de deslizamientos superficiales que muestra parte de la zona Magnolia de la ciudad de Seattle, Estado de Washington, Estados Unidos, en km².

2.5.4.2 Reconocimiento aéreo

El análisis de las fotografías aéreas es una técnica rápida y valiosa para identificar los deslizamientos de tierra, ya que proporciona una visión tridimensional del terreno, indica las actividades humanas y proporciona mucha información geológica a una persona entrenada. Además, la disponibilidad de muchos tipos de imágenes aéreas (de satélite, infrarrojas, de radar, etc.) hace que el reconocimiento aéreo sea muy versátil aunque el costo es prohibitivo en algunos casos.

a IMÁGENES LIDAR

Lidar es la sigla en inglés de Detección y Alcance de Luz, también conocido como Cartografía Aérea de Franjas de Láser, o ALSM por sus siglas en inglés. Usando un rayo láser estrecho para sondear a través de cubiertas vegetales densas, como los árboles, el Lidar puede producir mapas precisos del terreno, incluso cuando la cubierta forestal se interpone en el camino de la fotografía tradicional. (Haugerud, Harding, & Weaver, 2003)

La técnica produce un mapa de Modelo de Elevación Numérica (DEM) de gran precisión (Fig.2.39.). Demás precisos de la tierra desprovista de vegetación se pueden producir cuando las imágenes se adquieren durante la temporada en que no hay hojas en las áreas cubiertas por bosques de hoja caduca. Elementos esenciales de un sistema de cartografía Liaron un telémetro láser de barrido montado en un avión, un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) diferencial para localizar la aeronave Yuna unidad de medida interior (IMU) para medir la orientación de las aeronaves.

Lidar es una herramienta útil de cartografía topográfica por tres razones.

- La primera es la exactitud.
- La segunda es la productividad; la medición se efectúa a razón de entre 10.000 y 80.000 pulsos de láser por segundo.
- En tercer lugar, Lidar es manoscopioy proporciona su propia iluminación.

Estas características superan los principales inconvenientes de la fotogrametría en terrenos forestales. Los mapas producidos por Lidar son muy claros y detallados y en muchos casos revelan indicios de deslizamientos de tierra del pasado que son prácticamente invisibles por otros medios debido a la cobertura vegetal densa.

El Lidar es costoso y sumamente técnico y lo utilizan principalmente organismos gubernamentales, universidades y algunas entidades privadas. Una desventaja es que muchos sistemas utilizan un láser casi infrarrojo que no penetra la niebla o la lluvia.

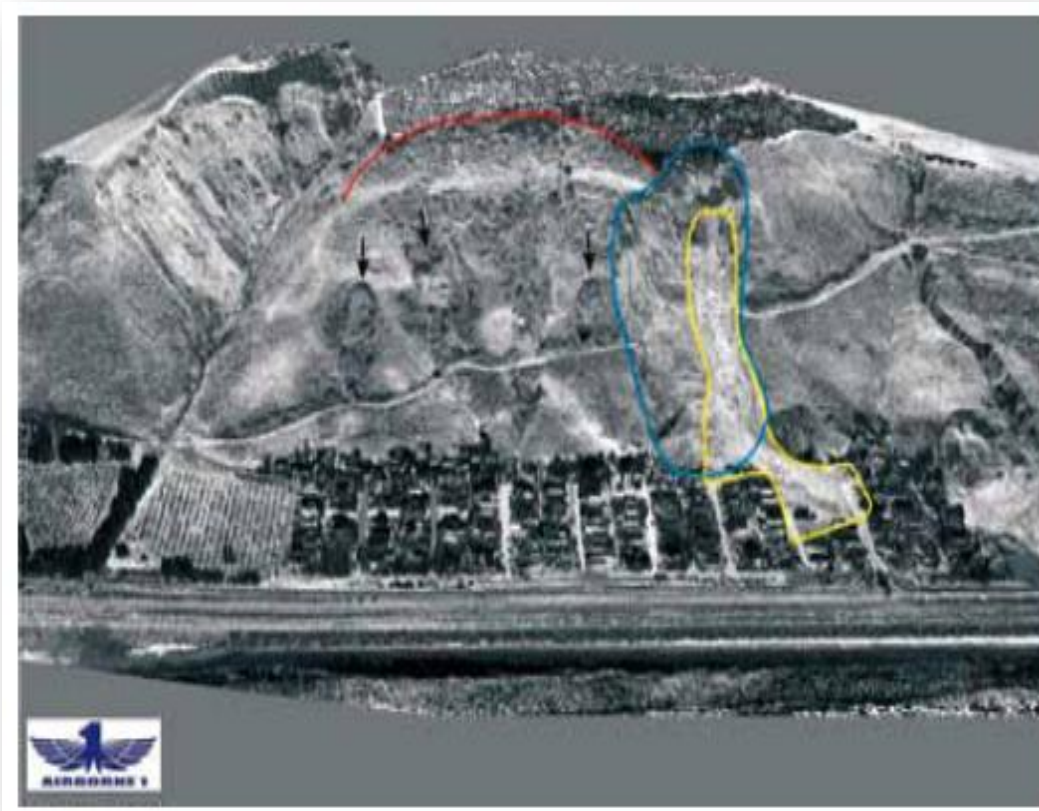


Figura 2. 39: Una imagen de Lida oblicua de los deslizamientos de tierra de La Conchita, California, EE.UU., realizada en 2005. Se muestran los contornos de deslizamientos de tierras de 1995 (azul) y 2005 (amarillo); las flechas muestran ejemplos de otros deslizamientos de tierra en la zona; la línea roja esboza el escarpe principal de un antiguo derrumbe que afectó el acantilado entero. (Servicio Geológico de los Estados Unidos).

La medición de distancias con láser para aplicaciones de mapas a gran escala, está revolucionando la toma de datos digitales relativos a la elevación de terrenos. Esta técnica es una alternativa a otras fuentes de toma de datos como el Modelo Digital del Terreno (MDT). Se puede usar como una fuente de datos para los procesos de contorno y generación de curvas de nivel para ortofotos digitales.

Un sistema LIDAR emite pulsos de luz que se reflejan en el terreno y otros objetos de cierta altura. Los fotones de los pulsos reflejados son transformados en impulsos eléctricos e interpretados por un registrador de datos de alta velocidad. Puesto que la fórmula para la velocidad de la luz es bien conocida, los intervalos de tiempo entre la emisión y la recepción se pueden calcular fácilmente. Estos intervalos son transformados en distancia ayudados por la información posicional obtenida de los receptores GPS del avión/terreno y

de la unidad de medición inercial de abordo (IMU), la cual registra, constantemente, la altitud de la aeronave.

Los sistemas LIDAR registran datos de posición (x, y) y de elevación (z) en intervalos predefinidos. Los datos resultantes dan lugar a una red de puntos muy densa, típicamente a intervalos de 1 a 3 metros. Los sistemas más sofisticados proporcionan datos no solo del primer retorno sino también de los siguientes, que proporcionan alturas tanto del terreno como de su vegetación. Las alturas de la vegetación pueden proporcionar la base de partida para el análisis de aplicaciones de diferentes tipos de vegetación o de separación de altura. (Díaz, 2012)

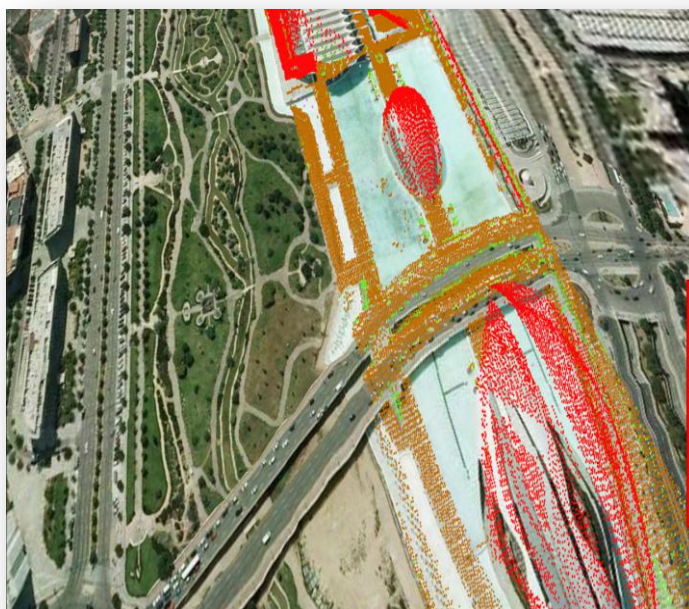


Foto 2. 28: Nube de puntos y topografía LIDAR

2.5.5 Respuesta ante la Emergencia.

Podrían estar en cualquier lugar: en el trabajo, la escuela o en el automóvil. ¿Cómo harán para encontrarse? ¿Cómo sabrá si los niños están a salvo? Una catástrofe puede ocurrir de repente y sin aviso. Tal vez lo obligue a desalojar la zona donde vive o a quedarse encerrado en su casa. Usted si se quedase sin servicios básicos como el agua, el gas, la electricidad o los teléfonos?

Los funcionarios locales y el personal de socorro acudirán al rescate después de un desastre, pero no podrán llegar a todas las personas de inmediato.

De tal manera debemos hacer frente a una catástrofe preparándose de antemano junto con su familia, trabajando en equipo. Para lo cual debemos seguir los siguientes pasos:

- a. Infórmese.
- b. Haga un bosquejo.
- c. Prepare un equipo de suministros.

Saber qué hacer es la mejor forma de protegerse; además, es su responsabilidad.

a) Infórmese.

Comuníquese con la oficina de gestión de emergencias de su localidad o la Cruz Roja local a fin de obtener la información que necesita para preparar su plan.

- Peligros para la comunidad.

Averigüe cuáles son los peligros específicos que amenazan a su comunidad (por ejemplo huracanes, inundaciones, terremotos) y acerca de su propio riesgo ante estos peligros.

Conozca los planes de respuesta de la comunidad, los planes de evacuación de la zona y los refugios destinados a casos de emergencia. Pregunte acerca de los planes y procedimientos de emergencia vigentes en los sitios donde usted y su familia se encuentran habitualmente, como lugares de trabajo, escuelas y guarderías o centros de cuidado infantil. Si no conduce o no tiene un vehículo, averigüe con tiempo cuáles son los planes de su comunidad para desalojar a quienes no poseen transporte particular.

Averigüe cómo le avisarán las autoridades de la localidad acerca de una catástrofe inminente y el modo en que le comunicarán información durante y después de un desastre. Pregunte acerca de la radio meteorológica en este caso del “INAMHI”.



Foto 2. 29: Información a la comunidad por parte de las autoridades

b) Haga un bosquejo.

- **Reúnase con su familia.** Repase la información que haya obtenido sobre los peligros de su comunidad y los planes de emergencia.
Explique los peligros a los niños y deje que participen en la preparación con el resto de la familia. Asegúrese de invitar a la reunión a las personas que cuidan de los miembros de la familia y de que éstas participen en la planificación.

- **Escoja una persona de contacto fuera de la ciudad.** Pídale a un amigo o familiar que viva fuera de la ciudad que sea su persona de contacto. Después de un desastre, los miembros de la familia deberán llamar a esta persona para decirle dónde se encuentran.

Todos deben saber los números de teléfono del contacto.

Después de una catástrofe, a menudo es más fácil hacer una llamada de larga distancia que una llamada local desde la zona afectada por el desastre.

- **Decida dónde van a reunirse.** En una emergencia, es posible que se separe de las personas que viven en su casa. Escoja un lugar fuera de su vivienda en caso de una emergencia súbita, como un incendio. Elija un lugar fuera de su vecindario por si no puede regresar a su hogar.

- **Elabore una idea de comunicación familiar.** Su plan debe incluir la información de contacto de los miembros de la familia, el lugar de trabajo y la escuela. También debe incluir los datos para comunicarse con la persona de contacto fuera de la ciudad, lugares de encuentro, servicios de emergencia y comunicarse con el ECU 911. Respuesta ante la Emergencia.

- **Servicios públicos**

Sepa cómo y cuándo desconectar el agua, el gas y la electricidad usando los interruptores principales, llaves de paso o válvulas y asegúrese de que los miembros de la familia y quienes cuidan de usted y su familia también lo sepan. Guarde las herramientas que necesite cerca de las válvulas de cierre del gas y del agua.

Desconecte los servicios sólo si sospecha que las tuberías están dañadas, hay un escape o en caso de que las autoridades locales así lo ordenen.

- **Seguros**

Verifique si su cobertura de seguros es adecuada. El seguro del hogar no cubre los daños a causa de inundaciones y tal vez no brinde cobertura completa para otros riesgos. Consulte a la compañía de seguros y verifique si cuenta con la cobertura apropiada para proteger a su familia de pérdidas económicas.

c) Prepare un equipo de suministros para casos de desastre.

En caso de evacuación del lugar donde se encuentra, deberá contar con artículos básicos y lo más probable es que no tenga tiempo para comprar lo que usted y su familia necesitan. Por eso es importante que todas las familias preparen y mantengan al día un equipo de suministros para casos de desastre. El equipo de suministros para casos de desastre incluye artículos básicos que ayudan a que una familia esté más protegida y cómoda durante y después de un desastre. Los suministros para casos de desastre deben guardarse en uno o más recipientes portátiles cerca, o lo más cerca posible de la puerta de salida.

Inspeccione el contenido por lo menos una vez al año o a medida que cambien las necesidades de su familia. También es buena idea preparar suministros para cada vehículo y en el lugar de trabajo.

Los artículos básicos de un equipo de suministros para casos de desastre son:

- Alimentos no perecederos para tres días.
- Agua para tres días (un galón/cuatro litros de agua por persona, por día).
- Radio o televisor portátil y pilas o baterías de repuesto.
- Linterna y pilas de repuesto.
- Botiquín y manual de primeros auxilios.
- Artículos sanitarios y de higiene personal (toallitas o loción antiséptica para las manos, toallitas húmedas y papel higiénico).
- Fósforos dentro de un envase impermeable.
- Silbato.
- Cambio de ropa y mantas.
- Artículos de cocina (abrelatas manual; juegos de platos y cubiertos o vasos; platos y utensilios desechables; cuchillo multiuso; sal y azúcar; papel de aluminio y plástico para cocinar).
- Fotocopias de documentos de identificación y tarjetas de crédito.
- Billetes y monedas.
- Artículos para atender necesidades especiales como medicamentos recetados, anteojos o lentes de contacto, líquido para lentes de contacto y baterías para aparatos de audición.

- Artículos para bebés, tales como leche artificial (fórmula), pañales, biberones y chupetes.
- Herramientas, suministros para las mascotas, un mapa de la zona y otros artículos apropiados para su familia. Si vive en una zona de clima frío, deberá pensar en la forma de mantenerse abrigado. Es posible que no haya calefacción durante o después de un desastre. Piense en la vestimenta y ropa de cama que podría necesitar.

Para cada persona del hogar, coloque lo siguiente dentro del equipo de suministros:

- Chaqueta o saco
- Pantalones y ropa de manga larga
- Zapatos resistentes
- Gorra, guantes y bufanda
- Bolsa de dormir o manta de abrigo

No olvide llevar los siguientes suministros en el automóvil:

- Linterna, pilas de repuesto y mapas.
- Botiquín de primeros auxilios y manual de instrucciones.
- Bandera blanca de socorro.
- Equipo para reparar neumáticos, cables para hacer funcionar a batería, inflador y luces de emergencia.
- Botellas de agua y alimentos no perecederos, como barras alimenticias de alto valor energético.

Para el invierno: mantas, gorras, guantes, pala, arena, cadenas para los neumáticos, espátula para quitar el hielo del parabrisas, bandera de socorro fluorescente.

Para el verano: bronceador con filtro solar (factor de protección solar 15 o superior), elementos para resguardarse del sol (sombilla o paraguas, sombrero de ala ancha, etc.).

d) Después de un desastre

- Dé primeros auxilios y obtenga ayuda para quienes tengan lesiones graves.
- Si la emergencia ocurre mientras está en su casa, verifique si hubo daños iluminando con una linterna. No encienda fósforos, velas ni los interruptores eléctricos.
- Inspeccione para saber si hay incendios, daños en el cableado eléctrico y otros peligros del hogar. Por ejemplo, al mezclarse algunos líquidos derramados, como el cloro, la gasolina y otros similares podrían emitirse gases mortales; además, esos productos químicos son un peligro de incendio. Llame al departamento de bomberos de su zona para que le informen cómo limpiar los productos químicos derramados.
- Huela para detectar escapes de gas, comenzando por el calentador del agua. Si huele a gas o sospecha que hay un escape, desconecte la válvula principal del gas, abra las ventanas e inmediatamente haga salir a todos de la casa.
- Desconecte los servicios públicos dañados.
- Verifique cómo se encuentran sus vecinos, en especial las personas de edad avanzada o con discapacidad.
- Llame al contacto fuera de la ciudad y no vuelva a usar el teléfono salvo que sea una emergencia en la que corre peligro la vida de las personas.
- Manténgase alejado de los cables caídos.
- Escuche la radio y la televisión locales para informarse acerca de los lugares donde podrá recibir asistencia relacionada con la catástrofe.

e) Unidad de Divulgación y Capacitación

Es la encargada de implementar la Estrategia de Comunicación, a través de la cual genere información que permita a la población en general conocer, con base a información técnica-científica, el comportamiento de los fenómenos naturales relacionados a las áreas de hidrología, meteorología y geología con el fin de generar acciones que minimicen el impacto que puedan ocasionar de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad en la que se desarrollan.

2.5.6 Rehabilitación y Reconstrucción.

2.5.6.1 CONTROL

Métodos tendientes a controlar la rehabilitación y reconstrucción de propiedades para salvaguardar las vidas humanas. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.

Tabla 2. 11 CONTROL.(Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima
Estructuras de retención	Retienen las masas en movimiento.	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas.

2.5.6.2 ESTABILIZACIÓN

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

1. Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
2. Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
3. Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Debe tenerse en cuenta que en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción.

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

2.5.6.3 CONFORMACIÓN DEL TALUD O LADERA

Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

Tabla 2.12 CONFORMACIÓN DEL TALUD O LADERA.(Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Remoción de materiales de la cabeza del talud.	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrán una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente.	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

2.5.6.4 RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE.

Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más su superficial.

El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Tabla 2. 13 RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE (Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requiere sellar.
Cobertura vegetal árboles, arbustos y pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden requerir mantenimiento para su establecimiento.

2.5.6.5 CONTROL DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.

Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y / o aumentando las fuerzas resistentes.

Tabla 2. 14 CONTROL DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.(Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Canales superficiales para control de escorrentía.	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes horizontales de penetración.	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requiere equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje.	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativamente y aguas subterráneas.	Muy costosos.
Pozos Profundos de Subdrenaje.	Útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

2.5.6.6 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.

Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero.

Cada tipo de estructura tiene un sistema diferente de trabajo y se deben diseñarse acuerdo a su comportamiento particular.

Tabla 2. 15. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN (Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento.	Efectivos en deslizamientos no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales, de tierra armada etc.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y son usualmente costosos.
Pantallas ancladas	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas.

2.5.6.7 MEJORAMIENTO DEL SUELO

Métodos que aumenten la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.

Tabla 2. 16. MEJORAMIENTO DEL SUELO (Ingeniería, 2006)

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Inyecciones o uso de químicos	Endurecen el suelo y pueden comentar la superficie de falla.	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.
Magmaficación	Convierte el suelo en roca utilizando rayos especiales desarrollados por la industria espacial.	Su utilización en la actualidad es solamente para uso experimental.
Congelación	Endurece el suelo al congelarlo.	Efectos no permanentes.
Electro-osmosis	Reducen el contenido de agua.	Utilización para estabilización no permanente.
Explosivos	Fragmenta la superficie de falla	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos.

Las obras pueden ser definitivas o pueden ser temporales de acuerdo al método utilizado. Generalmente en la estabilización de deslizamientos se emplean sistemas combinados que incluyen dos o más tipos de control de los indicados anteriormente; en todos los casos debe hacerse un análisis de estabilidad del talud ya estabilizado y se debe llevar un seguimiento del proceso durante la construcción y algunos años después.

Otra decisión que afronta el Ingeniero es la decisión sobre el factor de seguridad.

Una idea general de los factores a emplear permite recomendar los siguientes factores de seguridad mínimos:

Tabla 2. 17 FACTOR DE SEGURIDAD DE RIESGOS.(Ingeniería, 2006)

CASO	FACTOR DE SEGURIDAD
Si puede ocurrir la pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.7
Si la falla puede producir la pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes.	1.5
Si se pueden producir pérdidas económicas no muy importantes.	1.3
Si la fallas del talud no causa danos	1.2

2.6 TIPOS DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos más comúnmente empleados en la investigación y monitoreo de deslizamiento, son los siguientes:

- Control topográfico de puntos determinados. Se utiliza equipo estándar de topografía.
- Extensómetros superficiales. Pueden ser metálicos, de madera, eléctricos o plásticos.
- Extensómetros. Ubicación de éstos en varios puntos de control a profundidad.
- Inclínómetros. Miden la deformación horizontal del suelo a profundidad.
- Detectores de superficie de falla. Pueden ser estacas de madera, cintas eléctricas o extensómetros.
- Monitores de vibración.
- Piezómetros. Miden el nivel de agua o la presión de poros.
- TDR (Reflectometría de ondas eléctricas).

2.6.1 Equipos Convencionales de Topografía

El sistema más común de instrumentación, es el monitoreo topográfico. Se pueden utilizar equipos ópticos o electrónicos para determinar los movimientos laterales y verticales de los taludes. Para ello, se colocan BMs en sitios estables y una serie de puntos de medición en la zona deslizada (Figura 2.40).

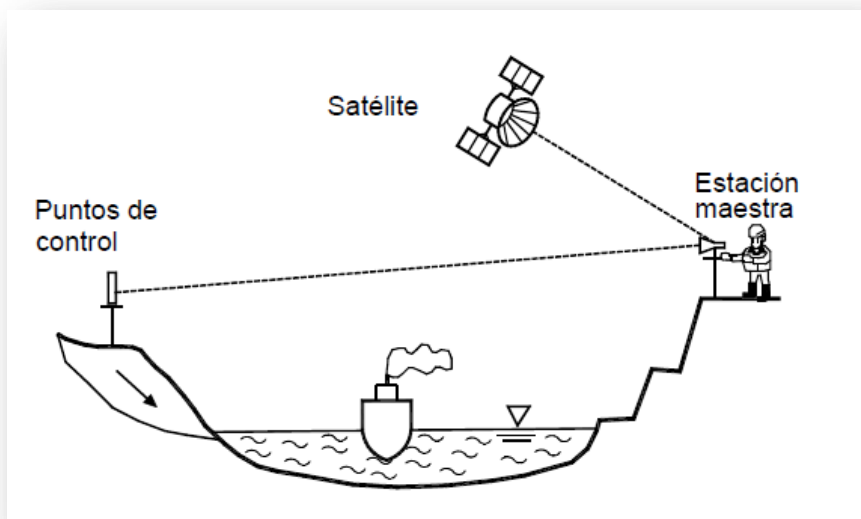


Figura 2. 40: Vigilancia del deslizamiento de Cucaracha en el Canal de Panamá con mediciones electro-ópticas (Reyes, 1996).

Se puede realizar mediciones diarias empleando tubos que se insertan dentro del deslizamiento; de esta forma, se pueden medir las deformaciones relativas, movimientos de grietas, etc.

Las medidas son relativas con referencia a un BM fijo. Los movimientos absolutos de una serie de puntos se pueden obtener repitiendo las mediciones con determinados períodos de tiempo. Es muy importante que la medición sea precisa y es común que se presenten errores relacionados con la precisión de los equipos y la calidad de los procesos de medición. Para evitar errores, es importante que las medidas se repitan siempre con el mismo equipo y con los mismos topógrafos. Adicionalmente, es importante asegurarse que el BM se encuentre sobre un área estable y en lo posible, sobre afloramientos de roca.

2.6.2 Medidor Superficial de Inclinación

Los medidores superficiales de inclinación se utilizan para determinar la rotación o la inclinación de un punto en la superficie del terreno. Su uso más común es para monitorear movimientos de taludes en minas de cielo abierto, carreteras y ferrocarriles (Mikkelsen P.E., 1996).

Los medidores de inclinación utilizan sensores electrolíticos o servoacelerómetros. Los sensores electrolíticos tienen una mayor sensibilidad, pero los servoacelerómetros tienen un mayor rango.

2.6.3 Medidor de Verticalidad

La medición de la verticalidad es útil para determinar la deformación de la cabeza y en ocasiones, del pie del movimiento y de esta forma, evaluar la posibilidad de deformaciones futuras. El equipo consiste de un nivel de agua capaz de medir las componentes NS y EW (Figura 2.41).

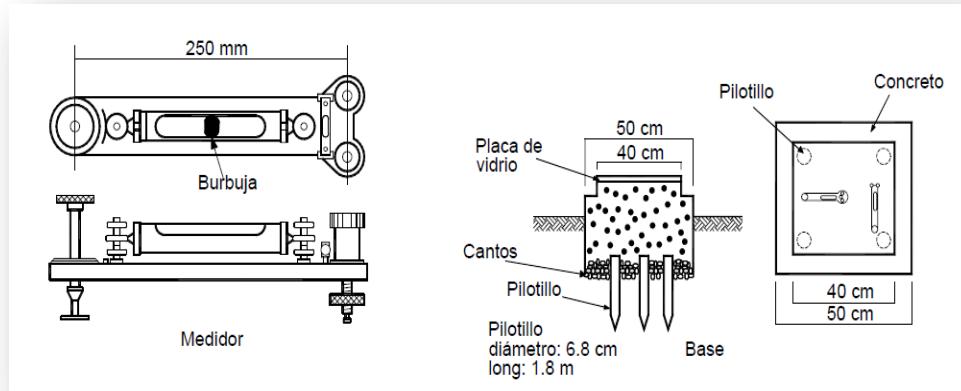


Figura 2. 41: Medidor de verticalidad

2.6.4 Extensómetros Horizontales

Los extensómetros permiten medir los movimientos horizontales relativos y los cambios en la amplitud de las grietas. El extensómetro es utilizado para medir el movimiento relativo comparando la distancia entre dos puntos de una forma manual o automática. Los extensómetros, generalmente, se instalan a través del escarpe principal o a través de las grietas, para determinar su movimiento.

Colocando una serie de extensómetros interconectados desde el escarpe principal hasta la punta del deslizamiento, se puede determinar en forma clara, el movimiento de los bloques individuales dentro del movimiento general.

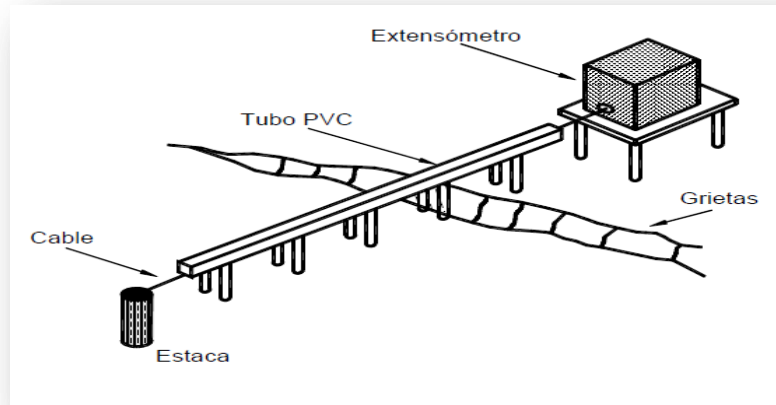


Figura 2. 42: Diagrama de instalación de un extensómetro horizontal.

2.6.4.1 Detector de agrietamientos

Sirven para medir la ampliación de grietas o extensiones horizontales, con el transcurso del tiempo. En las rocas el cambio de espaciamiento de las juntas se puede medir con este sistema.

Generalmente, se colocan dos guías mayores, o marcas, a lado y lado de la grieta y periódicamente, se toman medidas de su separación. Un sistema común es la colocación de unos elementos en madera a ambos lados del movimiento, unidos por un elemento que permita la medición de las deformaciones (Figura 2.43). En ocasiones, se utiliza una placa de vidrio, la cual se rompe si ocurre un movimiento.

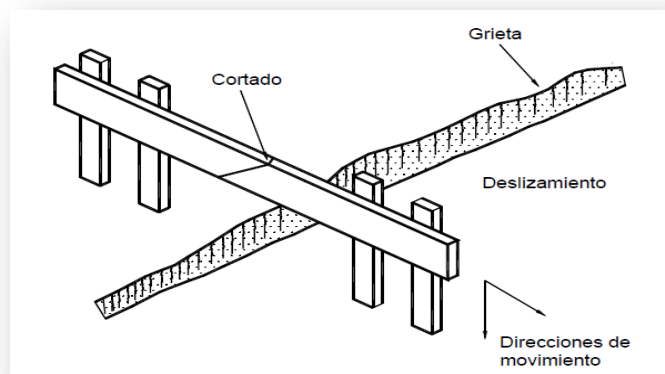


Figura 2. 43: Equipo sencillo, en madera, para medir los desplazamientos(Japan Landslide Society National Conference of Landslide Control, 1996)

2.6.4.2 Placas metálicas o plásticas

Se pueden emplear láminas plásticas transparentes montadas a lado y lado de la grieta, o placas metálicas. Un medidor sencillo consiste en una tira metálica que se puede deslizar sobre una lámina en la cual se miden las deformaciones (Figura 2.44). Los movimientos pueden medirse en tres direcciones; dos sobre la lámina y un tercero que mide la separación entre la lámina y la tira metálica, es decir, la separación entre los dos elementos.

