



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

“VULNERABILIDAD, ANTE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA EN
EL PUEBLO SANTA CRUZ AYOTUXCO, MUNICIPIO DE HUIXQUILUCAN,
ESTADO DE MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

GARDUÑO SANABRIA AURA EDITH

ASESOR:

PROF. ARMANDO REYES ENRÍQUEZ

MAYO 2013



NON MEA VOLUNTAS SEA TUA FIAT

†

Dominus pascit me, et nihil mihi deerit:
El Señor es mi pastor: Nada me falta;
in pascuis virentibus me collocavit,
en verdes pastos El me hace reposar.
super aquas quietis eduxit me,
a las aguas de descanso me conduce,
animam meam refecit.
y reconforta mi alma.

Deduxit me super semitas iustitiae
Por el camino del bueno me dirige,
propter nomen suum.
por amor de su nombre.
Nam et si ambulavero in valle umbrae mortis,
Aunque pase por quebradas oscuras,
non timebo mala,
non timebo mala,
notemo ningún mal,
quoniam tu mecum es.
por que Tú estás conmigo
Virga tua et baculus tuus,
Virga tua et baculus tuus,
con tu vara y tu bastón
ipsa me consolata sunt.
ipsa me consolata sunt.
y al verlas voy sin miedo.

Parasti in conspectu meo mensam
La mesa has preparado para mi
adversus eos, qui tribulant me;
adversus eos, qui tribulant me;
impinguasti in oleo caput meum,
impinguasti in oleo caput meum,
frente a mis adversarios
con et alix meum redunda beza
con et alix meum redunda beza
y rellenas mi copa.

Etenim benignitas et misericordia subsequenter me
Etenim benignitas et misericordia subsequenter me
In omnibus diebus vitae meae, or
In omnibus diebus vitae meae, or
et inhabitabo in domo Domini
et inhabitabo in domo Domini
in longitudinem dierum
in longitudinem dierum
mi manará sea la casa del Señor
por largos, largos días.

PSALMUS 23 (23)
PSALMUS, David

Dedicada de Corazón a Dios, y Mi Familia.

Con un profundo agradecimiento a mi asesor
y revisores, por sus aportes y enseñanzas.



ÍNDICE

	PÁG
PRESENTACIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	7
HIPÓTESIS.....	10
OBJETIVOS.....	11
MARCO GEOGRÁFICO.....	12
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	17
1.1 MARCO CONCEPTUAL.....	17
1.1.1 RIESGO	
1.1.2 PELIGRO	
1.1.3 AMENAZA	
1.1.4 VULNERABILIDAD	
1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA	28
1.2.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS	
1.2.2 INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA	
1.3 EL PAPEL DEL GEÓGRAFO EN LA EVALUACIÓN DE	51
VULNERABILIDAD	
CAPÍTULO 2: APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	56
2.1 MÉTODO MORA-VAHRSON	59
2.2 DESCRIPCION DE VARIABLES	62
2.2.1 PENDIENTES	
2.2.2 LITOLOGÍA	
2.2.3 HUMEDAD DEL TERRENO	
2.2.4 ZONAS DE DEBILIDAD	
2.2.5 DISPARO POR LLUVIAS	
2.2.6 EDAFOLOGÍA	

2.2.7 USO DE SUELO	
2.3 VARIABLES PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD	97
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	101
3.1 VARIABLES FÍSICAS	101
3.3.1 MAPA DE PENDIENTES	
3.3.2 MAPA LITOLÓGICO	
3.3.3 MAPA DE HUMEDAD DEL SUELO	
3.3.4 MAPA DE ZONAS DE DEBILIDAD	
3.3.5 MAPA DE DISPARO POR LLUVIA	
3.3.6 MAPA DE TIPO DE SUELO	
3.3.7 MAPA DE USO DEL SUELO	
3.3.8 MAPA DE MENAZA RELATIVA	
3.2 VARIABLES SOCIALES	135
3.2.1 TOTAL DE POBLACIÓN	
3.2.2 NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADÉMICA	
3.2.3 TIPO DE VIVIENDA	
3.2.4 SERVICIOS	
3.2.5 MATERIAL DE LA VIVIENDA	
3.3 ANÁLISIS POR ZONA	152
3.3.1 ZONA JUASHY	
3.3.2 ZONA AGUA DE TEJAMANIL	
3.3.3 ZONA DEL PANTEÓN	
3.3.4 ZONA EL PLAN	
3.3.5 ZONA LA LOMA	
3.3.6 ZONA LA PRESA	
3.3.7 ZONA MENDOZA	
3.3.8 ZONA MOO	
3.3.9 ZONA QUIROZ	
3.3.10 ZONA SEGURA	

3.3.11 ZONA TECO

3.3.12 LLANO GRANDE

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.	196
CAPÍTULO 5: RECOMENDACIONES.	200
BIBLIOGRAFÍA.	215
ANEXOS	



PRESENTACIÓN:

En el Estado de México la ausencia de estudios de peligro y vulnerabilidad en los planes de desarrollo, genera que no sean tomados en cuenta para la elaboración de proyectos referentes al crecimiento de áreas urbanas y en proceso de crecimiento, lo que conduce a que se ocupen zonas no aptas para su desarrollo, lo cual hace que estas sean susceptibles a cambios bruscos de su situación natural, generando con ello que las laderas se hagan inestables o susceptibles a los movimientos de terreno.

El poblado de Santa Cruz Ayotuxco municipio de Huixquilucan Estado de México, por estar inmerso en las inmediaciones de la Sierra de las Cruces, no es la excepción, ya que presenta zonas, donde existen asentamientos en pendientes que superan los 35°, según datos de Protección Civil Estatal, además las condiciones geomorfológicas del lugar, los aspectos forestales, pecuarios y agrícolas, facilitan este tipo de eventos altamente destructivos. Para la zona de estudio, la vulnerabilidad se manifiesta de manera significativa, ya que ésta es considerada como el grado de afectación que puede modificar la estabilidad de un grupo social, o un sistema, (de ahí la importancia del análisis), sin embargo Wilches-Chaux (1993), propone un nuevo término, **vulnerabilidad global**, que abarca distintos tipos de vulnerabilidad; siendo estas de carácter físico, económico, social, psicológico, institucional, educativa, político, cultural, ambiental e ideológico; sin embargo para comprender el concepto se debe considerar que:

“La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, es decir, surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el “bloqueo” o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente “desastre”. A esa interacción de factores y características se le da el nombre de vulnerabilidad global”, Wilches-Chaux (1993).



INTRODUCCIÓN:

Los movimientos de ladera son procesos naturales de carácter puntual, y debido a la falta de trabajos con esta naturaleza (puntual), es como surge la inquietud para su elaboración, por ello para la presente disertación se ha considerado una superficie que apenas supera los 9 km².

La metodología empleada para su elaboración es la denominada Mora-Vahrson-Mora, misma que únicamente ocupa aquellas variables inherentes de los movimientos masales, la razón de usar el presente método, es porque, es el único que ha sido establecido para la definición de áreas inestables, en el estricto sentido de este tipo de procesos; si bien existe la evaluación multi-criterio, la cual se basa en la suma de variables, la diferencia que existe entre éstas dos metodologías es que en la primera para definir los valores asignados por variable, resulta necesario conocer a fondo las características físicas y mecánicas de cada una de ellas, por ello se dan a conocer las características generales de cada factor, y que se presentan en cualquier lugar que se quiera aplicar el método, siendo las variables concernientes a la cantidad de precipitación y humedad las únicas que deben de variar dependiendo del lugar de aplicación.

Si bien fueron modificadas y agregadas otras variables al método, esto surgió como consecuencia de la dificultad en el acceso a la información, como fue el caso de los datos proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional, así como la falta de detalle de otras variables, tal es el caso de la capa litológica, sin embargo los resultados obtenidos fueron favorables a pesar de estas limitantes, es por ello que las deducciones que ofrece el método resultan confiables.

Por su parte el segundo método, que se menciona en líneas arriba (evaluación multi-criterio), no define variables, es decir que estas dependen completamente del objetivo para el cual se requiera su aplicación, ya que también puede ser utilizada para la ordenación territorial, y no propiamente para definir movimientos de ladera, además no requiere un conocimiento profundo de cada variable, ya que



dichos valores se dan con base en las diferentes formas de ponderar cada una de ellas, como pueden ser la ponderación por pares de saaty, 7 puntos, entre otros.

Con los resultados obtenidos en la aplicación metodológica antes citada, es posible dar a conocer cuáles son aquellas áreas en las que no se debe permitir el desarrollo habitacional, o bien cuáles son las áreas que requieren de atención inmediata, a través de la aplicación de medidas correctivas o preventivas.

El presente trabajo está dividido en 5 capítulos, el primero contempla el marco teórico correspondiente a los diferentes conceptos utilizados comúnmente en materia de prevención, tal es el caso de riesgo, peligro, vulnerabilidad y amenaza, de igual forma se dan a conocer las características generales de los movimientos de ladera, es decir su tipología así como la nomenclatura que existe tanto de un talud como de una ladera. Una parte importante de este capítulo corresponde a la importancia que tiene el papel del geógrafo, en el ámbito de evaluación de vulnerabilidad y riesgo, dado que su perfil le permite utilizar los principios geográficos (localización, dinamismo, complejidad, extensión), porque con ellos establece los elementos del lugar (paisaje), seguidos del estudio de las relaciones y confecciona un balance entre las correspondencias del lugar y la ubicación, y como esto tiene modificaciones con el paso del tiempo debido a la influencia que ejerce la acción humana sobre los ecosistemas, y que a su vez dicha influencia conlleva a los subsecuentes desastres.

El segundo capítulo, describe la aplicación metodológica empleada para definir cuáles son aquellas áreas con niveles de amenaza a padecer inestabilidad en el terreno considerando el valor más bajo hasta el más alto de cada variable que fue utilizada, así como su obtención y resultado (mapa) de cada una de ellas. Por su parte también están descritas aquellas variables que representan la parte vulnerable de la zona de estudio, es decir a la población por sí misma.



El capítulo tercero constituye la parte medular de la investigación, en ella quedan expresados los resultados de cada variable, es decir se describe la influencia de cada una de ellas, tanto físicas como sociales, así como el conjunto de las mismas, en el mismo apartado se efectuó un análisis de cada zona que integran el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, quedando debidamente definidos los diferentes tipos de vulnerabilidad existentes en el lugar.

Por último, los capítulos cuatro y cinco corresponden a las conclusiones y recomendaciones, sobre cuáles versan las diferentes técnicas de estabilización de laderas y taludes que existen, de las cuales la más accesible resulta ser la bioestabilización de laderas, ya que es de bajo costo y además provee de un beneficio doble, como el estético y técnico, aunado a que no requiere de mantenimiento especializado para la preservación de la misma.

Las limitaciones que se encontraron para la elaboración del trabajo, corresponden únicamente a la dificultad al acceso de información meteorológica, debido a que no fue posible adquirir datos de precipitación recientes, obteniendo únicamente hasta el año 2000, mismos que resultan obsoletos, porque algunos de los movimientos de ladera que se suscitaron en el año 2007, corresponden al fuerte periodo de lluvias que se dio durante dicha temporada de lluvias, por lo tanto el acceso a estos datos pueden ofrecer mayor soporte al trabajo de investigación; otra limitante fue la falta de información de la variable litológica, ya que esta representa una parte fundamental para la zonificación de áreas susceptibles a deslizarse, en este caso, la información que ofrece la carta geológica de INEGI, no corresponde con las condiciones litológicas actuales del pueblo, sin embargo para su obtención se requiere de una fuerte inversión, es por ello que no existe. Dada esta situación resultó necesario implementar otras variables como la variable edafológica y uso del suelo, así como los puntos de debilidad que fueron debidamente identificados con trabajo de campo.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestros días, es sumamente notable el riesgo al que está expuesto el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, como resultado de la transformación del medio natural, a causa de las etapas del incesante crecimiento urbano, proceso favorecido por la creciente presión de la explosión demográfica de la zona metropolitana del Valle de México.

En los países en vías de desarrollo, donde las condiciones económicas y sociales; además del arraigo de ocupar un espacio donde una comunidad de forma original inicia su desarrollo; aunado a deficiencias de educación ambiental y carencias sobre legislación en esta materia, (sea por su inexistencia o bien porque no son aplicadas las que ya existen), además de la dificultad que existe hoy en día para la obtención de permisos de construcción, en las instancias correspondientes, generan en la población, la necesidad de asentarse en zonas que son consideradas de riesgo, (situación generalmente desconocida por la población en general), favoreciendo con ello la disminución de los recursos naturales.

Propiamente dicho la inestabilidad de las laderas “Se refiere a los caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos y las expansiones o desplazamientos laterales”, Alcántara (2001) por lo que para el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco municipio de Huixquilucan, se manifiestan movimientos de materiales que son acarreados y depositados en las partes bajas de las laderas, razón por la cual es interés del presente trabajo delimitar el área sujeta a ser afectada y determinar los diferentes tipos de vulnerabilidad a los que está propensa dicha zona de estudio.

Algunos de los agentes involucrados en la inestabilidad de las laderas, son: de manera interna aquellas que actúan como fuerzas resistentes como las correspondientes a: geología, topografía, geomorfología, edafología, y aguas subterráneas y de forma externa aquellos que actúan como fuerzas motoras; tal es el caso del régimen de lluvias, sismicidad, erosión pluvial, y principalmente las actividades humanas.



Otros factores determinantes en la inestabilidad, corresponden al grado de deforestación y la presión que ejerce el crecimiento urbano sobre este tipo de terrenos, modificando de forma significativa el uso del suelo, dando origen a los asentamientos irregulares.

Por consiguiente la problemática a la que se enfrenta la población en caso de contingencia es múltiple, en primer lugar el daño en las viviendas, incomunicación por afectación a las calles principales, servicios públicos, educativos, salud y abastecimiento de productos de la canasta básica.

El grupo social de 7011 habitantes (Censo de población Santa Cruz Ayotuxco, 2005), que se ubica dentro de este poblado, está sujeto a diferentes tipos de vulnerabilidad, las cuales serán definidas durante el desarrollo de la presente investigación, sin embargo se sabe, que de acuerdo a las dimensiones de la vulnerabilidad de Wilches-Chaux, el pueblo ya es vulnerable físicamente, sin embargo no es igual la magnitud de la vulnerabilidad física en todas las zonas de dicha localidad.



JUSTIFICACIÓN

Los estudios de vulnerabilidad sirven para mejorar las acciones en materia de prevención, mitigación y recuperación, en beneficio de la sociedad en los aspectos físico, económico, social, psicológico, institucional, educativo, político, cultural, ambiental e ideológico; además es necesario considerar los factores que afectan a un determinado territorio, para este caso es indispensable considerar a la vulnerabilidad con el fin de brindar aspectos preventivos en las áreas involucradas.

Un estudio de vulnerabilidad completo y vigente, ayuda a las autoridades y a la sociedad a disminuir los efectos causados por un proceso de esta magnitud. En consecuencia, es necesario realizar una zonificación de las áreas más susceptibles a deslizamientos dentro del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, con el método propuesto por Mora-Vahrson, el cual es de fácil manejo y que además dicha zonificación sea funcional y que cumpla con el objetivo de realizar un análisis de vulnerabilidad, cuyos resultados sean principalmente, proporcionar seguridad a la población mediante la reducción de áreas con niveles de amenaza alto, a través de la implementación de técnicas para estabilización de las laderas y taludes, además de reducir los efectos posteriores al desastre, dando como resultado un trabajo completo y verás a las autoridades.

Actualmente para México este tipo de estudios, son escasos, por otro lado los países donde se realizan con mayor frecuencia y bajo esta metodología, principalmente es en Centro América donde se han obtenido resultados satisfactorios; es decir que las aplicaciones del método propuesto por Mora-Vahrson ayudan a realizar un soporte confiable, conjuntando aspectos cualitativos, principalmente de las variables de disparo, donde los resultados obtenidos son utilizados como herramienta para el diseño y ubicación de diferentes obras de infraestructura, no obstante, dicho método ya ha tenido modificaciones, que se han dado en función del lugar de aplicación.



El presente estudio de vulnerabilidad también sirve para contribuir con las autoridades locales y sociedad en general, haciendo énfasis en que establecer los asentamientos humanos en un determinado lugar sin considerar los peligros a los que están expuestos incrementa su grado de vulnerabilidad; así mismo hacer extensivo los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación académica, debido a que el perfil profesional, comprende la relación de todas las variables existentes en este tipo de proceso, permitiendo con ello obtener, resultados satisfactorios para la población que habita el área de estudio. A su vez es un trabajo con los elementos mínimos necesarios para ser considerados para el diseño y estructura de los planes de desarrollo.

Por otro lado, las variables que intervienen en el método establecido para el presente estudio sirven como apoyo para integrar un proceso completo ya que este ejercicio abarca todos los rubros o variables que siempre se presentan o existen cuando se suscitan los movimientos del terreno, por lo tanto este método puede ser aplicable para cualquier territorio que presente problemáticas semejantes a las del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, con la variante de que los valores establecidos necesariamente deben ser adaptados para cada zona en especial, es decir no deben por ningún motivo ser los mismos. Cabe mencionar que el proyecto ofrece una alternativa factible de solución al área de trabajo seleccionada, ya que el contenido trae beneficios a la sociedad y con esto se reducen los efectos catastróficos que preceden a los movimientos.

Por otra parte, la elaboración del presente trabajo así como la aplicación del método citado responde a la necesidad de obtener resultados satisfactorios en lo que respecta al análisis de vulnerabilidad, puesto que los argumentos manifestados por CENAPRED y los Atlas de riesgos que elabora Protección Civil son limitados, además, los aspectos que consideran sobre riesgos, así como sus variables son inventarios porque en dichos atlas únicamente mencionan los parámetros de ocurrencia de un determinado proceso, cuantas viviendas son afectadas, y que área de influencia tiene dicho proceso, lo cual no es muy



representativo, porque, para la elaboración de un plan en caso de alguna contingencia, el tipo de análisis que permiten hacer es reducido, pero principalmente por que dichos planes están basados en atlas de riesgos con escalas chicas, es decir, inicialmente se genera un atlas de riesgos nacional, con una escala que solamente permite apreciar de manera general el contexto nacional de los desastres, de este se desprenden los estatales, que de igual forma por la escala se generaliza la información, de forma que únicamente es apreciable el contexto estatal y finalmente del atlas de riesgos estatal se derivan los municipales, los cuales comúnmente son copias del atlas de la administración anterior, y por lo mismo no se lleva una actualización constante y además la escala de igual forma impide realizar análisis detallados, correspondientes a los movimiento de ladera, por lo tanto en este tipo de atlas, en caso concreto para Santa Cruz Ayotuxco no es fácilmente apreciable, puesto que dichas problemáticas se presentan de forma local (puntual), razón por la cual en este caso los planes tienden a fallar.

Esto conlleva a que los mapas resultantes para el análisis de vulnerabilidad, deben ser generados a escalas grandes, porque todos los tipos de movimientos, son procesos generados de manera puntual, y no es posible ubicar al poblado de Santa Cruz Ayotuxco dentro del contexto municipal, razón por la cual, el área de estudio es reducida, con el fin de obtener un resultado único para dicho poblado, también tiene la finalidad de que en los próximos planes de desarrollo o de prevención puedan ser considerados los estudios de esta tipología para que adquieran una mayor funcionalidad. Por otra parte los movimientos de laderas de la localidad de Santa Cruz Ayotuxco, son considerados como procesos recientes, en primer lugar debido al crecimiento urbano, este en sus dos modalidades diferentes, regular e irregular y en segundo, debido al fuerte periodo de lluvias que se presentó en el año 2007, por lo que las áreas más susceptibles a este tipo de procesos no están definidas.



HIPÓTESIS

Los movimientos de ladera presentes en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco son causados por la modificación que han ejercido los asentamientos humanos tanto regulares como irregulares, la deforestación, el cambio de uso del suelo, y la falta de medidas para la retención del suelo.

Algunos de los factores que también pueden facilitar la inestabilidad de las pendientes son: la geología, topografía, geomorfología, edafología, y aguas subterráneas, ya que estas actúan como fuerzas resistentes, sin embargo también existen los elementos detonantes del proceso, ya que estos pueden facilitar, intensificar, modificar y/o acelerar el movimiento de la ladera, siendo estos elementos el régimen de lluvias, sismicidad, erosión pluvial y erosión antrópica.