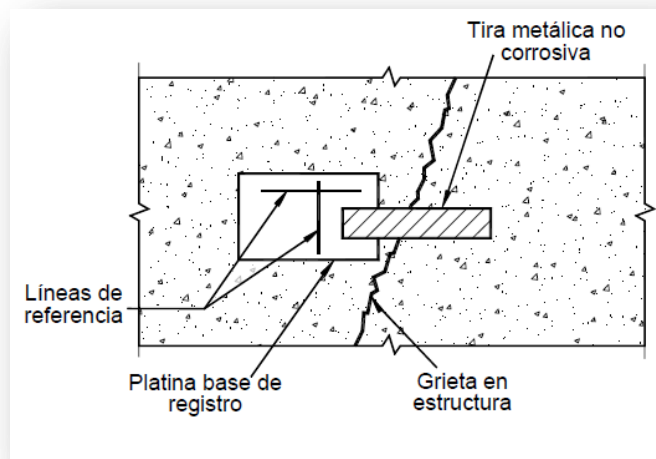


Figura 2. 44: Medidor de tira metálica (Dumnicliff, J., 1988).

2.6.4.3 Medidores de grilla graduada

Los medidores de grilla graduada también se conocen como medidores calibrados y consisten en dos láminas transparentes plásticas traslapadas una a cada lado de la discontinuidad (Figura 2.45).

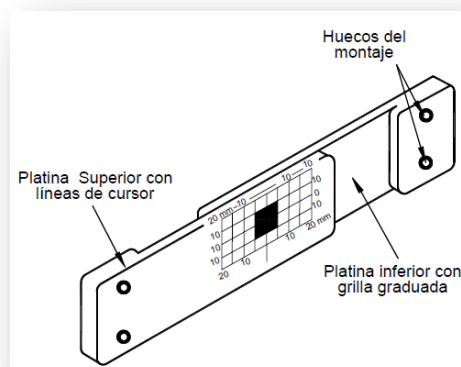


Figura 2.45: Medidor de grilla graduada.

2.6.5 LOS INCLINÓMETROS

El Inclínómetro mide el cambio de inclinación de un tubo que se coloca en una perforación dentro del talud y de esta manera, se calcula la distribución de los movimientos laterales (figura 2.46).

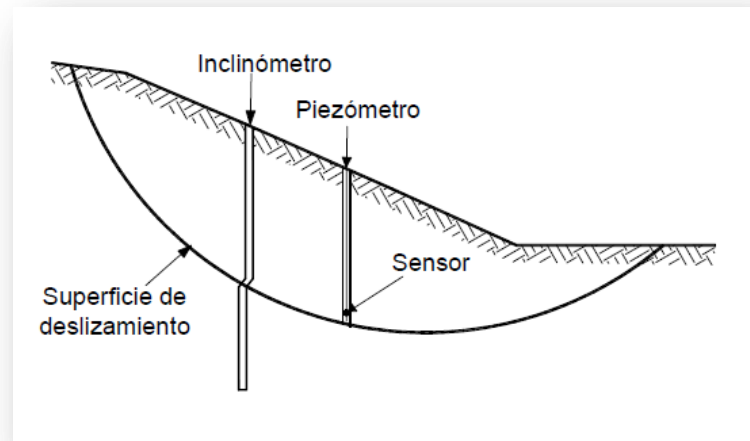


Figura 2. 46: Monitoreo de deslizamientos utilizando Inclínómetros y piezómetros (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002).

De esta manera, se puede determinar la profundidad de la superficie de falla y la dirección y magnitud de los desplazamientos.

Un sistema de Inclínómetro está compuesto por cuatro componentes principales (Figura 2.47-2.48).

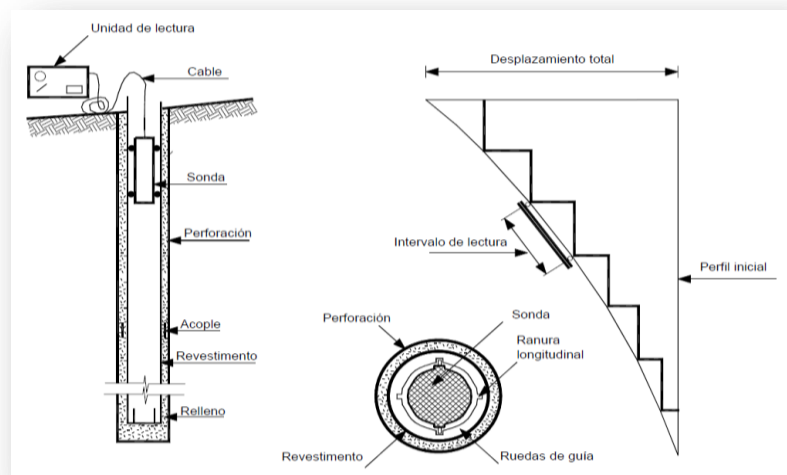


Figura 2. 47: Esquema de un Inclínómetro (Hanna, T.H., 1985)

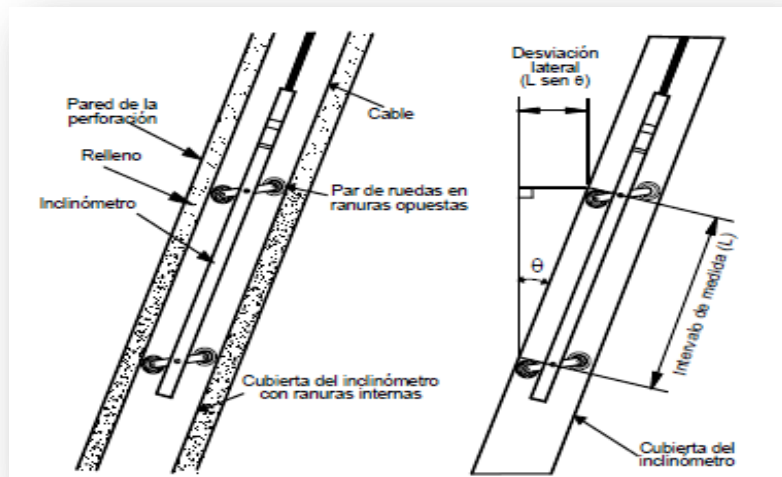


Figura 2. 48: Sistema del Inclinómetro(Cornforth, D. H., 2005).

- Un tubo guía de plástico, acero o aluminio, instalado dentro de una perforación. Este tubo tiene unas guías longitudinales para orientar la unidad censora. Generalmente, se utilizan diámetros de tubo entre 1.5 y 3.5 pulgadas. (Figura 2.49):

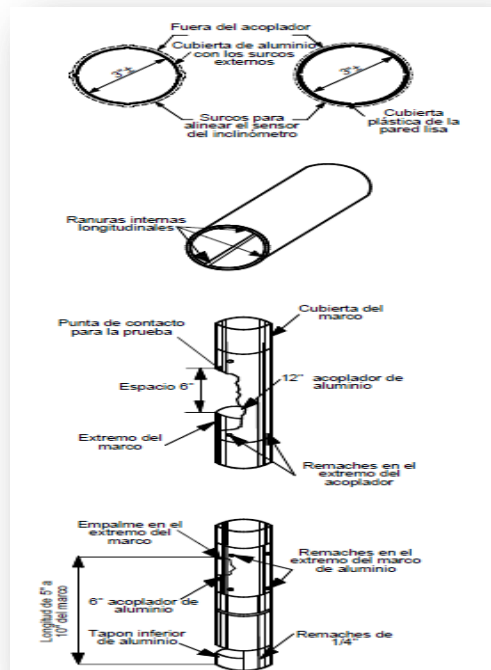


Figura 2. 49: Detalles de la tubería del Inclinómetro (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002).(Cornforth, D. H., 2005)

- *Un sensor portátil montado sobre un sistema de ruedas que se mueven sobre la guía del tubo.*

El Inclínómetro incorpora dos servoacelerómetros con fuerzas balanceadas para medir la inclinación del instrumento.

- *Un cable de control que baja y sube el sensor y transmite señales eléctricas a la superficie.*

Generalmente, el cable está graduado para el control superficial. El cable tiene un núcleo de acero para minimizar las deformaciones; los cables eléctricos se encuentran espaciados alrededor y unidos al núcleo. La cubierta exterior es de neopreno y permanece siempre flexible. El cable tiene unas marcas para medir profundidades. Estas medidas están relacionadas hasta la mitad de la altura del torpedo. Superficialmente, el cable se maneja con una polea, que tiene unas tenazas para sostenerla. Se recomienda siempre, trabajar con la polea para evitar el riesgo de que el cable pueda torcerse al sostenerlo.

- *Un equipo de lectura en la superficie (que sirve de proveedor de energía) recibe las señales eléctricas, presenta las lecturas y en ocasiones, puede guardar y procesar los datos.* El equipo de lectura es compacto y está sellado contra la humedad. La memoria puede guardar hasta 40 mediciones completas. La unidad también puede realizar chequeos y revalidar la información. En oficina, los datos del Inclínómetros se descargan en un computador.

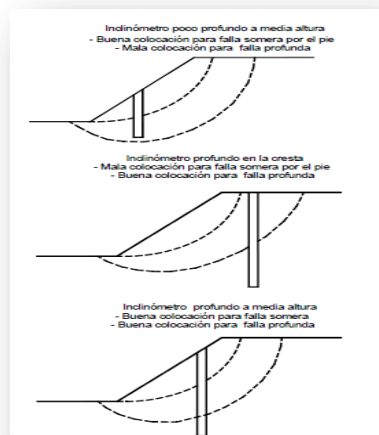


Figura 2. 50: Localización de un Inclínómetro en relación con la superficie de (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002)

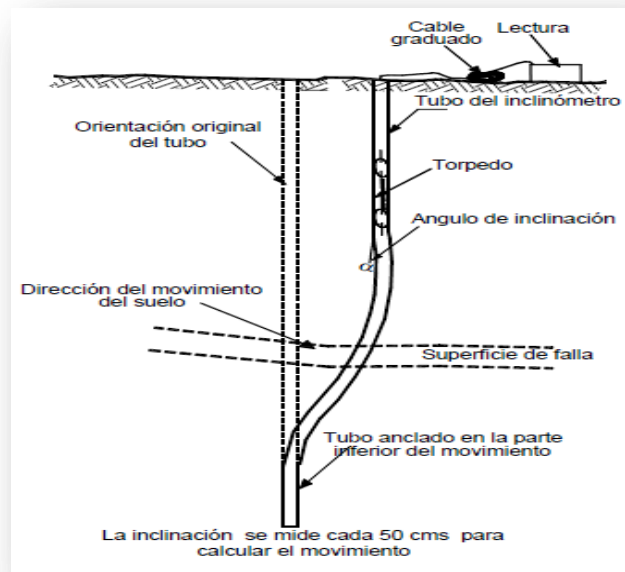


Figura 2. 51: Esquema del desplazamiento de un Inclinómetros Adaptado de(Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002).

Los instrumentos difieren de acuerdo con el tipo de sensor utilizado, el cual da un nivel determinado de precisión. Generalmente, los Inclinómetros pueden medir deformaciones de 1.3 a 2.5 mm, en una longitud de 33 metros, equivalente a una precisión 1:10.000.

2.6.5.1 Instalación del Tubo del Inclinómetro

Los tubos del Inclinómetros se instalan comúnmente en perforaciones que han sido previamente muestreadas. El fondo del Inclinómetros se supone fijo y es la base para la medición de la deformación. Por esta razón, es necesario que la base del tubo esté perfectamente anclada.

La porción baja del ducto debe instalarse mínimo tres metros por debajo de los sitios en los cuales se espera que el suelo sufra el desplazamiento lateral. (Mikkelsen P.E., 1996) recomienda profundidades de 6 metros en la zona estable para evitar la ocurrencia de errores. Se recomienda el anclaje en la roca si las condiciones geológicas lo permiten.

La idea es que la curva de deformación del Inclínómetro muestre la diferencia entre la zona profunda que no se mueve y la que presenta movimiento (Figura 2.52).

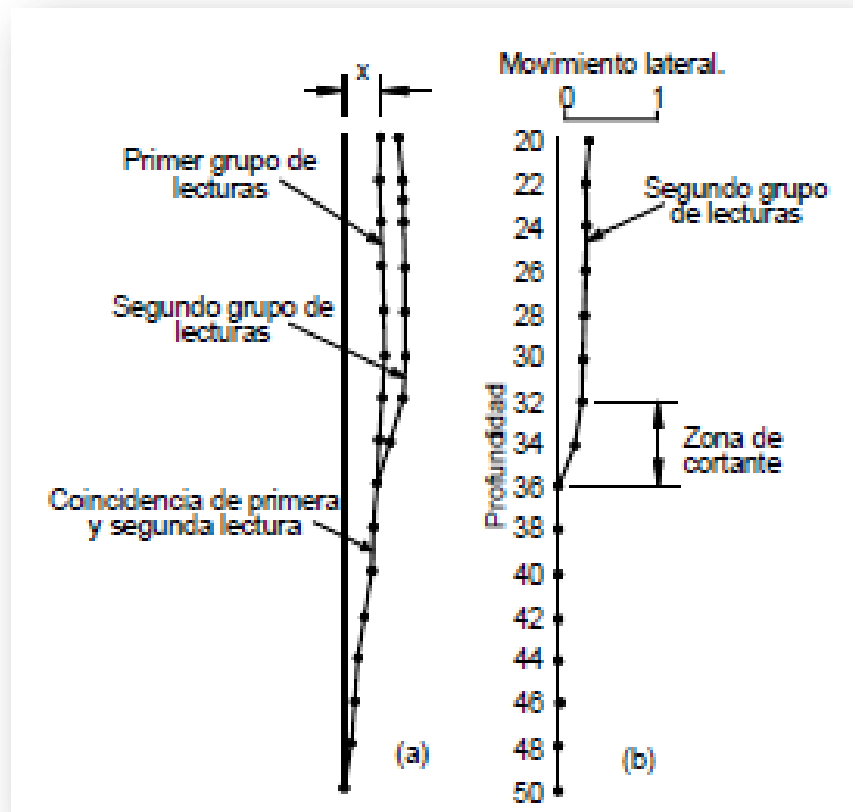


Figura 2. 52: Ejemplo de datos del Inclínómetro(Cornforth, D. H., 2005).

Los Inclínómetros se instalan en longitudes de 3 a 6 metros, unidos por juntas; estas juntas generalmente son cementadas para asegurar una conexión firme; sin embargo, cada unión representa una posible fuente de error.

El espacio anular entre el tubo y la perforación debe ser perfectamente lleno con un sistema de inyección para asegurar que los movimientos del ducto, reflejen realmente los desplazamientos del suelo. Como las juntas del Inclínómetro están selladas, es posible que el tubo tenga una tendencia a flotar.

Si esto ocurre, es importante llenar el tubo con agua limpia para evitar que flote. El sistema del Inclínómetro funciona en presencia del agua.

Para profundidades mayores de 10 metros se requiere un anclaje o ribete exterior en las juntas (entre las secciones del tubo) para evitar que las uniones se suelten. Después de que el tubo llega al fondo de la perforación, se deben alinear las ranuras de tal forma, que un par de ranuras se encuentren alineadas en la dirección anticipada del movimiento.

La ranura que se encuentra, en dirección ladera abajo, se marca como A0 y la ranura opuesta, se marca como A180. Las otras dos ranuras se marcan como B0 y B180, en la forma como se indica en la figura 2.53

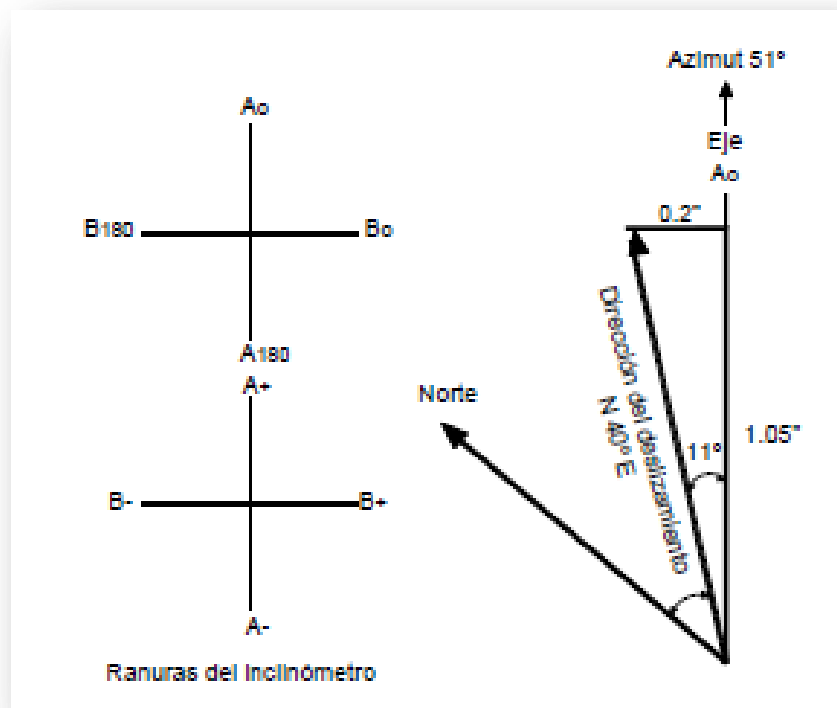


Figura 2. 53: Designaciones de las ranuras y vectores del movimiento(Cornforth, D. H., 2005).

En el proceso de colocación de la lechada de cemento en el exterior del tubo, se debe llenar de agua el interior para evitar que pueda introducirse parte de la lechada dentro del tubo. El propósito principal de la lechada exterior es rellenar todos los espacios entre el tubo y el suelo para asegurarse que el Inclinómetro se encuentre soportado en la totalidad de su longitud. Se recomienda la utilización de la lechada de cemento sin arena o grava, a fin de garantizar que todos los espacios sean ocupados y no se presenten vacíos entre el Inclinómetro y el suelo.

Para mejorar la plasticidad de la mezcla se puede agregar bentonita. La lechada debe ser más densa en los suelos duros y menos densos en los suelos blandos, para evitar que la rigidez de la lechada afecte las mediciones.

2.6.5.2 Lectura del Inclínómetro

Después de que el tubo del Inclínómetro ha sido instalado y la lechada se ha cementado, se introduce el torpedo para verificar que no haya obstrucciones dentro del tubo.

Para este propósito, se recomienda utilizar un torpedo falso, para evitar el riesgo de daño del torpedo, aunque las obstrucciones no son comunes. Las mediciones iniciales son muy importantes porque todas las mediciones subsecuentes se basan en las primeras. Por esta razón, se recomienda tomar inicialmente, dos o tres grupos de medición para comprobar que la medición inicial es correcta y así evitar errores posteriores. Figura 2.54.

El Inclínómetro se coloca dentro del tubo con la rueda superior en la ranura A0 y se baja hasta el fondo del Inclínómetro. Inicialmente, debe dejarse el equipo en el fondo, durante 10 minutos, para que se normalice con la temperatura del agua dentro del tubo; de esta forma evitar errores por temperatura. Se toma la lectura en el fondo y luego se registra cada 50 cms hacia arriba.

En cada profundidad, se anotan las lecturas en las direcciones A0 y B0. Después de que el torpedo salga a la superficie, se gira 180°, se profundiza hasta el fondo de la perforación y se obtienen las mediciones en las direcciones A180 y B180. La suma de las dos mediciones debe ser cercana a 0.0, aunque se presentan generalmente algunas diferencias. Las mediciones, en un mismo sitio, deben realizarse siempre con el mismo torpedo, el mismo cable y el mismo operador, a fin de minimizar los errores de manejo.

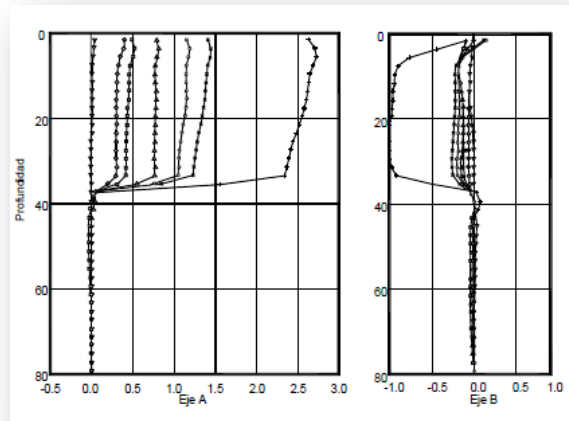


Figura 2. 54: Ejemplo de datos de Inclinómetro (Cornforth, D. H., 2005)

2.6.5.3 Cuidados que se deben tener en el proceso de medición

(Cornforth, D. H., 2005), recomienda tener en cuenta los siguientes cuidados:

- El torpedo no debe golpearse contra superficies duras para evitar que se dañen los sensores. Si accidentalmente se golpea el torpedo, éste debe revisarse realizando las mediciones de comprobación.
- No permita que le entre humedad a las conexiones eléctricas. Nunca deben conectarse los cables al torpedo, en presencia de lluvias o de humedad excesiva.
- El cable debe transportarse de forma que no se doble.
- El torpedo debe limpiarse, secarse y aceitarse suavemente, antes de colocarlo en su caja. La caja debe colocarse sobre la silla de un vehículo y nunca sobre las áreas duras.
- Siga las recomendaciones para el cuidado y mantenimiento de los fabricantes.

2.6.5.4 Interpretación y Manejo de los Datos

Debe tenerse muy claro para la interpretación de la información obtenida, que lo que mide el Inclinómetro es la inclinación del tubo en diferentes profundidades. Es importante que la perforación sea lo más vertical posible para que las mediciones sean más precisas.

El segundo y demás grupos de mediciones se comparan con la medición inicial, suponiendo siempre que el fondo del tubo se encuentra anclado en terreno estable. Posteriormente, en un programa de computador se comparan las mediciones y se elabora un gráfico de movimientos laterales contra profundidad, en el plano de las ranuras.

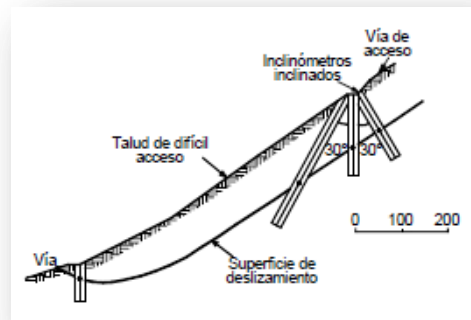


Figura 2. 55: Ejemplo de la colocación de Inclinómetros para determinar la localización de la superficie de falla en los puntos de difícil acceso (Cornforth, D. H., 2005)

Si las ranuras A se han alineado perfectamente con la dirección principal del movimiento, se mostrará todo el movimiento en el eje A y ningún movimiento en el eje B.

Normalmente, la información del Inclinómetro se grafica como deflexión lateral en el eje A y en el eje B. Se recomienda entonces, una exageración de escala de 120 entre la horizontal y la vertical, para permitir la interpretación fácilmente.

Algunos ingenieros grafican en escalas muy exageradas (mayores a 120), con la idea equivocada de que el sistema muestra una mayor precisión. Las escalas exageradas, en la mayoría de los casos, se interpretan incorrectamente, debido a que aparecen graficados movimientos que no existen y que pueden atribuirse a errores sistemáticos o de medición. Debe tenerse mucho cuidado de llegar a conclusiones interpretativas en forma rápida, con la primera lectura de los Inclinómetros.

2.6.6 REFLECTOMETRÍA (TDR)

En el sistema TDR se coloca un cable coaxial dentro del deslizamiento y se ensaya el cable enviando pulsos de voltaje en forma de ondas, las cuales se reflejan. La medición de la reflexión permite identificar roturas o esfuerzos en el cable.

El sistema TDR requiere de mediciones para determinar las condiciones del cable a través del tiempo. El movimiento del terreno deforma el cable y cambia la impedancia de éste.

El cambio en la impedancia puede ser monitoreado para localizar la superficie de falla y los movimientos del terreno como se indica en la figura 2.56 a 2.57 Los cables coaxiales que se utilizan en el sistema TDR tienen una impedancia característica, determinada por el espesor y el tipo de material aislante.

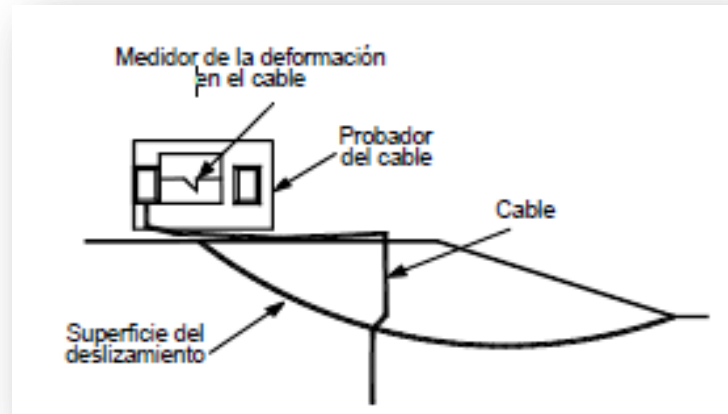


Figura 2. 56: Esquema del sistema TDR (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002)

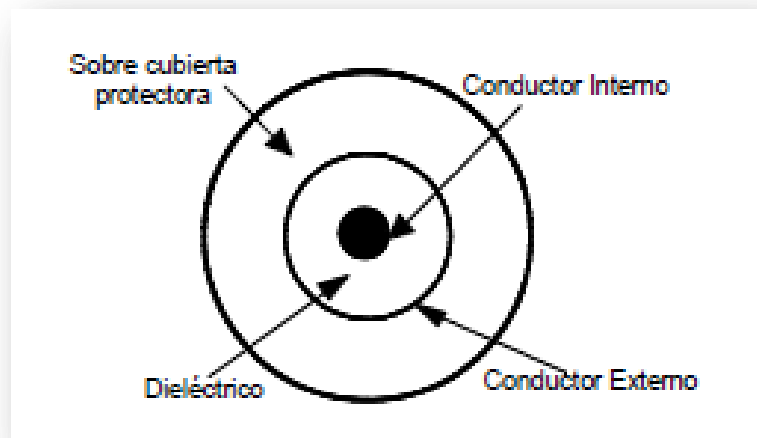


Figura 2. 57: Esquema de cable coaxial del sistema TDR.

El material aislante puede ser hecho de cualquier material no conductor como PVC, teflón, o aire. Si el cable se deforma, la distancia entre el conductor interno y el externo cambia y por lo tanto, cambia la impedancia en ese punto. El medidor de TDR determina la localización de las deformaciones a lo largo del cable.

El sistema TDR es utilizado con frecuencia en los Estados Unidos y especialmente, por el Departamento de Carreteras de California (Kane,W.F., y T.J. Beck, 1996). El sistema TDR

tiene una gran cantidad de ventajas sobre los Inclínómetros. Generalmente es más económico, las mediciones son más rápidas y más sencillas. Entre las desventajas del sistema TDR se encuentra que no es posible determinar la dirección y la magnitud de los movimientos; sin embargo, la tecnología del sistema podría mejorar en el futuro (Tsang, C.M., G. L. England, 1995).

2.6.7 PIEZÓMETROS

La presión de poros se puede monitorear utilizando excavaciones de observación o piezómetros, los cuales pueden ser de tubo abierto, neumáticos o de cable vibratorio. El tipo de piezómetro a seleccionar para cada estudio específico depende de las características de funcionamiento del piezómetro y de su precisión.

2.6.7.1 Observaciones en Apiques o Excavaciones

Este es el método más simple, pero requiere de un tiempo significativo después de realizada la excavación y antes de tomar la medida, para permitir que el nivel de agua logre equilibrarse.

2.6.7.2 Sondeo Abierto

Consiste en perforaciones abiertas en las cuales se coloca un tubo perforado en su base (Figuras 2.58-2.59) o tubos que se hincan a presión y luego se extraen ligeramente.

La profundidad del nivel de agua se puede medir por medio de un cable y un elemento detector (que bien puede ser un medidor eléctrico o un simple objeto metálico). Una cubierta de protección impide la entrada del agua lluvia.

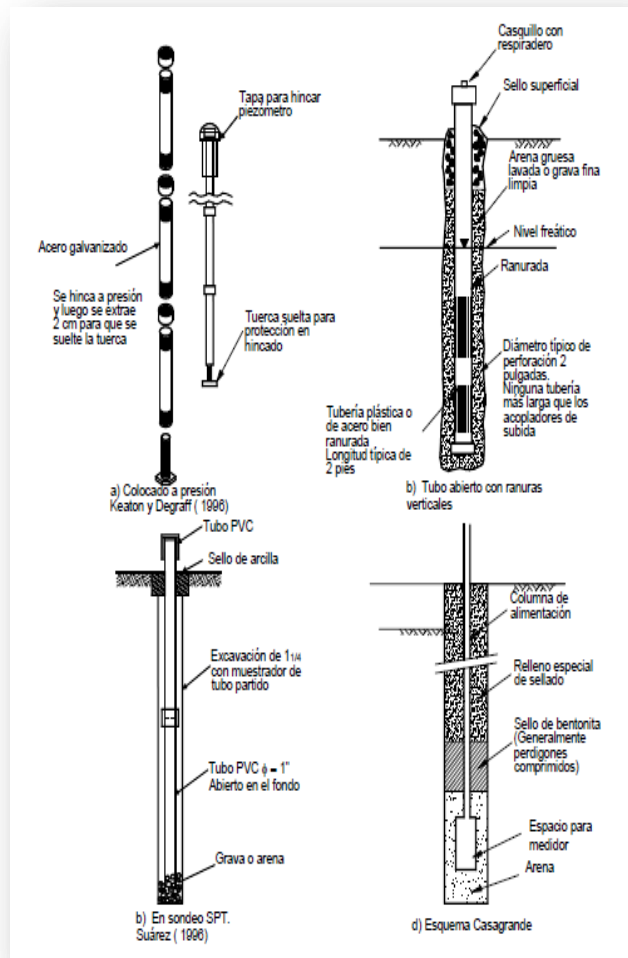


Figura 2. 58: Piezómetros sencillos de cabeza abierta

Si el sondeo abierto se encuentra en una formación de suelo homogéneo con solo un nivel de agua presente, este sistema es válido para obtener información de las variaciones del nivel freático.