OBJETIVOS

General:

1. Determinar las zonas más susceptibles a padecer movimientos de ladera en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco municipio de Huixquilucan Estado de México.

Particulares:

- 1.1. Elaborar el marco teórico que permita el entendimiento general de vulnerabilidad, como punto de partida para el desarrollo de procesos posteriores.
- 1.2. Realizar un análisis cartográfico de la zona de estudio considerando principalmente los rubros de: pendiente, edafología, geología, uso del suelo, humedad del terreno, disparo por lluvias y áreas de debilidad.
- 1.3. Caracterizar las zonas de peligro por deslizamientos en la localidad de Santa Cruz Ayotuxco.
- 1.4. Determinar las zonas y tipos de vulnerabilidad del área de estudio.
- 1.5. Elaborar cartografía del área de estudio para el análisis de vulnerabilidad.



MARCO GEOGRÁFICO

El municipio de Huixquilucan, fue fundado durante la época prehispánica por grupos otomíes, está situado en la vertiente oriental del monte de las cruces, colinda con 3 municipios, al norte limita con Naucalpan, al sur con el municipio de Ocoyoacac, al oeste con el municipio de Lerma y por último al este colinda con las delegaciones Cuajimalpa y Miguel Hidalgo ambas pertenecientes al Distrito Federal; el territorio municipal de Huixquilucan cuenta con una superficie de 143.42 km² dentro del cual, una porción pertenece al pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, es decir una extensión de 9.2 km², el pueblo se encuentra ubicado al oeste de la cabecera municipal Huixquilucan de Degollado, y a su vez colinda al norte con los terrenos comunales de Santa Cruz Ayotuxco, al sur con la Ranchería de Agua Bendita, y el pueblo de San Francisco Ayotuxco, al este con la Ranchería de San José Huiloteapan y por último, al oeste colinda con los terrenos comunales de Santa Cruz Ayotuxco, Figura 1. Respecto a las categorías políticas que se mencionan es importante resaltar que estas se dan en función del número de habitantes, pero principalmente por las características de los servicios públicos básicos existentes en el lugar, por otra parte dichas categorías están determinadas de esta forma en la ley orgánica municipal.

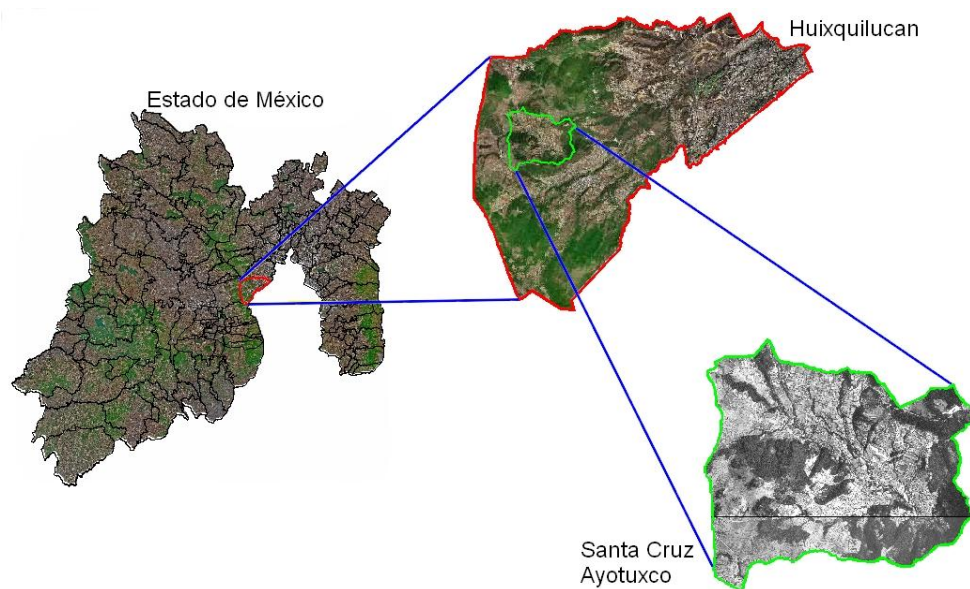


Figura 1: Santa Cruz Ayotuxco en el contexto Estatal y Municipal.

Fuente: Elaboración propia.



En cuanto al medio físico, Huixquilucan es un municipio rodeado de cerros, lomas y lomeríos, lo que representa un 80% por zonas accidentadas y el 20% restante por zonas semiplanas, la cabecera municipal se ubica a una altura de 2720 msnm y el pueblo que ocupa el punto central de esta investigación, Santa Cruz Ayotuxco, se encuentra a una altura de 2840 msnm (Carta Topográfica E14A38 ESCALA 1: 50 000 del INEGI).

Dentro del municipio se encuentra el Cerro de Santa Cruz, cuya elevación es de 3251 msnm, por lo tanto dadas estas características de diferentes altitudes dentro del municipio existen diferentes tipos de clima los cuales son: Al este y al centro del municipio corresponde al clima Templado Subhúmedo, donde las temperaturas oscilan entre los 13° y los 15°, teniendo una precipitación anual entre los 600 y los 800 mm al este, y una precipitación entre los 800 y los 1000 mm en el centro llegando hasta los 1200 mm. (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006).

El clima que predomina al oeste del municipio, es el Semifrío Sub-húmedo, esto debido a que esta es la porción donde se encuentran las elevaciones máximas, y a su vez es la porción donde se encuentra el poblado de Santa Cruz Ayotuxco, en esta zona las temperaturas oscilan entre los 5° y 11° c, con una precipitación anual que alcanza a ser de 1000 mm o mayor a los 1200 mm. Además es en esta zona donde se llegan a presentar lluvias intensas con granizo y tormentas eléctricas, así como las heladas durante la época invernal.

Por otra parte el municipio en cuestión, pertenece a la provincia fisiográfica del eje volcánico, según el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006, por lo que en el, existen numerosos cerros con pendientes pronunciadas, extensas cañadas las cuales colindan con barrancas, también pertenece a la unidad geomorfológica de la sierra de las cruces la cual se originó a finales del periodo mioceno y en el plioceno, es decir son de formación reciente geológicamente hablando.



Dentro del municipio existen tres unidades geomorfológicas, la primera es la Sierra de las Cruces, la cual tiene una orientación nor noreste-sur sureste, llega a tener una altitud de 3400 msnm, y existen pendientes que oscilan entre los 30° y 45°. (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006).

El pie de monte volcánico es la segunda unidad geomorfológica, cuyas pendientes varían entre los 6 y los 15 grados. Por último la tercera unidad corresponde a la planicie la cual está constituida por sedimentos aluviales y lacustres y tienen pendientes que oscilan entre los 0 y los 6°. (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006). Dentro de estas tres unidades geomorfológicas el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco está ubicado en una parte en la zona serrana, sin embargo también en pie de monte y una parte mínima de planicie, es decir el pueblo de interés está constituido por las tres unidades que se mencionan en líneas anteriores.

En relación con dichas características geomorfológicas, Huixquilucan, tiene un sustrato geológico compuesto por rocas ígneas, principalmente brecha volcánica al este del municipio, lo que hace que dicha zona tenga condiciones favorables de cimentación, pero existen otro tipo de limitantes como la presencia de numerosas fracturas en una zona de alta sismicidad, bancos de material y sobre todo las pendientes pronunciadas del terreno. (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006).

El pueblo de Santa Cruz Ayotuxco se encuentra inmerso dentro del valle formado por cuatro cerros al sur se encuentra el Cerro Tengani y el Cerro San Francisco, y al norte entre el Cerro El Malsano y el Cerro la Longaniza, es una zona donde el tipo de roca predominante es la ígnea extrusiva intermedia (andesitas), además de la toba y la brecha volcánica; al igual que la porción este, esta zona presenta condiciones favorables para la cimentación, sin embargo existe una mayor concentración de fracturas, pendientes abruptas las cuales son condicionantes



que pueden impedir la urbanización, ya que se pueden generar zonas de riesgo, principalmente por movimientos de material.

En cuanto a hidrología, el municipio pertenece a la región hidrológica del Pánuco (RH26) y a la cuenca del río Moctezuma. “Los ríos pertenecen a la vertiente oriental de la sierra de las cruces; la red fluvial de la zona tiene la característica de estar formada por una red densa de barrancos y cañadas con cortes profundos de 40 a 100 m en promedio, algunas son continuación de las que nacen en las partes altas de las vertientes, predominando en estas zonas la erosión vertical “(Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006).

Entre los numerosos cauces que existen en el municipio destaca el río Santa Cruz, este se encuentra en las inmediaciones del poblado de Santa Cruz Ayotuxco, sin embargo, en la actualidad se encuentra contaminado a causa de la disposición del drenaje de los asentamientos humanos, los principales contaminantes que prevalecen en el cauce destacan: los sólidos y los detergentes.

Durante la temporada de lluvias el caudal de agua aumenta en los cauces, generando desbordamientos, según protección civil, sin embargo por otra parte el potencial de captación de agua que se tiene, es de vital importancia, ya que las aguas que llegan a los manantiales y pozos son empleadas para el abastecimiento de las localidades, entre ellas el mismo poblado de Santa Cruz Ayotuxco.

Lo que se refiere a edafología municipal, y por las características ya mencionadas de clima, geología, e hidrología existen varios tipos de suelo, dentro de los que predominan en la porción este; se encuentra Litosol, que son suelos poco desarrollados, se caracterizan por ser infértiles y no presenta problemas para usos urbanos. Existen también suelos de tipo Cambisol, Regosol y Luvisol, de los cuales el primero es un suelo joven y más desarrollado que el litosol, este no presenta problemas para la urbanización, el segundo su consistencia es granular, por lo que la presencia de agua puede provocar la transportación de partículas y



crear huecos causando daños estructurales a las construcciones, por lo tanto no son aptos para los usos urbanos. El suelo Luvisol tiene una acumulación de arcilla en el suelo, su vegetación natural es de bosque y es susceptible a la erosión, es de vocación forestal.

Al oeste, donde se encuentra el poblado de Santa Cruz Ayotuxco, existen suelos de tipo Andosol y Feozem de los cuales también existen sus variantes, en el caso de Andosol, existe el Andosol Húmico y el Órtico, ambos poseen una alta capacidad de retención de agua, la cual se libera lentamente, y son ricos en materia orgánica. En condiciones naturales tiene vegetación mixta que consiste en pino, oyamel y encino, por lo tanto su vocación es completamente forestal. (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006).

Con respecto al Feozem, sus variantes son el Háplico y el Lúvico, ambos suelos son ricos en materia orgánica, y susceptibles a la erosión por la pendiente del terreno, al igual que el Andosol su vocación es forestal, ya que son suelos colapsables que sufren de asentamientos repentinos cuando se saturan de agua.

De acuerdo a las características ya mencionadas de clima, relieve y suelos, existe en el municipio vegetación natural importante como Bosques de Encino los cuales se encuentran principalmente en cañadas y barrancas, Bosques de Pino-Encino son una mezcla heterogénea y se ubican principalmente entre los 2400 y 2600 msnmm, Bosques de Oyamel estos existen en las zonas más altas del municipio entre los 2500 y los 3600 msnmm, también dentro de los bosques mencionados esta presente la vegetación arbustiva y herbácea.



CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 MARCO CONCEPTUAL

Para realizar estudios de vulnerabilidad o riesgo, cuyo objetivo primordial es reducir, minimizar o mitigar un desastre, es común tratar diferentes términos como vulnerabilidad, riesgo, amenaza y peligro, referidos hacia una temática de prevención, que para este caso, son considerados los movimientos de ladera; es muy frecuente encontrar este tipo de términos, así como muchos otros, como sinónimos, de manera tal que ocasionan confusión y generan que sean erróneamente citados, impidiendo la concepción de lo que implica un riesgo, una amenaza, un peligro y la vulnerabilidad siendo que no se refieren a lo mismo ya que cada término posee características propias, sin embargo si pueden ser manejados como conceptos probabilísticos, además dichos términos están estrechamente ligados unos con otros.

1.1.1 RIESGO

Los estudios de riesgos se iniciaron principalmente con el perfil de estadística, y fueron empleados inicialmente por compañías aseguradoras, mediante la implementación de actuarías, cuya finalidad principal es la de reducir el riesgo que conlleva toda actividad económica, así como cuantificar los costos que implican los diferentes tipos de accidentes. Sin embargo dichos trabajos no eran elaborados bajo un enfoque de índole natural, es decir fueron elaborados para cuantificar las pérdidas materiales y con ello económicas ocasionadas tras un incendio o un accidente automovilístico, en otras palabras, riesgos que tienen origen en la imprudencia, y/u omisión, de los propios seres humanos, y no así riesgos de origen natural que afectan a la población.

Desde el punto de vista Geográfico, los estudios de riesgos naturales se empezaron a desarrollar, en el ámbito anglosajón cuya aplicación principal se dio



en diversos aspectos incluyendo la ordenación del territorio, donde el contenido de los trabajos eran eminentemente teóricos-prácticos, y con mayor enfoque en los pilares económicos y sociales, Calvo (1984).

En los Estados Unidos los estudios de riesgos, geográficamente fueron iniciados por Gilbert White en 1953, Calvo (1984), la finalidad de dichos estudios fueron obtener resultados similares al ámbito anglosajón, con lo cual se logró una mejor administración de los recursos naturales, porque la problemática a la que se enfrentaban eran las inundaciones, y con dichos estudios se tomaron medidas preventivas de diferentes obras ingenieriles.

Lo que corresponde a México, se cobra mayor conciencia en lo que concierne a los riesgos a partir de la aprobación del Protocolo I de Ginebra el 21 de Diciembre de 1982, y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Enero de 1983 y promulgado el 22 de Diciembre de 1983 dicho postulado establece *“Protección a las víctimas de los conflictos armados internacionales”*, tal postulado nace el 12 de Agosto de 1949 con la finalidad de dar ayuda así como facilitar el trabajo de la Cruz Roja, (www.proteccioncivil.df), y es así como surge protección civil pero nuevamente sin considerar los efectos causados de manera natural, puesto que el postulado solamente trata las consecuencias de los conflictos bélicos que tuvieron lugar en esa época.

Posteriormente se comienza a dar mayor importancia a las estrategias de Protección Civil, a consecuencia de cuatro eventos ocurridos, los cuales fueron en primer lugar la erupción del volcán Chichón o Chichonal en el Estado de Chiapas, entre los municipios de Francisco León y Chapultenango el 28 de Marzo de 1982, seguido de la explosión de ductos de Pemex en San Juan Ixhuatepec, Tlalnepantla de Baz, Estado de México el 19 de Noviembre de 1982, en tercer lugar los sismos de 1985 que causaron mayores daños en el Distrito Federal y finalmente el cuarto evento la explosión del sistema de alcantarillado en el Barrio



de Analco a causa de gasolina, en Guadalajara el 22 de Abril de 1992 (www.proteccioncivil.df).

Propiamente como tal, el riesgo tiene origen en la teoría del mismo nombre; donde se estipula que éste existe desde antaño, a la par de que existe en todas y cada una de las actividades que lleve a cabo una persona o un grupo social, por lo tanto el riesgo solamente existe si en el lugar donde ocurre un determinado evento existe un asentamiento humano y en ese asentamiento existe una sola persona o un grupo de personas, sin embargo dicha exposición se manifiesta de diferentes magnitudes, por lo que se puede decir que vivimos en constante riesgo, por otra parte, la teoría, también suele ser erróneamente asociada (en materia de prevención) a la teoría de juegos, esta última implica la pérdida de bienes, pero también implica una ganancia; sin embargo dicha asociación entre teorías resulta muy poco convincente puesto que en un juego existe la posibilidad de perder todo lo que se ha apostado, pero también existe una posibilidad de ganar y de ganar más de lo que se apuesta, por lo tanto el error al asociar dichas teorías recae en que al presentarse un evento de carácter natural, en este caso los movimientos de ladera, no se tiene posibilidad de ganar nada, puesto que es casi un hecho que se pierdan las pertenencias de los habitantes en cierta medida, pudiendo ser parcial o total.

Así mismo la pérdida está estrechamente ligada al grado de exposición al que estén sometidos los habitantes de la zona a tratar, llegando a ser desde pérdidas parciales de los bienes hasta la pérdida total de la infraestructura o en el peor de los casos la pérdida de la vida, por lo tanto ante los movimientos de ladera, existen muy pocas probabilidades de que ganen algo las personas afectadas, es por ello que no puede ser relacionada la teoría del riesgo con la teoría de juegos.

Lo que concierne a la definición existente de riesgo, es también un término que ha sido utilizado desde tiempos remotos, y más comúnmente como un término propio para la navegación y para los comercios, existen tantas definiciones e



interpretaciones sobre este término como disciplinas, dado que el término riesgo como tal, no solamente concierne a la geografía como ya se había mencionado antes, existiendo en el ámbito social, físico y económico, esta última es una de las disciplinas donde se da parte de su origen, y como ya se había mencionado antes esta basada en la teoría de juegos.

Así mismo existen tres perspectivas, Toscana (2006) diferentes, el primero es un enfoque técnico el cual es utilizado por la economía y esta, establece que los riesgos son objetivos y cuantificables, para ello se basan en la ejecución de fórmulas por ejemplo: $R=(A) (V)$, donde R=riesgo A=amenaza V=vulnerabilidad y otras similares o más complejas y que son utilizadas por aseguradoras de ahí que el riesgo se considera cuantificable económicamente hablando.

La segunda perspectiva es meramente psicológica donde comienza a integrarse al concepto de riesgo, el concepto de percepción, donde se dice que el riesgo que es avalado científicamente, es diferente del riesgo que es percibido por la sociedad directamente afectada, dicha diferencia esta en función de las creencias que se tengan en cada lugar.

La tercera perspectiva es la social, la cual establece que lo que percibe la gente, se da a consecuencia de lo que les es influido por otros medios, por ejemplo las creencias, la televisión, la radio, los cuales de cierta forma modifican un poco la ideología de la gente mediante la exacerbación, reducción o negación de la información. Por lo que para la sociología, el riesgo es una construcción social.

Algunas de las definiciones más comúnmente encontradas en la literatura, dicen que el riesgo está asociado a una posibilidad de pérdida, ya sean bienes materiales, pérdidas económicas, o bien pérdidas humanas dentro una zona específica después de un evento natural, en este caso podría decirse un deslizamiento de ladera.



Gilbert White en 1974 realiza una asociación entre vulnerabilidad y peligro, donde el riesgo a padecer por un desastre esta en función de la magnitud y de la duración del evento, en pocas palabras riesgo *“es el impacto de un peligro natural”* Borja (2004).

Por otra parte el riesgo también se encuentra asociado a una posible condición futura. Con respecto al concepto de riesgo, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, Duque (2000) establece que el riesgo *“es una medida de probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente”* de manera que dicha institución realiza una medición del riesgo mediante la cuantificación de vidas humanas así como propiedades en riesgo. Existen otras clasificaciones sobre riesgos, estableciendo cuatro tipos de riesgo: Evitable (por su origen o consecuencias), Controlable (efecto predecible), Incontrolable (no predecible) y Aceptable (diferencia entre mayor nivel de riesgo y máxima previsión).

Suárez (2001) establece otros dos tipos de riesgo, el riesgo individual y el social, el primero hace énfasis en las lesiones identificables en un solo individuo y el segundo el riesgo social se refiere a lesiones múltiples en una sociedad como un todo.

Para finalizar, el riesgo está asociado principalmente a las pérdidas materiales y humanas, por lo que para fines de este trabajo dichas pérdidas serán consideradas en relación a los movimientos de ladera manifestados en la zona de trabajo, para ello es necesario definir correctamente los tipos y procesos, así como sus factores detonantes con la finalidad de prever las posibles consecuencias que resulten de un evento de esta magnitud.

Adentrados a la temática se dan a conocer algunas de las definiciones que están íntimamente ligadas al riesgo, para su posterior relación.



1.1.2 PELIGRO

Etimológicamente la definición de peligro proviene del latín *periculum* lo que significa “*contingencia inminente del perder una cosa o de que suceda un mal*” Aneas de Castro (2000).