Su precisión generalmente es buena, pero como la perforación tiene comunicación con todos los estratos, no se puede especificar la presión del agua en un sitio determinado. El nivel del agua que se obtiene, corresponde a la cabeza de presión en la zona más permeable y esto puede prestarse para errores en el análisis.

Los piezómetros modernos consisten en un elemento poroso de polietileno de alta densidad unido a un tubo de PVC o ABS. Los piezómetros de cabeza abierta son considerados por los ingenieros, como los más confiables.

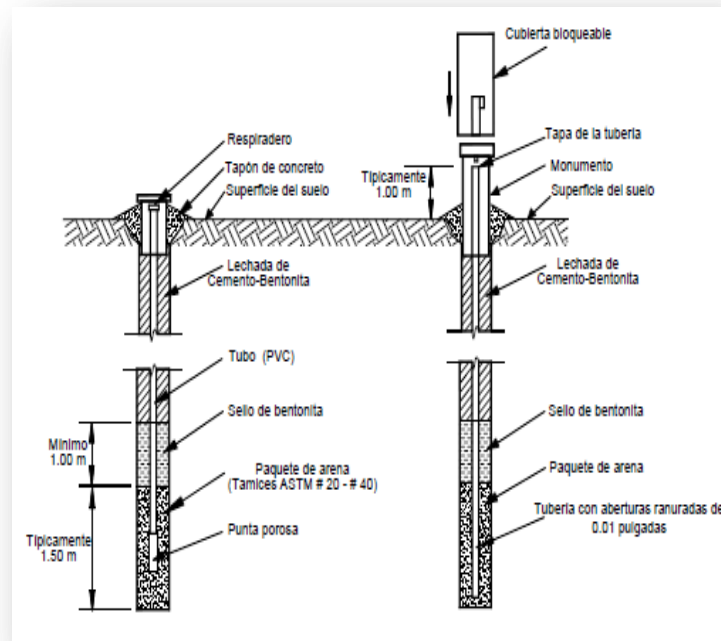


Figura 2. 59: Piezómetros de cabeza abierta (Cornforth, D. H., 2005)

Algunas de las ventajas de los piezómetros de cabeza abierta son los siguientes (Abramson, Lee, Sharma, & Boyce, 2002):

- Son simples y fáciles de interpretar.
- Su durabilidad y permanencia en el tiempo es muy buena.
- Son fáciles de mantener.
- Se pueden utilizar unidades de medida portátiles.
- Se puede muestrear el agua freática.
- Se pueden utilizar para medir la permeabilidad del suelo.

2.6.7.3 El uso de los Piezómetros en el Estudio de los Deslizamientos

Los piezómetros generalmente se instalan como parte de las investigaciones del sitio y en ocasiones, antes de que se tenga información sobre la localización de la superficie de falla; sin embargo, es muy importante que la punta de los piezómetros se encuentre muy cerca o en la superficie de falla. Igualmente, es importante que se puedan medir las presiones del agua subterránea durante largos periodos de tiempo. La instalación ideal es que la bolsa de arena entre a la zona de cortante en tal forma que la presión en la arena, refleje la presión del agua en la superficie de falla. El sensor propiamente dicho, debe estar por encima de la

superficie de falla para que no se dañe en el proceso de movimiento. Si el sensor se encuentra muy profundo, éste, los tubos, o los cables, pueden dañarse o ser destruidos al moverse la masa activa. Igualmente, si el piezómetro se introduce en la roca o suelo duro, o muy profundo, las presiones de poros son generalmente menores que las del deslizamiento.

2.6.8 Sistemas de Alarma

La construcción de sistemas de alarma para deslizamientos, se ha convertido en un trabajo rutinario en Europa, aunque en los países en desarrollo, es poco utilizado.

Los sistemas de alarma generalmente constan de tres elementos básicos (Figura 2.60):

- Un sistema de instrumentación del talud.
- Un computador que recibe la información de los instrumentos y la analiza.
- Un sistema de alarma que avisa la inminencia de un deslizamiento.

Estos sistemas recogen información en forma continua, utilizando elementos electrónicos, tales como estaciones automáticas climáticas, sistemas de GPS y medidores de inclinación. En ocasiones, se utiliza el sistema telefónico para informar a un computador remoto, la situación de amenaza inminente.

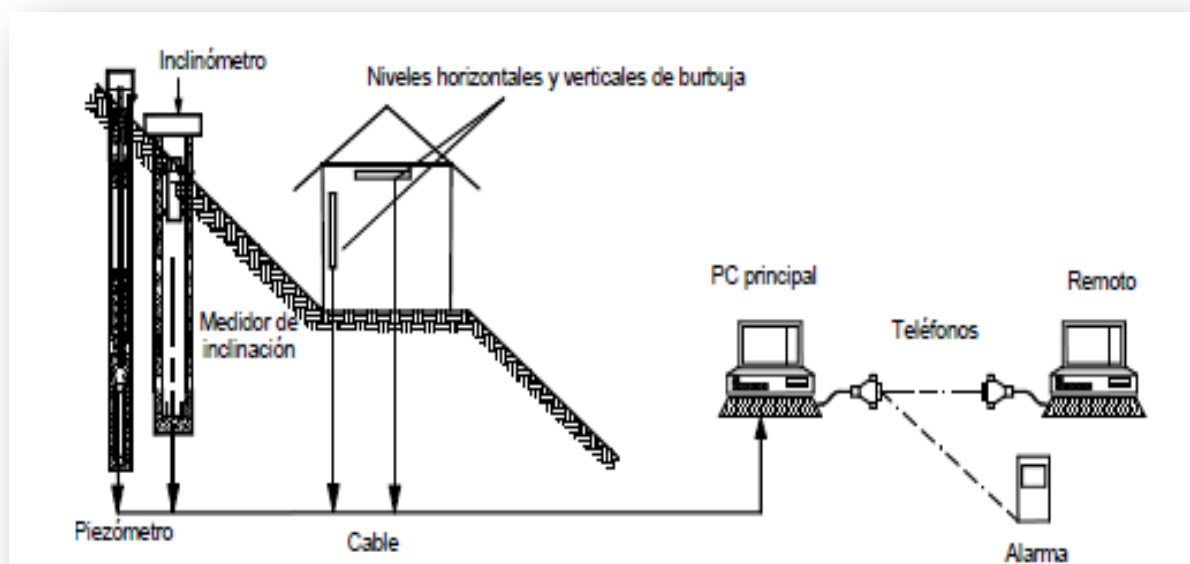


Figura 2. 60: Representación esquemática de un sistema de alarma (Clark A.R., Moore R., Palmer J.S , 1996)

2.6.9 Diseño del Programa de Instrumentación y Monitoreo

Para diseñar el programa de monitoreo se requiere haber realizado previamente una investigación detallada del deslizamiento, haber determinado el mecanismo general de falla y tener una magnitud de la escala de la profundidad de la superficie de falla.

Para el diseño de la instrumentación y el monitoreo, se recomiendan los siguientes criterios:

- Localizar los sitios estables para la colocación de BMs de referencia. Estos sitios deben estar sobre la roca o suelos estables por fuera del área del movimiento.
- Determinar las líneas para la colocación de postes o mojones para el monitoreo topográfico. Se recomiendan las líneas transversales a la dirección del movimiento; tanto la parte alta como baja e intermedia del deslizamiento (Figura 2.61).
- Identificar los sitios donde se requiere localizar Inclínómetros, piezómetros y otros instrumentos. Los Inclínómetros no deben colocarse en los sectores donde se esperan desplazamientos de más de 20 centímetros, (en el período de monitoreo) debido a que se ocasionaría la rotura de los ductos. Los piezómetros son muy importantes en la parte alta del deslizamiento para determinar las presiones de poros relacionadas con la recarga hidrogeológica.
- Determinar los tiempos y procedimientos para las jornadas de medición, así como el procesamiento de los datos.

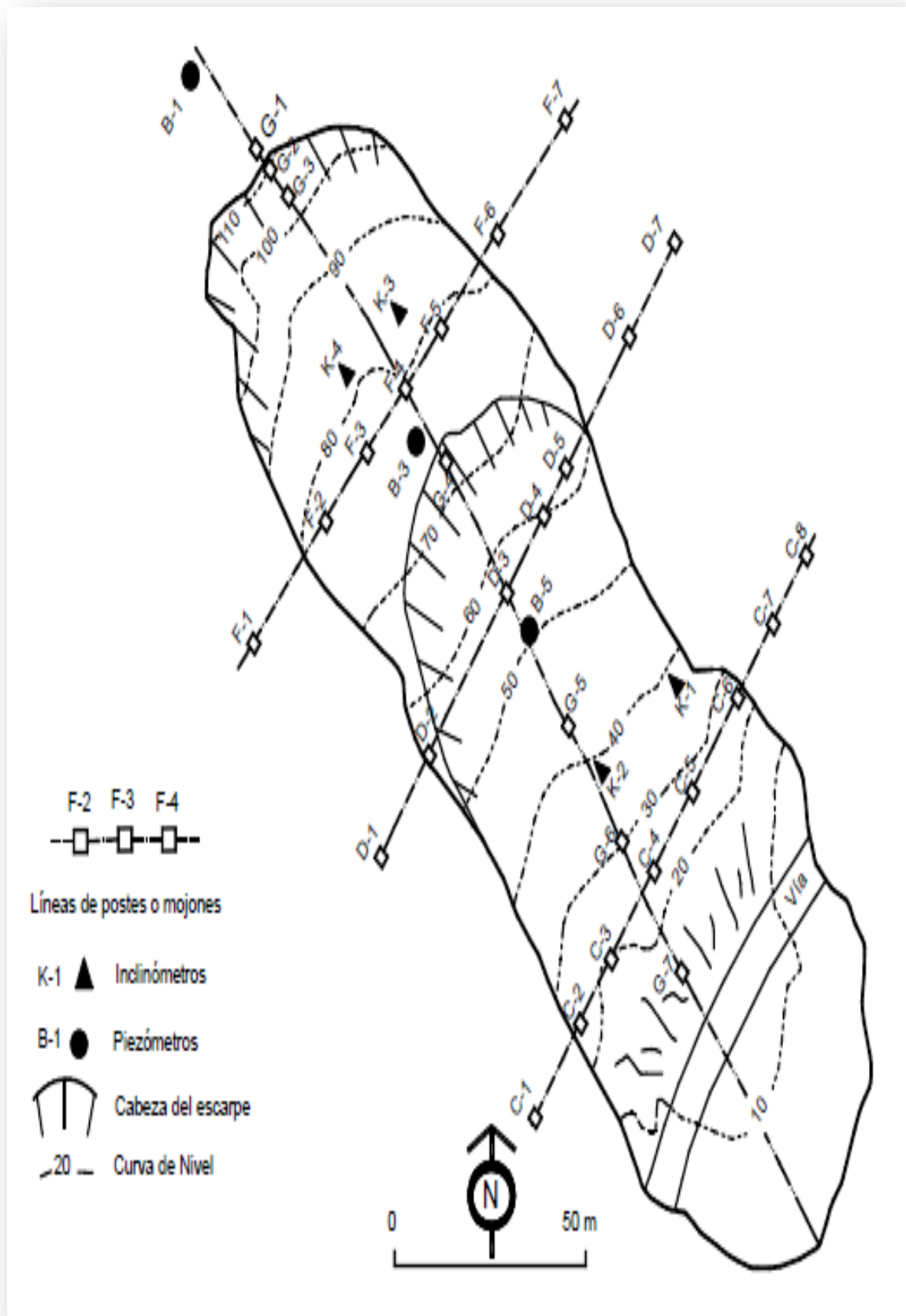


Figura 2. 61: Distribución de los Inclinómetros, postes de medición y sondeos con piezómetros en el deslizamiento

2.6.10 ORTOFOTOS

La ortofotografía (Ortofoto) es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico, pero con mucha más información que la anterior.

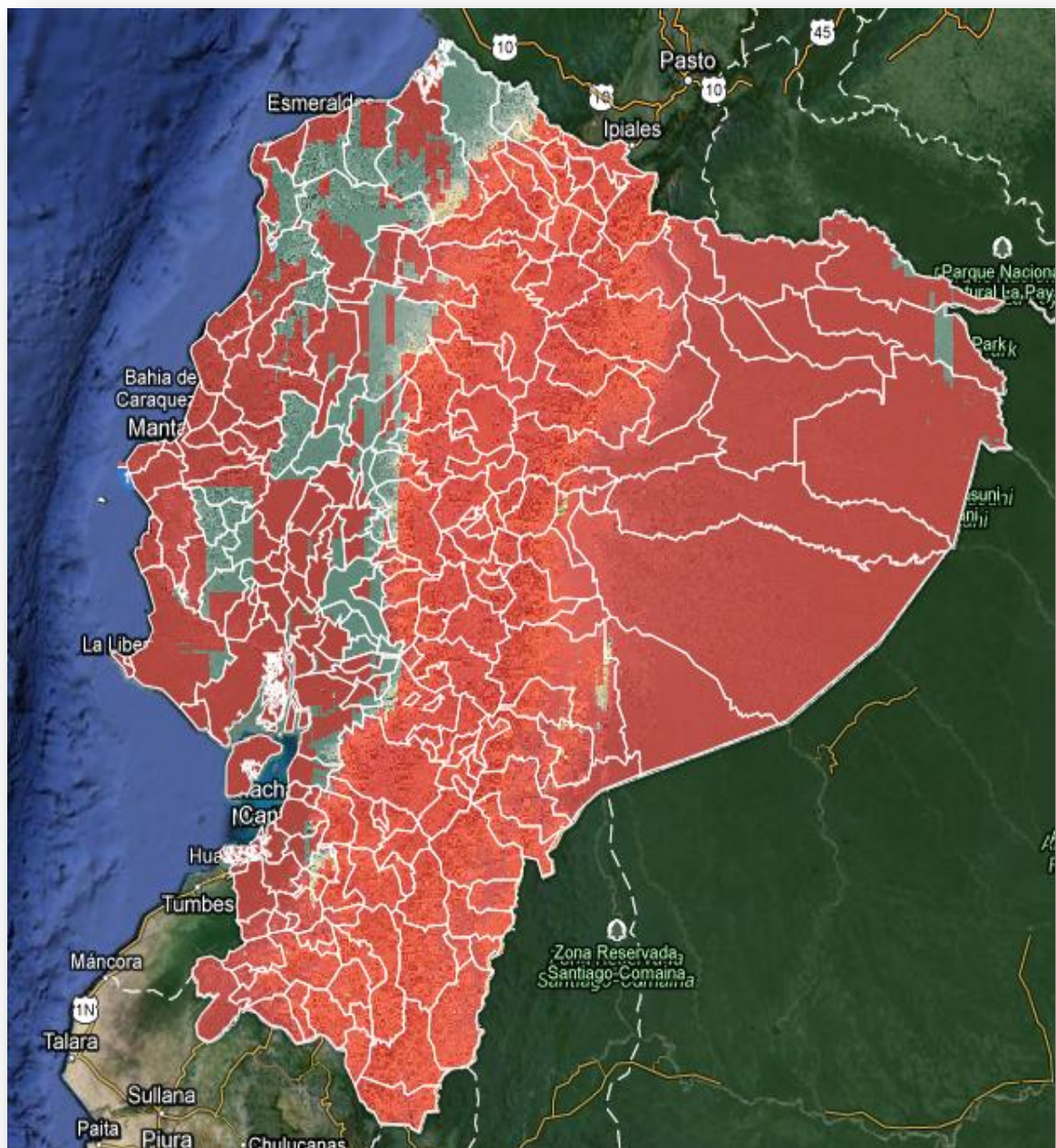


Figura 2. 62: Ortofoto disponible por cantones (IGM, 2014)

Utilizando instrumentos de avanzada tecnología, como cámaras de alta precisión, se capturan fotografías aéreas, las mismas que después de un proceso de rectificación digital de errores y deformaciones, se convierten en orto-fotografías.

Orto-fotografía presenta todos los elementos en una misma escala, razón por la que permiten efectuar mediciones exactas tal como si se tratara de un mapa, combina las características del detalle de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano. Este insumo nos provee de información de vital importancia para procesos de planificación territorial nacional.

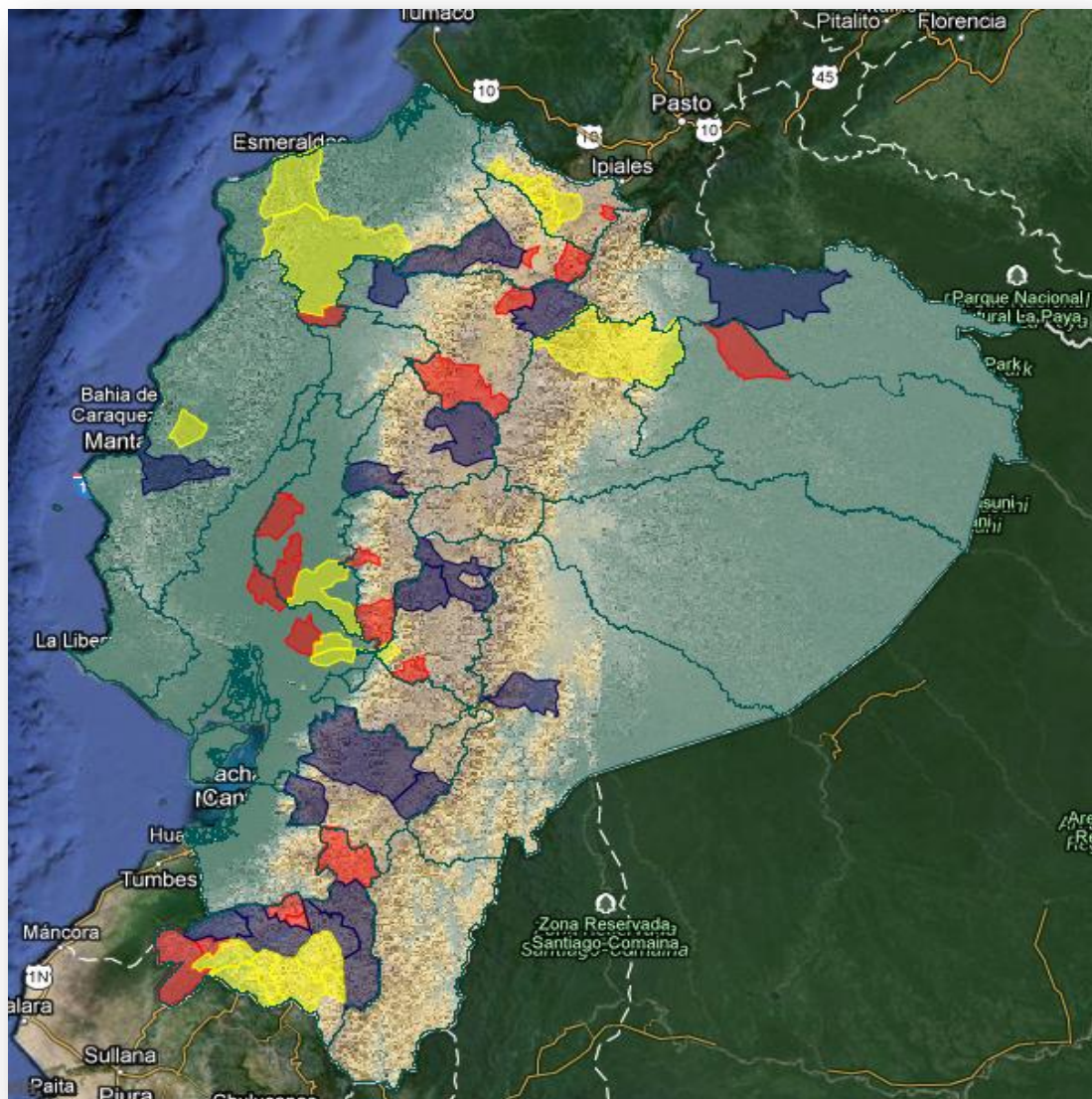


Figura 2. 63: Ortofoto disponible por procesos realizados (IGM, 2014)

2.6.11 DRONES

Es un vehículo aéreo no tripulador radio-controlado de uso recreativo civil. Funciona propulsado por cuatro motores eléctricos en configuración cuadricóptero y es similar en su estructura básica y aerodinámica a otros modelos radio-controlados, pero se diferencia de todos ellos en que cuenta con un microprocesador y una serie de sensores entre los cuales se incluyen dos cámaras que le permiten captar lo que ocurre a su alrededor, más un conector Wi-Fi integrado que le permite vincularse a dispositivos móviles personales que cuenten con los sistemas operativos iOS, Android o Linux. Esto permite controlar al cuadricóptero directamente desde un dispositivo móvil, mientras se reciben por medio de este dispositivo las imágenes y datos de telemetría de lo que los sensores del drone están captando.

El drone fue diseñado originalmente para ser controlado por medio de los productos de Apple con iOS tales como los iPhone, iPad y iPod Touch y para dispositivos Android. Pero debido a que la empresa fabricante del drone liberó los applet de control bajo código abierto pronto aparecieron aplicaciones para otros dispositivos tales como el Samsung BADA y también algunas aplicaciones no oficiales para Symbian, actualmente hay disponible un paquete de desarrollo oficial, de descarga libre, que permite utilizar el drone por medio de una PC portátil equipada con Linux, y hay un equipo de desarrollo de software libre que se encuentra trabajando en una aplicación de control y un kit de desarrollo (SDK) que corre sobre Windows utilizando las Apis de .NET Framework.(Martinez, 2014)

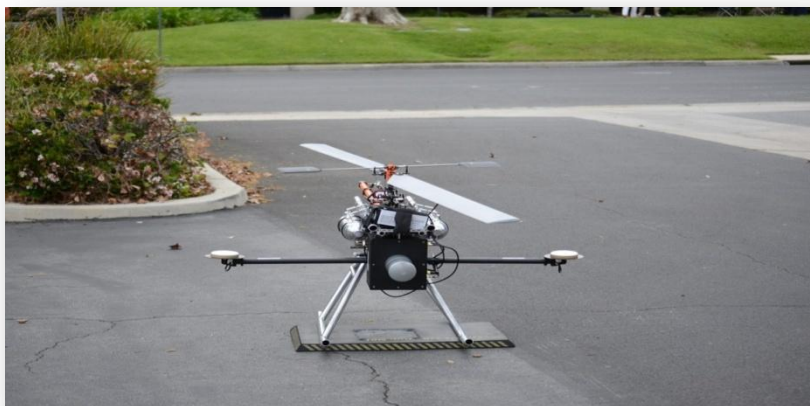


Foto 2. 30: Drone parte frontal

2.6.11.1 Especificaciones

Fue presentado en la feria Las Vegas International Consumer Electronics Show (CES) en el año 2010. Su estructura es muy sencilla y totalmente modular permitiendo un recambio muy simple de todas y cada una de sus piezas. Cuenta con un esqueleto o estructura de soporte en forma de cruz de tubos de fibra de carbono sobre la que se montan tanto los motores como la placa madre y la placa de navegación. El cuerpo del drone es de espuma de polipropileno lo que brinda protección contra los golpes a todo el sistema electrónico y permite recuperarlo en caso de que caiga sobre el agua ya que flota. Figura 4.25.

Sin embargo aunque el AR.Drone flota, no es anfibio, y es muy posible que sufra daños de caer sobre el agua ya que toda su electrónica es sensible sin que esté impermeabilizada. Finalmente, cuenta con una carcasa o casco de funcionalidad protectora y estética hecha de plástico de alta resistencia. Para controlar sus acciones se conecta a un iOS, a un dispositivo Android o a una PC con Wi-Fi y una aplicación de control. Cuenta con dos cámaras que pueden proyectarse en la pantalla del dispositivo. También tiene capacidad para reconocer escenarios tridimensionales, compatibilidad con juegos de vuelo de realidad aumentada, y un altímetro por ultrasonidos que permite entre otras cosas que el Drone levite completamente estabilizado o aterrice automáticamente en caso de pérdida de señal.

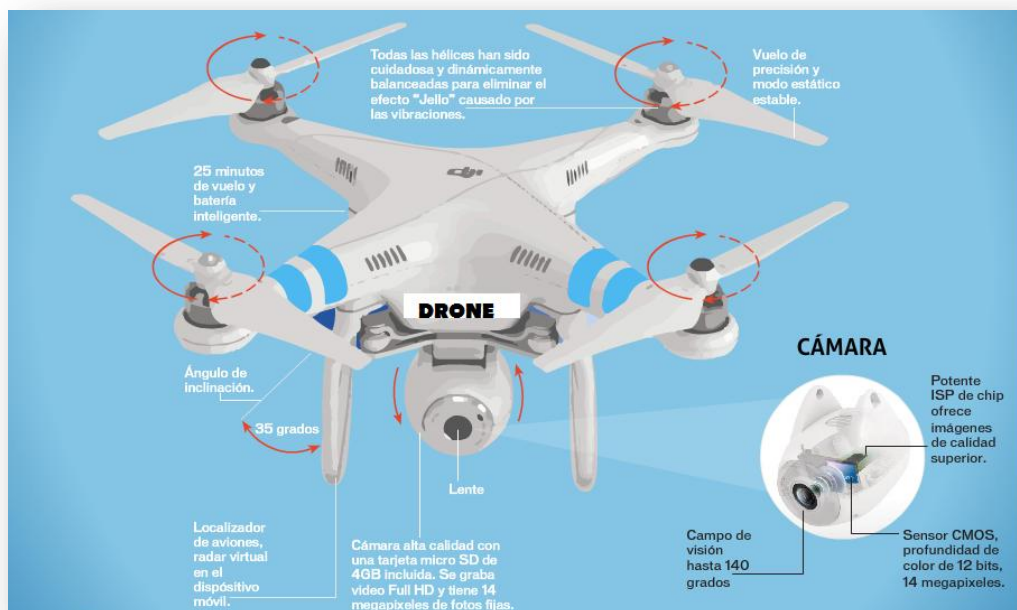


Foto 2. 31:Partes de un Drone

2.6.11.2 *Pilotaje*

Gracias a las cámaras frontal y ventral y al sistema operativo basado en Linux del drone, este es capaz de transmitir la señal de video y los datos de telemetría al dispositivo móvil que lo controla. El piloto puede ver en su dispositivo móvil, lo que ven las cámaras del drone y recibir datos de telemetría tales como aceleración, altitud ángulos de actitud, tal y como si estuviera en la cabina del piloto.

En el sistema de control nativo basado en dispositivos iOS o Android con pantalla táctil y acelerómetros el pilotaje se realiza por medio de uno o dos *joystick* virtuales sobre impuestos en la pantalla de control de la aplicación; estos *joystick* son dirigidos con los pulgares. También cuenta con la posibilidad de efectuar el control en base a los acelerómetros del dispositivo móvil, esto permite dirigir el drone de manera muy sencilla e intuitiva simplemente inclinando en un sentido u otro el dispositivo móvil.

En los sistemas de control basados en PC, tanto para Linux como para Windows el software permite controlar el drone por medio de un joystick físico o por medio de un joypad.

El pilotaje se encuentra totalmente asistido por el sistema operativo del drone, que se encarga en todo momento de corregir altitud, actitud y desplazamiento en base a los datos recibidos por los sensores de a bordo, esto permite seleccionar diferentes modos de pilotaje con diferente grado de asistencia en base a la experiencia y habilidad de cada piloto y a las condiciones del entorno. El despegue y aterrizaje es vertical y totalmente automático controlado completamente por el sistema operativo del drone.

El sistema operativo del drone también asume el mando del vehículo en caso de que se produzca una pérdida de la señal Wi-Fi o si el usuario reciba una llamada en su dispositivo móvil. En estos casos el sistema operativo puede optar por mantener al drone suspendido a una altura de seis metros o por aterrizarlo dependiendo de una configuración preestablecida por el usuario, en caso de una llamada entrante el drone simplemente permanece suspendido inmóvil a la misma altitud a la que se encontraba en el momento de recibir la llamada.

La autonomía es de unos 12 minutos para un tiempo de carga de 90 minutos.



Foto 2. 32. Un Drone con el casco para interiores siendo pilotado por un niño con un iPhone, el control de este drone civil se encuentra totalmente asistido por el ordenador de a bordo

2.7 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el desarrollo del tema se considerará las Especificaciones Generales y normas INEN e internacionales de la ASTM, que rigen para la construcción de taludes.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

La metodología presentada pretende sentar las bases en la generación de información adecuada, que corresponda principalmente a técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes que podrán ser aplicables a nuestro país, describiendo para cada una de ellas los procesos de ejecución y los instrumentos necesarios, que permitirá al lector tener una idea aproximada acerca de métodos preventivos y tratar de evitar pérdidas humanas.

Se considera como un riesgo de talud, aquel que pueda generar un deslizamiento de materiales o escombros de suelo y roca, que puedan causar una afectación severa a la integridad de la población y/o al medio carretero. Cabe mencionar que este trabajo no está enfocado a medidas de mitigación en taludes conformados en las cercanías de quebradas y ríos, ni a los deslizamientos que ocurren en laderas, debido a que estos necesitan de estudios más exactos.

Para poder desarrollar un sistema de gestión de riesgos, el primer paso es identificar cuáles son los sitios en los que se han presentado con mayor frecuencia las fallas, cuáles han sido las causas y frecuencias de dichas fallas, y cuál ha sido su afectación al sistema vial, así como si han recibido o no un tratamiento adecuado y hacer las recomendaciones pertinentes.

Se deduce entonces que gran parte de los problemas en las vías ocasionados por las fallas de taludes, presentan un alto porcentaje de índole superficial (esto conduce a que a mediano y largo plazo puedan tener un comportamiento inestable de mayores proporciones), por lo que la evaluación es puramente visual y con mayor enfoque en la cara del talud. La información se recolecta mediante observaciones directas del terreno a nivel de la rasante de la carretera. La investigación consiste en una inspección visual y las valoraciones que se realizan son de tipo cualitativo.

Se elaborara un formulario de evaluación que permitirá hacer un diagnostico sencillo sobre las condiciones de estabilidad del talud. Este formulario brindara los criterios ingenieriles básicos para la construcción de una obra determinada.