Se debe tener en cuenta que los estudios de riesgo anteriormente también se encontraban bajo una división, la cual abarcaba riesgo ambiental y riesgo natural los cuales también eran términos casi sinónimos pero con el paso del tiempo fueron tomando su propia definición según Aneas de Castro (2000) son las siguientes:

- Peligro Natural: “*Cuando el fenómeno que produce el daño tiene su origen en la naturaleza*”
- Peligro Antrópico: “*Cuando el fenómeno que produce la pérdida tiene su origen en acciones humanas*”
- Peligro Ambiental: “*Cuando el evento que causa el perjuicio tiene causas combinadas, es decir naturales y antrópicas*”

Por lo tanto el peligro, es un evento capaz de causar pérdidas de gravedad en cualquier lugar en que se produzca un proceso, sea este natural, ambiental o antrópico.

También está asociado a vulnerabilidad y riesgo, porque existe una fórmula establecida por Maskrey (1986), la cual establece que: Peligro + Vulnerabilidad = Riesgo, sin embargo la definición que existe sobre el peligro hace referencia a una posibilidad de que ocurra un determinado evento en un periodo y en una zona determinada.



Aparentemente es una definición posiblemente similar a la de riesgo; pero la diferencia radica en que el peligro se asocia a una posibilidad de ocurrencia de un proceso.

1.1.3 AMENAZA

El término amenaza puede tener un significado parecido a peligro ya que ambas implican, la probabilidad de que ocurra un proceso como los deslizamientos de ladera en una zona determinada, sin embargo la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, Suárez (2001) establece que una amenaza es una condición potencial la cual en la mayoría de los casos genera condiciones indeseables y el concepto que manejan sobre peligro se refiere más a la caracterización mecánica de un deslizamiento de ladera y no como una probabilidad en si. Duque (2000) establece que las amenazas pueden ser de carácter; cualitativo, cuando se dice que existe una amenaza alta o baja, pero también pueden ser cuantificadas, cuando se le añade a un evento una frecuencia temporal.

Existe también una clasificación, sin embargo se ha realizado tomando en consideración solamente las amenazas naturales donde los tres tipos de órdenes que existen, están determinados por el tipo de proceso, es decir el primer orden de amenazas corresponde a los sismos, huracanes, volcanes y lluvias, las amenazas de segundo orden están compuestas por deslizamientos, maremotos e inundaciones y finalmente el tercer orden esta comprendido por aludes y avalanchas, Duque (2000), la fundamentación para esta clasificación se basa en que al originarse un evento de primer orden, puede generarse un evento posterior, por ejemplo, si en una determinada región se da un fuerte periodo de lluvias (primer orden), es probable que se susciten deslizamientos (segundo orden) y finalmente como consecuencia y en función de la cantidad de precipitación una avalancha de materiales (tercer orden).



Finalmente para realizar una identificación de las amenazas es necesario primeramente tener una caracterización de los deslizamientos, en la cual se incluya el volumen, la velocidad y las áreas de los movimientos así como la probabilidad de que ocurra el evento. Lo que corresponde a la zonificación de las amenazas es necesario tener en cuenta una serie de elementos con los cuales es posible realizar dicha zonificación, para Suárez (2001) es preciso tener: a) Un inventario detallado de los deslizamientos y procesos ocurridos en el pasado, b) conocer a detalle los procesos y los factores que los provocan, c) realizar un análisis de susceptibilidad a la ocurrencia de este tipo de procesos y que dicho análisis considere las condiciones ambientales del lugar y finalmente d) realizar un estudio de probabilidades reales de que se presenten.

1.1.4 VULNERABILIDAD

El concepto de vulnerabilidad ha sido considerado y descrito por numerosos autores, dentro de los diferentes significados Wilches-Chaux (1993), quien en su obra propone el término, **vulnerabilidad global**, considerando que existen diferentes tipos de vulnerabilidad como las siguientes; vulnerabilidad física, económica, social, psicológica, institucional, educativa, política, cultural, ambiental e ideológica; esto debido a que para el *“La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, es decir, surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el “bloqueo” o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente “desastre”. A esa interacción de factores y características se le da el nombre de vulnerabilidad global”*, Wilches-Chaux (1993). Es decir que vulnerabilidad debe entenderse como; la falta de capacidad o la incapacidad total que tiene una determinada comunidad para asimilar y adaptarse a los cambios producidos por los efectos resultantes tras un evento que conlleve a un cambio en su medio y a su vez un cambio en los diferentes factores que considera dicho autor.



CENAPRED (2006) define vulnerabilidad como; la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas. De aquí se desprenden solamente dos tipos de vulnerabilidad, siendo **física**, misma que nos permite realizar una cuantificación de pérdidas y **social** donde la valoración se realiza de manera cualitativa y que a la vez resulta relativa debido a la relación economía-educación-cultura.

Duque (2000), concibe a la vulnerabilidad como, un factor de riesgo, que considera la resistencia y fragilidad de las personas; así como de los bienes que están expuestos. Al igual que el autor Wilchex Chaux, Duque Escobar también emplea diferentes tipos de vulnerabilidad siendo estas, física, cultural y socioeconómica, sin embargo la diferencia radica en que este último considera a la vulnerabilidad como un factor de riesgo.

En México Borja (2004) consideran que “la vulnerabilidad es la susceptibilidad o predisposición de un elemento a ser afectado por un fenómeno, proceso o calamidad así como sufrir una pérdida”.

Maskrey (1986) del Centro de Estudios y Prevención de Desastres, considera que la vulnerabilidad existe en cualquier elemento que este expuesto a un peligro natural, así como su probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido. Sin embargo para estos autores la vulnerabilidad debe ser considerada como un proceso dinámico, es decir, en dicho proceso se encuentran inmersos, el desarrollo y el cambio de los elementos que van a afectar a los elementos expuestos.

Por su parte la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, estableció una serie de términos cuyo uso permite realizar análisis cuantitativos de amenaza y riesgo para deslizamientos, por ello la vulnerabilidad es “el grado de probabilidad de



pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por un deslizamiento” Suárez (2001).

Si bien existen numerosos términos referentes a vulnerabilidad, la mayoría de ellos tienen mucho en común, lo cual permite realizar una definición propia, y así mismo tener un mayor entendimiento sobre lo que dicho término envuelve, así como un significado dentro de la temática de la inestabilidad de las laderas de manera general, quedando de la siguiente manera:

Vulnerabilidad; es un sistema dinámico, debido a que en el intervienen factores y elementos; dentro de los factores se consideran a los procesos que actúan como detonantes de un movimiento de ladera como pueden ser las lluvias intensas, deforestación, movimientos sísmicos; por su parte los elementos que interactúan con dichos factores, son las personas, comunidades, bienes materiales e infraestructura que están expuestos ante los cambios y la propia dinámica de los factores; todo esto se traduce en la resistencia y fragilidad de los elementos así como su capacidad para enfrentar la posible pérdida, destrucción o daño, al encontrarse en un área afectada, en este caso por un movimiento de ladera.

Por lo tanto para realizar un análisis de vulnerabilidad, es necesario tener un conocimiento detallado de las características poblacionales, es decir densidad de población, tipología de la infraestructura, actividades económicas; ya que estos son los elementos que resultan primeramente dañados tras un deslizamiento o bien tras cualquier proceso que implique un cambio en la configuración actual del espacio, de manera que deben ser considerados como elementos en riesgo Suárez (2001).

El grado de vulnerabilidad ante un proceso de inestabilidad de ladera puede manifestarse de diversas formas, debido a que ello depende estrechamente de la propia naturaleza del sitio, así como la ubicación y naturaleza de los elementos en riesgo, y el área de influencia del deslizamiento, considerando que los elementos



pueden estar arriba o debajo de la zona susceptible a deslizarse; de igual manera intervienen otras características como la magnitud, y velocidad del movimiento, generando con ello que el daño sea menor o mayor. De acuerdo con Suárez (2001) “para estructuras y personas a mayor profundidad del deslizamiento, generalmente el daño es mayor y la vulnerabilidad mayor”.

Finalmente comprendido el panorama que existe en la literatura sobre la definición de cada uno de los términos anteriores, se puede decir que para un estudio de Vulnerabilidad, es necesario en primer lugar determinar cual es la amenaza, a la cual esta expuesta la población, en este caso si retomamos la clasificación de Duque Escobar entonces puede decirse que los movimientos de ladera que ocurren en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco son de segundo orden, al ser el peligro un término probabilístico, entonces este puede ser referido a los periodos fuertes de lluvias los cuales pueden o no ocurrir y con ello potencializar o no la amenaza del movimiento de ladera, al originarse este evento, el riesgo radica en la pérdida total o parcial de los bienes que están expuestos, así como las vidas humanas, dicha exposición está estrechamente ligada a los diferentes tipos de vulnerabilidad que poseen los habitantes del pueblo en cuestión.

1.2



CARACTERIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

Una ladera de acuerdo con el grupo de trabajo MILADERA (2001), es una superficie inclinada de terreno, propiamente en montañas y cerros, se dice que una ladera es inestable cuando existe un rompimiento en el equilibrio y esta cae o se desliza por efecto de la gravedad, dicho desequilibrio es o puede ser desencadenado por lluvias intensas, lluvias continuas o por sismos. Sin embargo en la actualidad los movimientos de ladera también son ocasionados por procesos de origen antrópico, en otras palabras las laderas de las montañas se han modificando a causa de la necesidad de adaptar zonas para la edificación de asentamientos (viviendas), así como también se han realizado cortes para implementación de nuevas vías de comunicación.

Existen dos términos, ladera y talud, en los cuales ambas son superficies inclinadas, pero difieren en su origen; ladera se dice que es de origen natural y un talud es un corte generado por actividades humanas Suárez (2001) Figura 2 (Pág. 33).

Por otra parte un movimiento está definido como un desplazamiento de masas de terreno pendiente abajo y delimitado por una o varias superficies de falla, estas superficies pueden ser curvas o planas y es sobre ellas donde ocurre el proceso de deslizamiento.

Por lo tanto los movimientos de ladera pueden ser definidos como: movimiento pendiente abajo sobre una superficie de falla, de suelos, rocas, vegetación o una combinación de todos ellos, por acción de la gravedad.

En un movimiento de ladera intervienen diversos elementos entre los cuales se encuentran principalmente la geomorfología del lugar, procesos de meteorización, periodos de lluvias; sin embargo, no es una regla que sean ocasionados por procesos naturales, es decir, la probabilidad de ocurrencia de un proceso de esta








magnitud, se ve comúnmente favorecida por las diversas actividades cuyo origen es antrópico.

Actualmente se ha escuchado hablar sobre la importancia que tienen los estudios de esta índole, como consecuencia de la constante manifestación de este tipo de eventos en zonas ya urbanizadas, sin embargo en nuestro país dichos análisis son escasos o bien no son abordados de manera adecuada, puesto que únicamente surgen a través de los análisis por inundaciones o por sismos, tomando los movimientos de terreno como un evento que surge a consecuencia de otro, y no el movimiento de ladera por sí solo.

A través de los años a nivel internacional, nacional, estatal y local, se han suscitado numerosos eventos de este tipo, algunos de ellos se presentan a continuación, Tabla 1.



País	Año	Tipo de Movimiento	Daños	Imagen/Fuente
Ámbito Internacional				
Sichuan, China	1786	Deslizamiento por Terremoto	100 000 personas perdieron la vida.	 http://www.cedex.es
Vaiont, Italia	Octubre de 1963	Deslizamiento en embalse	2000 personas perdieron la vida.	 http://masterig.files.wordpress.com
Verdalen, Noruega	1893	Desplazamiento lateral	116 personas perdieron la vida.	 Grupo de trabajo MILADERA, (2001).
El Salvador	13 de Enero de 2001	Deslizamiento por Terremoto		 http://www.geocities.com/giprmadrid/SantaTecla3.jpg
Cerro Musun, Nicaragua	25 de Junio de 2004	Deslizamiento por Lluvias	25 personas perdieron la vida.	 http://www.ineter.gob.ni

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



Ámbito Nacional

<p>Cerro el Tortuguero, Macuspana, Tabasco.</p>	<p>3 de Junio de 2000</p>	<p>Derrumbe de roca</p>	<p>7 personas perdieron la vida.</p>	 <p>Grupo de trabajo MILADERA, (2001).</p>
<p>Zapotitlán de Salinas, Puebla.</p>	<p>1999</p>	<p>Inició como deslizamiento rotacional y posteriormente se produjo uno trasnacional, debido a un sismo de magnitud 7.0 en Junio y lluvias extraordinarias en Octubre. (img. izq.)</p>	<p>0</p>	 <p>Grupo de trabajo MILADERA, (2001).</p>
<p>Colonia Aurora, Tezihutlán, Puebla</p>	<p>Octubre de 1999</p>	<p>Flujo de Lodo por el fuerte periodo de lluvias (img. der.)</p>	<p>100 personas perdieron la vida.</p>	<p>Grupo de trabajo MILADERA, (2001).</p>
<p>Delegación Cuajimalpa D.F.</p>	<p>25 de Agosto de 2006</p>	<p>Deslave ocasionado por lluvias</p>	<p>4 personas perdieron la vida.</p>	 <p>http://www.jornada.unam.mx/2006/08/26</p>
<p>Chalchihuitillo, Municipio de Mezquital, Durango</p>	<p>Septiembre de 2006</p>	<p>Deslave por intensas lluvias</p>	<p>13 personas perdieron la vida.</p>	 <p>http://www.univision.com Y http://dev.elsiglodedurango.com.mx</p>
<p>Pueblo Nuevo y Rayón, Chiapas</p>	<p>5 de Noviembre de 2007</p>	<p>Deslave por exceso de humedad a causa de un periodo intenso de lluvias</p>	<p>400 kilómetros de carretera dañados.</p>	<p>http://www.tabascohoy.com/</p>




Ámbito Estatal				
Ocoyoacac, (Carretera México-Toluca) Estado de México	25 de Septiembre de 2006	Deslave a causa de intensas lluvias.	200 metros de la carretera fueron bloqueados.	 http://www.jornada.unam.mx
Ámbito Municipal				
Huixquilucan, Estado de México	4 de Septiembre de 2005	Avalancha de lodo y piedras causadas por fuertes lluvias.	3 menores de edad perdieron la vida	 http://i.esmas.com/image/0/000/004/484/huixNT_.jpg
Ámbito Local				
Santa Cruz Ayotuxco, paraje Necha, Huixquilucan	15 Septiembre de 2007	Deslave a causa de intensas lluvias.	8 viviendas afectadas, 47 personas evacuadas	http://www.eluniversal.com.mx/notas/450326.html http://www.diariocritico.com

Tabla 1: Movimientos de Laderas en el contexto Internacional, Nacional, Estatal y Local.

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



Los elementos constitutivos de una ladera y un talud según, Suárez (2001) son los siguientes, Figura 2:

- a) Altura: Consiste en la diferencia entre la altura vertical que existe entre el pie y la cabeza del talud o la ladera.
- b) Pie: Corresponde al cambio brusco de la pendiente en la parte baja del talud o la ladera.
- c) Cabeza o escarpe: Al igual que pie, la cabeza o el escarpe corresponde al cambio brusco de la pendiente sólo que este se da en la parte alta de la ladera o el talud
- d) Altura del nivel freático: Corresponde a la altura existente desde el pie de la ladera hasta el nivel de agua medido por debajo de la cabeza.
- e) Pendiente: Es el grado de inclinación de la ladera o talud y puede ser medido en grados, o en porcentaje.

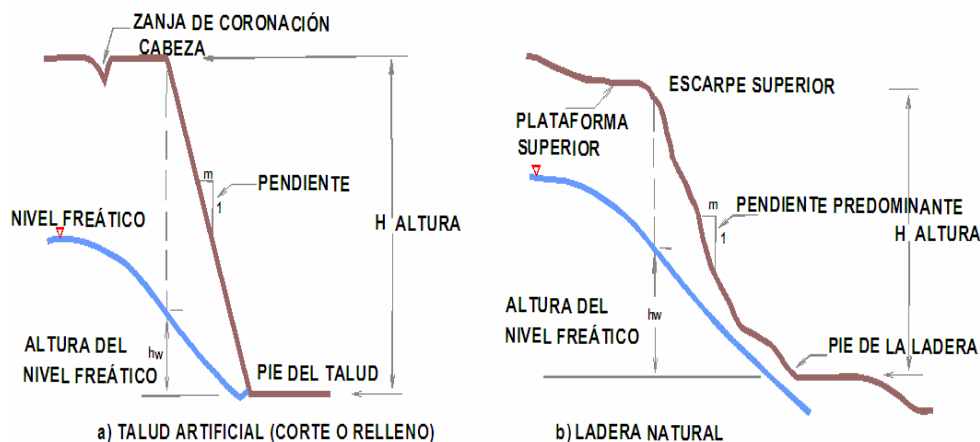


Figura 2: Nomenclatura de Laderas y Taludes.

Fuente: Suárez (2001).

De igual forma existe una nomenclatura para los procesos de movimiento, Figura 3. Los movimientos generalmente ocurren a lo largo de una superficie de falla y la nomenclatura de un movimiento es la siguiente:

- a) Escarpe principal: Corresponde a una superficie inclinada, a lo largo del área en movimiento.

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



- b) Escarpe secundario: Al igual que el escarpe principal este consiste en una superficie inclinada, sin embargo este surge al existir diferentes movimientos dentro de una sola área
- c) Cabeza: Corresponde a las partes superiores que existen entre el material deslizado y el escarpe principal.
- d) Corona: Se refiere al material que esta prácticamente inalterado y junto a la parte más alta del escarpe principal.
- e) Superficie de falla: Es el área debajo del movimiento que delimita el volumen del material removido, y el material que esta debajo de la superficie de falla que no se mueve.
- f) Pie de la superficie de falla: Es el área donde se interceptan la superficie de falla y la superficie original del terreno, sin embargo es común que dicha zona esté cubierta.
- g) Base: Es el área cubierta por el material desplazado.
- h) Punta o uña: Es la zona más alejada de la corona o cabeza de la zona en movimiento.
- i) Costado o flanco: No es otra cosa más que el perfil lateral del movimiento.

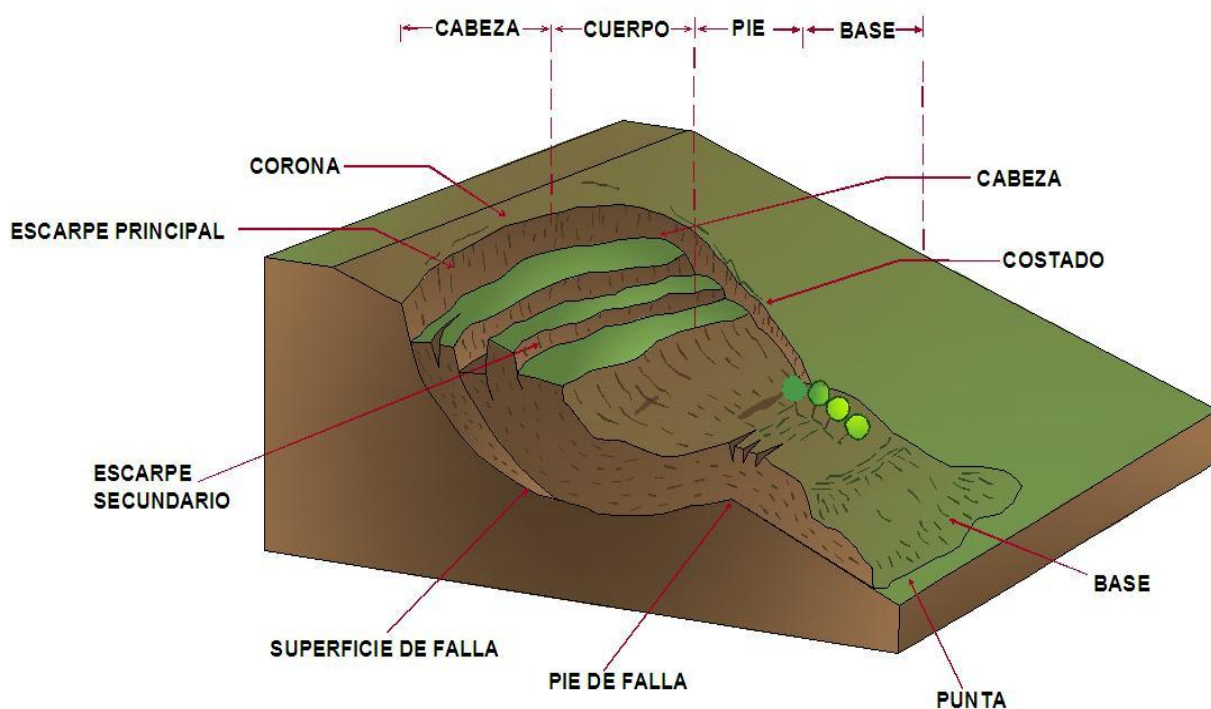


Figura 3: Nomenclatura de los Deslizamientos.