Finalmente la obtención de lineamientos generales y específicos para la elaboración de una guía de recomendaciones para la gestión de riesgos, que permita a las personas conocer conceptos fundamentales y ayudar a la anticipación de eventuales peligros, al conocer las herramientas y técnicas a utilizar en los casos más frecuentes de riesgos presentes en un proyecto de construcción.

3.1 LIMITACIONES

Se debe de tener muy claro, que la implementación de la metodología presentada tiene las siguientes limitaciones:

La investigación no incluye la realización de ensayos de campo ni de laboratorio para caracterizar los materiales; tampoco incluye análisis de estabilidad de ningún tipo o la verificación del diseño de alguna obra de estabilización, además existe falta de acceso a información técnica como estudios geológicos y geotécnicos del terreno y a los planos con el diseño de las obras. También es de importancia mencionar que en muchas ocasiones por la falta de accesibilidad, las inspecciones se harán desde el nivel de la carretera, omitiendo recorridos por las partes altas de los taludes. No resolverá los problemas directamente, sino que proveerá la información necesaria para poder conducir el problema a la solución más efectiva.

3.2 DELIMITACIÓN

3.2.1 Delimitación temporal

El período para el presente estudio se desarrollo desde febrero a agosto de 2014.

3.2.2 Delimitación espacial

La investigación se realizó en un tramo de 29 km de las carreteras: Collas- Guayllabamba, Otavalo – Ibarra, Cochasquí, Colibrí –Pifo- Santa Rosa Cusubamba.

Representativo de las carreteras del nor occidente del país,



Foto 3. 1: Deslizamiento en el tramo Cochasquí fuente propia.

3.2.3 Recolección de información

En referencia a los instrumentos de los trabajos realizados para la estabilización de taludes que son presentados en formularios los materiales determinen la efectividad de la estabilización de taludes.

Esta información es muy importante a la hora de abordar cualquier actuación sobre las infraestructuras viales y para planificar debidamente cualquier proyecto. Por esa razón es vital conseguir maximizar el valor de estos datos para que puedan ser aprovechados eficazmente, así como simplificar su comprensión y su manejo.

Tabla 3. 1 INVESTIGACIONES IN SITU(Angelone, 2010)

FASES DEL PROYECTO	ACTIVIDADES CARACTERÍSTICAS	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN GEOLOGICO- GEOTÉCNICOS	
Estudios previos y de viabilidad	Revisión de Información	Topografía y relieve	
		Hidrología e Hidrogeología	
		Mapas geológicos regionales	
		Historia geológica	
		Sismicidad y otros riesgos geológicos	
	Foto- Interpretación	Fotografías aéreas y Teledetección	
		Geomorfología	
		Litologías y estructuras	
		Riesgos geológicos	
		Cartografías geológicas de síntesis	
	Visita y reconocimiento previo de campo	Reconocimiento de suelos y rocas	
		Fallas y estructuras	
		Datos hidrogeológicos , drenaje	
		Geomorfología, estabilidad de laderas,subsidencias, hundimientos, inundaciones, etc.	
Problemas geoambientales			
Accesos y situación de investigaciones in Situ.			
Anteproyecto	Carta Geológica - Geotécnica (escala 1:5.000 - 1: 10.000)	Litoestratigrafía y estructura	
		Geomorfología e hidrogeología	
		Clasificación y propiedades de los materiales	
	Datos hidrológicos - hidrogeológicos	Identificación de zonas inundables , kársticas, de encharcamiento, de escorrentía, etc.	
		Regionales y locales.	
Investigaciones geotécnicas básicas	Sondeos y calicatas		
	Prospección geofísica		
	Ensayo de laboratoria		
Proyecto	Investigaciones geotécnicas de detalle	Sondeos y calicatas	
		Prospección geofísica	
		Ensayo InSitu y ensayo de laboratorio	
	Cartografía geotécnica de detalle (escala 1:500 - 1: 2.000)	Mapas geológicos- geotécnicos de detalle	
	Sectorización y propiedades geomecánicas		
Construcción	Seguimiento geotécnico	Planos geotécnicos de obra	
		Estabilidad de excavaciones y túneles	
		Control de parámetros geotécnicos	
		Cimentación de estructuras	
	Instrumentación	Instalación y lectura instrumental	
		Ensayo InSitu	
Control de calidad.			

Estudios de observación de campo pueden ejecutarse para comprobar el comportamiento del talud, determinar la zona de falla y chequear los métodos de estabilización utilizados.

2.3 Antecedentes deslizantes ____ SI ____ Atributo relativo ____ 0,6 ____

ANTECEDENTES	ATRIBUTO RELATIVO
No se sabe	0.3
Algunos	0.4
Si se tiene registrados	0.6

3. FACTORES GEOTÉCNICOS

3.1 Tipo de material

3.1.1 Suelos

Tipo de suelo ____ ARENAS ARCILLOSAS COMPACTAS ____ Atributo relativo ____ 1.0 ____

TIPO DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Suelos granulares medianamente compactos a sueltos . Suelos que se reblandecen con la absorción de agua (arcillas)	1.5 - 2.5
Suelos arcillosos consistentes o arenas limosas compactas.	0.5 - 1.0

Espesor de la capa de suelo ____ 11.5 ____ Atributo relativo ____ 1.4 ____

ESPESOR DE LA CAPA DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Menor a 5 m	0.5
5 a 10 m	1.0
10 a 15 m	1.4
15 a 20 m	1.8

3.1.2 Rocas

Tipo de formación rocosa ____ R.S ____ Atributo relativo ____ 0.6 ____

TIPO DE FORMACIÓN ROCOSA	ATRIBUTO RELATIVO
Rocas metamórficas (lutitas, pizarras) de poco a muy intemperizadas	1.2 a 2.0
Rocas sedimentarias (areniscas, calizas, conglomerados), tobas	0.3 a 0.6
Rocas ígneas sanas (granito, basalto, andesita, riolita)	0.2 a 0.4

Aspectos estructurales de la formación NO APLICA Atributo relativo _____

ASPECTO ESTRUCTURAL DE LA FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Buzamiento de la discontinuidad	Menos de 15°	0.2
	25° a 35°	0.4
	Mayor de 45°	0.6
Angulo entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Mayor a 10°	0.3
	0° a 10°	0.5
	0°	0.7
	0° a -10°	0.8
	Mayor a -10°	1.0
Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Mayor de 30°	0.2
	10° a 20°	0.3
	Menor de 5°	0.5

4. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES

4.1 Evidencias de huecos en el talud/ladera SI Atributo relativo 0.5

EVIDENCIA DE HUECOS	ATRIBUTO RELATIVO
Inexistentes	0.0
Volúmenes moderados	0.5
Grandes volúmenes faltantes	1.0

4.2 Vegetación y uso de la tierra MODERADA Atributo relativo 0.8

USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Zona urbana	2.0
Cultivos anuales (maíz, frijol, etc)	1.5
Vegetación intensa	0.0
Vegetación moderada	0.8
Área deforestada	2.0

4.3 Régimen de agua en el talud/ladera ESCURRIMIENTOS Atributo relativo 1.0

REGIMEN DE AGUA	ATRIBUTO RELATIVO
Nivel freático superficial, escurrimientos superficiales.	1.0
Nivel freático inexistente	0.0
Zanjas o depresiones donde se acumule el agua en la plataforma del talud/ ladera	1.0

5. SUMATORIA DE ATRIBUTOS Total: 8.5

EVALUACIÓN DE LA SUMATORIA DE LOS ATRIBUTOS RELATIVOS PARA CONOCER
EL GRADO DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTO EN EL TALUD / LADERA:

GRADO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN	SUMATORIA
1	Amenaza muy alta	Mayor a 10.0
2	Amenaza alta	8.5 a 10.0
3	Amenaza moderada	7.0 a 8.5
4	Amenaza baja	5.0 a 7.0
5	Amenaza muy baja	Menor de 5.0

Registro 2

FORMATO DE EVALUACION DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS EN TALUDES Y LADERAS

Fecha: 16 DE AGOSTO DE 2014

Hora: 11:10

Ubicación: Vía Otavalo

Responsable de la inspección: Fernanda Ojeda

Institución/Organización: Universidad Internacional del Ecuador



1. DESCRIPCIÓN FÍSICA

- 1.1 Existencia de grietas en la corona o en plataforma ☐ si ☐ no ☒ (x)
 ratura _____ m Longitud _____ m
- 1.2 Depósitos de escombros al pie del talud ☐ si ☐ no ☒ (x)
- 1.3 Flujos de agua en el talud/ladera ☐ si ☐ no ☒ (x)
- 1.4 Presencia de estructuras o viviendas
- | | |
|--------------|---|
| En la corona | ☒ si ☐ no ☐ () |
| Al pie | ☐ () no ☒ (x) |

2. FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS

2.1 Inclinación del talud/ladera 60 Atributo relativo 2.0

INCLINACIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Mayor de 45°	2.0
35° - 45°	1.8
25° - 35°	1.4
15° - 25°	1.0
Menor de 15°	0.5

2.2 Altura del talud/ladera 15 Atributo relativo 0,6

ALTURA	ATRIBUTO RELATIVO
Menor de 50 m	0.6
50 - 100 m	1.2
100 - 200 m	1.6
Mayor de 200 m	2.0

2.3 Antecedentes deslizantes ____NO____ Atributo relativo ____0,3____

ANTECEDENTES	ATRIBUTO RELATIVO
No se sabe	0.3
Algunos	0.4
Si se tiene registrados	0.6

3. FACTORES GEOTÉCNICOS

3.1 Tipo de material

3.1.1 Suelos

Tipo de suelo __ARENAS ARCILLOSAS COMPACTAS Atributo relativo ____1.0____

TIPO DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Suelos granulares medianamente compactos a sueltos . Suelos que se reblandecen con la absorción de agua (arcillas)	1.5 - 2.5
Suelos arcillosos consistentes o arenas limosas compactas.	0.5 - 1.0

Espesor de la capa de suelo ____15____ Atributo relativo ____1.4____

ESPESOR DE LA CAPA DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Menor a 5 m	0.5
5 a 10 m	1.0
10 a 15 m	1.4
15 a 20 m	1.8

3.1.2 Rocas

Tipo de formación rocosa ____R.S____ Atributo relativo ____0.6____

TIPO DE FORMACIÓN ROCOSA	ATRIBUTO RELATIVO
Rocas metamórficas (lutitas, pizarras) de poco a muy intemperizadas	1.2 a 2.0
Rocas sedimentarias (areniscas, calizas, conglomerados), tobas	0.3 a 0.6
Rocas ígneas sanas (granito, basalto, andesita, riolita)	0.2 a 0.4

Aspectos estructurales de la formación _NO APLICA_ Atributo relativo _____

ASPECTO ESTRUCTURAL DE LA FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Buzamiento de la discontinuidad	Menos de 15°	0.2
	25° a 35°	0.4
	Mayor de 45°	0.6
Angulo entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Mayor a 10°	0.3
	0° a 10°	0.5
	0°	0.7
	0° a -10°	0.8
	Mayor a -10°	1.0
Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Mayor de 30° 0.2	0.2
	10° a 20°	0.3
	Menor de 5°	0.5

4. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES

4.1 Evidencias de huecos en el talud/ladera _NO_ Atributo relativo _0.0_

EVIDENCIA DE HUECOS	ATRIBUTO RELATIVO
Inexistentes	0.0
Volúmenes moderados	0.5
Grandes volúmenes faltantes	1.0

4.2 Vegetación y uso de la tierra _URBANA_ Atributo relativo _2.0_

USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Zona urbana	2.0
Cultivos anuales (maíz, frijol, etc)	1.5
Vegetación intensa	0.0
Vegetación moderada	0.8
Área deforestada	2.0

4.3 Régimen de agua en el talud/ladera **ESCURRIMIENTOS** Atributo relativo **1.0**

REGIMEN DE AGUA	ATRIBUTO RELATIVO
Nivel freático superficial, escurrimientos superficiales.	1.0
Nivel freático inexistente	0.0
Zanjas o depresiones donde se acumule el agua en la plataforma del talud/ ladera	1.0

5. SUMATORIA DE ATRIBUTOS Total: _____ 8.9 _____

CONOCER EL GRADO DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTO EN EL TALUD /
LADERA:

GRADO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN	SUMATORIA
1	Amenaza muy alta	Mayor a 10.0
2	Amenaza alta	8.5 a 10.0
3	Amenaza moderada	7.0 a 8.5
4	Amenaza baja	5.0 a 7.0
5	Amenaza muy baja	Menor de 5.0

Registro 3

FORMATO DE EVALUACION DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS EN TALUDES Y LADERAS

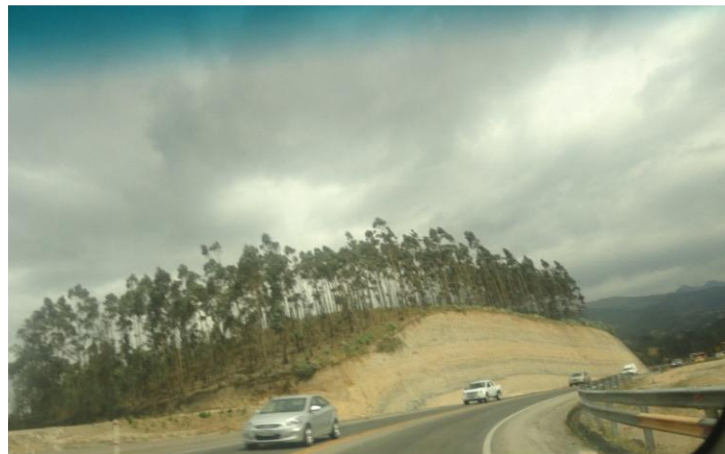
Fecha: 17 DE AGOSTO DE 2014

Hora: 15:20

Ubicación: Colibrí- Pifo- Santa Rosa de Cusubamba

Responsable de la inspección: Fernanda Ojeda

Institución/Organización: Universidad Internacional del Ecuador



1. DESCRIPCIÓN FÍSICA

- 1.1 Existencia de grietas en la corona o en plataforma ☐ si () no (x)
rtura _____ m Longitud _____ m
- 1.2 Depósitos de escombros al pie del talud ☐ si () no (x)
- 1.3 Flujos de agua en el talud/ladera ☐ si () no (x)
- 1.4 Presencia de estructuras o viviendas
- En la corona ☐ si () no (x)
- Al pie ☐ () no (x)

2. FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS

- 2.1 Inclinação del talud/ladera 50 Atributo relativo 2.0

INCLINACIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Mayor de 45°	2.0
35° - 45°	1.8
25° - 35°	1.4
15° - 25°	1.0
Menor de 15°	0.5

- 2.2 Altura del talud/ladera 11 Atributo relativo 0,6

ALTURA	ATRIBUTO RELATIVO
Menor de 50 m	0.6
50 – 100 m	1.2
100 – 200 m	1.6
Mayor de 200 m	2.0

2.3 Antecedentes deslizantes ____ SI ____ Atributo relativo ____ 0,6 ____

ANTECEDENTES	ATRIBUTO RELATIVO
No se sabe	0.3
Algunos	0.4
Si se tiene registrados	0.6

3. FACTORES GEOTÉCNICOS

3.1 Tipo de material

3.1.1 Suelos

Tipo de suelo __ ARENAS ARCILLOSAS COMPACTAS Atributo relativo __ 1.0 __

TIPO DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Suelos granulares medianamente compactos a sueltos . Suelos que se reblandecen con la absorción de agua (arcillas)	1.5 - 2.5
Suelos arcillosos consistentes o arenas limosas compactas.	0.5 - 1.0

Espesor de la capa de suelo ____ 11 ____ Atributo relativo __ 1.4 ____

ESPESOR DE LA CAPA DE SUELO	ATRIBUTO RELATIVO
Menor a 5 m	0.5
5 a 10 m	1.0
10 a 15 m	1.4
15 a 20 m	1.8

3.1.2 Rocas

Tipo de formación rocosa ____ R.S ____ Atributo relativo __ 0.6 ____

TIPO DE FORMACIÓN ROCOSA	ATRIBUTO RELATIVO
Rocas metamórficas (lutitas, pizarras) de poco a muy intemperizadas	1.2 a 2.0
Rocas sedimentarias (areniscas, calizas, conglomerados), tobas	0.3 a 0.6
Rocas ígneas sanas (granito, basalto, andesita, riolita)	0.2 a 0.4

Aspectos estructurales de la formación NO APLICA Atributo relativo

ASPECTO ESTRUCTURAL DE LA FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Buzamiento de la discontinuidad	Menos de 15°	0.2
	25° a 35°	0.4
	Mayor de 45°	0.6
Angulo entre el buzamiento de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Mayor a 10°	0.3
	0° a 10°	0.5
	0°	0.7
	0° a -10°	0.8
	Mayor a -10°	1.0
Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Mayor de 30° 0.2	0.2
	10° a 20°	0.3
	Menor de 5°	0.5

4. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES

4.1 Evidencias de huecos en el talud/ladera SI Atributo relativo 0.5

EVIDENCIA DE HUECOS	ATRIBUTO RELATIVO
Inexistentes	0.0
Volúmenes moderados	0.5
Grandes volúmenes faltantes	1.0

4.2 Vegetación y uso de la tierra MODERADA Atributo relativo 0.8

USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN	ATRIBUTO RELATIVO
Zona urbana	2.0
Cultivos anuales (maíz, frijol, etc)	1.5
Vegetación intensa	0.0
Vegetación moderada	0.8
Área deforestada	2.0

4.3 Régimen de agua en el talud/ladera **ESCURRIMIENTOS** Atributo relativo **1.0**

REGIMEN DE AGUA	ATRIBUTO RELATIVO
Nivel freático superficial, escurrimientos superficiales.	1.0
Nivel freático inexistente	0.0
Zanjas o depresiones donde se acumule el agua en la plataforma del talud/ ladera	1.0

5. SUMATORIA DE ATRIBUTOS Total: 8.5

CONOCER EL GRADO DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTO EN EL TALUD /
LADERA:

GRADO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN	SUMATORIA
1	Amenaza muy alta	Mayor a 10.0
2	Amenaza alta	8.5 a 10.0
3	Amenaza moderada	7.0 a 8.5
4	Amenaza baja	5.0 a 7.0
5	Amenaza muy baja	Menor de 5.0

3.2.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Luego de la tabulación de los resultados de los eventos anteriores registrados tenemos los siguientes indicadores.

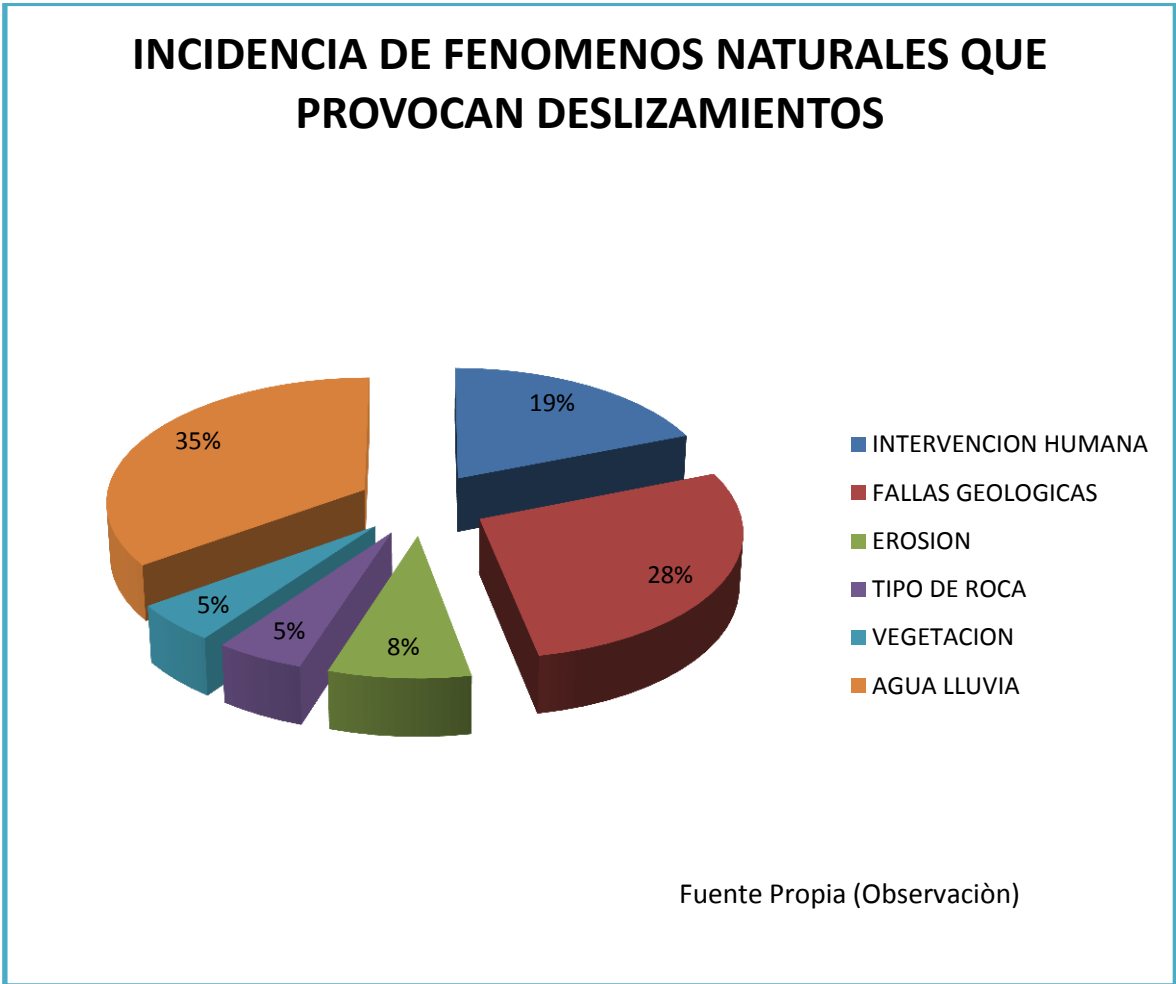


Figura 3. 1: Incidencia de fenómenos naturales que causan mayores deslizamientos en Ecuador.

3.2.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el valor de la sumatoria de atributos relativos obtenida se observa que el talud presenta un grado de amenaza por deslizamiento alto, por lo que es necesaria la implementación de medidas de mitigación, para lo cual se recomienda realizar un estudio geotécnico que proporcione los parámetros necesarios para llevar a cabo un análisis de estabilidad.

El reconocimiento y observación de los taludes de las carreteras del noroccidente del Ecuador confirma la estructura geológica de estos taludes constituida por estratos heterogéneos compuestos básicamente por limos arenosos granodioríticos de color amarillo, rocas intrusivas, lahares y conglomerados.

La topografía, en un 90% de las fajas topográficas por donde se desarrollan estas vías es completamente abrupta, con pendientes transversales elevadas y drenajes naturales bien definidos. Debido a este relieve, el desarrollo geométrico es a media ladera, casi paralelo a los principales ríos de la zona, como es el caso del tramo definido para la investigación y que se inicia en el sitio de Cochasquí (Km 0+029 hasta Km 0+042) E28B siguiendo la vía Otavalo para finalizar en la vía Colibrí- Pifo- Santa Rosa de Cusubamba bordeando las márgenes derechas de los ríos Íntag y Guayllabamba. (Ver Anexo 1).

El clima es típico de las zonas subtropicales, con precipitaciones anuales entre 1200 y 2000 mm. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 15 y 25 °C y una humedad relativa del 70 al 90%.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA

4 DATOS INFORMATIVOS.

Para el desarrollo de esta investigación se eligió algunos tramos de carretera en el que he generado mi información es la vía Collas –Guayllabamba la zona nor-occidental ecuatoriano. Por su peculiar topografía muy agreste y donde continuamente se presentan deslizamientos de laderas y derrumbes en taludes de las carreteras.

En el anexo 1, se presenta fotografías de la mencionada carretera.

4.1 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

La zona de Collas -Guayllabamba donde se ubica la carretera para la que se trata de generalizar el presente estudio, tiene una topografía muy irregular donde son frecuentes los deslizamientos de taludes, provocando el riesgo de accidentes y los incrementos de operación vehicular por la pérdida de tiempo y daños en los vehículos.

Hasta la presente fecha la única solución ha sido limpiar ésta y las demás vías de la zona, sin atacar la causa u origen del problema, como es proteger los taludes o implementar un sistema de alertas tempranas y monitoreo para evitar los deslizamientos.

El Consejo Provincial de Pichincha conjuntamente con el Consejo Provincial de Imbabura, por ley para todo el Ecuador, tiene la obligación de conservar y mantener las vías de su jurisdicción. Sin embargo el análisis y la alternativa para estabilizar los taludes es una cuestión técnica que requiere la contratación de estudios específicos a más de implementar un sistema de gestión de riesgos que con el presente trabajo se trata de hacerlos.

4.2 JUSTIFICACIÓN

Esta propuesta está encaminado a mitigar los efectos y los daños causados por desastres naturales, (terremotos e inundaciones, deslaves) o causados por el hombre (incendios, amenazas y hallazgos de bombas y derrames de materiales peligrosos); Lo ideal será si anticipamos los riesgos antes de que estos ocurran, por lo tanto todos los miembros de nuestra comunidad compartimos la responsabilidad de estar preparados con las herramientas de auxilio adecuadas.

Preparar las medidas necesarias para salvar vidas y evitar daños; responder antes, durante y después de las emergencias y establecer un sistema que permita a la comunidad y el área de influencia en sí, a recuperarse de las emergencias y volver a la normalidad en un tiempo razonable. Incorporar la gestión de riesgos como tarea básica de planeación (incluyendo la planificación física). Una primera aproximación al diagnóstico y prioridades, a la escala de este Plan.

Fortalecer las capacidades de respuesta frente a emergencias y desastres. La instrumentación tiene por objeto monitorear en el tiempo, el comportamiento de un talud o un deslizamiento. La utilidad de la instrumentación de campo, radica en la posibilidad de obtener información del comportamiento del talud (con el tiempo) y medir algunos parámetros geotécnicos que controlan el mecanismo de falla.

No se han producido hechos mayores que lamentar en cuanto a pérdidas humanas, pero sí daños a vehículos y pérdidas de tiempo que significan atrasos, pérdidas de productos perecibles e incremento en el transporte.

En este sentido el beneficiario es la población para lo cual deben responsabilizarse las instituciones que tienen en su cargo la construcción y mantenimiento de carreteras, el costo de mantenimiento puede resultar más oneroso que la estabilización definitiva de taludes

4.3 OBJETIVOS

4.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el Modelo Técnico adecuado, a fin de disminuir pérdidas humanas y los accidentes de tránsito y consecuentemente, los costos de operación.

4.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los tipos de inestabilidad más comunes en la vía estudiada.
- Desarrollar un sistema de Monitoreo e instrumentación para la activación en caso de desastres naturales e humanos.

4.3.2.1 Objetivos de la Instrumentación

Las situaciones típicas en las cuales se requiere la instrumentación, son las siguientes:

- Determinación de la profundidad y forma de la superficie de falla en un deslizamiento activo.
- Determinación de los movimientos laterales y verticales dentro de la masa deslizada.
- Determinación de la rata o velocidad de deslizamiento y el establecimiento de mecanismos de alarma.
- Monitoreo de la actividad de cortes o rellenos e identificación de los efectos de una determinada construcción.
- Monitoreo de los niveles de agua subterránea o presiones de poros y su correlación con la actividad del deslizamiento.
- Colocación de medidores y comunicación a un sistema de alarma.

- Monitoreo y evaluación de la efectividad de los diferentes sistemas de estabilización o control.

4.4 PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

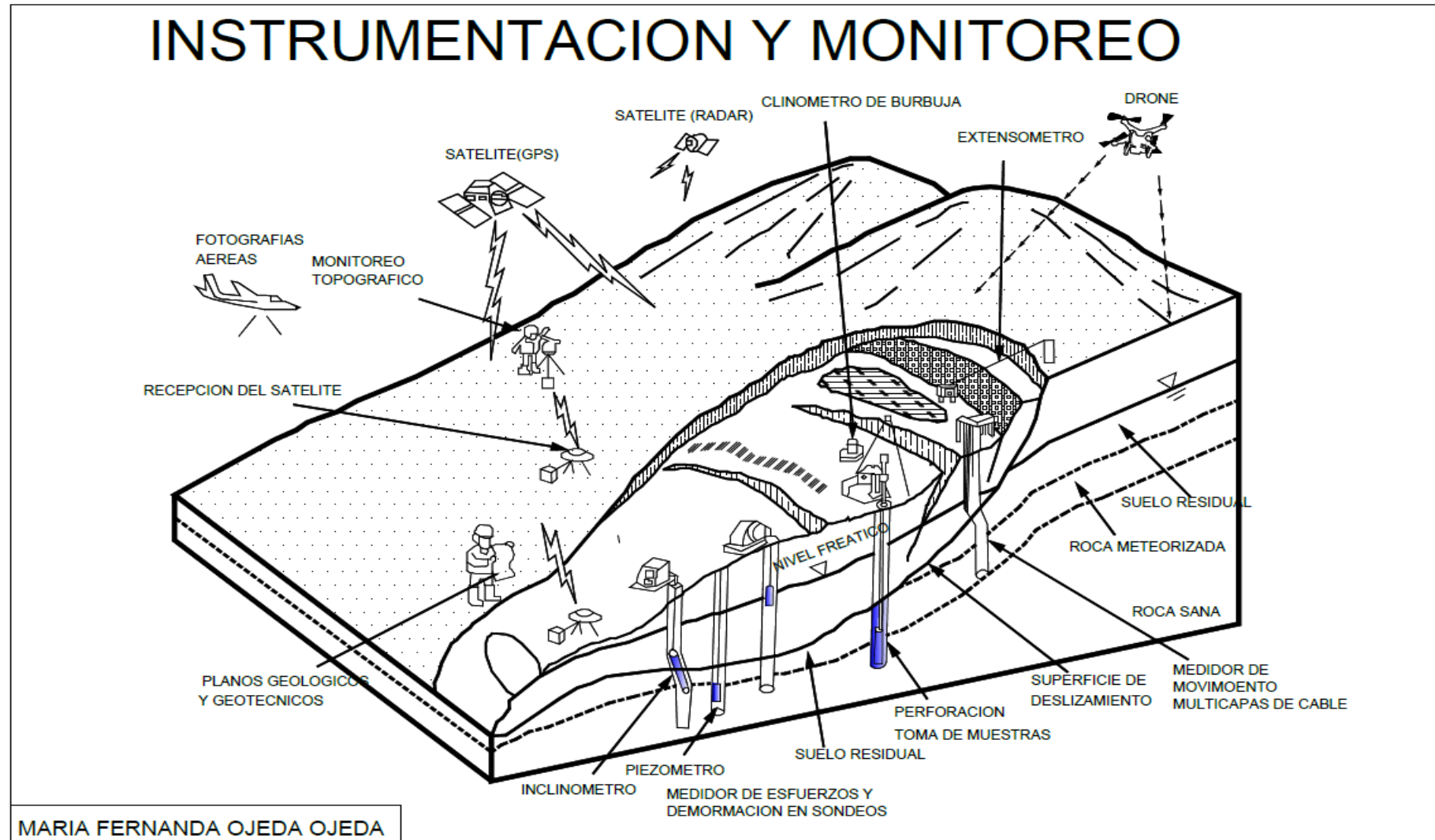
El primer paso en la planeación de un programa de instrumentación es determinar:

- Qué tipos de medición se requieren.
- Seleccionar el instrumento específico que mejor se adapte a las necesidades del talud estudiado.
- Planear la localización, número y profundidad de la instrumentación.
- Escoger la metodología de lectura de las mediciones.
- Tomar decisiones sobre el manejo y la presentación de los datos obtenidos.