Fuente: Suárez (2001).



Así mismo para los movimientos de ladera existe otra clasificación, dichos procesos se dan de diversas formas, CENAPRED distingue 5 tipos de movimientos los cuales son considerados como mecanismos básicos siendo los siguientes: caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos, expansiones o desplazamientos laterales y movimientos complejos, mientras que Suárez (2001) considera 8, clasificados de la siguiente manera: caído, inclinación o volteo, reptación, deslizamiento, esparcimiento lateral, flujos, avalanchas y movimientos complejos, si bien algunos de ellos son los mismos que considera CENAPRED, es necesario considerar una breve explicación de lo que considera la clasificación, y con esto estar en posibilidad de determinar cuál es el tipo o los tipos de movimientos que se suscitan en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco.



1.2.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS

En las fuentes bibliográficas existe variado número de definiciones, todas ellas son propuestas por diferentes autores, sin embargo, son adaptaciones que se dan de acuerdo al entendimiento propio que tiene cada uno de ellos, pero al final cada una tiene el mismo significado.

CAÍDOS:

Los Caídos también considerados como derrumbes según el Grupo de Trabajo MILADERA (2001) o desprendimientos según Alcántara (2000) son movimientos repentinos de rocas o suelos, Figura 4, que se presentan en caída libre, originándose principalmente en acantilados o en zonas de pendientes muy fuertes, este tipo de movimientos se origina al existir fracturas o discontinuidades en la roca, en las cuales puede existir agua, vegetación o rocas de menor tamaño que al aumentar y disminuir su tamaño por efecto del calor ocasionan que las discontinuidades sean mayores y con ello aumentan el grado de inestabilidad de los bloques. En cuanto a la velocidad de este tipo de movimiento, se dan de forma rápida a muy rápida como ya se había mencionado antes como consecuencia de que el movimiento es prácticamente en caída libre.

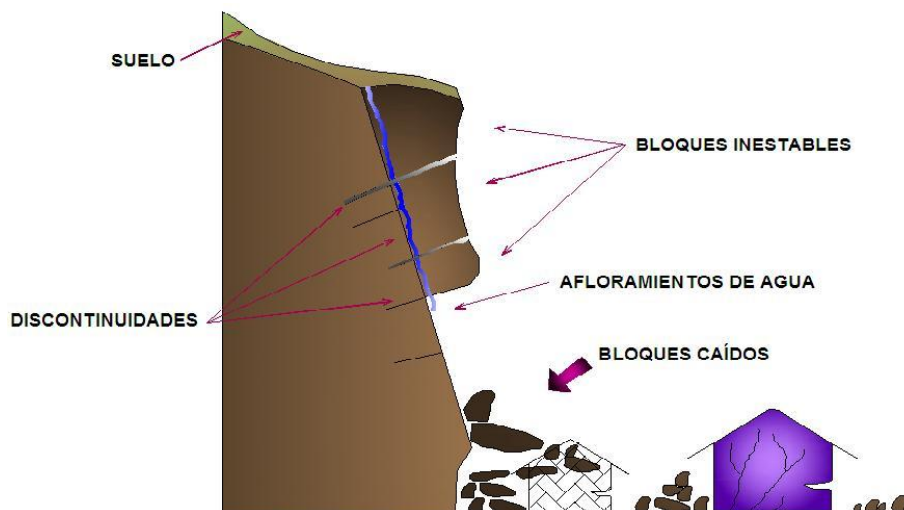


Figura 4: Caídos, Derrumbes o Desprendimientos.

Fuente: Suárez (2001).



INCLINACIÓN O VOLTEO:

Este movimiento consiste en que una parte del material gire hacia un lado, por lo que este tipo de movimiento ocurre generalmente en zonas con formaciones rocosas, además la cantidad de material puede ser muy variable, Suárez (2001) establece que las inclinaciones pueden variar de lentas a extremadamente rápidas, puesto que las características propias del afloramiento rocoso van a determinar el tipo de inclinación que se presente, así como la velocidad del movimiento.

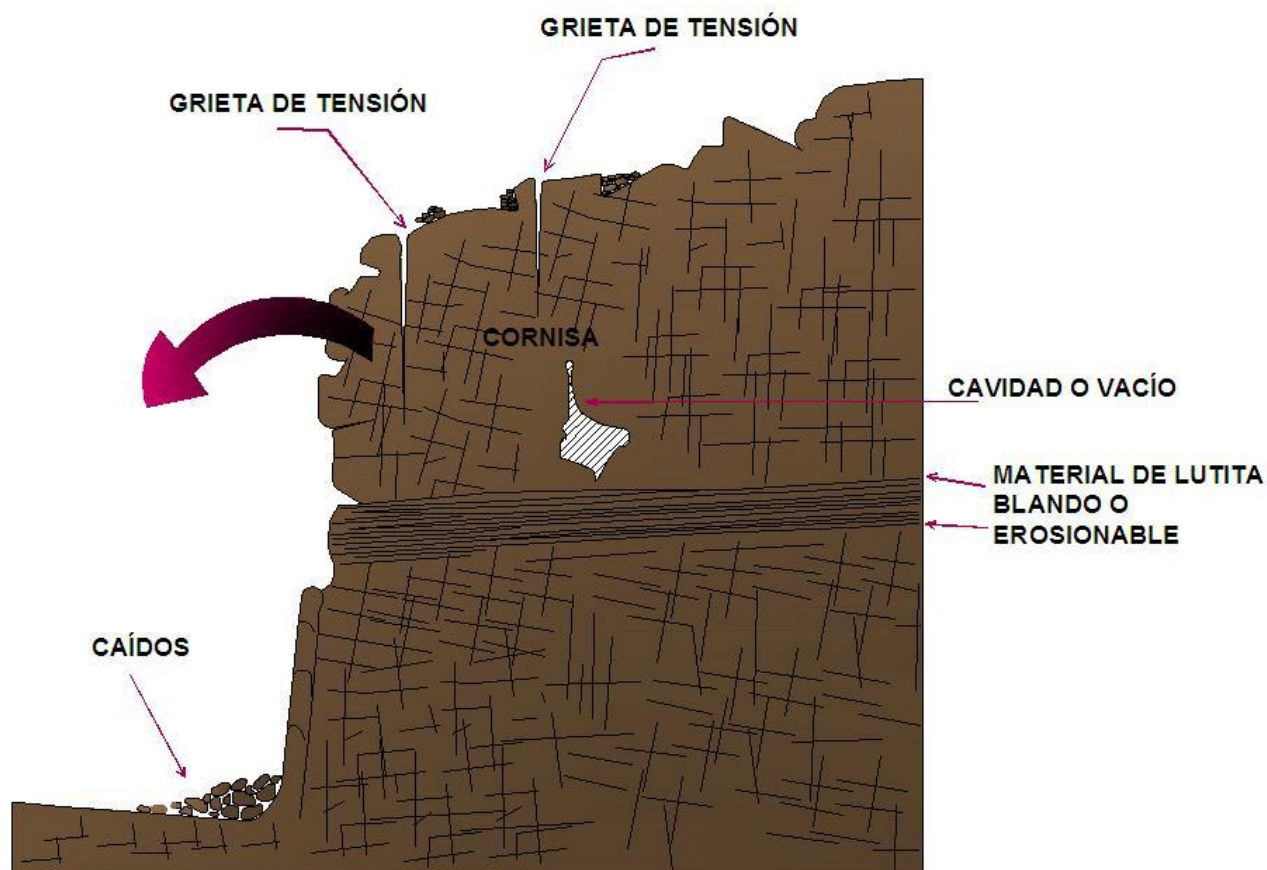


Figura 5: Volteo o Inclinación.

Fuente: Suárez (2001).



REPTACIÓN:

Los movimientos reptantes son generalmente lentos, y ocurren en grandes extensiones de terreno, en ellos, se dice; que no existen superficies de falla bien definidas, los movimientos se originan principalmente en la parte subsuperficial del suelo, en la literatura se dice que este tipo de movimiento es originado a causa de las variaciones en la humedad y sequedad del suelo, Suárez (2001).

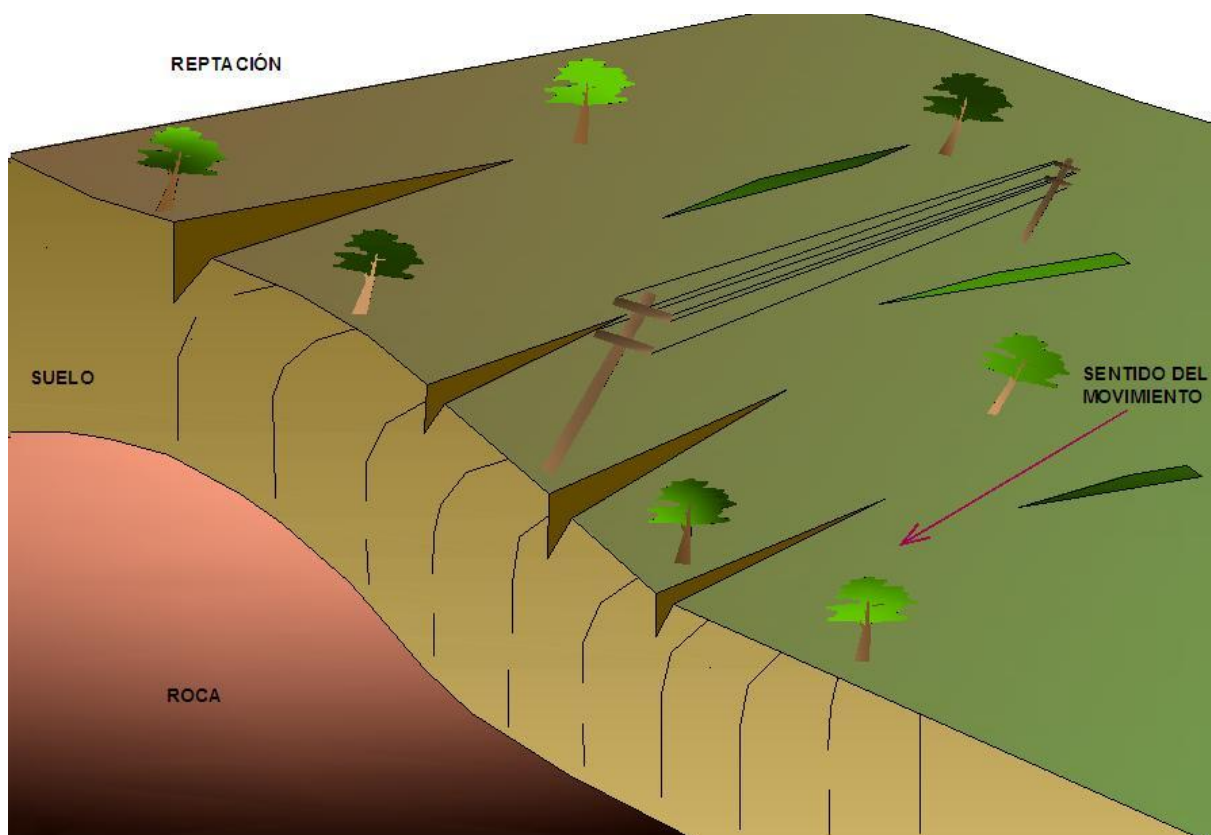


Figura 6: Reptación.

Fuente: Suárez (2001).

DESLIZAMIENTOS:

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo, los cuales pueden o no tener una o más superficies de ruptura, Figura 7, el origen de este tipo de movimientos es por obedecer procesos naturales de estabilización, pero actualmente la desestabilización que padecen las laderas se da principalmente por cortes,



rellenos o deforestación además de la invasión ejercida por los asentamientos humanos, en su mayoría irregulares.

Este movimiento puede subdividirse en dos formas de manera que existen deslizamientos rotacionales y traslacionales esta denominación se da de acuerdo al tipo de superficie de ruptura, por lo tanto para este tipo de deslizamientos es necesario poder definirlos debido a que el sistema de análisis al cual van a ser sometidos no debe ser el mismo para ambos.



Figura 7: Deslizamientos.

Fuente: Suárez (2001).

En la bibliografía consultada, se dice que en los movimientos rotacionales es posible identificar la superficie principal de falla dado que la forma que tiene es cóncava o en forma de cuchara, en este tipo de movimiento el material más próximo al escarpe principal se inclina hacia atrás, Ayala (2000) y derivado de ello el movimiento se acumula al pie de la ladera, Foto 1.



Foto 1: Deslizamiento Rotacional, La Conchita, California.
Fuente: Grupo de trabajo Mi Ladera (2001).

Por su parte los deslizamientos traslacionales no son muy profundos como los rotacionales, estos se dan de manera paralela a la superficie, desplazando hacia fuera y abajo a lo largo de la superficie de falla la cual es más o menos plana. Este tipo de deslizamientos a diferencia del rotacional que se autoestabiliza puede progresar de manera indefinida a lo largo de la ladera y además es controlado por superficies de debilidad como puede ser la presencia de algunas fallas, o fracturas.



Foto 2: Deslizamiento Traslacional. Fuente: Grupo de trabajo Mi Ladera (2001).

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



ESPARCIMIENTO LATERAL:

Este movimiento es uno de los procesos en laderas, que es más difícil de caracterizar, en este la dirección del movimiento es principalmente lateral u horizontal y no sólo puede implicar movimiento de rotación o traslación sino que también de flujo. La velocidad con la que puede presentarse este tipo de proceso es muy lenta, Suárez (2001).

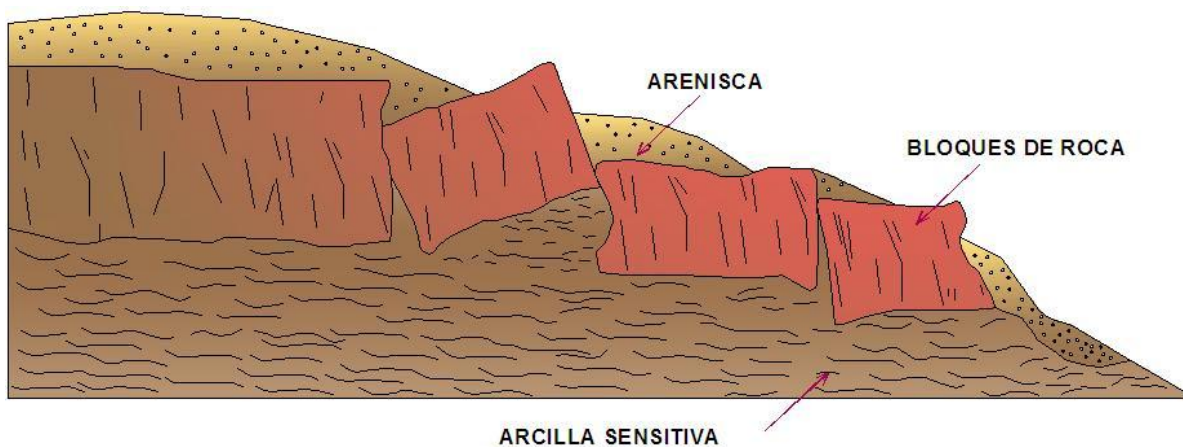


Figura 8: Esparcimiento Lateral.

Fuente: Suárez (2001).



FLUJOS:

Movimientos cuya velocidad varía entre lo muy lento a lo extremadamente rápido, son procesos en los cuales los fragmentos de roca o detritos así como las partículas de diferentes materiales tienen movimientos relativos dentro la masa en movimiento; cuando el flujo es muy lento existe una similitud con el proceso de reptación, sin embargo la diferencia que existe entre ambos es que en el proceso de reptación la superficie de falla no está muy bien definida y en el flujo sucede lo contrario ya que es visible la separación entre el material en movimiento y el suelo subyacente, Suárez (2001).

Este proceso principalmente se debe al aumento en el grado de humedad del suelo en algunos casos dicha saturación se da en función de las alteraciones que se ejercen sobre el suelo. Al igual que los deslizamientos, los flujos también pueden ser subdivididos, dependiendo del material predominante que acarrea el proceso;

Flujos de roca: Comprenden las deformaciones a lo largo de muchas fracturas y la velocidad del movimiento puede asimilarse a líquidos viscosos. Se originan principalmente en rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas además pueden ser precedidas por procesos de inclinación, Suárez (2001).

Flujos de residuos: (detritos): Este tipo de movimientos puede ser originado tras un evento de lluvia, al saturarse de agua la superficie, generalmente los flujos de residuos son derivados de los flujos de roca ya que al ir cayendo, los materiales estos van deteriorándose, Suárez (2001).

Flujos de Suelo: El proceso de flujos de suelo, como su nombre lo dice el material que acarrea principalmente es suelo, sin embargo este puede ser seco en zonas desérticas o húmedo en zonas de alta montaña y su velocidad se da en



función de dos factores el grado de humedad del suelo y la pendiente que existe en el terreno, Suárez (2001).

Flujos de Lodo: Esta es una de las modalidades de flujo más destructivas, en ella convergen tanto materiales finos como limos, arcillas así como agua, Grupo de trabajo MILADERA (2001). En las fuentes consultadas se encuentra que los flujos de lodo poseen tres unidades geomorfológicas, “un origen, que generalmente es un deslizamiento, un camino o canal de flujo y finalmente una zona de acumulación”, Suárez (2001), el “camino” consiste en una serie de canales a través de las cuales fluye el material, con respecto a la velocidad de los flujos de lodo, está en función del grado de humedad que posee el material es decir del grado de viscosidad del material en movimiento, así como el grado de pendiente del terreno.

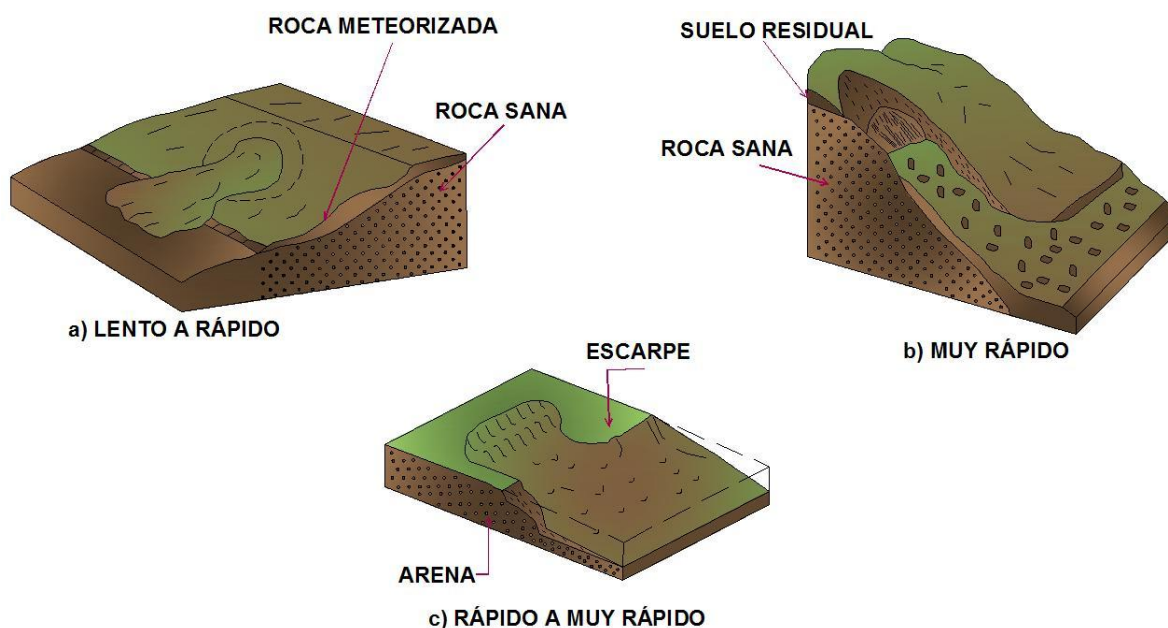


Figura 9: Flujos.