Antes de diseñar el programa de monitoreo, se requiere tener claridad sobre las causas del deslizamiento y los límites probables del movimiento en cuanto a profundidad y extensión en planta. Adicionalmente, se requiere conocer la geología, el sistema de lluvias, etc., lo cual equivale a tener avanzado el estudio del deslizamiento, en un gran porcentaje.

Previamente a la instalación de los instrumentos, se deben haber planteado los probables mecanismos de falla. Lo que se pretende con un programa de monitoreo, es corroborar la validez o no, de las teorías propuestas y la cuantificación de ciertos parámetros y procesos. Ver anexo 5 donde muestra el modelo técnico de monitoreo de deslizamientos e instrumentación.

4.5 MONITOREO DE DESLIZAMIENTOS E INSTRUMENTACIÓN



MARIA FERNANDA OJEDA OJEDA

4.6 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y MONITOREO EN TALUDES

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación manual en suelo de talud para instalación de instrumentos.

4,000

UNIDAD: ml

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	0,40	
PARCIAL M				0,40	3,5
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
CAT I	1,00	1,35	1,35	5,40	
CAT IV	1,00	1,41	1,41	5,64	
PARCIAL N				11,04	96,5
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
PARCIAL O					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
PARCIAL P					
TOTAL COSTOS DIRECTOS $X = (M+N+O+P)$				11,44	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				2,29	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				13,73	120,00
VALOR PROPUESTO				13,73	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Provision e instalcion de DRON
UNIDAD: U

REND
2,000

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
MANO DE OBRA				PARCIAL M	
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
O.ESPECIAL	2,00	1,70	3,40	6,80	
MATERIALES				PARCIAL N	6,80 2,6
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
DRON	UNIDAD	1,00	250,00	250,00	
TRANSPORTE				PARCIAL O	250,00 97,4
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
				PARCIAL P	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				256,80	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				51,36	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				308,16	120,00
VALOR PROPUESTO				308,16	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Anclajes pasivos: Movilización y desmovilización equipos y personal; instalación de equipos en cada sondeo, K= (horas/und) 0,267
UNIDAD: c/u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Truck Dril	1,00	30,00	30,00	8,01	
Compresor	1,00	18,00	18,00	4,81	
Equipo para inyección	1,00	15,00	15,00	4,01	
Equipo para postensado	1,00	20,00	20,00	5,34	
MANO DE OBRA				PARCIAL M	22,17 26,1
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
CAT I	3,00	1,35	4,05	1,08	
CAT II	6,00	1,37	8,22	2,19	
CAT IV	1,00	1,41	1,41	0,38	
OEP 1	1,00	1,51	1,51	0,40	
OEP 2	3,00	1,46	4,38	1,17	
SIN TIT (ayudante de maquinaria)	2,00	1,38	2,76	0,74	
MATERIALES				PARCIAL N	5,96 7,0
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
Cemento	kg	110,00	0,10	11,00	
Agua	m3	0,10	3,00	0,30	
Barras de anclaje, Ø 25 mm, L = 6 m	u	1,00	27,98	27,98	
Tubería PVC	ml	1,00	8,57	8,57	
Acces. Anclaje, tub. inyección, centradores, placa etc.	glb	1,00	7,84	7,84	
Aditivos	glb	1,00	1,00	1,00	
TRANSPORTE				PARCIAL O	56,69 66,8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
				PARCIAL P	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				84,82	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				16,96	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				101,78	120,00
VALOR PROPUESTO				101,78	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Provision e instalcion de Inclinomero

K= (horas/und) 80,000

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	8,00	
MANO DE OBRA				PARCIAL M	8,00 0,3
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
Ingeniero Civil	2,00	3,75	7,50	600,00	
CAT III	8,00	1,38	11,04	883,20	
MATERIALES				PARCIAL N	1.483,20 46,7
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
TUBERIA PARA INCLINOMETRO	M	24,00	25,40	609,60	
TAPA SUPERIOR	UNIDAD	1,00	4,57	4,57	
TAPA INFERIOR	UNIDAD	1,00	11,04	11,04	
MONUMENTO DE SUPERFICIE	UNIDAD	1,00	60,00	60,00	
TRANSPORTE				PARCIAL O	685,21 21,6
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
MOVILIZACION	GLB	1,00	500,00	500,00	
DESMOVILIZACION	GLB	1,00	500,00	500,00	
				PARCIAL P	1.000,00 31,5
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				3.176,41	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				635,28	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.811,69	120,00
VALOR PROPUESTO				3.811,69	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Provision e instalcion de piezometro

K= (horas/und) 32,000

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	3,20	
MANO DE OBRA				PARCIAL M	
				3,20	0,6
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
CAT II	1,00	1,37	1,37	43,84	
CAT III	1,00	1,38	1,38	44,16	
MATERIALES				PARCIAL N	
				88,00	16,3
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
PIEZOMETRO	UNIDAD	350,00	1,28	448,23	
TRANSPORTE				PARCIAL O	
				448,23	83,1
				PARCIAL P	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				539,43	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				107,89	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				647,32	120,00
VALOR PROPUESTO				647,32	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Tubo PVC 4"; ranurado 5cm; protegido con geotextil ; L=15 cm

K= (horas/und)

0,200

UNIDAD: c/u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	0,02	
MANO DE OBRA				PARCIAL M	0,02 1,3
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
CAT I	1,00	1,35	1,35	0,27	
CAT III	1,00	1,38	1,38	0,28	
MATERIALES				PARCIAL N	0,55 36,7
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	%
Tubo PVC 4" ranurado	ml	0,15	2,80	0,42	
Geotextil	m2	0,35	1,45	0,51	
TRANSPORTE				PARCIAL O	0,93 62,0
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	%
				PARCIAL P	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				1,50	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				0,30	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1,80	120,00
VALOR PROPUESTO				1,80	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Provision e instalcion de Extensometro

16,000

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	1,60	
MANO DE OBRA				PARCIAL M	1,60 0,7
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
CAT II	1,00	1,37	1,37	21,92	
CAT III	1,00	1,38	1,38	22,08	
MATERIALES				PARCIAL N	44,00 17,9
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
Extensometro	UNIDAD	1,00	200,00	200,00	
TRANSPORTE				PARCIAL O	200,00 81,4
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
				PARCIAL P	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				245,60	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				49,12	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				294,72	120,00
VALOR PROPUESTO				294,72	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón para replantillo de berma $f_c=180 \text{ kg/cm}^2$ $e=5 \text{ cm}$

K= (horas/und) 0,067

UNIDAD: m²

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
Herramienta menor	1,00	0,10	0,10	0,01	
Concretera	1,00	2,00	2,00	0,13	
PARCIAL M				0,14	4,6
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
CAT I	4,00	1,35	5,40	0,36	
CAT III	2,00	1,38	2,76	0,18	
CAT IV	1,00	1,41	1,41	0,09	
PARCIAL N				0,63	20,7
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
Cemento	kg	15,00	0,10	1,50	
Arena	m ³	0,03	10,00	0,30	
Ripio	m ³	0,05	10,00	0,45	
Agua	m ³	0,01	3,00	0,03	
PARCIAL O				2,28	74,8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
PARCIAL P					
TOTAL COSTOS DIRECTOS $X = (M+N+O+P)$				3,05	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X 20,0				0,61	20,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3,66	120,00
VALOR PROPUESTO				3,66	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Fotografías Aereas (Orto-fotos)

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT	%
MANO DE OBRA			PARCIAL M		
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO UNIT	
	4,00				
	1,00				
MATERIALES			PARCIAL N		
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
ORTOFOTOS	HA	1,00	250,00	250,00	
TRANSPORTE			PARCIAL O	250,00	100,0
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
			PARCIAL P		
TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P)				250,00	100,0
INDIRECTOS Y UTILIDAD % X				20,0	50,00
(OTROS COSTOS INDIRECTOS) % X					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				300,00	120,00
VALOR PROPUESTO				300,00	

TABLA 4. 1: PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO GENERAL
PROYECTO: MONITOREO E INSTRUMENTACION PARA DESLIZAMIENTOS
TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD APROX	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	Porcentaje %
1	Excavación manual en suelo de talud para instalación de instrumentos.	ml	1,00	13,73	13,73	0,250%
2	Provisión e instalación de DRON	U	1,00	308,16	308,16	5,620%
3	Andajes pasivos: Movilización y desmovilización equipos y personal, instalación de equipos en cada sondeo, perforación subhorizontal (Ø=4" , L=6m); (tirante de barra corrugada de Ø=25mm; L.06m), acoples metálicos, hormigón inyectado y expansores.	clu	1,00	101,78	101,78	1,856%
4	Provisión e instalación de Inclímetro	u	1,00	3.811,69	3.811,69	69,520%
5	Provisión e instalación de piezometro	u	1,00	647,32	647,32	11,806%
6	Tubo PVC 4" , ranurado 5cm, protegido con geotextil , L=15 cm	clu	1,00	1,80	1,80	0,033%
7	Provisión e instalación de Extensómetro	u	1,00	294,72	294,72	5,375%
8	Hormigón para replantillo de berma f'c=180 kg/cm2 e=5 cm	m2	1,00	3,66	3,66	0,067%
9	Fotografías Aéreas (Orto-fotos)	u	1,00	300,00	300,00	5,472%
				TOTAL	5.482,86	100%

Sin lugar a dudas la inversión que se debería hacer para optimizar e implementar este tipo de sistema de monitoreo y prevención de deslizamientos es relativamente alto, hay que tomar en cuenta que el bienestar humano es incalculable.

Tomando en cuenta este antecedente hacer un cálculo estadístico de beneficio- costo pasaría a segundo plano, ya que no existe inversión tan alta que se pueda comparar con resguardar las vidas de todos los que pueden estar expuestos de manera fortuita a un desastre sin ningún tipo de alerta, es así que sin dudar la respuesta sería **BENEFICIO SERA MAYOR AL COSTO**

Hay medios simples y de baja tecnología para que los propietarios y otros apliquen métodos y técnicas que son eficaces y disminuyen los efectos de los deslizamientos. En primer lugar, siempre es preferible consultar a un profesional, como un ingeniero geotécnico o un ingeniero civil, ya que han tenido la formación y experiencia necesarias para resolver problemas de inestabilidad. Una empresa o profesional local puede ser el más indicado, ya que pueden estar familiarizados con la geología, los tipos de suelo y la geografía de la zona en cuestión. Esto no siempre es así, pero es una base para empezar las indagaciones.

Cuando hay jurisdicciones locales tales como oficinas del condado y (o) las municipales, los que trabajan en estas instituciones puede ser geólogos profesionales, planificadores, y (o) expertos en construcción que puede responder preguntas, ofrecer mapas y explicar las normas de construcción y los procedimientos de inspección. El acceso a este tipo de funcionarios varía ampliamente en todo el mundo, y las situaciones locales pueden manejarse de manera diferente.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los recorridos y evaluación in situ de las vías del nor-occidente del país ponen de manifiesto el problema generado y analizado en este trabajo.

La circulación segura y confortable por las carreteras es un derecho de todos los ecuatorianos por tanto el problema generado por el deslizamiento de taludes deberá ser solucionado mediante una intervención técnica y urgente.

5.1 CONCLUSIONES

- El ingeniero que se enfrente con el problema de proyectar estructuras sobre o en el interior de un macizo rocoso ha de congeniar tres factores: seguridad, funcionalidad y economía. Debe dirigir sus esfuerzos y conocimientos a estos fines y encuentra que los principios generales que le permiten resolver otros problemas estructurales.
- Una buena Gestión de Riesgos pueden llevarse a cabo en los deslizamientos de taludes se clasifican en, según su función en aquellas que tienen como fin reducir las fuerzas desestabilizadoras que actúan sobre un talud y en aquellas cuyo objetivo es incrementar las fuerzas resistentes al movimiento. Éstas últimas son las que más se implementan en el país.
- Las condiciones geológicas son muy diversas a lo largo de nuestro país, es por eso que es muy importante analizarlas con cuidado para poder hacer un buen planeamiento a la hora de hacer proyectos ya que los riesgos son muy altos.
- Los deslizamientos en taludes son una problemática de importancia en nuestro país debido a los enormes daños humanos y materiales que ocasionan de manera casi periódica, por lo que resulta de gran importancia estudiar todos los factores que intervienen en la ocurrencia de este fenómeno para implementar las medidas de mitigación necesarias.
- Al implementar cualquier medida de mitigación de deslizamientos en taludes es necesario considerar un adecuado sistema de drenaje, ya que el agua es el factor desencadenante de mayor importancia en inestabilidad de taludes.

- Las técnicas de mitigación mediante la modificación de la geometría son medidas muy efectivas para garantizar estabilidad de un talud, sin embargo su implementación estará en función de los recursos económicos con los que se cuenten para su ejecución y de la cantidad de material a remover.
- Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención control estabilización.
- Debe tomarse en cuenta que en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción.
- Observar que la mayoría de las carreteras de nuestro País no cuentan con zonas de seguridad, prevención y vulnerabilidad al peligro para derrumbes en un talud prácticamente son mínimas o en algunos casos nulos, lo que nos dejan expuestos a un desastre natural sin ninguna reacción u oportunidad de salvar nuestras vidas.
- Existe escasa información en las carreteras sobre sitios de alto riesgo en deslizamiento de taludes.
- El peligro eminente que corremos todos al transitar por las áreas de influencia por no tener las herramientas necesarias y adecuadas para la prevención de accidentes antes, durante y después de eventos telúricos.
- Representar características muy variables tanto en la litología como en la hidrología. Esta tesis recopila un amplio número de técnicas de monitoreo y métodos geofísicos que permiten estudiar un movimiento de masa.
- Aprovechar el desarrollo tecnológico disponemos de grandes avances en campos como: La detección, caracterización, mapeo y monitoreo de movimientos de masas. En el campo de la detección y caracterización remota, las imágenes satelitales

muestran que los satélites proporcionan cada vez más detalles respecto a la información de la superficie terrestre; los sensores son cada vez más precisos y su utilización es más amplia, permitiendo estimar la humedad de la capa superficial de suelo y calcular desplazamientos mediante comparación de imágenes.

En el campo del monitoreo y la caracterización “in situ” no ha cambiado la base de los equipos de investigación, más bien se les ha incorporado equipos de medición automática y de transmisión de datos; en el caso de los DMS (Sistema Diferencial Multiparamétrico). Esto es una evolución de los Inclínómetros, a los cuales les han incluido sensores que permiten medir el nivel freático, la temperatura del agua, desplazamiento en 3D. Se debe mencionar los extensómetros, por su costo y su precisión, muestran ser los más utilizados.

- Las perforaciones cumplen una labor muy importante en cuanto permiten calibrar los modelos geofísicos y obtener características geotécnicas de la masa deslizada. Es importante analizar dónde realizar la perforación para que este brinde la mayor cantidad de información posible, debido a su costo elevado; en la mayoría de los casos, el costo de los equipos que se implementarán para el monitoreo es menor que el costo de perforación.
- Es importante destacar que se deben complementar las investigaciones con varios métodos geofísicos y siempre correlacionar con información geotécnica. El desarrollo de la geofísica dependerá de las investigaciones que se den en torno a obtener información cuantitativa en términos de parámetros geofísicos y propiedades hidrogeológicas; por ejemplo ya hay estudios que relacionan la velocidad de corte (V_s) con el índice de calidad de la roca para su estudio.
- El monitoreo, además de brindar información de la dinámica del movimiento, debe ser utilizado como una herramienta de evaluación para analizar la efectividad de las medidas de mitigación que se implementan. El monitoreo debe siempre enfocarse en llevar la recopilación de información a tiempo real, con el objetivo de implementar un SAT. (Sistemas de Alerta Temprana).

- Los SAT representan formas muy adecuadas de prevenir pérdidas humanas. En la parte de investigación, permite generar conocimientos a fin de comprender la dinámica del movimiento.
- Tomar en cuenta que antes de realizar un sistema de monitoreo o realizar investigaciones “in situ”, se realice previamente una investigación geofísica para tener una caracterización inicial del problema. Conociendo profundidades de falla, superficie de falla, nivel freático, entre otros, se podrá tomar decisiones acertadas al momento de diseñar una investigación o un monitoreo.
- Establecer los factores detonantes de un movimiento en masa, se debe estudiar a cada factor con métodos implementados directamente en campo, no utilizar información de escala regional, por ejemplo, sería bueno implementar estaciones meteorológicas en el sitio de la inestabilidad, así se obtendrá información en tiempo real y se podrá correlacionar con múltiples factores, determinando su influencia en el movimiento.
- Existen muchos lugares inestables que puedan ser monitoreados con el fin de contar con un Sistema de Alerta temprana que impida la circulación en estos tramos en caso de emergencia y disponer de un plan de acciones emergentes para la remediación y rehabilitación de la vía. Todo esto permitirá precautelar la seguridad de personas y vehículos que transitan por la vía.

5.2 RECOMENDACIONES

- En la Implementación de una medida de mitigación, se debe tomar muy en cuenta el control de calidad de la obra, tanto de los materiales utilizados como el proceso constructivo empleado, para garantizar la funcionalidad de la misma.
- Si surgen agrietamientos, hay asentamiento o deslizamiento de tierras, se recomienda que la gente consulte a un agente municipal (por ejemplo un administrador de emergencias) y (o) un ingeniero civil o geólogo calificado tan pronto como sea posible.
- Es recomendable que no se alteren las laderas o zonas de drenaje sin el asesoramiento de expertos. Siempre es aconsejable consultar a un profesional o alguien con experiencia en este tipo de trabajo.
- Coloque ilustraciones en forma de esquemas sencillos en lugares públicos, para ayudar a la población a aplicar técnicas de mitigación.
- Es aconsejable contar con un plan de respuesta a emergencias para la evacuación y el reasentamiento de las poblaciones amenazadas por riesgos de derrumbes. Por lo general, conviene asegurarse de que todos conozcan de estos procedimientos.
- Si el grado de amenaza que presenta un talud es de moderada a muy baja, bastará simplemente con implementar medidas de protección de la superficie y un sistema de drenaje adecuado para garantizar la estabilidad del talud.
- Por ser un país con muchas fallas tectónicas y volcanes es necesario proponer y poner en práctica un sistema de monitoreo permanente de movimientos y deslizamiento de taludes en zonas de mayor influencia en actividad humana, como son carreteras, canteras, fabricas y sobre todo en viviendas construidas a filo de laderas.
- Tenemos que ser conscientes al momento de construir cualquier tipo de obra civil contar con un buen sistema de Gestión de Riesgos para prevenir cualquier tipo de desgracia tanto humana como material.
- Es necesario implementar en las zonas de mayor influencia un sistema de GPS que permita detectar algún movimiento telúrico el cual nos alerte con algún tiempo de anticipación para evitar accidentes. Sistema que debería estar conectado directamente con las autoridades pertinentes o directamente al ECU-911 con el fin

de poder hacer una intervención segura y que garantice las vidas humanas y así evitar el acceso a dicho lugar de peligro.

- Se debe Aprovechar las nuevas tecnologías satelitales, para la detección de zonas inestables, con el fin de prevenir desastres.
- Se requiere realizar estudios que incluyan todos los aspectos técnicos-constructivos en las obras de ingeniería, con el fin de crear un Sistema de Alerta Temprana (SAT), para lo cual se deberá diseñar: los equipos a utilizar, un sistema de transmisión en tiempo real, un software que recopile, analice, ayude a la decisión y que active diferentes alertas en función de umbrales y equipos de transmisión y toma de datos.
- Se recomienda promover y difundir el uso de la herramienta desarrollada, de tal manera que proporcione a los técnicos una ayuda para la selección de la técnica más adecuada para su implementación.
- Las partes involucradas en la construcción, mantenimiento y conservación de carreteras como el MTOP y el Consejo Provincial de Pichincha e Imbabura deben monitorear permanentemente éstas vías, considerando que cualquier reparación o arreglo no es inmediato al no disponer de maquinaria pesada en sitios estratégicos.
- Será necesario evitar los asentamientos humanos y agrícolas en las coronas y a pie de taludes para eludir el riesgo de deslizamientos según lo indica la ley de caminos.
- Concientizar a la población para no contaminar y represar los cauces naturales de quebradas y ríos.

BIBLIOGRAFÍA

- Secretaria de Gestión de Riesgos. (12 de Diciembre de 2013-2014). *ECUADOR: Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos*. Recuperado el 12 de agosto de 2014, de ECUADOR: Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos.
- Abramson, L., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *"Slope stability and satabilization methods"*. New York. pp 712: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Angelone, S. (2010). *Geología y Geotecnia 2da Edición " Estabilidad de Taludes"*.
- Avila, A. (2004). *Mecanica de Suelos Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingenieria Ciencias Fisicas Y Matemática*. QUITO-ECUADOR: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Badillo, J., & Rodriguez , R. (1980). *Mecanica de Suelos, Edición No. 3*. Mexico: Limusa.
- Bishop. (1954). *The Use of Pore Pressure Coefficients in Practice Vol. IV*. Geotechnique.
- Board, T. R. (2013). Velocidad del Movimiento. *Transportation Research Board* , 25-27.
- Bonachea. (2006). *"Problems of soil Mechanics and Construction on Soft Clays"* Vol. 3,pp.11-159. Moscow.
- Bonnardet. (2004). *Ingeniar ICF consulting* .
- Brabb. (1984). *"Stability Analysis by Limiting Equilibrium"*. Massachusetts.
- Clark A.R., Moore R., Palmer J.S . (1996). *Slope monitoring and early warning systems: Application to coastal landslides on the South and east coast of England, UK*. Trondheim, pp. 1531-1538.

- COMERCIO, E. (12 de agosto de 2014). Sismos en el Ecuador. *Sismos en el Ecuador* .
- Cornforth, D. H. (2005). *Landslides in practice investigation, analysis and remedial /preventative otions in Soil*.New Jersey.pp. 596.
- Días, S. (2002). *Deslizamiento y Estabilización de Taludes en Zonas Tropicales*.
- Dìaz, I. O. (2012). *GeoSolutions Consulting, Inc*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2014, de GeoSolutions Consulting, Inc: <http://geosolutionsconsulting.com/docs/Geosolutions-lidar.pdf>
- Dumnichliff, J. (1988). *"Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Peformance"*. New York: Willey.
- Fallenius, W. (1927). *Erdstatische Berchnungen*. Berlin: Sons, rev.ed.
- *Geologic Hazards Team*. (2006). Recuperado el Julio de 2014, de <http://geohazards.cr.usgs.gov>
- Hanna, T.H. (1985). *"Field Instrumentation In Geotechnical Engineering"*. Trans Tech Publications.
- Haugerud, R. A., Harding, ., D., & Weaver, ., C. (2003). *High-resolution LIDAR topography of the Puget Lowland*,.Washington: Geological Society of America.
- IG-EPN. (12 de AGOSTO de 2014). *IG-EPN*. Recuperado el 14 de AGOSTO de 2014, de IG-EPN: <http://www.igepn.edu.ec/>
- IGM. (15 de septimbre de 2014). ORTOFOTO. *Ortofotografia del Ecuador* . Quito, Pichincha, Ecuador: IGM.
- INAMHI. (2013). CLIMA ECUADOR. *INAMHI REVISTA INSTITUCIONAL 2013* .
- INEN. (27 de 1 de 2002). *La Hora*. Recuperado el 17 de AGOSTO de 2014, de SEÑALIZACIÓN DE RIESGO:

http://www.lahora.com.ec/frontEnd/images/objetos/CAPITULO_09_SE%C3%91ALIZACION_DE_RIESGO_web.pdf

- Ingeniería, U. N. (2006). *Métodos para disminuir y eliminar el riesgo*. Lima: G.e .
- Japan Landslide Society National Conference of Landslide Control. (1996). *"Landslides in Japan"*, p.57. Japan.
- Kane,W.F., y T.J. Beck. (1996). *"Rapid Slope Monitoring" Civil Engineering Magazine. Vol 66, No 6,June,pp. 56-58.*
- L.M., H., & Bobrowsky, P. (2008). Manual de Derrumbes . *Una guía para entender todo sobre derrumbes* . Reston, Virginia, EE.UU: GFDRR.
- Leroi, E. (1996). "Landslide hazard – Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments". En E. Leroi, *Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides* (págs. 35-51). Trondheim,.
- Martinez, L. (31 de ENERO de 2014). Drone LPG. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Mikkelsen P.E. (1996). "Field instrumentation". *Special report* , 247.
- NEC-11, N. E. (2011). *CAPITULO 2 "PELIGRO SISMICO Y REQUISITOS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE"*. QUITO- ECUADOR: CONVENIO MIDUVI-CCQ.
- Perú, R. N. (2002). Norma C.E.020 . *Estabilización de Suelos y Taludes* . Peru.
- Salthouse, T., & Schoeder, D. (2004). *Estimating retes effects in longitudinal assessment of cognitive functioning*.Developmental Psychology.
- Shuster, & Kockelman. (1996). *Estabilidad de Taludes*.
- SNET. (2002). *Sistema de Información Territorial*.
- Suelos, F. d. (2006). *Geología Aplicada (GE 831 H)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

- TERZAGHI, K., & PECK, R. (1973). *Mecanica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. Ateneo.
- Tsang, C.M., G. L. England. (1995). *"Potential of Fibre Optic Sensing in Geotechnical Applications"*. Geotechnical News.

ANEXOS

ANEXO 1 REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA

DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



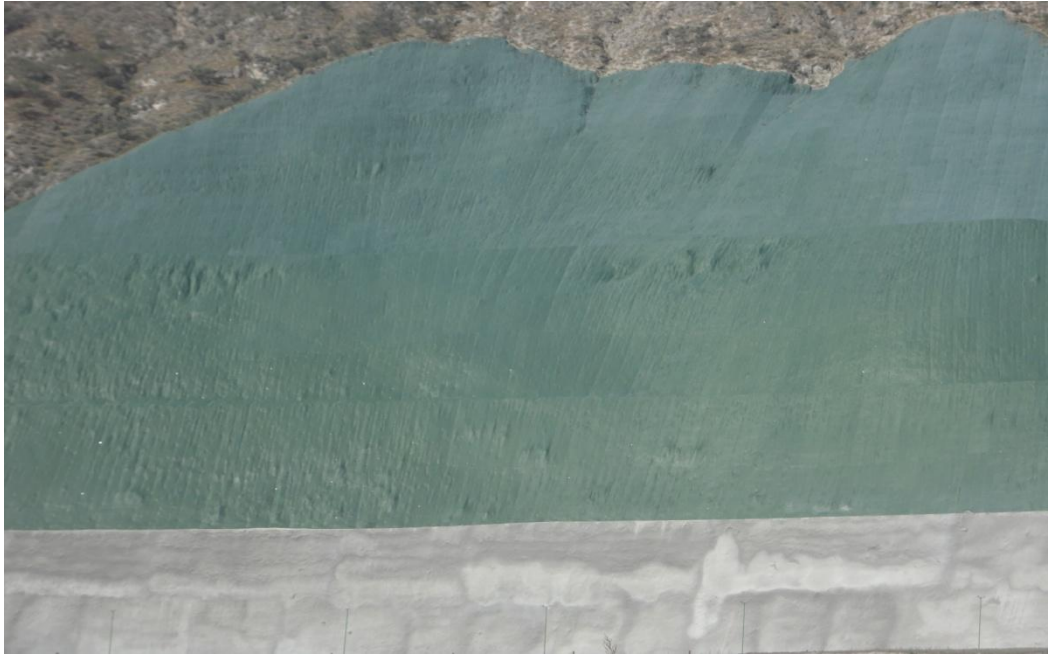
REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



REFUERZO DE TALUDES VÍA COLLAS –VÍA GUAYLLABAMBA DESDE EL k004 HASTA k020

Las presentes fotografías son tomadas por fuente propia el día 16 de agosto del 2014 cuatro días después del temblor del día 12 de agosto del 2014 en Quito.



SISTEMA DE DRENAJE



TALUDES VÍA COCHASQUÍ DEL K029 AL K042 (E28B)
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 16 DE AGOSTO DE 2014



TALUDES VÍA COCHASQUÍ DEL K029 AL K042 (E28B)
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 16 DE AGOSTO DE 2014



**Momento que se produjo un temblor de 4.7 grados en la escala de Richter,
10:08 de hoy 16 de agosto Vía Cochasquì k029.
Fuente propia.**



**Momento que se produjo un temblor de 4.7 grados en la escala de Richter,
10:08 de hoy 16 de agosto Vía Cochasquí k029.
Fuente propia.**



**Momento que se produjo un temblor de 4.7 grados en la escala de Richter,
10:08 de hoy 16 de agosto Vía Cochasquí k029.
Fuente propia.**



**TALUDES VÍA OTAVALO A IBARRA
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 16 DE AGOSTO DE 2014**



**TALUDES VÍA OTAVALO A IBARRA
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 16 DE AGOSTO DE 2014**



TALUDES VÍA COLIBRÍ – PIFO – SANTA ROSA DE CUSUBAMBA
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 17 DE AGOSTO DE 2014.
FUENTE PROPIA.



TALUDES VÍA COLIBRÍ – PIFO – SANTA ROSA DE CUSUBAMBA
FOTOGRAFÍAS TOMADAS EL 17 DE AGOSTO DE 2014.
FUENTE PROPIA.



ANEXO 2 GRANDES DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR

VÍA A LA MANA



VÍA ALOAG – SANTO DOMINGO



LA JOSEFINA – ECUADOR



CANTERAS DE SAN ANTONIO - QUITO



CANTERAS DE SAN ANTONIO - QUITO



CARCHI



ANEXO 3 EJEMPLOS DE ORTOFOTOS

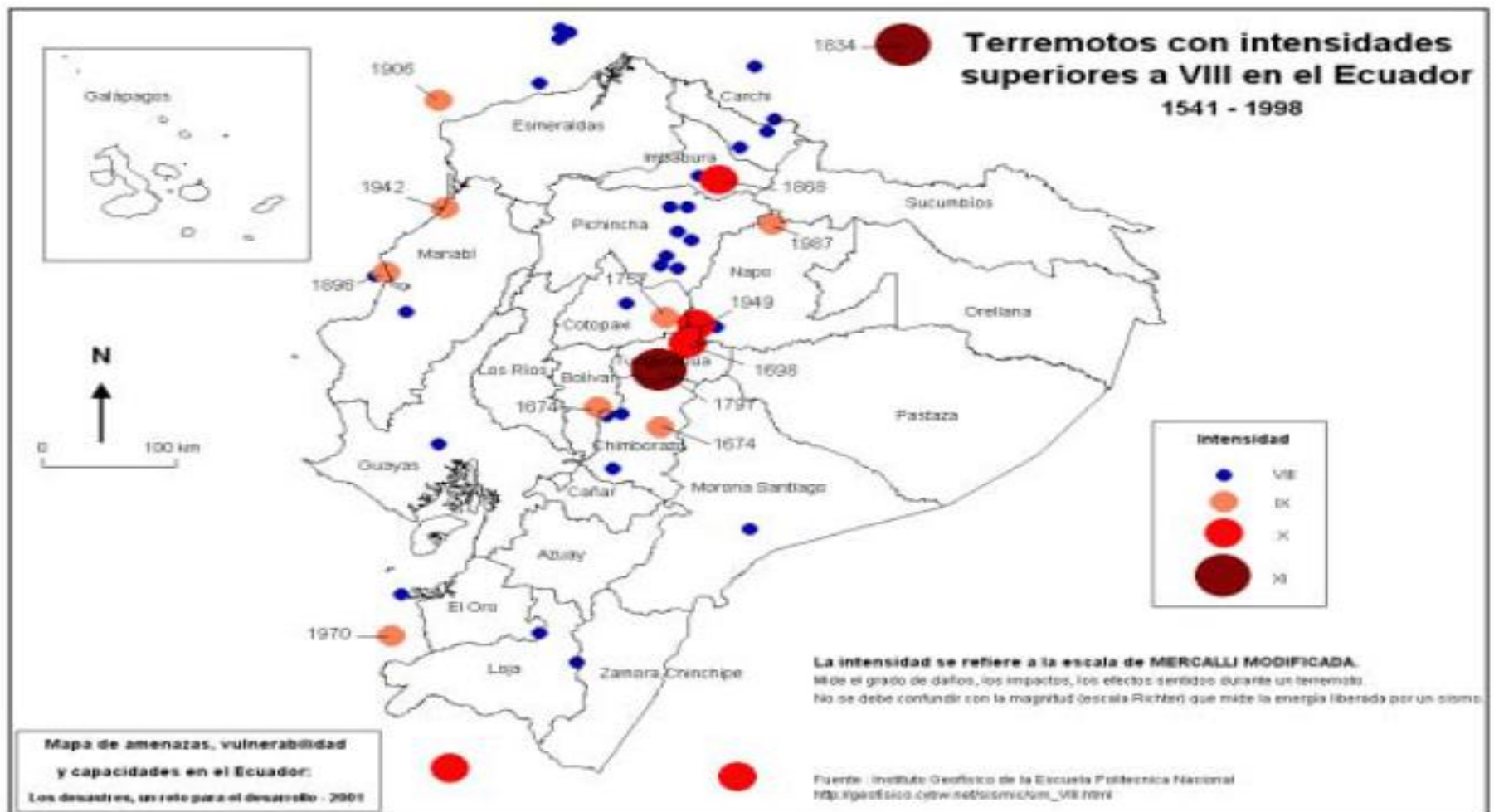
Instituto Geográfico Militar - Ecuador

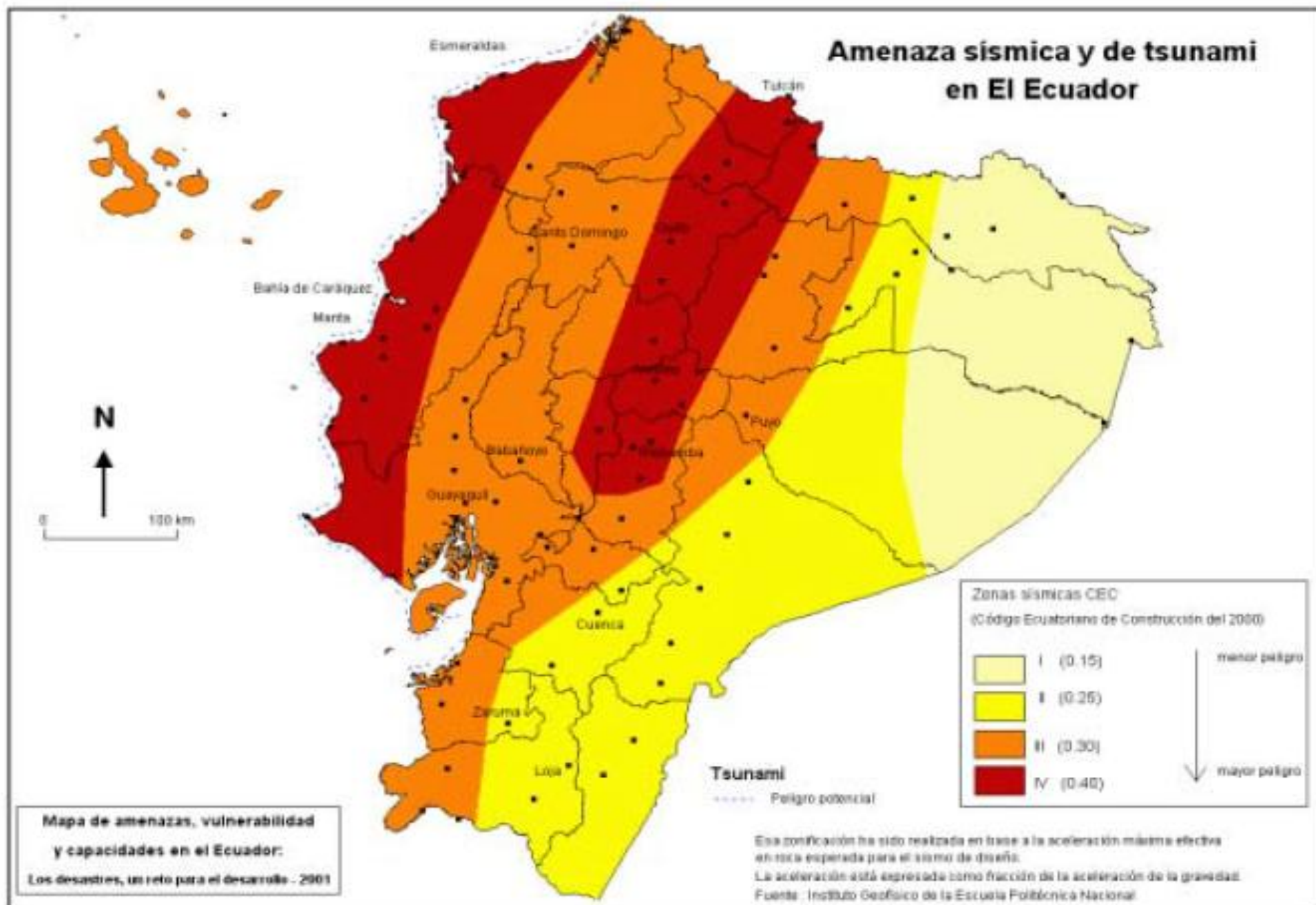


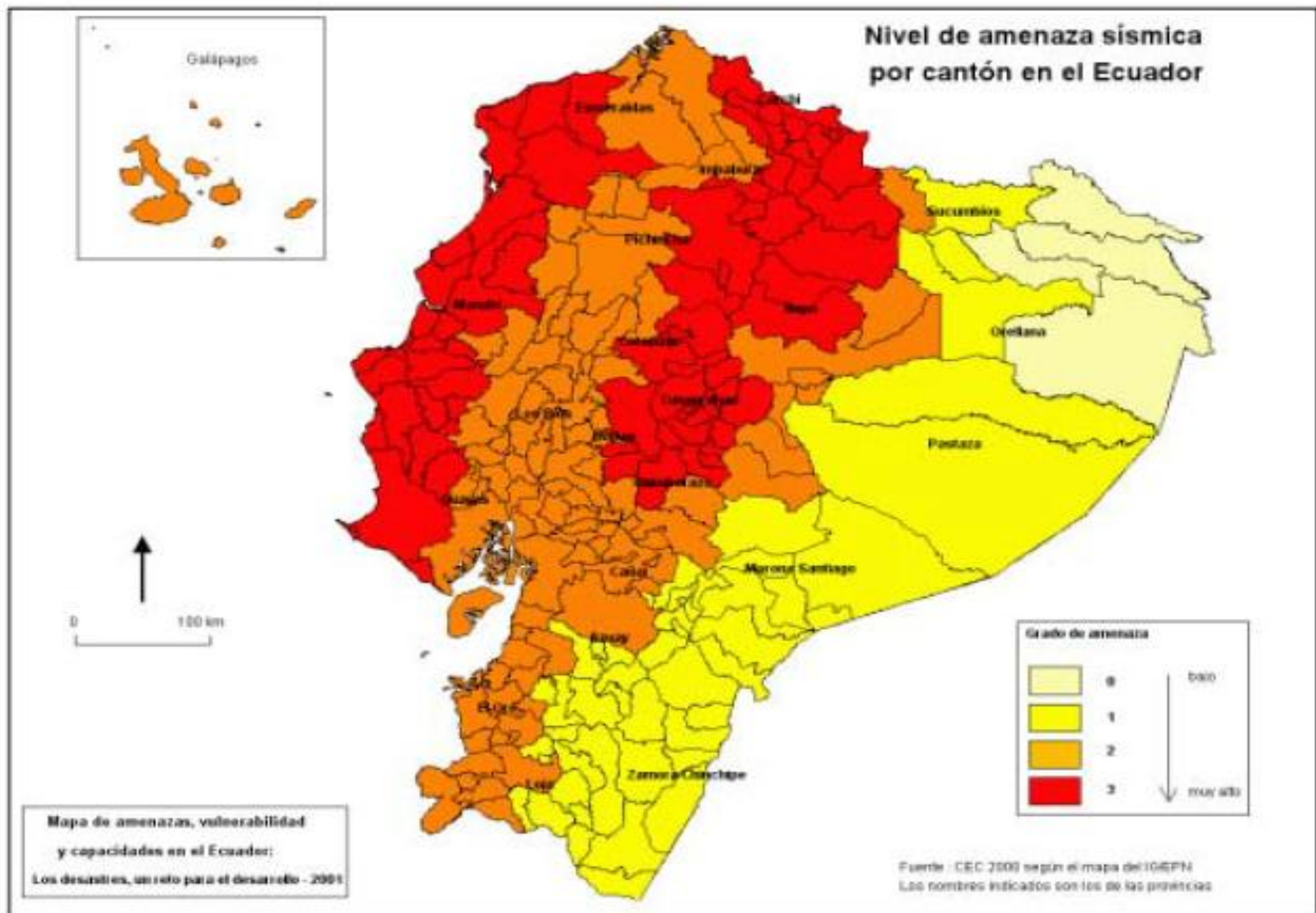
USANDO DRONE

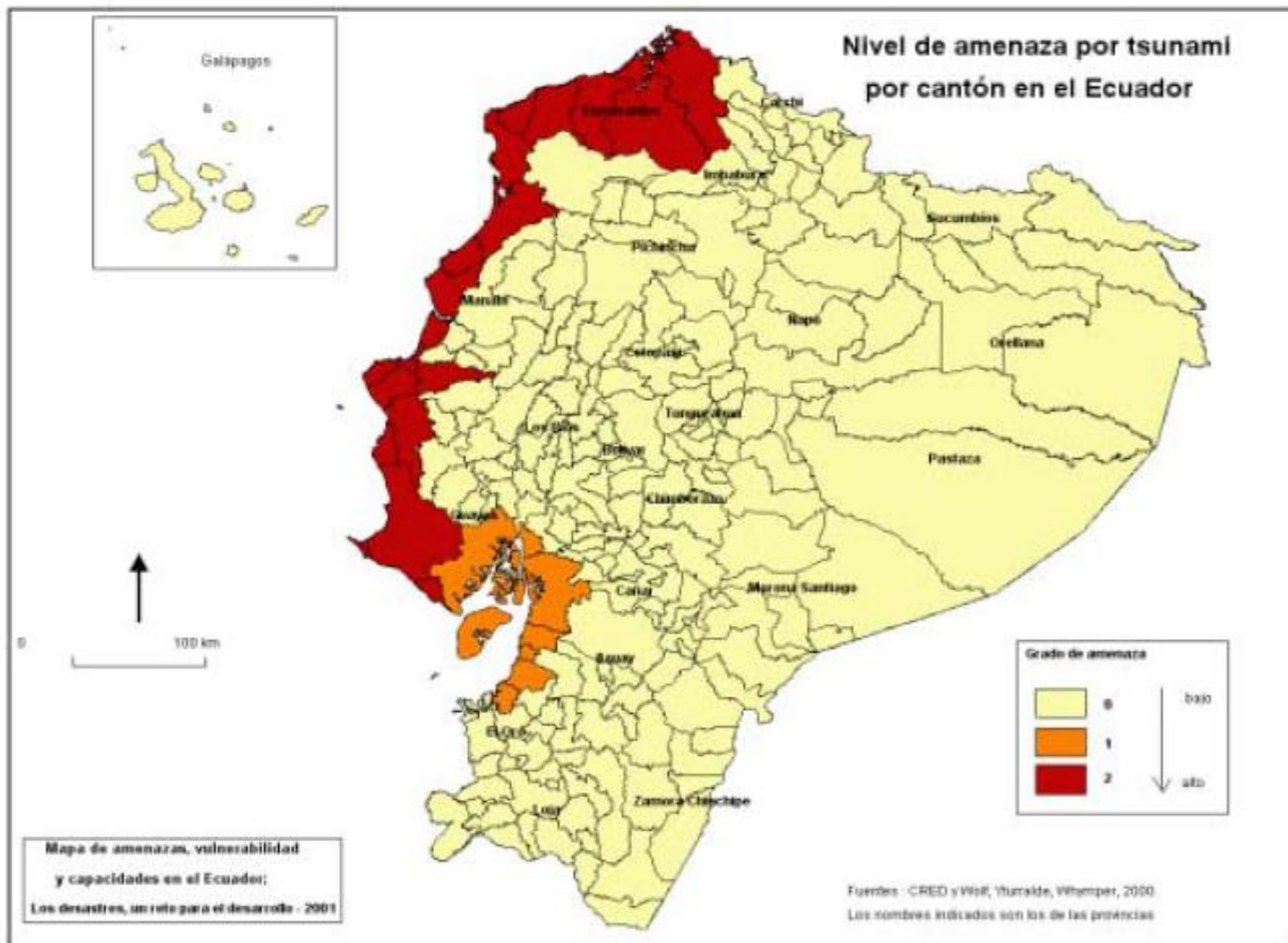


ANEXO 4 CARTOGRAFÍA DE LAS AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL POR CANTÓN EN EL ECUADOR

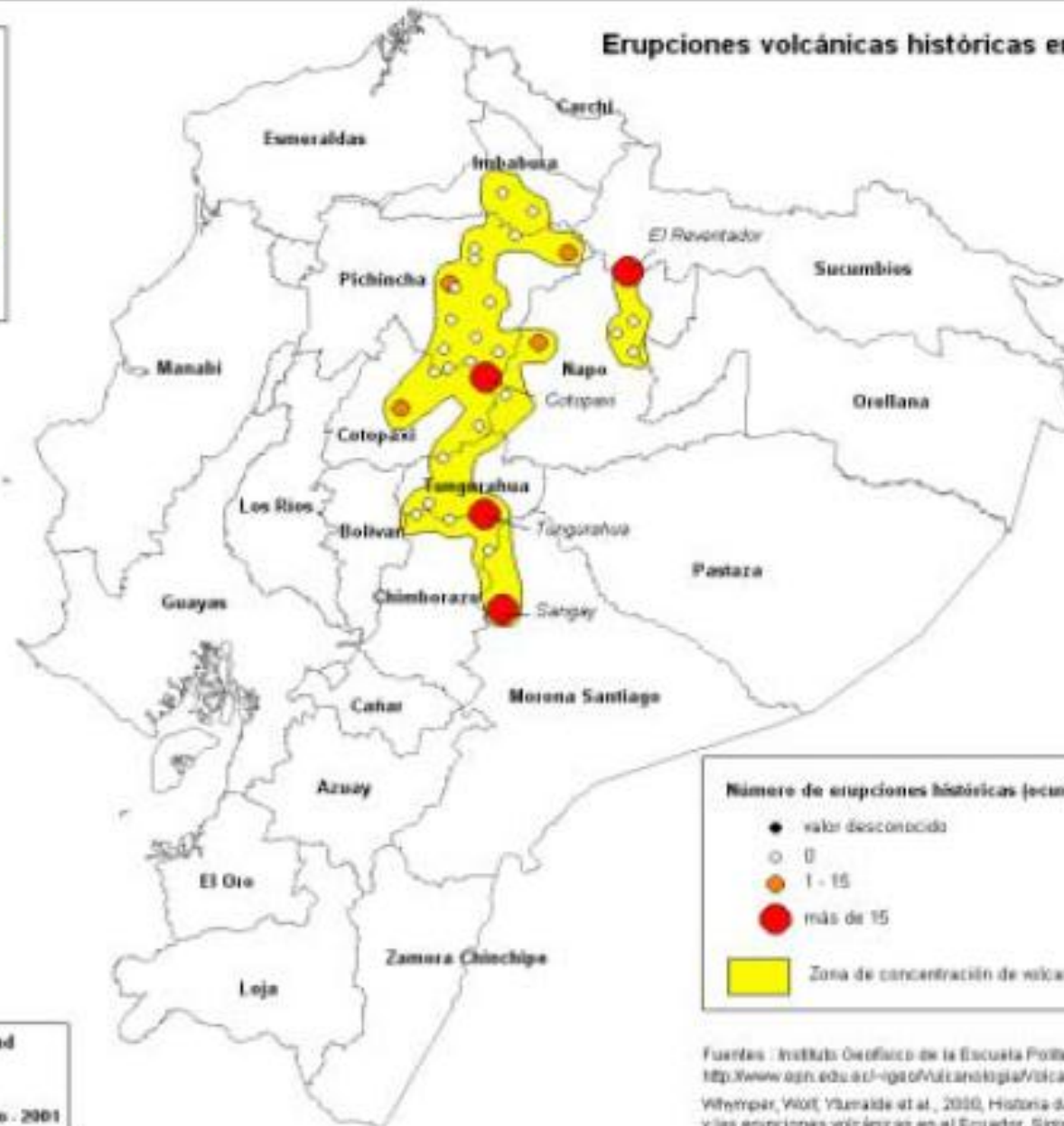
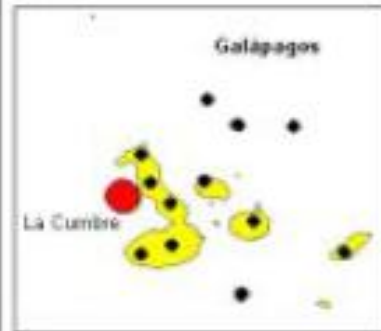








Erupciones volcánicas históricas en el Ecuador



Número de erupciones históricas (ocurridas desde el siglo XVI)

● valor desconocido

○ 0

● 1 - 15

● más de 15

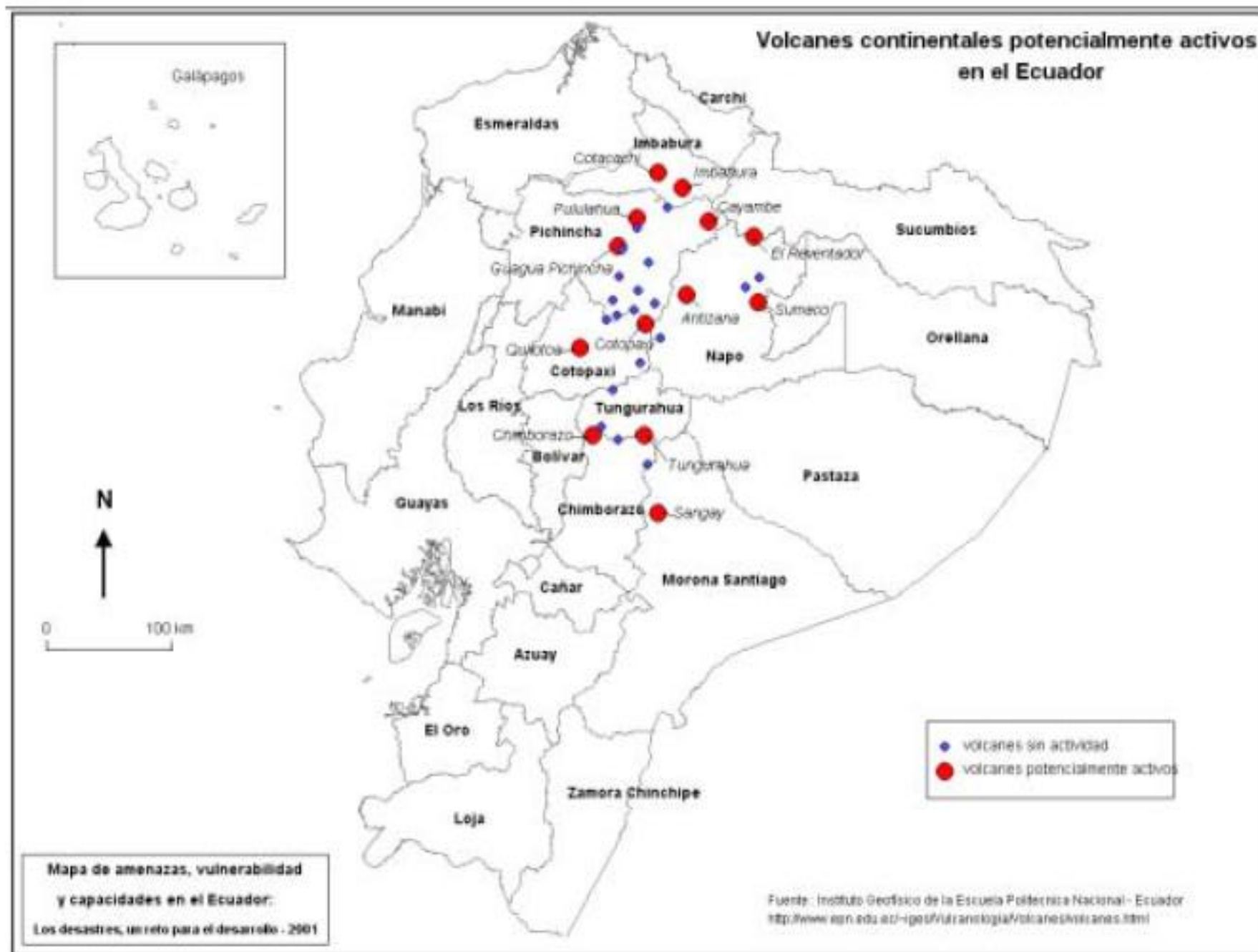
■ Zona de concentración de volcanes

Mapa de amenazas, vulnerabilidad
y capacidades en el Ecuador:

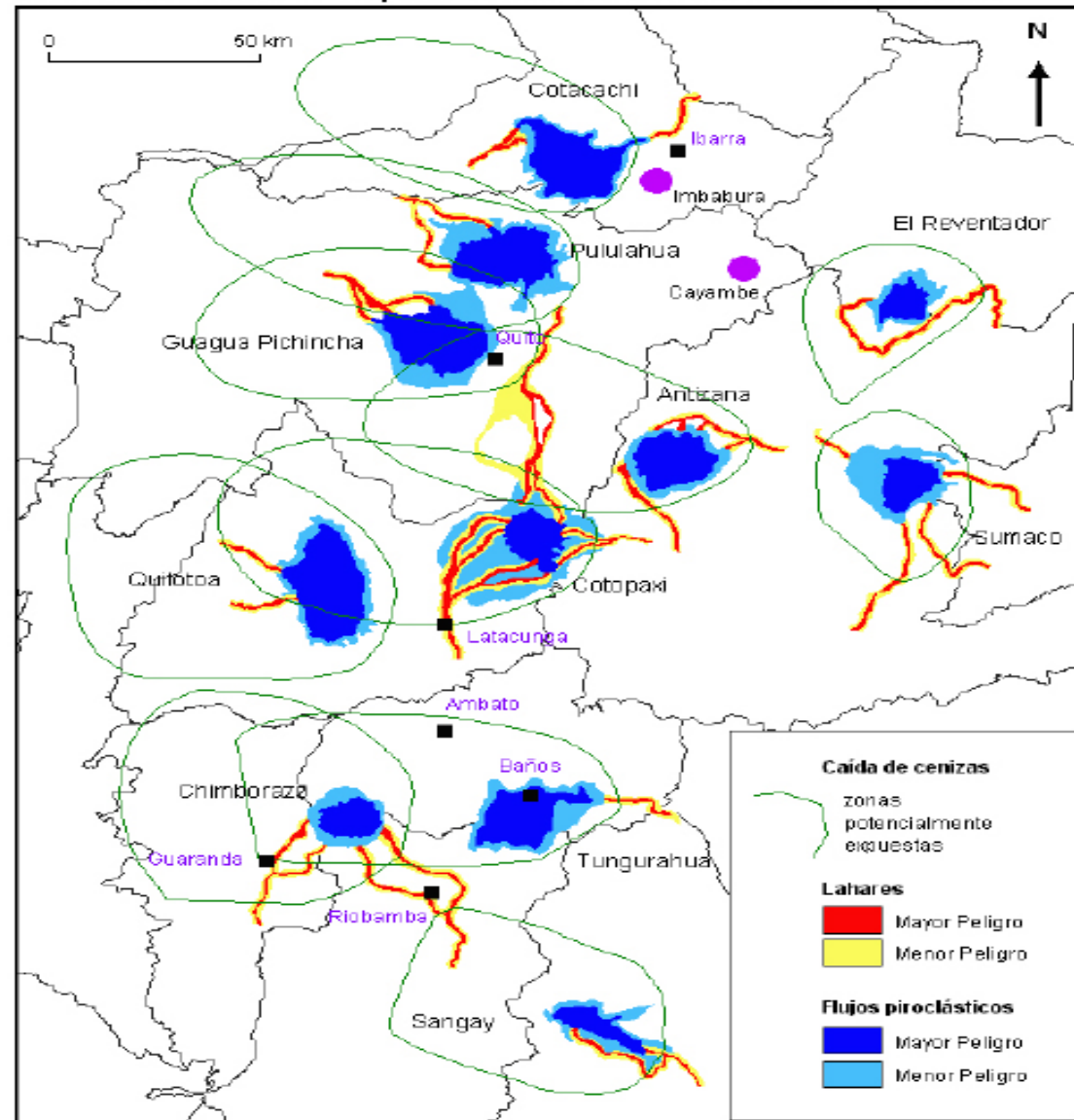
Los desastres, un reto para el desarrollo - 2001