Fuente: Suárez (2001).



AVALANCHAS:

Son movimientos similares a los flujos de lodo, la diferencia que existe entre los flujos de lodo y este tipo de movimiento, es que los primeros son ocasionados por periodos de lluvias intensas, y este tipo de eventos son ocasionados por el aporte de diversos tipos de materiales que son acarreados por los deslizamientos, estos materiales acarreados son depositados a un volumen importante de agua, con lo que el movimiento adquiere un comportamiento similar al de un caudal y a consecuencia de ello las velocidades que puede alcanzar llegan hasta los 50 metros por segundo, Suárez (2001).

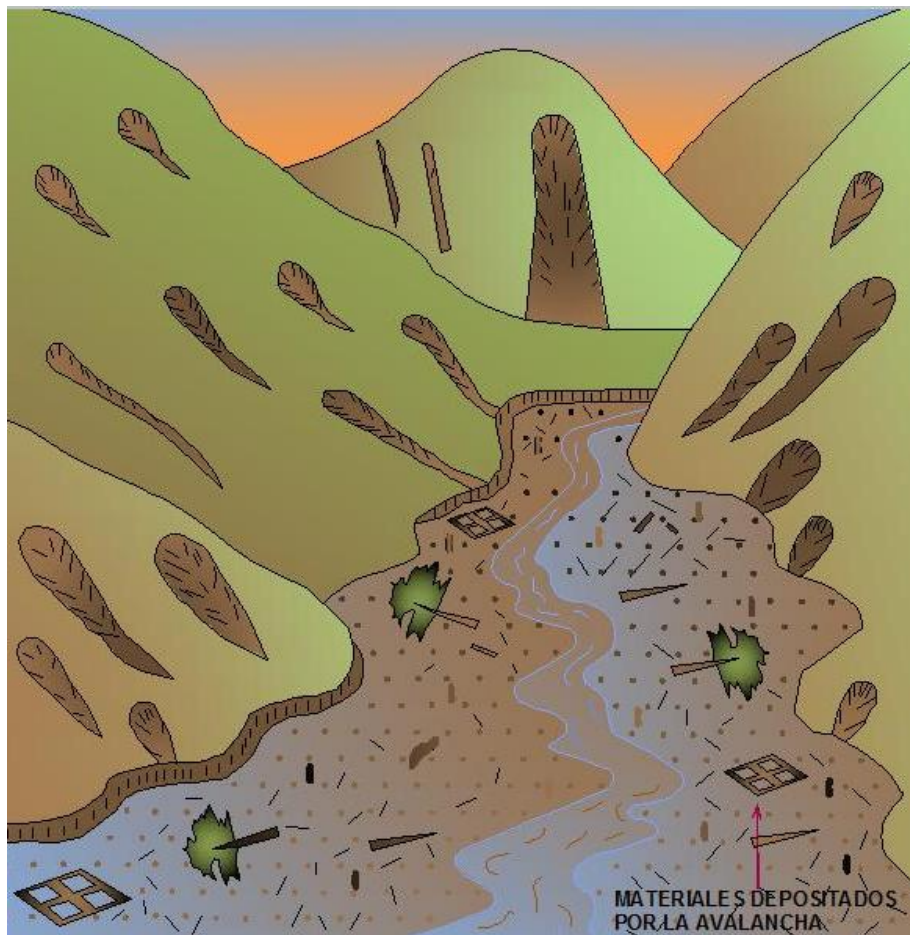


Figura 10: Avalanchas.

Fuente: Suárez (2001).



MOVIMIENTOS COMPLEJOS

Los movimientos complejos resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos, de los mencionados anteriormente, por ejemplo al suscitarse un evento como un deslizamiento en un evento de lluvia intensa, puede o no precederse un flujo de lodo, y si este se presenta cerca de un caudal, el material en movimiento, al unirse con el caudal puede resultar en una avalancha, por lo tanto la mayoría de los movimientos del terreno no se dan de manera individual es decir cuando se presente un movimiento de determinada modalidad, casi siempre o la mayoría de las veces va a ser precedido por otro movimiento, siendo este de mayor o menor intensidad. Y es por ello que se le denominan complejos.



1.2.1 INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA

Dentro del marco del desarrollo de la sociedad, es común encontrar que día a día la necesidad de tener un espacio propio donde establecer una vivienda es de vital importancia, así mismo, la dificultad que existe para la obtención de permisos de construcción (trámites burocráticos) y el incremento continuo sobre el valor de la propiedad da pauta a que se busquen espacios de bajo valor económico no importando las condiciones de riesgo al que se exponen los futuros habitantes o bien desconociéndolas; en consecuencia se tiene un aumento en la ocupación de las laderas, siendo principalmente edificaciones de carácter irregular, de las cuales una de las características principales es que carecen de servicios públicos básicos como son luz eléctrica, agua potable, drenaje, alcantarillado, por citar algunos dando como resultado edificios mal construidos así como rellenos y cimentaciones mal hechas, y ligado a la irregularidad de la vivienda, mal uso y manejo del agua sea esta potable y/o drenaje; una parte importante en esta problemática es que también con la constante rehabilitación y/o creación de nuevas vías de comunicación se adaptan zonas para uso habitacional (en su mayoría asentamientos irregulares), consecuencia que responde a la constante presión de accesibilidad a nuevos centros urbanos.

Cabe resaltar que existe una estrecha relación entre procesos de urbanización y la ocurrencia de los movimientos del terreno, por que el ser humano, al ser un constante modificador del paisaje actúa como un agente desestabilizador, siendo este a su vez el principal sujeto responsable de la ocurrencia de los distintos procesos que acontecen en la naturaleza.

Sin embargo una parte importante dentro de esta relación es el grado de pobreza que existe entre los pobladores, por ende las laderas de una montaña generalmente son ocupadas por ellos (situación que está relacionada con el valor de la tierra), principalmente porque estas áreas son las que tienen los valores más bajos económicamente, razón por la cual se construyen en estos lugares viviendas



que además son de bajo costo (autoconstrucción), sin las técnicas apropiadas de construcción y a su vez carentes de infraestructura de servicios; sin embargo edificar construcciones en este tipo de lugares deberían implicar costos más elevados por la razón de que para establecer una vivienda en una ladera es necesario tomar en cuenta todas aquellas técnicas constructivas de ingeniería que sean las adecuadas, así como el uso de los materiales adecuados para su construcción, con la finalidad de lograr una reducción de las pérdidas tanto materiales como humanas que siempre surgen durante y después de una contingencia.

Una parte importante dentro de los procesos de urbanización es que generalmente se desconocen los recursos naturales y lo que estos nos ofrecen Escobar (2001) razón por la cual se interviene en el medio de manera irracional e indiscriminada de forma que se van modificando drásticamente y rápidamente los tres principales elementos del paisaje, agua, suelo y vegetación.

Algunas de las influencias que ejerce el ser humano al paisaje según Suárez (2001) son: en primer lugar para establecer una vivienda es necesario realizar **modificaciones en la forma del relieve**, mediante la realización de cortes y rellenos, los cuales son principalmente porosos “los rellenos son menos cementados y su estructura es más susceptible al deterioro o colapso” Suárez (2001), y a causa del establecimiento irregular, los rellenos son mal contruidos, situaciones que disminuyen la resistencia de los materiales y por lo tanto se llega a la activación o la potencialización de los deslizamientos por ejemplo, los cortes que se realizan (talud), para la construcción de vías de comunicación por ejemplo el movimiento de material ocurrido en la carretera México-Toluca en septiembre de 2006, Tabla.1. No obstante la ocurrencia de los movimientos también depende de otros factores.

Otra de las influencias que ejercen las actividades humanas en el paisaje es que se retira la cubierta vegetal (**deforestación**), misma que algunas de sus funciones



son; primeramente determinar la cantidad de humedad que existe en el suelo y segundo da consistencia al suelo por el tramado de sus raíces Suárez (2001).

Situación que al perderse una parte importante de la cobertura vegetal, da pauta a que disminuya la resistencia del suelo porque se elimina el refuerzo que proporcionan las raíces, además de facilitar la infiltración de agua, la cual a su vez ocasiona que aumente la erosión eólica e hídrica (laminar) del suelo.

Otra de las características de la vegetación es que también tiene la función de reducir el impacto de la energía cinética de la lluvia así como el impacto del viento, además de que al absorber cantidades importantes de agua, sin un mecanismo que ayude a evaporarla (plantas) el suelo adquiere mayor peso, característica que también lo hace colapsable, es importante mencionar que durante el proceso de deforestación difícilmente se quitan los árboles desde la raíz sin embargo al ser cortados, y al dejar únicamente los tocones estos mueren y con ello disminuye la absorción del agua.

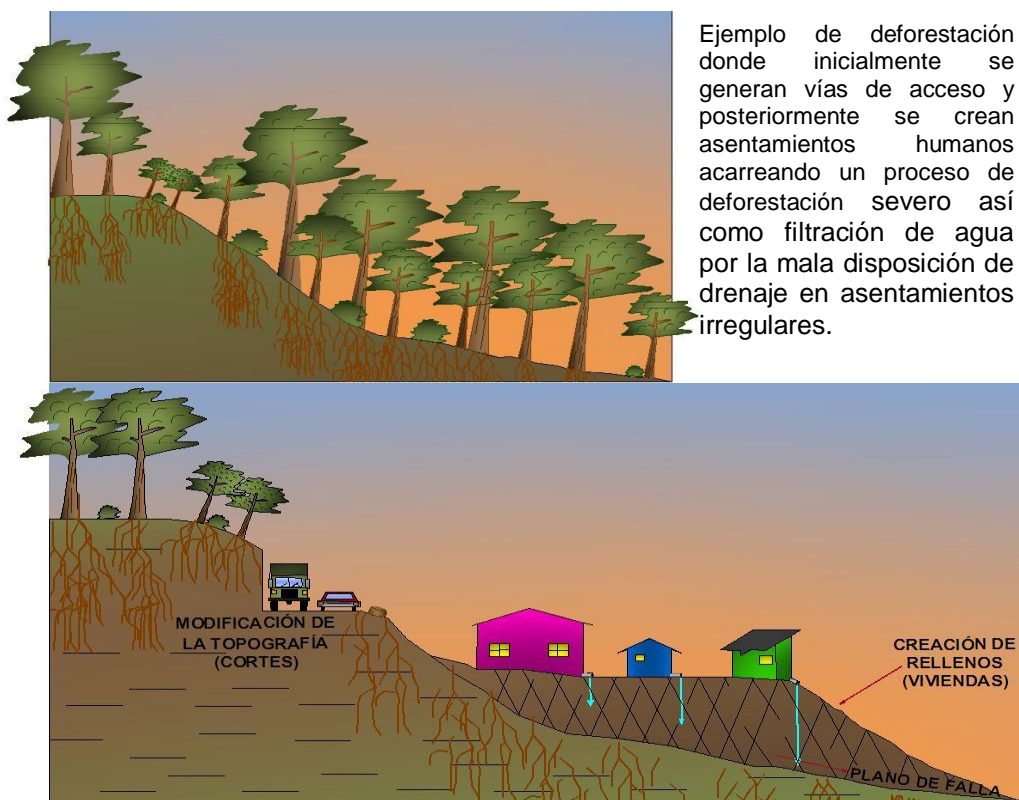


Figura 11: Deforestación.

Fuente: Elaboración propia.



En el caso particular de Santa Cruz Ayotuxco el proceso de la inestabilidad de laderas se ha visto afectado por la reciente creación de vías de comunicación, puesto que para ello fue necesario dinamitar una de las laderas, Foto 3.



Foto 3: Ladera modificada para la creación de vías de comunicación.

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Relacionado a la construcción de una vivienda de carácter irregular existen otras características que aumentan la inestabilidad del terreno tal es el caso de la alteración a los **procesos hidrológicos** principalmente el régimen de las aguas subterráneas, primeramente por que ya se ha dado a conocer que cambia la forma del relieve, seguido de un fuerte proceso de deforestación, en consecuencia los cambios que trae implícito el establecimiento de viviendas son: impermeabilidad, situación que está en función del tipo de material usado para la construcción tanto de casas y calles, además de canalización de aguas, a través de la implementación de un sistema de alcantarillado, que reduce la evapotranspiración



y la infiltración, y al carecer de técnicas adecuadas de construcción es común encontrar fugas de las instalaciones de agua, lo cual en suelos porosos aumenta la infiltración generando un constante aumento en la humedad y peso del suelo, Fig. 11, Foto 4.



Foto 4: Disposición del drenaje hacia la calle.

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Dentro de los procesos hidrológicos se encuentra la **erosión urbana**, misma que consiste en que la mayoría de los procesos erosivos que existen se dan de manera natural, sin embargo los paisajes al estar constantemente sometidos a las diversas actividades humanas se potencializan o se aceleran, en el caso de Santa Cruz Ayotuxco si bien es un área rural, existen procesos de erosión debido al cambio de uso de suelo ya que de ser de vocación forestal se ha modificado a agrícola, situación que agrava aún más el hecho de que aumenta erosión.



1.3 EL PAPEL DEL GEÓGRAFO EN LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

Las relaciones que existen entre el hombre y la naturaleza han tratado de ser descritas desde tiempos muy remotos iniciando con Estrabón, geógrafo e historiador, quién dedicó su vida a describir las complejas relaciones que existen entre el hombre y la naturaleza, vistas de manera antropocéntrica, y es que consideraba a la “superficie terrestre como el teatro de las acciones humanas”, Aneas de Castro (2000) de manera que sólo se dedicó a analizar el ambiente cultural.

Posterior a Estrabón y durante poco más de quince siglos el estudio de la geografía fue dedicado únicamente al análisis del medio ambiente, descuidando las relaciones existentes con el hombre, entonces otro geógrafo; Varenio en el siglo XVII vuelve a retomar el concepto de Estrabón, de manera que en el siglo que le precedió, la relación hombre naturaleza ya es retomada de manera científica, siendo sus principales precursores Humboldt y Ritter, Aneas de Castro (2000) de ahí que la supervivencia de la Geografía ha sido enmarcada por tratar de comprender la creciente complejidad en dicha relación.

Actualmente dicha relación, puede ser descifrada por las disciplinas existentes, sin embargo, el grado de análisis al que se llega desde cada uno de los diferentes enfoques no es el mismo, sino que solamente es visto por uno solo, esta característica es la principal que distingue a los geógrafos debido a que el análisis al que llega puede ser muy complejo por los diferentes principios así como los conocimientos de distintas disciplinas que este profesionista abarca.

Por lo tanto, para la elaboración de un estudio de vulnerabilidad, es importante en el grupo de trabajo la participación del geógrafo, ya que el grado de análisis que contempla sobre este tipo de temáticas y sus principios básicos, ofrecen un importante aporte para tener una visión amplia sobre las implicaciones negativas o positivas que pueden generarse en los diferentes sistemas que existen tanto del



medio ambiente como en una comunidad como es el sistema económico, social o cultural tras un evento de carácter natural. Teniendo siempre en cuenta que el geógrafo por sí solo, no va a resolver los problemas existentes, pero su colaboración es importante y trascendente a los diferentes planos científicos, socioeconómicos y políticos.

En la primera parte de este capítulo se ha dado a conocer que la evaluación de riesgos y de vulnerabilidad comenzó a generarse por primera vez en el ámbito anglosajón, dichos estudios fueron enfocados principalmente hacia el ordenamiento del territorio, dando como resultado el reconocimiento a la geografía por el aporte que esta ciencia puede dar a las políticas aplicables para una mejor administración del territorio.

Como prueba de ello se encuentran los diferentes trabajos elaborados en el Reino Unido y Estados Unidos, en el primero los trabajos inicialmente fueron enfocados hacia la ordenación del territorio y en el segundo los estudios de riesgos comenzaron a realizarse a causa de las inundaciones en 1923 y por ello el objetivo de su estudio fue lograr un mejor manejo de cuencas, Aneas de Castro (2000) en ese país, en cada grupo de trabajo, se tomó en cuenta la presencia del geógrafo.

En el Reino Unido como resultado se tienen nuevas políticas que permiten el mejor manejo de los recursos y en Estados Unidos uno de los grupos de trabajo fue de geógrafos quienes estuvieron liderados por Gilbert White en cuyo análisis final se resolvió que el gasto que se había invertido para controlar las inundaciones no había conseguido disminuir peligros sino todo lo contrario, debido a que la expansión urbana había aumentado, y concluyeron que por más avanzados que estén los estudios si la población no lo está, la respuesta no va a ser la adecuada para enfrentar las consecuencias derivadas tras un desastre.



En nuestro país la mayoría de los trabajos que son enfocados hacia la evaluación de riesgos y vulnerabilidad y que son auspiciados por las dependencias encargadas de “la salvaguarda de la vida de las personas, sus bienes y el entorno”, (www.proteccioncivil.df), dice en su postulado, si bien son escasos, son elaborados por grupos de profesionistas de diferentes disciplinas, tales como planeadores, ecólogos, ingenieros sean estos; geólogos, geofísicos o civiles entre otros, esto a causa del escaso conocimiento que se tiene sobre las cualidades y aportaciones que tiene la geografía. Dichos trabajos no han ofrecido buenos resultados puesto que generalmente sólo son elaborados como requisito municipal (tal es el caso de los atlas de riesgos) perdiendo completamente la aplicabilidad para la que son concebidos y por ello no son tomados en cuenta para la elaboración y aplicación de políticas, de ahí que día con día existen más asentamientos irregulares, en zonas propensas a la inestabilidad de laderas, o existen nuevas zonas con estas características debido al mal manejo o construcción de las viviendas.

Ahora, si bien es cierto que los trabajos de evaluación de vulnerabilidad tienen que ser realizados de manera multidisciplinaria, son importantes los aportes que puede hacer el geógrafo, porque una de las cualidades que tiene es interpretar las complejas relaciones que existen entre el desarrollo de las actividades humanas con respecto al ambiente en donde se llevan a cabo.

Es por ello que es necesario retomar el principio de “Geografía Global” que fue propuesto por Lacoste en 1982 en el cual postula que la geografía debe ser en parte física pero sin dejar de considerar la parte humana a la vez, García Tornel (1984), este principio puede ser lo que actualmente consideramos o conocemos como el principio holístico de la geografía.

Por lo tanto la geografía de hoy no es diferente; porque considera ambas partes de la geografía, tanto física como social es decir, estudia los modos de organización del espacio terrestre, la distribución de los elementos que componen



el paisaje, y a su vez analiza cómo actúan las organizaciones sociales sobre el medio que lo rodea, razón por la cual el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco no está exento de este tipo de enfoque, así como sus formas topográficas; su población; estableciendo con esto una dialéctica de explicación y descripción de su territorio, es por ello que no es posible analizar por separado ambas partes de la geografía ya que los análisis que derivan de ello resultarían limitados e incompletos, porque existe reciprocidad entre los elementos, es decir el medio físico-natural ejerce cierta influencia en el social y viceversa.

Otro de los principios básicos de la geografía si bien es el primero, es la localización; donde es necesario reconocer que localizar no sólo corresponde en citar la latitud, longitud y altitud de un lugar, es decir consiste en determinar las relaciones de los elementos de ese lugar con su entorno.

Por lo tanto caracterizar la vulnerabilidad de Santa Cruz Ayotuxco, corresponde al establecimiento territorial de un elemento en el espacio, de la misma forma la determinación del grado de vulnerabilidad de dicha localidad, depende de las relaciones que mantiene con otros elementos sean estos próximos o lejanos. Para determinar el grado de vulnerabilidad del lugar se requiere del uso de cartografía, y principalmente de tabulados estadísticos, mientras que para comprender los diferentes conceptos que hacen referencia a riesgo, es necesario el uso de bibliografía, documentaciones referidas al tema.

Por otra parte, no todos los elementos tienen el mismo carácter, algunos son contingentes, ya que pertenecen naturalmente al lugar pero la presencia del ser humano tiende a alterarlas, en pocas palabras el ambiente natural o físico es modificado, característica que describe el principio geográfico del dinamismo, que está ligado al principio de complejidad, dada la modificación constante del medio a causa de la creciente población.