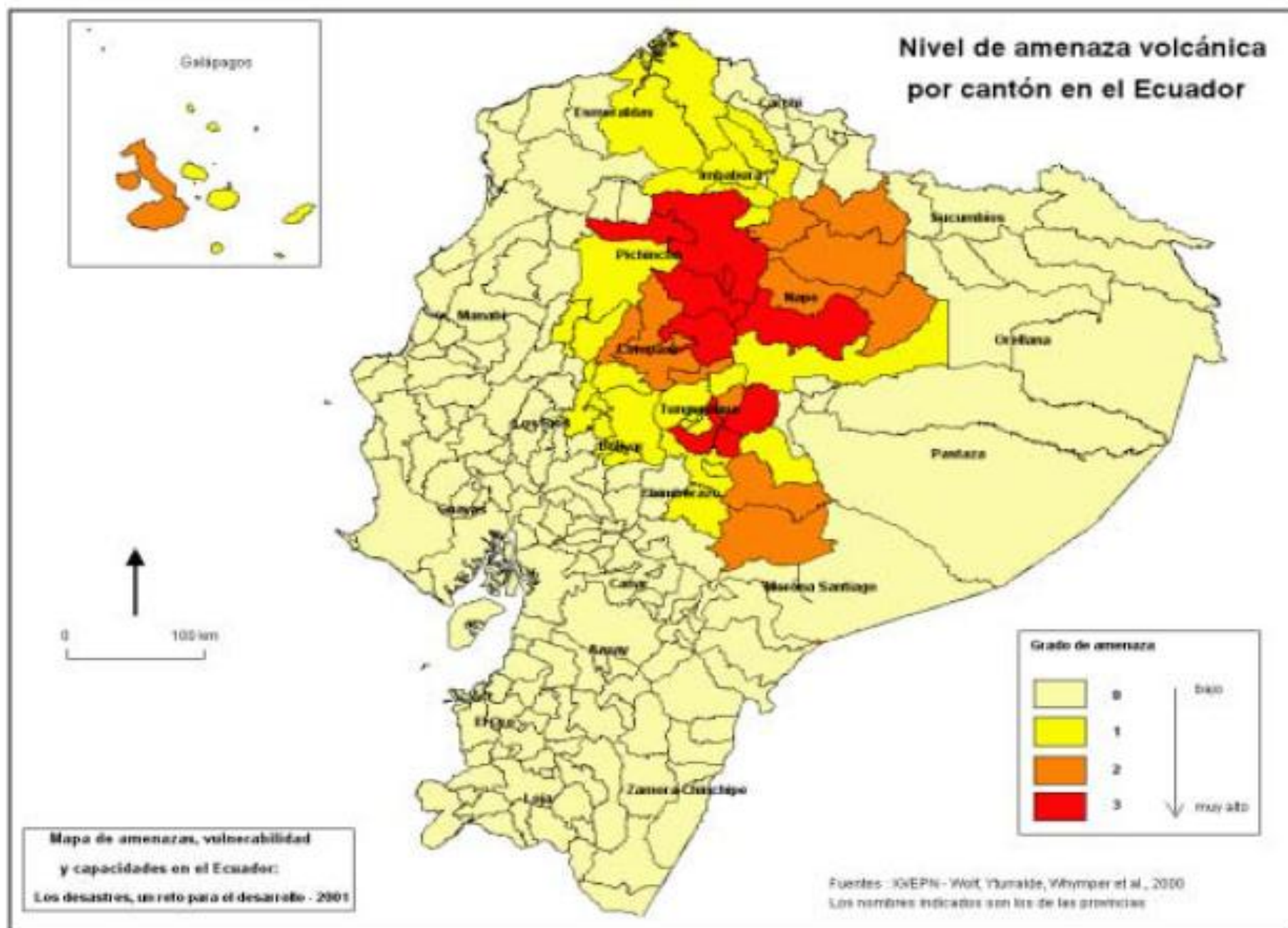
Fuentes: Instituto Geológico de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador
<http://www.epn.edu.ec/igs/vulcanologia/volcanes/volcanes.html>

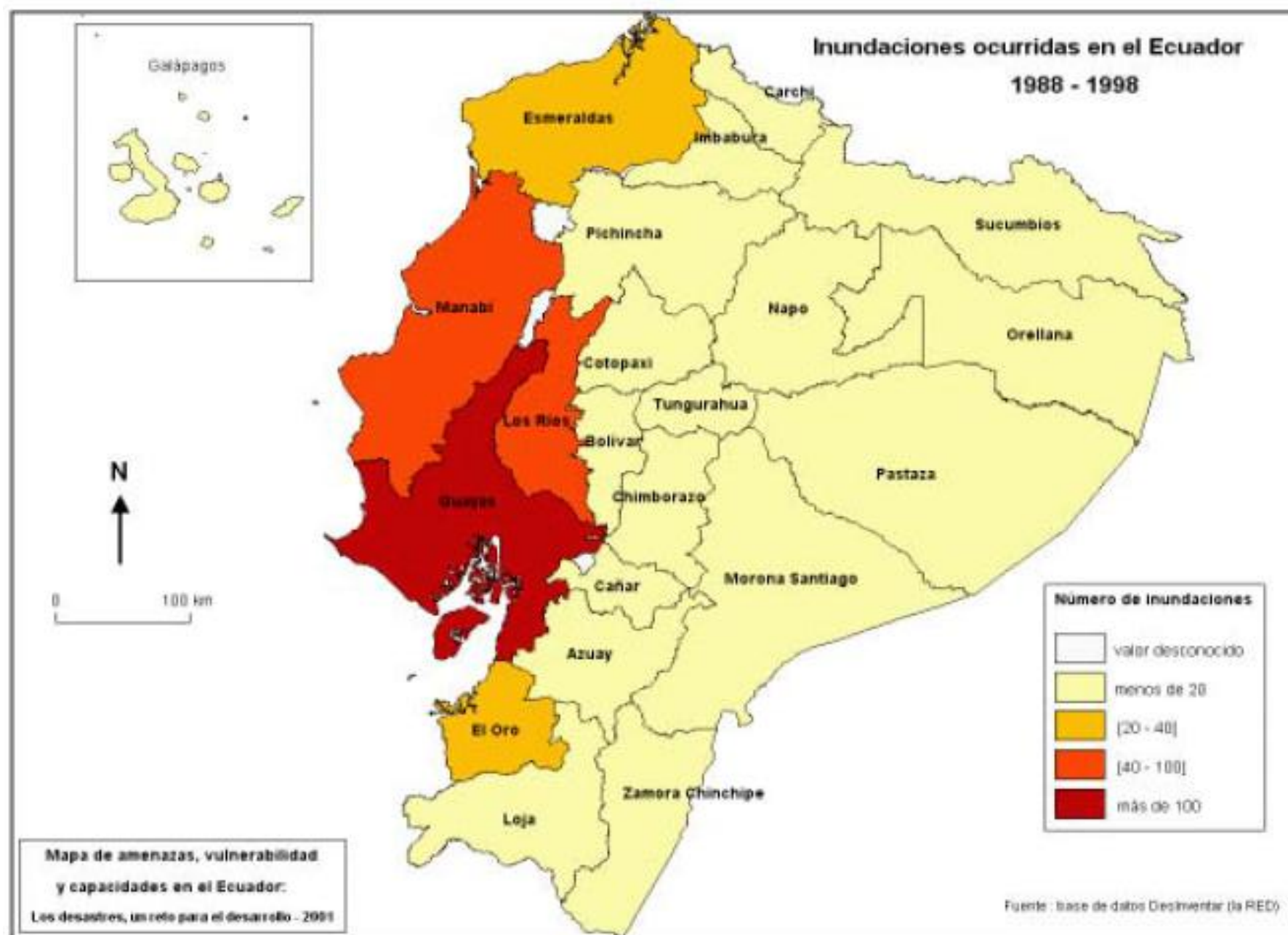
Villalpar, Wolf, Yáñez et al., 2000, Historia de los terremotos
y las erupciones volcánicas en el Ecuador, Siglo XVI - XIX

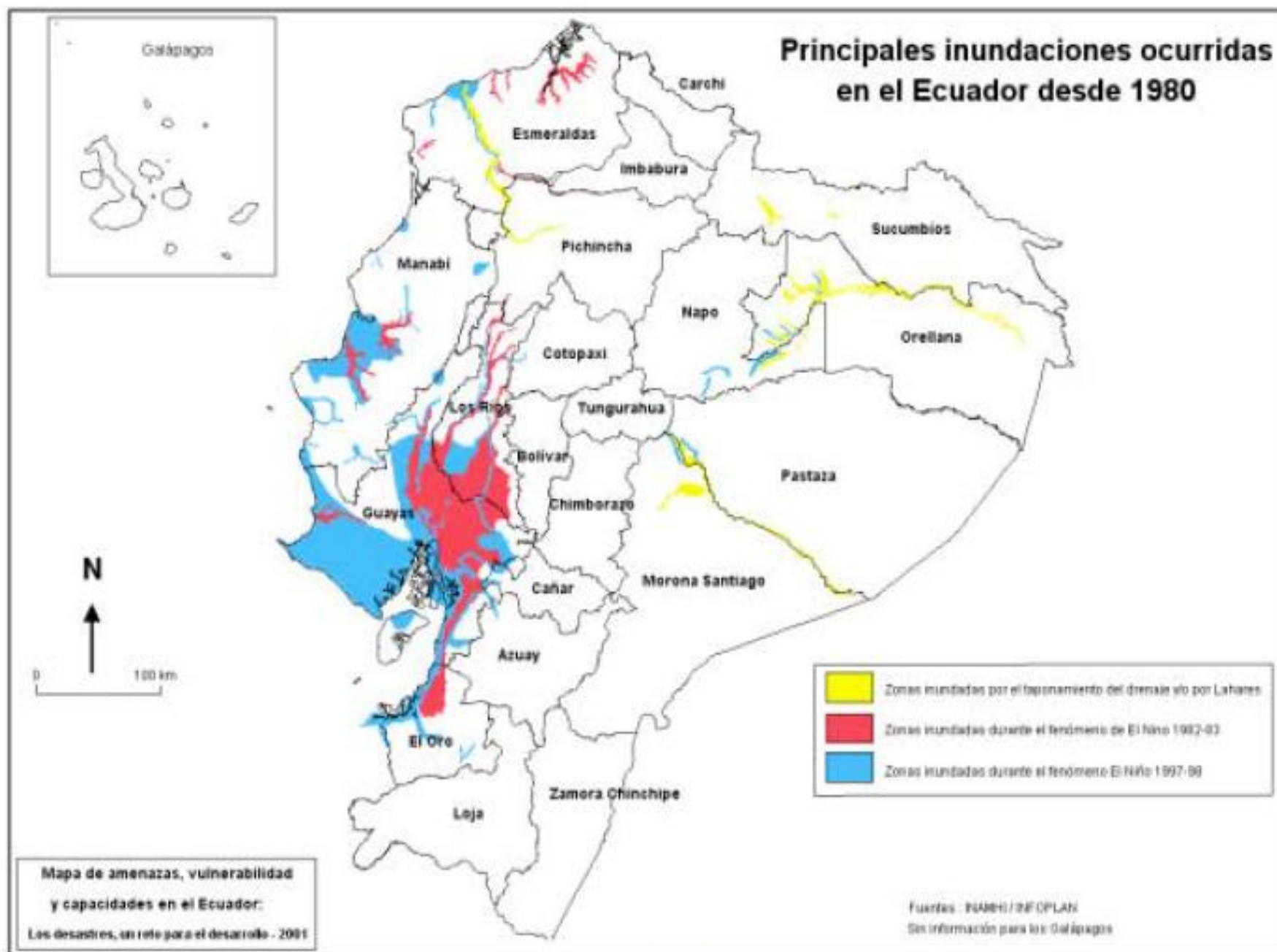


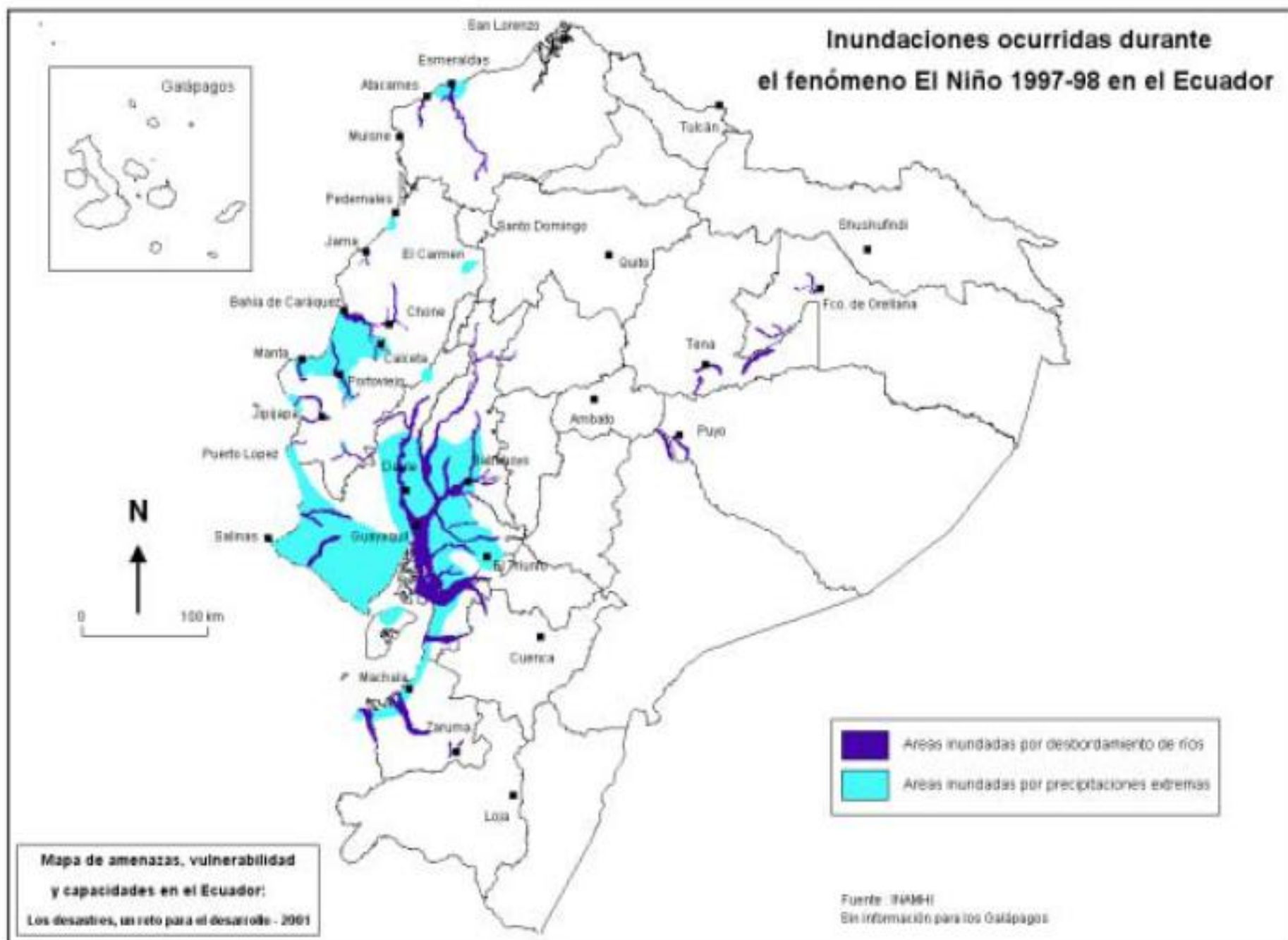
Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador continental