Tener en cuenta estas variantes es fundamental a la hora de abordar el tema del grado de vulnerabilidad al que está expuesto el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, por lo que se hace necesario el uso de otro de los principios de la geografía mismo que corresponde a la extensión, puesto que ayuda esencialmente a establecer áreas con diferentes grados de vulnerabilidad, definidas básicamente por las características propias de cada zona, retomando el concepto de región que hace posible establecer relaciones entre los procesos ocurridos en dos áreas contiguas.

Para realizar dicho estudio el geógrafo efectúa conjuntamente tres operaciones: primeramente establece los elementos del lugar (paisaje), seguido del estudio de las relaciones que justifican la ubicación y por último la confección del balance entre las correspondencias del lugar y la ubicación, y que esta a su vez tiene modificaciones con el paso del tiempo.

Cualquiera que sea la naturaleza del estudio de los procesos, el geógrafo hace una misma gestión, tendiente a descomponer su entorno en conjuntos homogéneos por su fisonomía y sus funciones; los delimita y advierte sus articulaciones e inferencias en un mismo lugar o espacio, acogiendo las diversas estructuras que se manifiestan con distinta fuerza dependiendo de la naturaleza del elemento que los determina (abiótico, biótico o antrópico), lo que obliga al geógrafo a reordenar los elementos que lo componen; y reagruparlos en funciones comunes, esto implica que las estructuras se deben ordenar, por que cubren un área determinada, y por consiguiente el geógrafo es quien localiza y sitúa el objeto de estudio, lo describe y define las formas, analiza su disposición espacial su repetición, su similitud y su originalidad, esforzándose también por clasificar y expresar su objeto de una manera lógica, comprensiva y coherente, utilizando el mapa como su medio de expresión, al tiempo que es elemento de análisis, todo ello pone de manifiesto el aporte geográfico.



CAPÍTULO 2: APLICACIÓN METODOLÓGICA

Para analizar el grado de vulnerabilidad al que está expuesto el poblado de Santa Cruz Ayotuxco es necesario hacer uso de dos metodologías, la primera llamada Mora-Vahrson-Mora, la cual está encaminada principalmente a obtener las zonas con mayor potencial a presentar movimientos del terreno, por lo que únicamente ofrece las características físico-espaciales del lugar, las cuales están representadas a través de mapas, mientras que para la evaluación de la vulnerabilidad es necesario realizar análisis de tabulados estadísticos (censos), y representarlos espacialmente con la finalidad de poder unificar ambos análisis y ofrecer un único resultado.

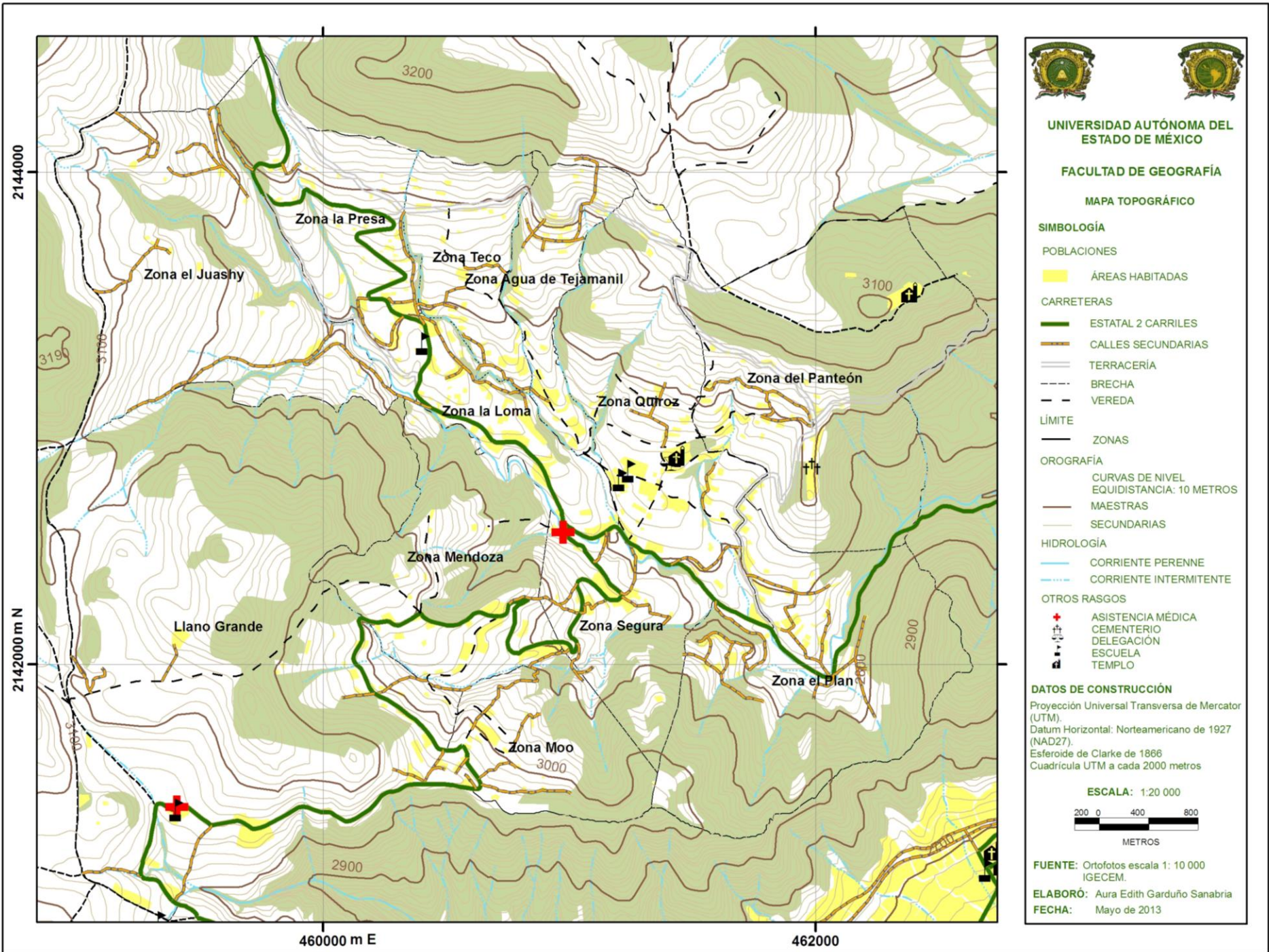
Para establecer cartográficamente los grados de amenaza, es necesario primeramente ubicar y delimitar el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco para lo cual se recurrió al archivo del Registro Agrario Nacional así como de la Comisión de Límites del Estado de México, con la finalidad de trazar el límite del pueblo, sin embargo al no existir cartografía confiable, únicamente se consideró un límite aproximado de la zona de trabajo, por lo tanto, al realizar trabajo de campo el límite final establecido fue reconstruido a partir de la aproximación obtenida tanto de las instancias arriba mencionadas así como del testimonio del delegado municipal representante del pueblo, donde el producto final resulta confiable, al mismo tiempo se identificaron doce zonas que componen el pueblo Tabla 2, así como las superficies aproximadas de cada una de ellas y que a su vez constituyen parte importante de la información cartográfica básica (Mapa Topográfico). para la elaboración del mapa de amenaza relativa, por ello resulta importante destacar que este límite no es de carácter oficial, únicamente se utilizó para realizar el presente trabajo.



Zona	Superficie Total en Km²
Juashy	1.0326
La Presa	0.5386
Teco	0.3295
Agua de Tejamanil	0.2838
Quiroz	0.7459
Panteón	1.0989
Plan	1.0279
Segura	0.3950
La Loma	0.2582
Mendoza	0.6462
Moo	0.4147
Llano Grande	2.4311
Total	9.2029

Tabla 2: Superficies Totales por Zona

En este caso el siguiente paso fue digitalizar la información obtenida en formato analógico, es decir de las cartas topográficas, uso del suelo, y geológica, con la finalidad de obtener en formato vectorial la información concerniente a las temáticas antes mencionadas, y así llevar a cabo la ejecución metodológica de las variables descritas por el método así como las variables agregadas.





2.1 MÉTODO MÓRA-VAHRSON

El método Mora-Vahrson, se vale de la aplicación y análisis de diferentes factores morfodinámicos a los cuales, se les asigna un peso específico, cuya finalidad es definir el grado de influencia que tiene cada uno de estos factores sobre la inestabilidad del terreno; el desarrollo de esta metodología es sencillo, puesto que para su elaboración es únicamente necesario el uso de distintas aplicaciones SIG mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Amenaza Relativa} = \underbrace{\text{Susceptibilidad}}_{\text{Relieve Relativo + Litología + Humedad}} + \underbrace{\text{Disparo}}_{\text{Sismicidad + Precipitación}}$$

Este método fue propuesto por primera vez en 1991, por Rogelio Mora y Wilhelm Guenther Vahrson en Costa Rica, derivado de la necesidad de conocer cuáles son, y cuál es el grado de amenaza a movimientos de terreno en ese país, debido a que se ubica en una zona sísmica, de ahí que la aplicación permite obtener una predicción sobre cuáles son las zonas con mayor potencial de amenaza a movimientos de ladera, mediante el uso de cinco variables antes citadas, ya que son los factores más representativos, y que son inherentes en cualquier proceso de inestabilidad del terreno, cual sea que fuere su tipología, además de la influencia que ejercen dichas variables generan o bien ayudan a generar y en algunos casos a potencializar los movimientos en el terreno.

Una de las características principales que tiene esta metodología es que los rangos de valor deben ser establecidos para una determinada zona, en otras palabras, los valores establecidos de un lugar no pueden ser utilizados para la valoración y evaluación de otro, debido a que el grado o nivel de influencia que tiene cada una de las variables, no siempre responde de la misma manera debido a que las características de ubicación así como las condiciones físicas son propias de cada lugar, lo que ocasiona que el grado de influencia de cada variable no se



comporte de la misma forma, por lo que dicha asignación de valores debe ser única.

Sin embargo también es importante mencionar que los resultados que ofrece la metodología, al ser únicamente predictivos, no deben sustituir a otro tipo de análisis, por ejemplo el análisis geotécnico tanto de campo como de laboratorio que son los que se realizan, o se deben de realizar, para la implementación de obras civiles, Mora (2004), el resultado obtenido de esta metodología, debe ser utilizado únicamente como una herramienta de apoyo para la generación de planes de desarrollo urbano, la implementación de medidas preventivas, el adecuado uso y manejo de los recursos o bien para la evaluación de vulnerabilidad como el presente trabajo propone, y el propósito que se persigue es evitar que se sigan poblando las áreas consideradas de riesgo así como dar posibles alternativas de control en las zonas ya habitadas.

Los factores originalmente considerados por Mora-Vahrson son divididos en dos grupos, siendo categorizados en intrínsecos o de susceptibilidad, en este grupo se encuentra el factor litológico, relieve relativo y humedad; y en el segundo grupo también conocido como factores externos o de disparo, se encuentran aquellos que actúan como elementos detonantes del movimiento, tal es el caso de la sismicidad y la intensidad de las lluvias.

Esta clasificación surge a partir de la idea de que los movimientos de ladera se generan con un grado de pendiente determinada así como un tipo de litología con cierto grado de humedad, y son los factores externos los que rompen el equilibrio natural que existe entre los factores intrínsecos, es por ello que son divididos como se mencionó anteriormente.

Para el desarrollo metodológico de la evaluación de vulnerabilidad ante movimientos de ladera en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, es necesario realizar adecuaciones al modelo propuesto por Mora-Vahrson, primeramente debido a la



escasa existencia de información detallada de la zona de estudio, y en segundo lugar porque la aplicación de dicho método se ha realizado en zonas con mayor extensión territorial, de ahí que para la zona de estudio del presente trabajo los resultados no serían significativos para la evaluación de vulnerabilidad que se propone, sin embargo cabe resaltar que anteriormente ya se han llevado a cabo modificaciones de este método, las cuales fueron propuestas por Rolando Mora Chinchilla, renombrándose método Mora-Vahrson-Mora (MVM) en 1992, Camacho (2004), las adecuaciones realizadas serán descritas más adelante; finalmente al ser el tema central de la presente investigación la evaluación de la vulnerabilidad, es necesaria la aplicación de otro tipo de variables al resultado de la aplicación del método MVM, siendo estas principalmente de tipo social y de infraestructura, las variables consideradas dentro de estos rubros serán descritas posteriormente en conjunto con el resto de las variables.



2.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

2.2.1 PENDIENTES

Lo que corresponde a las variables concernientes a la zonificación de áreas con mayores probabilidades de amenaza a los movimientos de terreno y las que propone Mora-Vahrson, el factor **Relieve Relativo** fue propuesto inicialmente, siendo este “una estimación de la rugosidad natural del terreno”, SNET (2004), es decir, este parámetro indica la media del relieve de una determinada zona y se obtiene a partir de la resta de la altura máxima y la altura mínima entre el área total que abarca la zona de estudio, el resultado es expresado en metros o en kilómetros cuadrados.

Sin embargo Rolando Mora Chinchilla este factor lo sustituyó por el de pendientes, dicho cambio obedece a que en la actualidad con el uso de las herramientas empleadas en los SIG es fácil obtener datos de pendientes, lo cual hace que el uso de este factor sea más representativo que el factor de Relieve Relativo.

Por lo tanto, la **pendiente**, es el factor que ejerce mayor influencia en los movimientos del terreno, debido a que este representa el grado de inclinación que existe entre el terreno y la parte más alta de una ladera, dicho valor esta expresado en grados (°) o en porcentaje (%), dicho factor también es el más importante a considerar porque de acuerdo con la clasificación de Van Zuidam, Mora (2004), (misma clasificación utilizada de forma general para la aplicación del método MVM), los movimientos de terreno, en distintos niveles de intensidad, surgen a partir de los 8° o el 30% de inclinación. En este sentido es importante mencionar que los valores establecidos originalmente si pueden ser retomados para la valoración en distintos lugares, ya que la inestabilidad del terreno considerando únicamente el o los ángulos de la pendiente existen de forma similar en todas partes.



Los grados o porcentajes de inclinación en la pendiente se establecen en diferentes rangos, así mismo, dependiendo del grado o porcentaje en el que se clasifique, se aplica un valor, por ejemplo en pendientes mayores a 140% se aplica el valor más alto, esto porque, en dicho ángulo de inclinación según Van Zuidam existen, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada, Tabla 3, características que ofrecen mayores posibilidades de incidencia de un movimiento de ladera, o bien la peligrosidad del movimiento es mayor, dado que puede manifestarse a través de caída de rocas, mientras que en una pendiente con un ángulo de 8° o 15% y menor se consideran pendientes bajas o nulas donde únicamente se corre riesgo de erosión, de ahí que el valor asignado debe ser de los más bajos. A continuación se presenta el cuadro original de la clasificación de pendientes de Van Zuidam donde también menciona las características esperadas del terreno:

Clase de Pendiente		Condiciones del Terreno
Grados	Porcentaje	
0-2	0-2	Planicie sin denudación apreciable
2-4	2-7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.
4-8	7-15	Pendiente baja, peligro severo de erosión
8-16	15-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro severo de erosión.
16-35	30-70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos.
35-55	70-140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
>55	>140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

Tabla 3: Clasificación de pendientes de Van Zuidam.

Fuente: Mora (2004).

El mapa de pendientes se realiza mediante el uso de herramientas SIG, cuya principal fuente de información con la que se elabora, son las curvas de nivel, para el presente trabajo se emplearon las curvas de nivel elaboradas por el INEGI en escala 1:50 000 y con equidistancia de 10 metros, siendo esta fuente de información la única disponible, con las cuales el primer paso es obtener el modelo



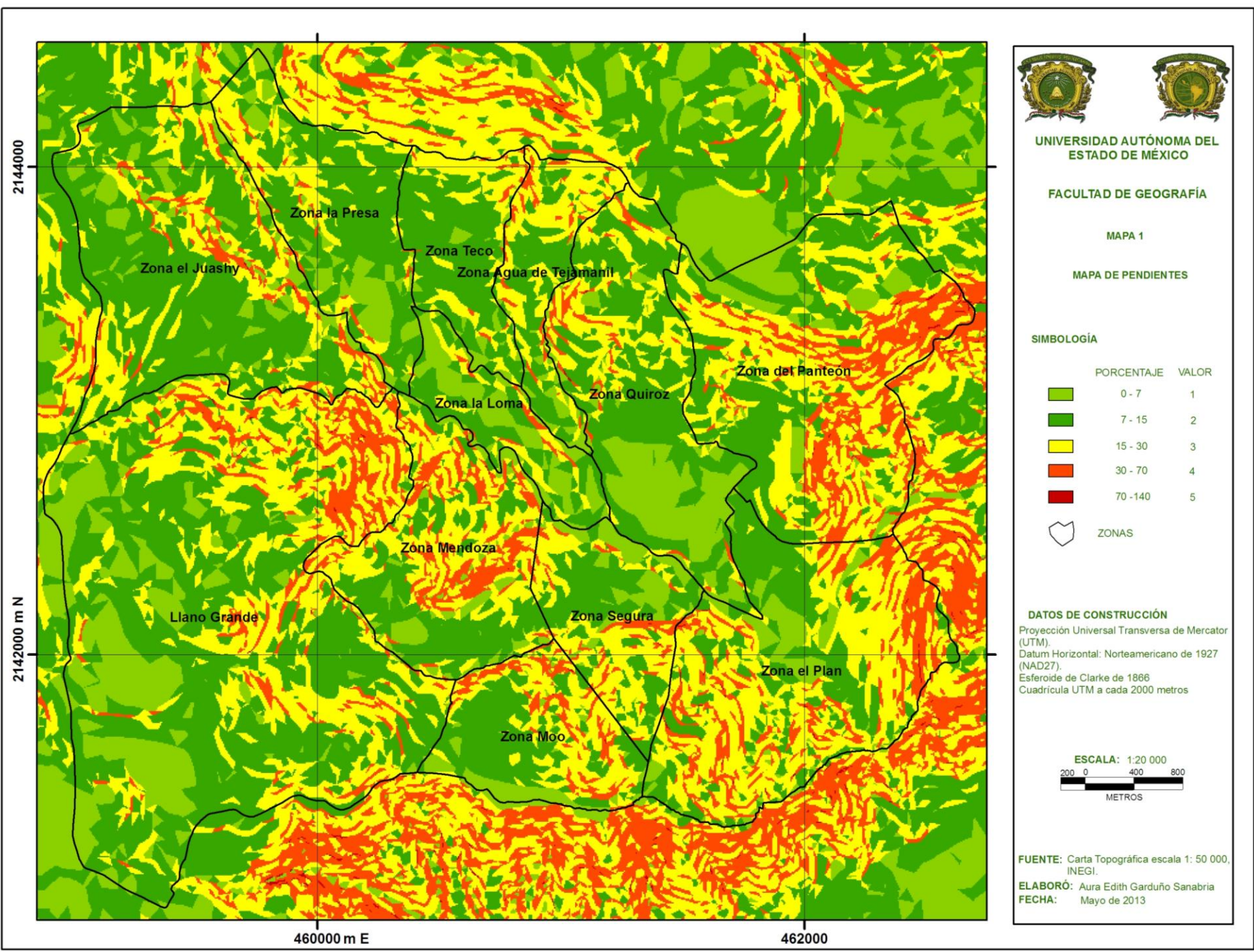
digital de elevación a través de cual se genera el mapa de pendientes, entre otros, al mapa de pendientes resultante se le aplica una reclasificación mediante la asignación de valores que menciona en líneas anteriores.

En este caso únicamente se está unificando la clase de pendiente entre el 0% y el 7% de inclinación, porque el comportamiento de esta clase de pendientes en el área de estudio es uniforme, sin embargo para el resto de las clases de pendientes es conveniente mantener la clasificación arriba mencionada porque únicamente se están considerando los grados o porcentajes de inclinación; de esta forma la clasificación de las pendientes para el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco queda de la siguiente manera, Tabla 4.

Clase de Pendiente		Condiciones del Terreno (MVM)
Porcentaje	Valor	
0-7	1	Planicie sin denudación apreciable, peligro de erosión
7-15	2	Pendiente baja, peligro severo de erosión
15-30	3	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro severo de erosión.
30-70	4	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos.
70-140	5	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.

Tabla 4: Clasificación de pendientes para Santa Cruz Ayotuxco

Finalmente esta reclasificación se asigna al mapa de pendientes de forma que el resultado final puede apreciarse en el Mapa 1.