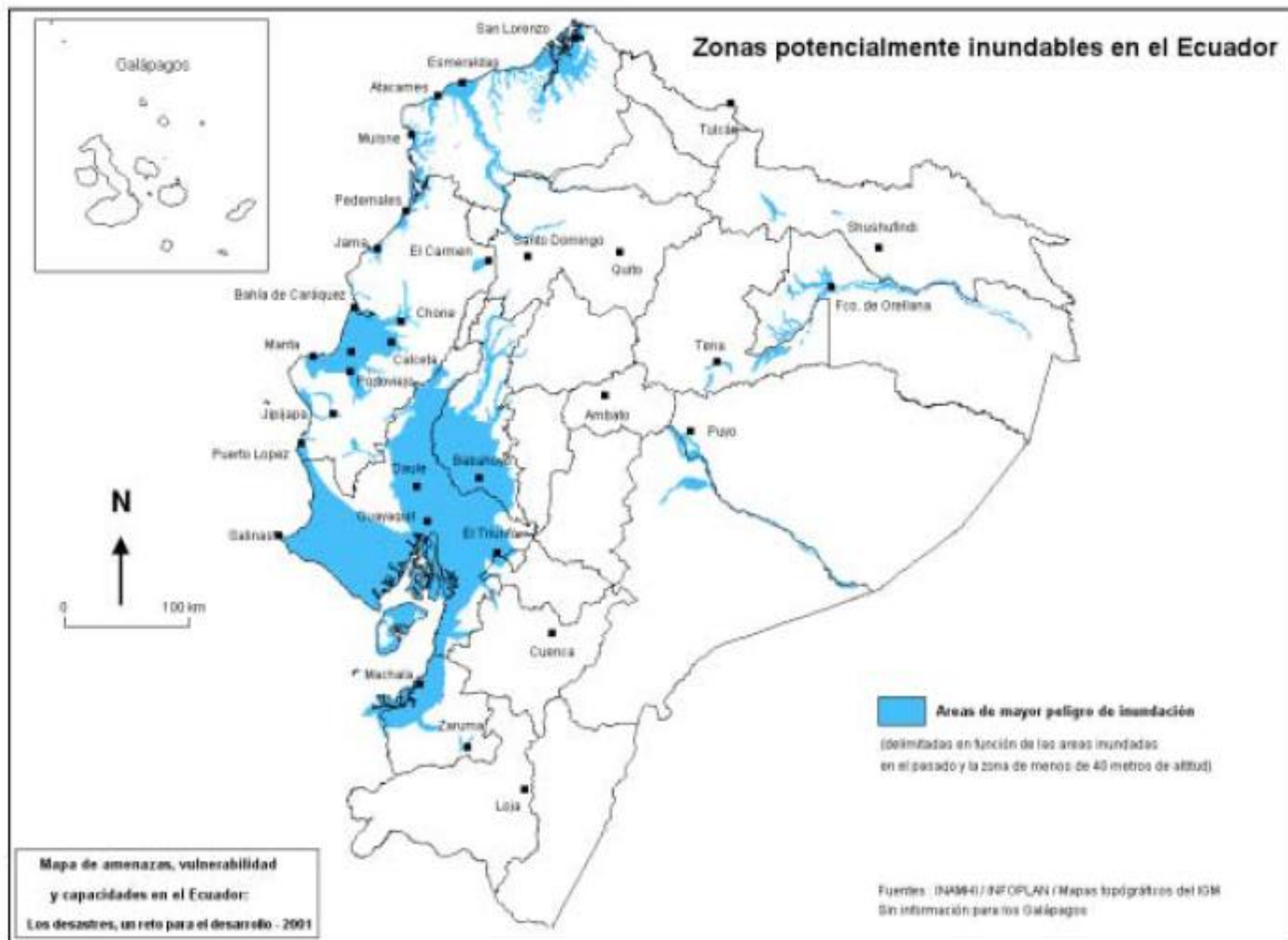


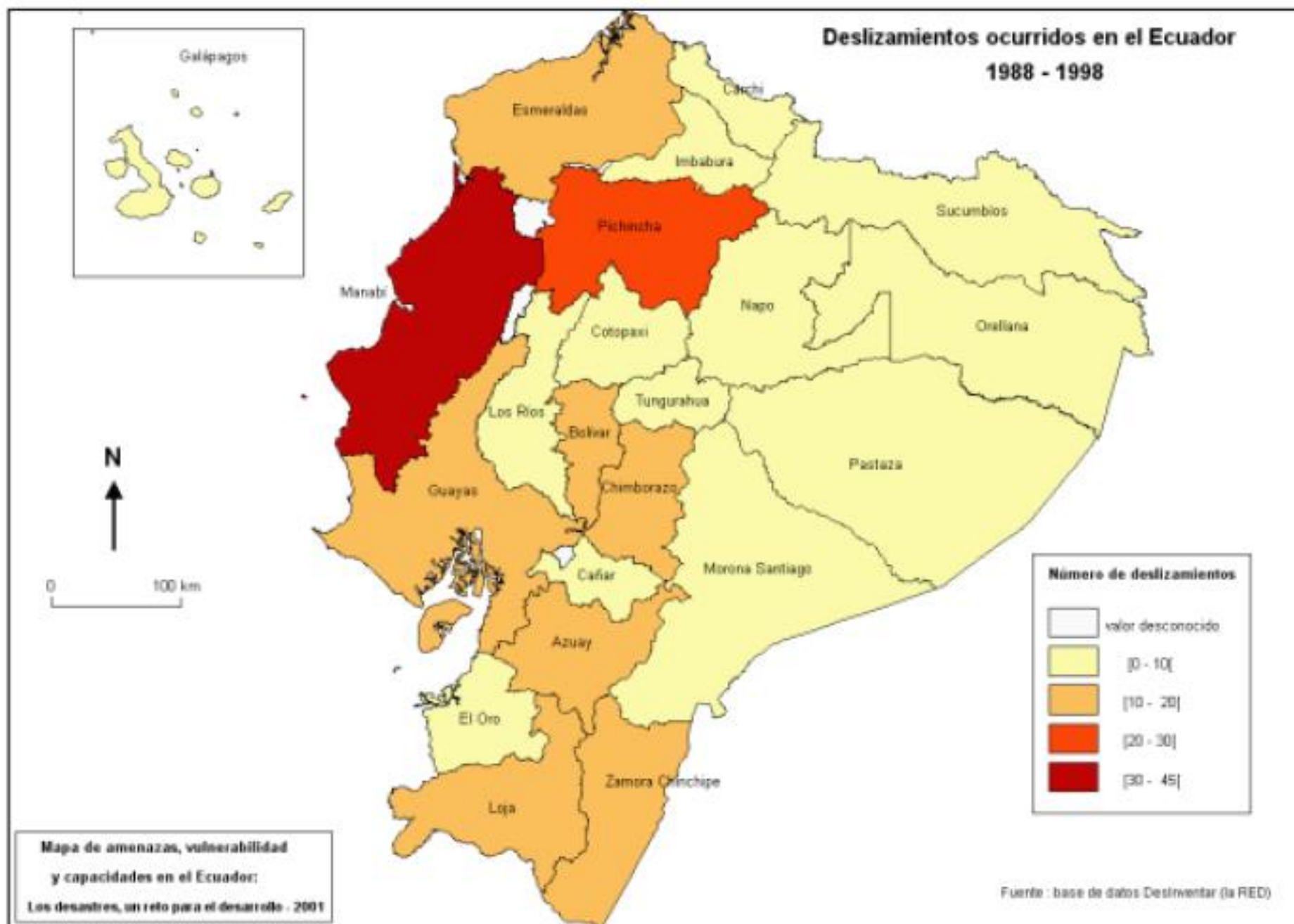


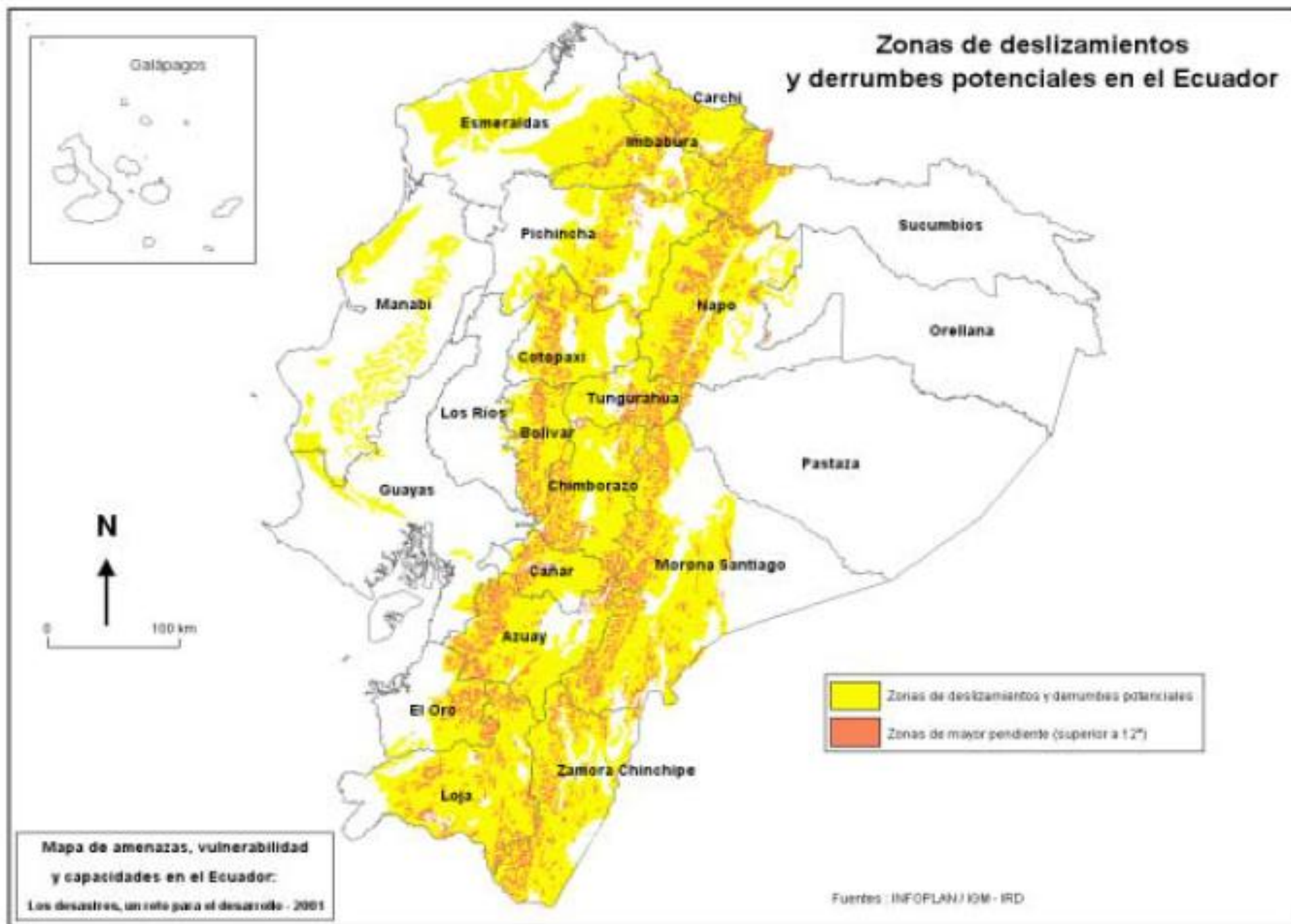


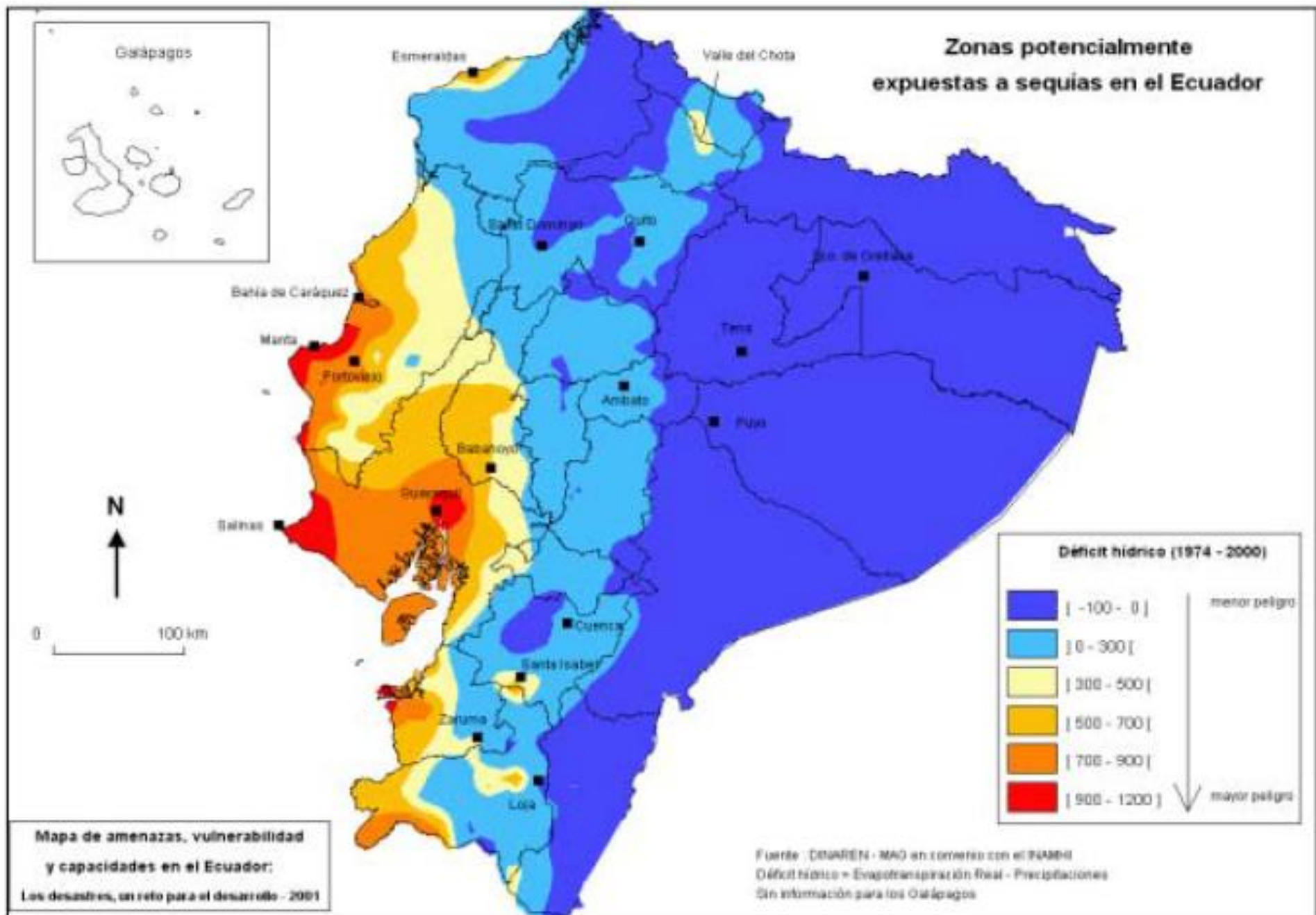


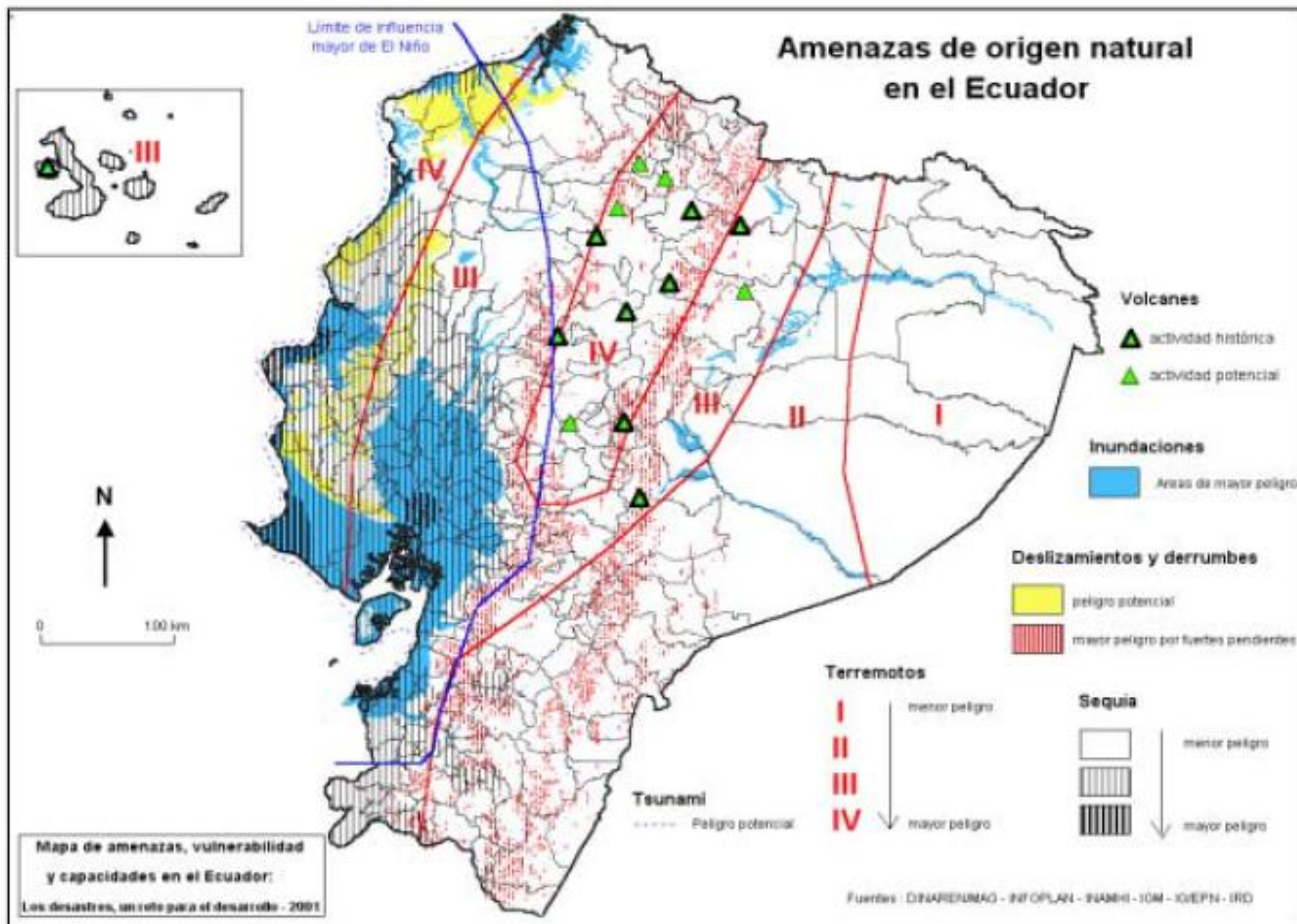


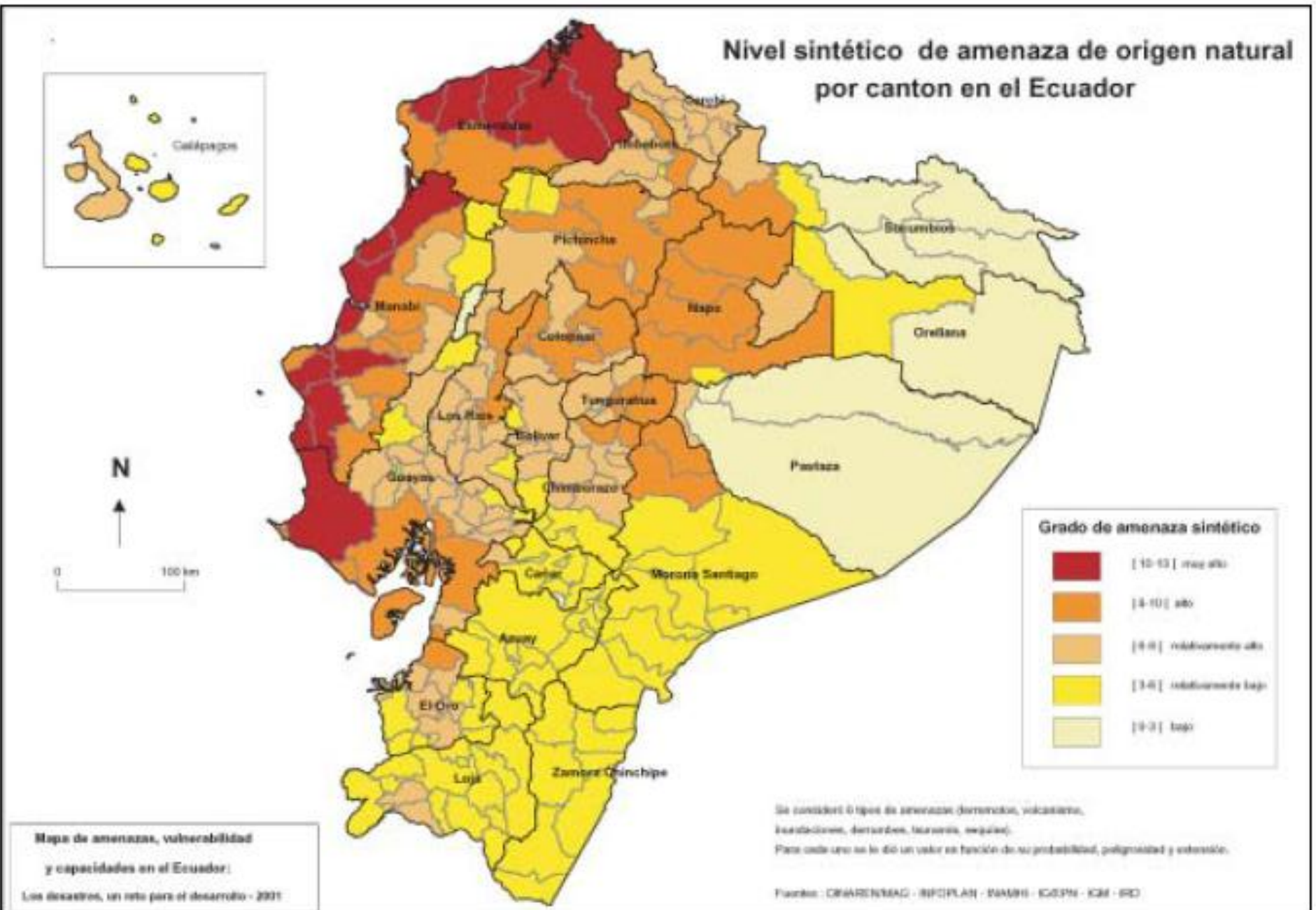












ANEXO 5 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abrasión. Erosión de material rocoso por fricción de partículas sólidas puestas en movimiento por el agua, el hielo, el viento o la fuerza de gravedad.

Acelerógrafo. Instrumento para medir aceleraciones del terreno en función del tiempo. Usualmente registra movimientos producidos por temblores fuertes o con epicentros cercanos. Al registro producido se le conoce como acelerograma.

Acuífero. Material permeable a través del cual se mueve el agua del subsuelo.

Adaptabilidad

Capacidad o habilidad de un grupo social de ajustarse a cambios ambientales con fines de supervivencia y sostenibilidad.

Agua freática. Agua subterránea dentro de la zona de saturación.

Agua del subsuelo. Agua que está bajo la superficie del terreno; también se conoce como agua subterránea.

Alerta

Estado que se declara, con anterioridad a la manifestación de un fenómeno peligroso, con el fin de que los organismos operativos de emergencia activen procedimientos de acción preestablecidos y para que la población tome precauciones específicas debido a la inminente ocurrencia del evento previsible. Además de informar a la población acerca del peligro, los estados de alerta se declaran con el propósito de que la población y las instituciones adopten una acción específica ante la situación que se presenta.

Amenaza. Es un factor externo de riesgo que puede ser de origen natural o generado por la actividad del hombre, el cual se manifiesta en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada.

Análisis de estabilidad de taludes: Proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud

Análisis de riesgo.

En su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y consecuencias en un área determinada.

Antrópico.

De origen humano o de las actividades del hombre, incluidas las tecnológicas.

Asentamiento. Hundimiento que sufre el terreno por efecto de la acción de cargas o fuerzas que alteran el estado de equilibrio del terreno natural.

Avalancha. Desprendimiento súbito y progresivo de una mezcla de roca, tierra y agua o nieve que cae ladera abajo.

Bienes y servicios.

Son aquellas cosas tangibles e intangibles, de valor económico que reportan beneficio a quienes las poseen o usufructúan y que permiten la vida individual y en comunidad. Serán bienes cuando son susceptibles de apropiación, sea privada o pública, y servicios cuando su utilidad radica exclusivamente en su consumo.

Buzamiento. En geología, una capa de roca que buza es una capa inclinada, y el echado es el ángulo de inclinación de una superficie medida con respecto a la línea horizontal.

Capacidad de carga: La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos.

Capacidad de soporte: Resistencia que presenta el material sub-rasante con fines de diseño de pavimentos.

CELDA DE CONFINAMIENTO: Tiras de plástico soldadas de forma que, cuando se produce una dilatación, las tiras soldadas forman un panel rectangular compuesto de celdas individuales similares a un panel de abeja.

Coefficiente sísmico: Factor que permite ajustar el cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal en la base del edificio, a la relación entre el período de vibración de la estructura y el del terreno de cimentación.

Concreto lanzado. Mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie.

Corona de un talud. Parte superior de un talud.

Corrimientos: Son movimientos que afectan a una gran cantidad de masa de terreno.

Cuña. Que tiene forma de prisma triangular.

Crisis.

Es el proceso de liberación de los elementos sumergidos y reprimidos de un sistema como resultado de una perturbación exógena o endógena, que conduce a la parálisis de los elementos protectores y moderadores, a la extensión de los desórdenes, la aparición de incertidumbres de todo tipo y de reacciones en cadena y eventualmente a la mutación o desaparición del sistema

en crisis. Las crisis pueden ser el resultado de un desastre o constituir ellas mismas el desastre. Ofrecen oportunidades de cambio positivo y no solamente negativo.

Daño.

Efecto adverso o grado de destrucción causado por un fenómeno sobre las personas, los bienes, sistemas de prestación de servicios y sistemas naturales o sociales.

Deforestación. Pérdida de la vegetación natural de una región geográfica, producto de la actividad humana.

Degradación de la roca. Modificación de las propiedades físicas y químicas de una roca por la acción de agentes externos, tendientes a desintegrarla.

Depósito de suelo. Región donde se depositan materiales que cuentan con coherencia natural, derivada del tipo y tamaño microscópico de las partículas individuales que los forman.

Desarrollo sostenible

Proceso de transformaciones naturales, económico-sociales, culturales e institucionales, que tienen por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano, la producción de bienes y prestación de servicios, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.

Desastre

Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad; representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

Deslizamiento. Aplicado a suelos y a material superficial, se refiere a movimiento plástico lento hacia abajo. Aplicado a sólidos elásticos, alude a deformación permanente a causa de algún esfuerzo.

Deslizamiento de rocas. Deslizamiento rápido y repentino de rocas a lo largo de planos de debilidad.

Deslizamiento del terreno. Término general que se aplica a movimiento relativamente rápido de masa térrea. Ejemplos: desplome, subsidencia o colapso de rocas, deslizamiento de escombros, flujo de lodo y flujo de terreno.

Desprendimientos. Fragmentos de tierra o roca que se desprenden y se depositan en la parte baja de una ladera.

Discontinuidad. Falta de continuidad en una formación geológica que originalmente se manifestaba en la naturaleza en forma continua en el tiempo y en el espacio.

Ecosistema

Unidad espacial definida por un complejo de componentes y procesos físicos y bióticos que interactúan en forma interdependiente y que han creado flujos de energía característicos y ciclos o movilización de materiales.

Efectos directos.

Aquellos que mantienen relación de causalidad directa con la ocurrencia de un evento o fenómeno físico, representados usualmente por el daño en las personas, los bienes, servicios y en el ambiente o por el impacto inmediato en las actividades sociales y económicas.

Efectos indirectos

Aquellos que mantienen relación de causalidad con los efectos directos, representados usualmente por impactos concatenados o posteriores sobre la población, sus actividades

económicas y sociales o sobre el ambiente. Por ejemplo, pérdidas de oportunidades productivas, de ingresos futuros, etc.

Emergencia:

Estado caracterizado por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento o por la inminencia del mismo, que requiere de una reacción inmediata y que exige la atención o preocupación de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.

Elementos en riesgo. Se incluyen la población, edificios, obras de infraestructura, actividades económicas y servicios públicos en el área potencialmente afectada por los deslizamientos.

Erosión. La remoción de suelo y partículas de roca por el viento, ríos y hielos reciben el nombre de erosión.

Erupción volcánica. Emisión explosiva o lenta, de lava, materiales piroclásticos o gases volcánicos hacia la superficie de la tierra, usualmente a través de un cono volcánico y raramente por fisuras.

Escalonamiento. Mecanismo por medio del cual la superficie inclinada de un talud natural manifiesta diferencias de elevación, originando un perfil inclinado con discontinuidades verticales.

Escurrimiento. Agua que fluye sobre la superficie de la tierra.

Esfuerzo. Medida de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. En Física se expresa como fuerza por unidad de área.

Estabilidad de taludes. Involucra a los problemas principales que se plantean en los taludes de tierra y/o roca, inclusive el control de deslizamientos y caídas en los lados de los cortes, a los

costados de los depósitos de materiales de relleno y en las faldas de las colinas naturales. Los estudios geotécnicos representan una herramienta poderosa para definir la solución de los problemas de estabilidad de taludes.

Estado de esfuerzo. Magnitud de los esfuerzos de tensión o compresión que propician el estado en el que un elemento geológico se presenta en la naturaleza.

Estratificación. Estructura producida por depósito o sedimentación en estratos o capas. Término colectivo que se usa para indicar la existencia de capas o estratos en rocas sedimentarias, y ocasionalmente en ígneas y metamórficas. Algunas veces se usa como sinónimo de plano de estratificación.

Estrato. Capa de suelo o de roca que se localiza en una región, originalmente en posición horizontal; en ocasiones su espesor puede ser muy variable.

Evaluación de la amenaza.

Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

Evaluación de la vulnerabilidad.

Proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos expuestos ante una amenaza particular.

Evento (perturbación).

Suceso o fenómeno natural, tecnológico o provocado por el hombre que se describe en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es el registro en el tiempo y el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza. Es importante diferenciar entre un evento potencial y el evento mismo, una vez éste se presenta.

Falla. Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento relativo, es decir, un bloque respecto del otro. Se habla particularmente de falla activa cuando en ella se han localizado focos de sismos o bien, se tienen evidencias de que en tiempos históricos han habido desplazamientos. El desplazamiento total puede variar de centímetros a kilómetros dependiendo del tiempo durante el cual la falla se ha mantenido activa (años o hasta miles y millones de años). Usualmente, durante un temblor grande, los desplazamientos típicos son de uno o dos metros.

Fallas de ladera. Son mecanismos desequilibrados que pueden derivar en desprendimiento de suelo y roca por acción de las fuerzas originadas por la atracción de las fuerzas de la gravedad de la tierra.

Fallas de pendiente. Movimiento hacia abajo y hacia fuera de la roca o del material sin consolidar, como una unidad o como una serie de unidades.

Fallas rotacionales. Superficie de ruptura de una formación geológica que describe una superficie circular, a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

Flujos. Son movimientos espacialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen corta vida, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan. Movimiento de una masa bien mezclada de roca, tierra y agua, que se comporta como fluido y se desplaza pendiente abajo; su consistencia es similar a la del concreto recién mezclado.

Flujo de roca. Combinación de desplome y flujo de lodo.

Formaciones. Rasgos geológicos característicos de una región de la tierra, determinados por los materiales existentes y los procesos físicos que les dieron origen en el devenir histórico de la Tierra.

Fractura miento. Patrones de ruptura que determinan generalmente la consistencia de las masas rocosas. Los patrones de estratificación y fracturamiento o ruptura así como los lentes de roca muy intemperizada son los factores que controlan la consistencia de la roca.

Geotecnia. Es la aplicación de las ciencias de la tierra a la solución de los problemas de ingeniería civil.

Gestión de riesgos.

Proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente. Acciones integradas de reducción de riesgos a través de actividades de prevención, mitigación, preparación para, y atención de emergencias y recuperación post impacto.

Grieta. Fisura. Abertura o brecha de un bordo natural.

GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Iniciales correspondientes a Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global) que, con base en señales recibidas de satélites, permite determinar con gran precisión la ubicación de puntos en la superficie terrestre, diferencias de altura, etc. Utilizando sistemas GPS de alta resolución es posible determinar desplazamientos entre placas tectónicas, estructuras artificiales, etc.

Hundimiento. (En la parte alta de una ladera). Movimiento hacia abajo y hacia fuera de la roca o del material sin consolidar, como una unidad o como una serie de unidades. Se le llama también falla de pendiente.

Inclinación. Ángulo que manifiesta la pérdida de la verticalidad original de la vegetación o de objetos construidos por el hombre, localizados sobre la superficie inclinada de un talud o ladera natural que se encuentra en movimiento descendente a causa de su inestabilidad o falla.

Inestabilidad de taludes. Conocidas también como deslizamiento del terreno, o de tierra, implica movimiento de rocas y/o suelo por la acción de la gravedad. Los deslizamientos de tierra sucedidos en el pasado son responsables de las características topográficas del paisaje natural actual.

Infiltración. Penetración de agua superficial hacia el interior de la tierra.

Intemperismo. Proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra, a poca profundidad, debido a la acción de agentes físicos, químicos y orgánicos.

Intemperismo mecánico. Proceso mediante el cual las rocas se rompen en fragmentos cada vez más pequeños, como resultado de la energía desarrollada por fuerzas físicas. Se conoce también como desintegración.

Intemperismo químico. Meteorización de las rocas debida a procesos que transforman el material original en nuevas combinaciones químicas. Así el intemperismo químico de la ortoclasa produce arcilla, algo de sílice y una sal soluble de potasio.

Intensidad (sísmica). Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento de actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada por el sismo.

Intervención.

Modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir su amenaza o de las características intrínsecas de predisposición al daño de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. La intervención intenta modificar los factores de riesgo. Controlar o encausar el curso físico de un fenómeno peligroso, o reducir su magnitud y frecuencia, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia o tenacidad de los elementos expuestos es una medida estructural relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos asociados con planificación del medio físico, reglamentación del uso del suelo, seguros,

preparación para emergencias y educación pública son medidas no estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad social.

Inundaciones. Acumulación de niveles extraordinarios de agua, sobre terrenos normalmente planos y de poca elevación con respecto al nivel medio de agua presente en los receptáculos naturales y artificiales circundantes a una región.

Irregularidades topográficas. Cambios importantes en altura o forma de los rasgos naturales existentes, como la presencia de un valle redondo de cadenas montañosas.

Ladera. Costado de un terraplén o de una montaña.

Laderas naturales. Costados de las montañas, representados por las faldas de los cerros.

Licuación de suelos. Consiste en la pérdida de resistencia de suelos arenosos, con partículas de tamaño uniforme y que se encuentren saturados, como consecuencia de las vibraciones del terreno natural que origina el paso de ondas sísmicas, durante la ocurrencia de un temblor.

Litológicas (características litológicas). Representa las características estratigráficas de una formación geológica o de una zona de terreno, es decir, los tipos de roca, como se presentan, tamaño de grano, color y constituyentes minerales.

Magnitud (de un sismo). Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Dicho valor no depende, como la intensidad, de la presencia de pobladores que observen y describan los múltiples efectos del sismo en una localidad dada. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente, uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (M_s) o de momento sísmico (M_w).

Material cohesivo. Material coherente, se refiere a suelos en los cuales el agua absorbida y la atracción entre las partículas actúan conjuntamente para producir una masa que se mantiene unida y se deforma plásticamente con cantidades de agua variables. Se les conoce como suelos cohesivos o arcillas.

Material consolidado. Material constituido por cualquiera de los tipos de roca que existen en la naturaleza.

Material térreo. Material que en conjunto puede estar integrado por arcilla, limo, arena y fragmentos de roca. Generalmente se hace una distinción entre suelo y roca por el hecho de que el suelo es una masa formada por diminutas partículas que se encuentran acomodadas en la naturaleza formando una estructura esquelética, mientras que la roca es una estructura densa con las partículas unidas justamente entre sí.

Mecánica de suelos. Es la ciencia que estudia la estabilidad de las formaciones geológicas conformadas por sedimentos no consolidados (material térreo), el flujo de agua desde, hacia y a través de una masa de suelo, y permite evaluar si los riesgos asociados son tolerables en términos económicos y de seguridad para la población. Geológicamente, la mecánica de suelos está relacionada con los materiales térreos, no consolidados, producto de la desintegración de formaciones de roca, este material normalmente sobreyace a las formaciones geológicas de roca originales.

Mecánica de rocas. Es la ciencia que estudia la estabilidad de las formaciones geológicas conformadas por sedimentos consolidados, denominados roca.

Mitigación. Es una intervención para reducir los riesgos y daños y tomar medidas o acciones para modificar determinadas circunstancias. Cuando se refiere a desastres, se toma una acción para modificar la característica de una amenaza ayudando a un sistema biológico, físico o social a reducir su vulnerabilidad.

Nivel freático. Superficie más alta de la zona de saturación del agua subterránea. Es irregular, con pendiente y forma determinadas por la cantidad de agua freática o subterránea y por la permeabilidad de las rocas. En general, bajo lomas y cerros su profundidad es menor y mayor en los valles.

Peligro. Es el deslizamiento geométrica y mecánicamente caracterizado.

Peligrosidad. Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente perjudicial dentro de un período de tiempo determinado y en un área específica.

Placas (tectónicas). Porciones de la litósfera terrestre, de grandes dimensiones y espesor no mayor a 100 km, que también se caracterizan por su movilidad debido a fuerzas ejercidas desde el manto terrestre.

Plan de contingencia.

Procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la manifestación o la inminencia de un fenómeno peligroso particular para el cual se tienen escenarios definidos.

Plan de emergencias.

Definición de funciones, responsabilidades y procedimientos generales de reacción y alerta institucional, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y simulación para la capacitación y revisión, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recobrar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de que se presente un fenómeno peligroso.

Plan de gestión de riesgos.

Conjunto coherente y ordenado de estrategias, programas y proyectos, que se formula para orientar las actividades de reducción de riesgos, los preparativos para la atención de emergencias y la recuperación en caso de desastre. Al garantizar condiciones apropiadas de seguridad frente a los diversos riesgos existentes y disminuir las pérdidas materiales y consecuencias sociales que se derivan de los desastres, se mejora la calidad de vida de la población.

Plano de falla. Superficie de contacto entre formaciones geológicas, iguales o diferentes, producto de fracturamiento previo del terreno natural.

Plano de estratificación. Superficie que separa capas de rocas sedimentarias. Cada plano marca la terminación de un depósito y el principio de otro de características diferentes o semejantes; por ejemplo la superficie que separa una capa de arenisca de una de lutita, de una caliza con respecto a otra. También de caliza. Las rocas tienden a separarse o romperse fácilmente a lo largo de los planos de estratificación.

Plegamiento. Distorsión de una estructura geológica. Las estructuras plegadas se deben a la compresión dentro de la corteza terrestre generada por el movimiento lateral de los continentes.

Preparación. Es un conjunto de medidas y acciones que se usan para reducir la muerte y otros daños y organizan de manera eficiente la recuperación y rehabilitación.

Prevención. Son acciones que impiden o evitan que los sucesos naturales o que las actividades humanas sean causantes de desastres.

Procesos geológicos. Son los diversos procesos que continuamente actúan sobre la superficie de la tierra, son el aplanamiento de relieve, el diastrofismo y el vulcanismo. La gradación es la demolición de los elementos morfológicos existentes (inclusive montañas). La erosión, por ejemplo, es un caso particular del arrasamiento llevado a cabo por la acción del agua, el aire o el del hielo.

Propiedades mecánicas de resistencia. Son la capacidad de las formaciones geológicas para resistir, sin romperse, a los distintos mecanismos que actúan sobre ellas por medio de fuerzas aplicadas.

Reconstrucción. Es cuando se reparan los daños causados por los eventos adversos; estos pueden ser a corto o largo plazo.

Rehabilitación. Es la reparación del daño físico, social y económico, es decir, recuperar en forma rápida los servicios básicos.

Reptación. Movimientos superficiales muy lentos del suelo sin una superficie de falla definida.

Resistencia. Fuerza necesaria para que ocurra la ruptura o para que comience la deformación plástica.

Respuesta. Las respuestas son todas las acciones que se realizan para salvar las vidas, reducir el sufrimiento y evitar las pérdidas ocasionadas por los eventos adversos.

Riesgo. El riesgo puede definirse como la probabilidad de que ocurra un peligro y cause pérdidas (vidas humanas, heridos, pérdidas económicas directas e indirectas, daños cuantificables a edificios o estructuras, etc.).

Riesgo Específico. Es el grado de pérdida esperado debido a un fenómeno natural y se expresa como el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad.

Riesgo Total. Corresponde al número de vidas perdidas, daños a la propiedad y a las personas, etc., debidas a un fenómeno natural concreto. El riesgo total se define como el producto del riesgo específico y de los elementos bajo riesgo.

Roca. Agregado de minerales de diferentes especies en proporciones variables.

Sedimentación. Proceso mediante el cual se asienta la materia orgánica y laminaral.

Sedimentos no consolidados. Material producto de la desintegración de rocas. Según el grado de desintegración y degradación física y/o química de los sedimentos en orden descendente del tamaño de sus partículas, éstos pueden ser: fragmentos de roca, cantos rodados, grava, arena, limo, arcilla o materia orgánica. Comúnmente los depósitos de sedimentos no consolidados están formados por la combinación de partículas de una amplia gama de tamaños, que en ocasiones incluyen hasta fragmentos de roca, con dimensiones y proporciones diversas.

Sismo.

- Fractura súbita y repentina de una porción de la litósfera terrestre (cubierta rígida del planeta) como consecuencia de la acumulación de esfuerzos de deformación. La energía liberada por el rompimiento se propaga en forma de ondas sísmicas, hasta grandes distancias.
- Vibraciones de la Tierra ocasionadas por la propagación, en el interior o en la superficie de ésta, de varios tipos de ondas elásticas. La energía que da origen a estas ondas proviene de una fuente sísmica.

Comúnmente se habla de que un sismo tiene carácter oscilatorio o trepidatorio. Ambos términos se derivan de la percepción que ciertas personas tienen del movimiento del terreno y no de un parámetro instrumental. El terreno, ante el paso de las ondas sísmicas, no se mueve exclusivamente en dirección horizontal (oscilatorio) o vertical (trepidatorio) sino más bien de una manera compleja por lo que dichos términos no son adecuados para caracterizar el movimiento del terreno.

Sismógrafo. Instrumento de alta sensibilidad para registrar los movimientos del terreno ocasionados por la propagación de las ondas sísmicas. Al registro producido se le conoce como sismograma, necesario para el cálculo de la magnitud (tamaño) de un sismo.

Soliflujión. Movimiento relativamente rápido donde toman identidad la presión del agua intersticial y la plasticidad de los materiales.

Subsidencia. Reducción del nivel del material del terreno, debido a desplazamientos verticales, horizontales o por una superposición de los dos tipos de movimiento mencionados.

Suelo. Material que se forma en la superficie de la tierra como resultado de procesos orgánicos. El suelo varía según el clima, la vida animal y vegetal, el tiempo, la pendiente del terreno y el material (rocoso) del que se deriva.

Susceptibilidad. La susceptibilidad expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

Talud.

1. Pendiente formada por la acumulación de fragmentos de roca al pie de los acantilados o de montañas. Los fragmentos de roca que forman el talud pueden ser escombros, material de deslizamiento o pedazos rotos desprendidos por la acción de las heladas. Sin embargo, el término talud se usa en realidad muy ampliamente para referirse a los escombros de roca en sí.
2. Se conoce con el nombre genérico de talud a cualquier cuerpo de tierra y/o rocas que se encuentran delimitados por una superficie inclinada y forma un ángulo determinado respecto a la horizontal. Los taludes se clasifican en naturales y artificiales.
3. Cuando el talud se produce de manera espontánea, según las leyes de la naturaleza (sin intervención humana), se denomina ladera natural, o simplemente ladera.
4. Cuando el hombre lo realiza se denomina talud artificial, que puede ser de corte o de terraplén, o simplemente talud. Para efectuar algún corte se realiza la excavación en una o más formaciones geológicas; en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes contruidos con materiales seleccionados y compactados mecánicamente.

Taludes artificiales. Superficies inclinadas que unen los desniveles del terreno, producto de actividades de construcción, ya sea por corte o relleno o construcción de un terraplén artificial.

Tectónica de placas. Teoría que explica la dinámica de grandes porciones de la litósfera y su relación con la ocurrencia de sismos, volcanes y deformaciones corticales.

Tensión. Tipo de acción, en términos de fuerza o esfuerzo cuyos efectos se manifiestan a manera de un jalón o un tirón.

Vulnerabilidad.

Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir un daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.