2.2.2 LITOLOGÍA

El **factor litológico** al igual que el de pendientes es otro de los más importantes porque, no todas las formaciones geológicas se comportan de la misma manera ante los movimientos en masa, debido a que estas son de diferentes tipos de materiales, de la cual cada material responde de forma distinta, por lo que es necesario caracterizar cada uno de los materiales, con la finalidad de que posteriormente sean analizados en conjunto, y así determinar de qué forma influye un tipo de material con otro, y a su vez con el resto de los materiales encontrados, Suárez (2001).

Dentro del área de Santa Cruz Ayotuxco únicamente existen rocas ígneas extrusivas intermedias las cuales de manera general, se caracterizan por ser riolitas, tobas, andesitas o basaltos, para el caso concreto del área de estudio únicamente existe rocas andesíticas altamente intemperizadas, y debido a que “El principal problema de las rocas volcánicas es su fácil desintegración al secarse y humedecerse” Suárez (2001), esta es una característica que representa un riesgo constante debido a que los movimientos de ladera que se presentaron en 2007 posiblemente fueron ocasionados por el periodo intenso de lluvias que se presentó en ese mismo año, sin embargo dentro del resto del área considerada también existen suelos aluviales, de los cuales su origen se debe a depósitos transportados por agua, característica que es comprobable porque únicamente existen al sur-este del pueblo en los márgenes del arroyo San Francisco, así como al oeste donde se encuentra el arroyo San Lorenzo.

La aplicación de valores del método Mora-Vahrson, el factor litológico es dividido de acuerdo a las características físico-mecánicas de los materiales, los cuales a su vez únicamente están divididos en cinco rangos de valor, Tabla 5., En esta variable también es posible retomar los valores asignados originalmente.



Calificativo	Valor	Litología	Características Físico Mecánicas Típicas
Bajo	1	Aluviones: Gruesos, permeables, compacto con nivel freático bajo. Calizas: Duras, permeables. Intrusivos: Poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas y similares: Sanas permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas: Sanas poco fisuradas, nivel freático bajo.	Sanos con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada fisuras sanas sin relleno.
Moderado	2	Rocas sedimentarias: Poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica) poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias	Resistencia al corte: media a elevada, fracturas cizallables.
Medio	3	Rocas sedimentarias, rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas: medianamente alteradas. Coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados: drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Resistencia al corte: moderada a media fracturación importante
Alto	4	Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Resistencia al corte: moderada a baja
Muy Alto	5	Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevados	Resistencia al corte: muy baja, materiales blandos con muchos finos

Tabla 5: Clasificación del factor litológico de Mora-Vahrson.

Fuente: Salazar (2007).

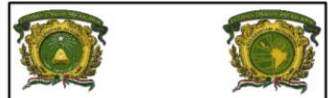
Sin embargo, por ser una zona de poca extensión territorial para el estudio y por ser esta un área homogénea en lo que se refiere a este parámetro, es necesario retomar únicamente aquellos valores, según las características que existen en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, con lo que se aplican solamente tres valores quedando de la siguiente manera:



Calificativo	Valor	Litología	Características Físico Mecánicas Típicas
Moderado	2	Lava.	Resistencia al corte: media a elevada, fracturas cizallables.
Medio	3	Tobas, coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos.	Resistencia al corte: moderada a media fracturación importante
Alto	4	Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Resistencia al corte: moderada a baja materiales blandos con muchos finos

Tabla 6: Clasificación del factor litológico para Santa Cruz Ayotuxco.

Al obtener esta tabla de valores se debe de aplicar una función de reclasificación a la información vectorial obteniendo así el siguiente resultado, Mapa 2.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAPA 2

MAPA DE LITOLOGÍA

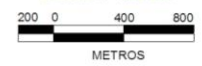
SIMBOLOGÍA

	TIPO DE ROCA	VALOR
	SUELOS ALUVIALES	2
	TOBA, BRECHA VITREA	3
	IGEI (Igneas Extrusivas Intermedias)	4
	ZONAS	

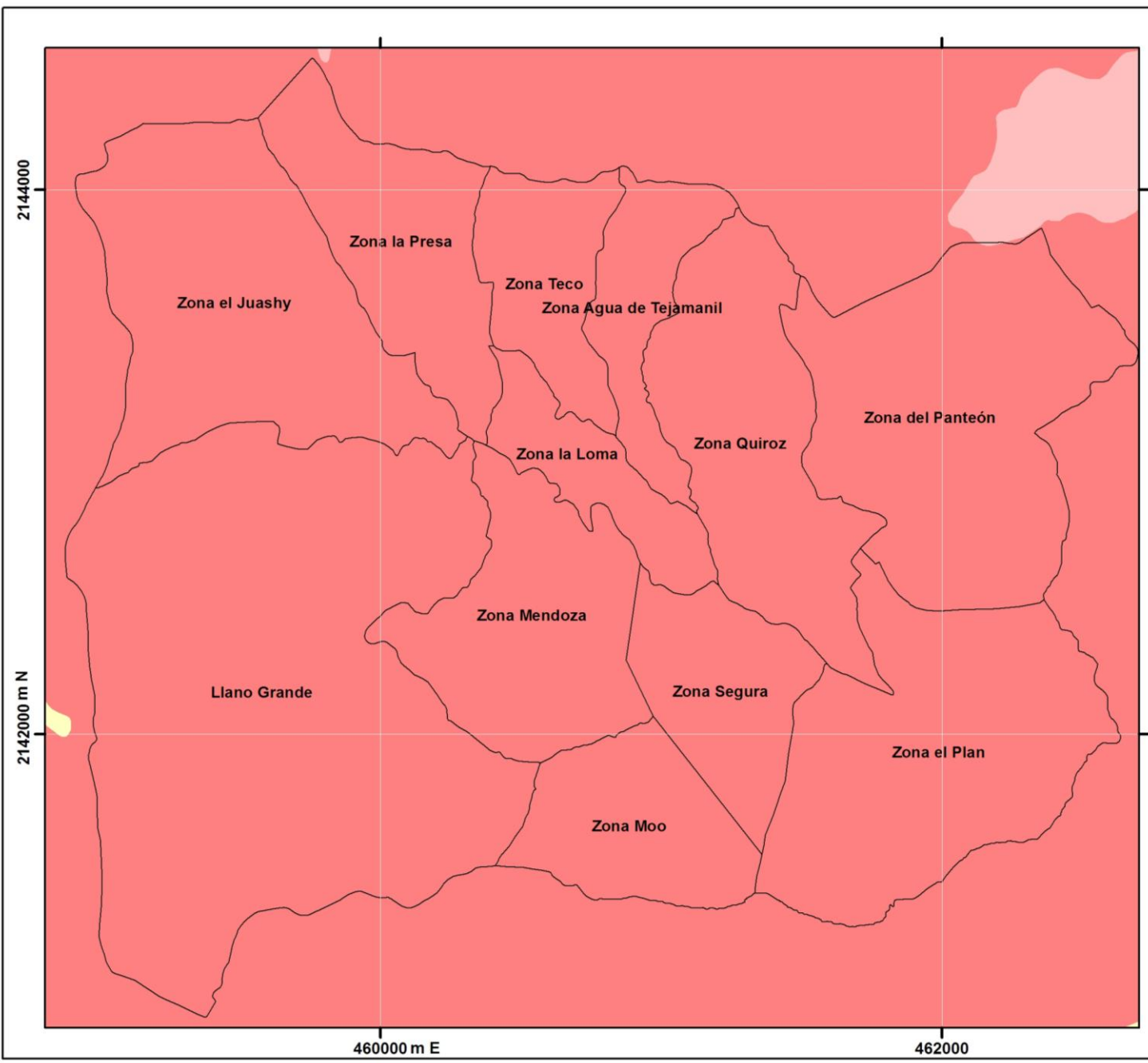
DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).
Datum Horizontal: Norteamericano de 1927 (NAD27).
Esferoide de Clarke de 1886
Cuadrícula UTM a cada 2000 metros

ESCALA: 1:20 000



FUENTE: Carta Geológica escala 1:50 000, INEGI.
ELABORÓ: Aura Edith Garduño Sanabria
FECHA: Mayo de 2013





2.2.3 HUMEDAD DEL TERRENO

La **variable humedad** referida al suelo, representa la cantidad de agua que es retenida en el suelo, en el método aplicado hace mención que es necesario realizar un balance hídrico con la variable de precipitación mensual del cual, el único fin es obtener la cantidad de evapotranspiración que existe en la zona de estudio, y con los resultados que se obtienen se asume (según MVM) una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes para zonas tropicales, realizándose una clasificación de la siguiente manera:

Promedio de Precipitación Mensual (mm)	Características	Valor Asignado
< 125	Aumento en la humedad del terreno nulo	0
125-250	Aumento en la humedad del terreno moderado	1
> 250	Aumento en la humedad del terreno alta	2

Tabla 7: Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia.

Fuente: Mora (2004).

Posteriormente a los promedios mensuales se les aplican los valores asignados de la tabla 7 generando con ellos 12 mapas (uno por mes) efectuándose a la par la suma de dichos valores aplicados de manera tal que el resultado máximo debe ser de 24, realizando una nueva reclasificación, obteniendo con ello el mapa de humedad del terreno donde se contemplan los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de la humedad, de forma que la nueva clasificación queda de la siguiente manera; Tabla 8.



Suma de Valores Asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro
0-4	Muy Bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy Alto	5

Tabla 8: Valores asignados a la suma de los promedios mensuales de lluvia.

Fuente: Mora (2004).

Si bien este parámetro es importante, para su aplicación a la zona de estudio es necesario modificar las valoraciones propuestas originalmente por el método Mora-Vahrson bajo la razón de que esta fue aplicada en zonas tropicales; y el valor de evapotranspiración para zonas templadas no es de 125 mm/mes, por lo tanto la valoración inicial no resulta confiable para su aplicación en el presente trabajo.

La razón de obtener esta variable de acuerdo con el método establecido por Mora-Vahrson, es que se sabe que los movimientos de ladera son facilitados por la pérdida de cohesión entre los materiales, es decir, al no existir resistencia entre los materiales sueltos a causa de la cantidad de agua contenida en estos, los movimientos se suscitan con mayor facilidad que en los materiales compactados. Para la aplicación de esta variable al pueblo de Santa Cruz Ayotuxco fue necesario en primer lugar ubicar las estaciones más cercanas a la zona las cuales se obtuvieron del Instituto Meteorológico Nacional, Tabla 9.

Est.	Localidad	Municipio	Z	Y	X
15011	San Mateo Atarasquillo	Lerma	2650	2136310.000	451753.000
15033	Huixquilucan de Degollado	Huixquilucan	2720	2140508.000	463081.000
15045	La Marquesa	Ocoyoacac	3040	2133703.000	461009.000
15049	Lerma de Villada	Lerma	2570	2132300.000	446260.000
15057	San Miguel Mimiapan	Xonacatlán	2790	2149300.000	450500.000
15077	Presa Totolica	Naucalpan	2380	2150516.000	470259.000
15147	San Bartolomé Coatepec	Huixquilucan	2680	2144989.000	466750.000
15149	San Lorenzo Huitzilapan	Lerma	2685	2144505.000	451150.000
15242	San Pedro Atlapulco	Ocoyoacac	2960	2127670.000	458670.000
15312	Álvaro Obregón Tlalmimilolpan	Lerma	2590	2142680.000	448165.000
15373	La Guarda	Huixquilucan	2805	2146500.000	460500.000

Tabla 9: Estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio

Fuente: SMN.



Al tener ubicadas las estaciones es necesario realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial que existe en la zona de estudio, la cual indica que es posible conocer la cantidad de agua que se evapora, por efecto de la radiación solar, así como saber cual es la cantidad de agua que no lo hace, sin embargo, también es necesario recalcar que la evapotranspiración “Es la consideración conjunta de dos procesos: la evaporación y la transpiración” Sánchez (2004).

Ambos procesos son difíciles y costosos de medir de manera experimental, ya que al realizarlo de esta forma se requiere de tecnología de precisión así como personal calificado en la materia.

Considerando esta limitante, existen otros métodos y alternativas que fueron diseñadas matemáticamente, con los cuales es posible obtener una aproximación de la cantidad de evapotranspiración de una determinada zona de estudio, para este caso se citan tres diferentes fórmulas, la de Thornthwaite, Hargreaves y Turc, mismas que, para su correcta solución es necesario conocer otro tipo de parámetros básicos, los cuales dependen de la fórmula que se aplique, y al mismo tiempo la elección de la fórmula depende de la cantidad, calidad así como el tipo de información que se tenga, Tabla 10.

Fórmulas establecidas para el Cálculo de la Evapotranspiración.	
Fórmula (s)	
<u>Thornthwaite</u>	1.-Cálculo del índice de calor mensual $i = (t/5)^{1,514}$
	2.- Índice de calor anual $I = \sum i$
	3.- ETP “Sin corregir” $ETP_{\text{sin corr}} = 16 (10.t/I)^a$
	4.- Corrección para el n° de días del mes y n° de horas de sol $ETP = ETP_{\text{sin corr}} \frac{N d}{12 30}$

Donde para las fórmulas 1,2,3:

$ETP_{\text{sin corr}}$ = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas).

t = Temperatura media mensual en °C.

I = Índice de calor anual, obtenido en el punto 2.

a = $675.10^{-9} I^{-1} - 771.10^{-7} + 1792.10^{-5} I + 0,49239$



Para la fórmula 4:

ETP= Evapotranspiración potencial corregida

N= número máximo de horas de de sol, dependiendo del mes y la latitud

d= Número de días del mes

Hargreaves

$$ET_0 = 0,0023 (t_{med} + 17,78) R_0 * (t_{dmáx} t_{dmin})^{0,5}$$

Donde:

ET₀= Evapotranspiración potencial, mm/día.

t_{med} = Temperatura media diaria. °C

R₀ = Radiación solar extraterrestre, en mm/día

t_{dmáx} = Temperatura máxima diaria.

t_{dmin} = Temperatura mínima diaria.

Turc

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2/L^2}}$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real en mm/año.

P = Precipitación en mm/año.

L = $300 + 25t + 0,05t^3$

t = Temperatura media anual.

Tabla 10: Fórmulas para el cálculo de la evapotranspiración.

Fuente: Sánchez (2004).

Con las fórmulas anteriores y el caso particular de Santa Cruz Ayotuxco la estimación de la evapotranspiración se efectuó mediante la fórmula establecida por Thornthwaite, sin embargo para agilizar la aplicación de la misma para cada estación que fue seleccionada, la aplicación de la fórmula se llevo a cabo mediante el uso del **Módulo Hidrogeomático** de Franco (2008) a través del cual a partir de dos variables, temperatura y precipitación es posible obtener la cantidad de evapotranspiración de forma relativa, dando los siguientes resultados Tabla11:



Est.		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	V
15011	ETO	37.7	40.1	58.1	68.2	77.8	75.0	68.9	66.4	61.0	55.2	44.2	39.1	691.7	
	Pm	17.5	45.7	12.5	32.3	69.5	172.0	199.11	174.0	174.0	45.5	13.7	7.42	936.67	11
15033	ETO	39.7	41.9	60.6	69.0	77.6	70.4	65.1	63.4	58.0	53.6	44.4	40.7	684.4	
	Pm	13.5	9.36	16.4	40.0	85.7	214.0	240.89	241.0	183.0	76.2	12.4	9.18	1141.88	12
15045	ETO	33.1	35.2	48.2	56.4	66.2	66.8	63.0	61.4	57.2	49.9	38.0	34.6	610.0	
	Pm	13.8	8.7	19.6	37.9	85.5	248.0	257.85	253.0	026.0	88.6	22.1	12.3	1253.42	13
15049	ETO	33.6	33.8	50.5	60.1	71.5	71.0	69.0	67.6	63.6	57.1	42.0	36.9	656.7	
	Pm	18.0	7.45	12.7	28.8	68.8	165.0	185.29	177.0	135.0	55.3	15.3	6.5	873.95	11
15057	ETO	70.9	42.1	59.4	66.9	73.4	68.2	64.5	61.4	56.7	53.1	46.2	42.1	675.0	
	Pm	16.8	15.3	19.0	40.0	79.1	189.0	214.47	204.0	180.0	71.0	20.0	12.0	1060.69	12
15077	ETO	37.0	40.3	60.7	71.2	79.2	77.6	73.2	71.1	65.0	56.6	43.6	39.2	714.7	
	Pm	8.35	7.75	11.3	26.1	67.1	166.0	211.76	201.0	157.0	61.7	9.03	7.42	934.47	11
15147	ETO	36.8	39.6	55.6	66.2	75.5	74.0	71.2	69.5	63.3	55.8	42.9	39.4	689.8	
	Pm	9.44	11.4	13	29.8	92.0	196.0	267.37	268.0	195.0	76.2	25.9	8.38	1192.64	12
15149	ETO	40.8	39.8	57.2	66.2	72.2	68.0	62.8	62.0	57.5	52.8	44.2	40.6	664.1	
	Pm	21.9	15.8	20.0	34.7	74.9	199.0	206.51	195.0	161.0	67.0	15.0	11.7	1022.42	12
15242	ETO	37.1	41.6	55.8	63.9	70.4	64.1	59.0	57.4	53.2	49.8	43.3	39.8	635.4	
	Pm	21.1	8.76	10.9	44.5	88.4	210.0	228.32	195.0	173.0	76.7	15.9	10.9	1082.68	12
15312	ETO	25.2	31.6	45.6	52.4	63.5	64.6	62.9	61.1	57.0	52.3	34.5	29.3	579.0	
	Pm	8.66	9.41	13.8	29.2	63.0	163.0	191.16	151.0	125.0	53.4	20.0	6.38	834.83	11
15373	ETO	36.0	39.5	51.2	62.8	72.0	71.9	70.8	67.8	63.1	54.9	42.9	37.8	670.7	
	Pm	6.01	6.81	11.7	33.6	72.0	151.0	166.17	172.0	149.0	62.3	12.0	7.81	847.82	11

Tabla 11: Resultado del cálculo de la evapotranspiración.

Fuente: Franco (2008).

En la tabla se muestran los resultados obtenidos del cálculo de evapotranspiración (ETO) y los datos de precipitación media mensual (Pm), con los cuales se modifica la metodología original con la finalidad de que los datos para reclasificar sean propios para el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, de forma que se toman los valores máximos (79.2 mm) y mínimos (25.2 mm) para establecer los tres rangos de valor que la metodología establece, Tabla 12.

Promedio de Precipitación Mensual (mm)	Características	Valor Asignado
< 25	Aumento en la humedad del terreno nulo	0
26-78	Aumento en la humedad del terreno moderado	1
> 79	Aumento en la humedad del terreno alta	2

Tabla 12: Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia en Santa Cruz Ayotuxco.

Fuente: Franco (2008).



El resultado obtenido, proporciona los aspectos relacionados con la saturación de la humedad en el terreno, por lo tanto para la zona de estudio se asume que la evapotranspiración mínima que se tiene es de 25.2 mm/mes, lo que significa que las precipitaciones mensuales menores de 25 mm/mes no conducen a un aumento en la humedad del terreno, mientras que las precipitaciones que oscilan entre los 26 y los 78 mm/mes si la incrementa y por lo tanto las precipitaciones mensuales superiores a 79mm/mes conllevan a que la humedad del terreno se incremente de forma considerable.

Por ejemplo, se tiene que en la estación 15147 correspondiente a la localidad de San Bartolomé Coatepec en el municipio de Huixquilucan en el mes de Julio se registro una precipitación media mensual de 267.37mm de la cual únicamente 71.2 mm/mes evapotranspiró, lo que indica que la cantidad de agua contenida en el suelo fue de 196.17 mm, de acuerdo con la clasificación establecida la cantidad de humedad del terreno es alta y si se conjuga son suelos sueltos o poco compactados la inestabilidad del terreno aumenta.

En caso contrario en la estación 15312 Álvaro Obregón Tlalmimilolpan, en el municipio de Lerma en el mes de enero registró una media mensual de precipitación de 8.66mm, mientras que su evapotranspiración fue de 25.2 mm, lo cual aparentemente es incorrecto puesto que no es posible que se evapore más agua de la que cae, sin embargo cabe la posibilidad que el resto del agua (16.54 mm), fuese la que ya estaba contenida en el terreno o bien de las plantas, pero también es importante considerar la época del año la cual en el hemisferio norte para el mes de enero es invierno lo que trae consigo el proceso natural de las heladas, tomando en cuenta también que la evapotranspiración es un parámetro difícil de medir, y el módulo utilizado para el cálculo del mismo únicamente ofrece una aproximación.

Finalmente con la asignación de valores de la Tabla 12 a cada una de las estaciones y a cada mes del año, se efectúa la suma de los mismos, de los cuales



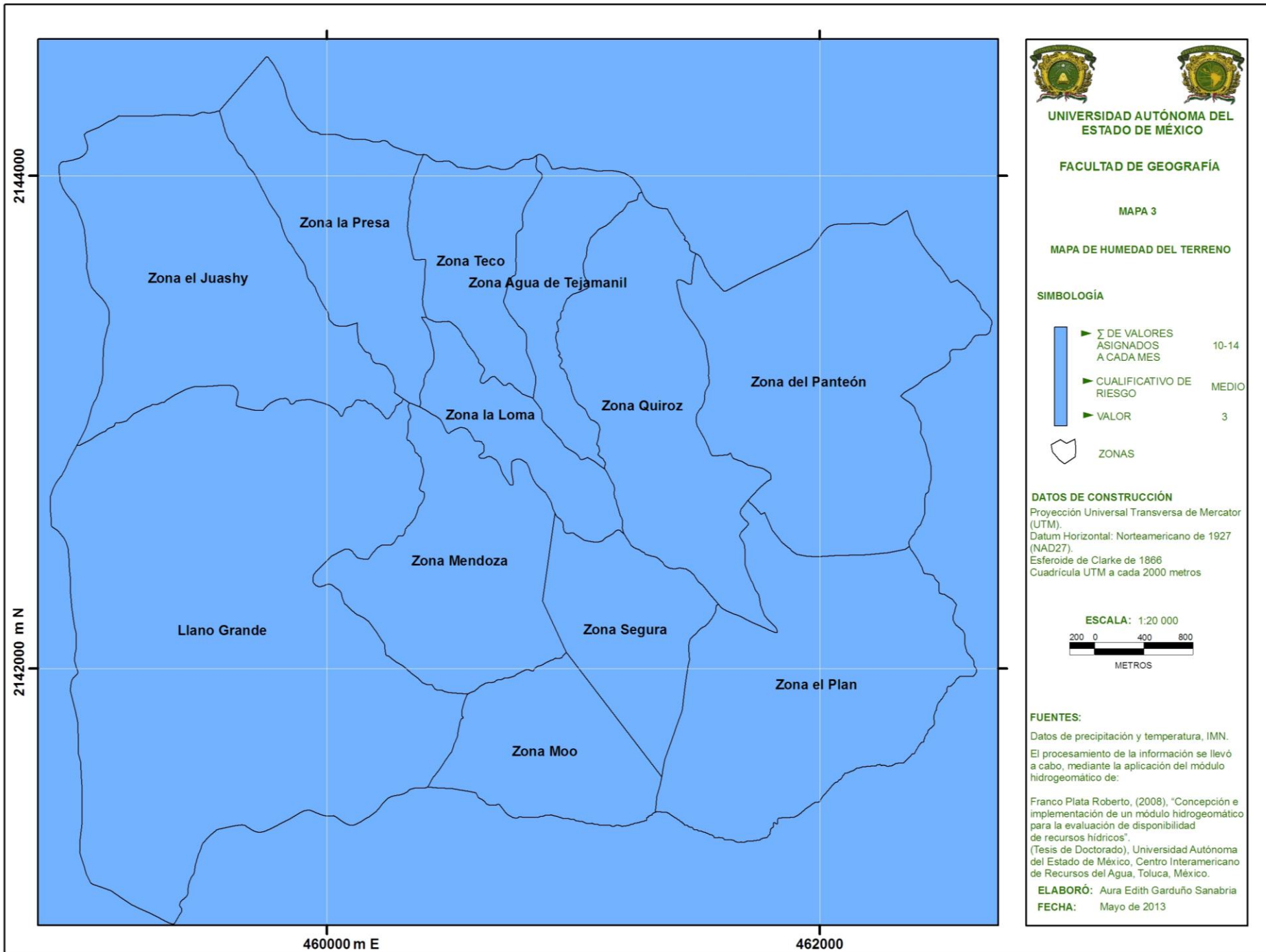
el valor puede oscilar entre el 0 y el 24, dicha suma de valores está contenida en la Tabla 11 (Columna V), donde fácilmente puede apreciarse que los valores se centran entre el 11,12 y 13, a dicho resultado se le asigna una última reclasificación Tabla 7, dando el siguiente resultado Tabla 13.

Suma de Valores Asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro
10-14	Medio	3

Tabla 13: Valores asignados a la suma de los promedios mensuales de lluvia.

Fuente: Franco (2008).

Una vez obtenido el valor es necesario aplicarlo a cada una de las estaciones, dependiendo del rango en que se encuentren y por último se realiza una interpolación para obtener finalmente el Mapa 3, correspondiente a la humedad del terreno.





Por último, al realizar la reclasificación final, el parámetro humedad del terreno queda comprendido dentro un solo rango de la escala de valores del método MVM, por lo tanto al realizar el mapa de humedad del suelo resulta completamente homogéneo, por la misma razón, sin embargo al contener toda la zona de estudio un valor de 3, es posible sumar ese mismo valor al mapa final.

Es importante mencionar que el resultado final puede ser mejorado, si se tuviera un mayor número de estaciones meteorológicas, ya que ninguna de las registradas se sitúa dentro del pueblo o en su cercanía, solamente tres de ellas se ubican dentro del municipio de Huixquilucan y una de ellas cerca del pueblo en cuestión, y sobre todo si en cada estación meteorológica se llevan a cabo todas las lecturas de precipitación y temperatura de forma constante puesto que de los registros que fueron consultados el que contiene los datos más actuales corresponden al año 2000 y es necesario considerar que en el año 2007 los deslizamientos que se presentaron fueron provocados o potencializados a causa del fuerte periodo de lluvias que se presentó. Es por ello que también se constituye como una limitante para este tipo de análisis el acceso a la información.

Ahora bien ya se han descrito todas las variables que corresponden a los factores intrínsecos que establece el método Mora-Vahrson, el siguiente paso es dar a conocer una explicación de lo que representa, y como se lleva a cabo el manejo de la información en lo que se refiere a la implementación de los factores de disparo que en este caso son la actividad sísmica y las lluvias.



2.2.4 ZONAS DE DEBILIDAD

La **actividad sísmica** de acuerdo con la metodología que se ha establecido, esta variable fue inicialmente determinada, porque en Costa Rica, este tipo de eventos son los que propician los movimientos del terreno, donde se hace una correlación entre la intensidad del movimientos con intensidad del sismo, la cual se caracteriza a través de la escala de intensidades de Mercalli Modificada y representa como su nombre lo indica, las características de la actividad sísmica que se presenta en el área, para la aplicación de este parámetro es necesario recurrir a los datos de las aceleraciones pico (PGA), y obteniendo estos datos puede ser utilizada la relación propuesta por Trifunac y Brady en 1975, Mora (2002) y con ello se obtiene el parámetro de disparo por sismicidad ver Tabla 14 donde muestra un ejemplo de cómo se ha aplicado esta variable en la península de papagayo en Costa Rica.

Intensidad de Mercalli Modificada	Aceleraciones pico (%g) (Trifunac & Brady 1975)	Valoración del parámetro
I	0.3-0.6	1
II	0.6-1.1	2
III	1.1-2.2	3
IV	2.2-4.5	4
V	4.5-8.9	5
VI	8.9-17.7	6
VII	17.7-35.4	7
VIII	35.4-70.5	8
IX	70.5-140.8	9
X	140.8-280.8	10
XI	280.8-560.4	11
XII	>560.4	12

Tabla 14: Valores asignados al parámetro de disparo por sismicidad.

Fuente: Mora (2002).

En este caso para el área, objeto de estudio de la presente disertación, y dado el difícil acceso así como la falta de información que representa esta variable, es necesario sustituirla, de manera tal que se han considerado aquellos puntos fijados en campo que representan las **zonas de debilidad**, así como las zonas donde ya se han suscitado colapsos.



El total de los puntos que fueron identificados en campo son 34, que contienen las siguientes características:

Zonas de Debilidad Identificadas en Campo			
No.	Punto de Control	Descripción	Valor
1	35	Movimiento de ladera (Casa amarilla)	3
2	36	Andesita altamente intemperizada	3
3	37	Movimiento de ladera, existencia de lloraderos	3
4	38	Existencia de lloraderos	3
5	39	Movimiento de ladera, ladera en reptación	3
6	40	Ladera en reptación	1
7	41	Fracturas paralelas	2
8	43	Ladera en reptación	1
9	45	Brecha	1
10	46	Ladera en reptación, inclinación de vegetación	1
11	47	Suelos Arcillosos	1
12	48	Suelos arcillosos	1
13	49	Existencia de lloraderos	3
14	50	Brecha saturada de agua, exfoliación laminar	3
15	51	Zona de debilidad	3
16	52	Exfoliación laminar	2
17	53	Exfoliación laminar	2
18	54	Núcleos de derrame lávico andesítico	1
19	55	Exfoliación laminar	2
20	56	Caída de vegetación	3
21	57	Inclinación de vegetación	1
22	58	Inclinación de vegetación	1
23	60	Caída de vegetación	3
24	62	Caída de material (kiosco)	3

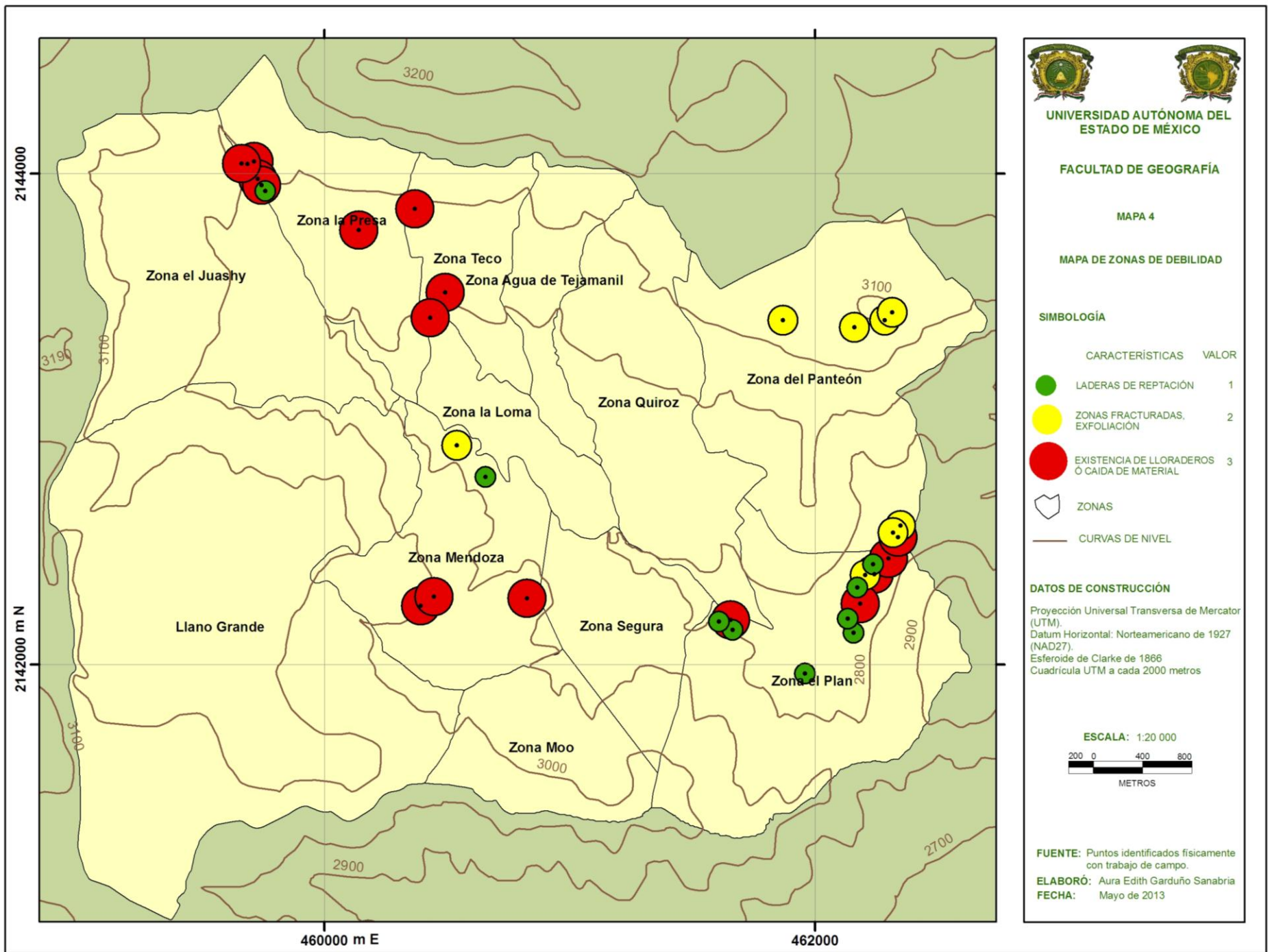


25	63	Movimiento de ladera	3
26	64	Movimiento de ladera	3
27	68	Andesita, remoción por saturación de agua	3
28	69	Movimiento de ladera	3
29	70	Zona de humedad	3
30	71	Zona de debilidad	3
31	72	Diaclasamiento estable	2
32	74	Exfoliación esferoidal	2
33	75	Exfoliación laminar	2
34	76	Exfoliación laminar	2

Tabla 15: Zonas de debilidad identificadas en campo y asignación de valores.

Con las características físicas que fueron determinadas directamente con el trabajo de campo, de cada uno de los puntos fue posible obtener tres grupos de debilidad, los cuales quedan representados en el Mapa 4.

Para este caso en particular, es importante mencionar que el factor sismicidad puede aportar información importante ya que este tipo de eventos bien puede potenciar o generar los movimientos del terreno, por ello que fue originalmente considerado por los creadores del método Mora-Vahrson, en el caso concreto de Santa Cruz Ayotuxco no fue posible tener acceso a este tipo de información sin embargo es importante mencionar que dentro de este territorio existe una cantidad importante de fracturas (5) que bien pueden ayudar a potenciar un movimiento en el terreno.





2.2.5 DISPARO POR LLUVIAS

Finalmente y como es conocida, la intensidad con la que se presentan las lluvias influye directamente con las actividades que se desarrollan en toda comunidad; una de las características o efectos que estas conllevan a nivel de riesgos y amenazas a la población, implica inundaciones, en este caso, la acumulación de agua de lluvia en las laderas implica que exista un aumento en el peso de la misma y por lo tanto un colapso, por esta razón es necesario conocer la cantidad de lluvia que puede caer dentro de la zona de estudio.

Por ello el siguiente parámetro de disparo descrito por esta metodología corresponde al **disparo por lluvias**, del cual se toman en consideración los registros de lluvias máximas en 24 horas y su periodo de retorno en 100 años, a los resultados de este cálculo se les asigna finalmente un valor, originalmente son los que se presentan a continuación, Tabla 16.

Lluvia máxima en 24 horas. Periodo de retorno 100 años (mm)	Descripción	Valoración del parámetro
< 100	Muy Bajo	1
100-200	Bajo	2
200-300	Medio	3
300-400	Alto	4
> 400	Muy Alto	5

Tabla 16: Valores asignados al parámetro de disparo por lluvia según el método MVM.

Fuente: Mora (2002).

La razón de conocer el periodo de retorno y no únicamente el promedio general de las precipitaciones máximas en 24 horas, es que con esta característica y como su mismo nombre lo describe, indica que si la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 100 años es por ejemplo de 50.9 mm/24 h., significa que es posible que un evento de 50.9 mm de precipitación en 24 horas se repita o sea superado por lo menos una vez en 100 años, Almorox (2007), por otra parte se considera a 100 años porque los registros que fueron considerados no están



actualizados, siendo la última actualización en el año 2000, por lo tanto, realizar el mapa con los promedios mensuales únicamente ofrecerían la condición que existió en el área para dicho periodo lo cual resulta obsoleto.

Toda vez que se cuenta con los registros de lluvias máximas en 24 horas es necesario efectuar el cálculo de los periodos de retorno, mediante la fórmula de Gumbel tipo I, con la cual es posible determinar periodos de retorno, esto a 5, 10, 15, 50, o 100 años, siendo la siguiente fórmula:

Fórmula establecida para el Cálculo del Periodo de retorno a 100 años.		
Método Gumbel	1:	$X = X_m + D x$
	2:	$D x = X_m + k * S_{n-1}$
	3:	$k = (y_t - y_n) / S_n$

Donde:

Para la fórmula 1:

X= Valor máximo para un periodo de retorno

X_m= Media de la serie dada de valores máximos

D x= Desviación respecto a la media.

Para la fórmula 2:

k= Factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado, excede la media de la serie.

S_{n-1}=Desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

Para la fórmula 3:

y_t = Variable de Gumbel para el periodo de retorno T. (Ver tabla de valores 1 anexo 1)

y_n = Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie. (Ver tabla de valores 2 anexo1)

S_n = Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie. (Ver tabla de valores 2 anexo1)

Tabla 17: Fórmulas establecidas para el cálculo de Periodos de Retorno.

Fuente: Almorox Alonso (2007).

Para agilizar el proceso de cálculo se ha recurrido al programa HidEstat 1.0 el cual es un programa de cómputo cuya función principal es el cálculo de las funciones de distribución aplicadas a la hidrología, Bâ, K.M (1997), además también realiza el cálculo a 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100, 200, y 1000, años de retorno para estaciones con más de 10 años de registro; Por otra parte para obtener un resultado más representativo y considerando el tamaño de la zona de estudio, el cálculo de los periodos de retorno para este análisis se efectuó con los promedios mensuales de 7 meses del año de cada una de las estaciones que fueron seleccionadas y que se encuentran cerca del área de estudio, la razón de este



cambio en la metodología original, es que para el hemisferio norte, estos meses representan las estaciones de primavera y verano, y que a su vez son los meses en los que se registraron las cantidades de precipitación más altas, principalmente los meses de mayo, junio, julio y agosto, como consecuencia del aumento de las temperaturas, es por ello que únicamente se consideraron los meses que se mencionan en la Tabla 18, y que también muestra los resultados obtenidos del cálculo del periodo de retorno a 100 años, de cada una de las estaciones seleccionadas .

Estación	Localidad	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
15011	San Mateo Atarasquillo	28.96	33.7	61.75	72.79	61.56	53.79	56.55
15033	Huixquilucan de Degollado	35.43	45.48	59.36	76.39	66.67	73.69	62.13
15045	La Marquesa	46.71	35.34	57.87	85.9	59.64	73.64	78.99
15049	Lerma de Villada	31.36	41.77	39.72	71.61	60.25	61.47	83.61
15053	Magdalena Chichicarpa	34.74	37.75	60.79	75.13	77.9	72.16	90.99
15057	San Miguel Mimiapan	44.74	48.36	52.51	71.85	61.69	56.85	66.47
15077	Presa Totolica	37.86	39.13	57	72.35	72.85	70.33	83.22
15147	San Bartolomé Coatepec	40.89	33.54	66.6	69.2	60.85	66.66	91
15149	San Lorenzo Huitzilapan	58.49	34.24	51.96	56.34	60.61	74.08	62.7
15242	San Pedro Atlapulco	50.17	48.11	67.05	84.42	65.97	55.58	86.82
15312	Álvaro Obregón Tlalmimilolpan	38.08	43.21	38.84	87.36	54.73	69.19	57.28
15373	El Guarda	48.21	31.36	44.63	44.53	43.48	60.37	54.95

Tabla 18: Resultados obtenidos para el cálculo de periodo de retorno a 100 años en mm. Fuente: Bâ, K.M (1997).

Para este caso, al haberse efectuado el cálculo con los promedios mensuales de lluvias máximas, se obtienen 7 mapas, uno por mes, los cuales se logran mediante la interpolación de los resultados obtenidos del cálculo de los periodos de retorno por cada mes Tabla 18, con base a la localización puntual de las estaciones seleccionadas.

Ahora bien la siguiente modificación hecha al método ya establecido obedece a que la cantidad de lluvia esperada para un periodo de retorno de 100 años, en una zona templada es mínima en comparación con las zonas tropicales (91 mm) la



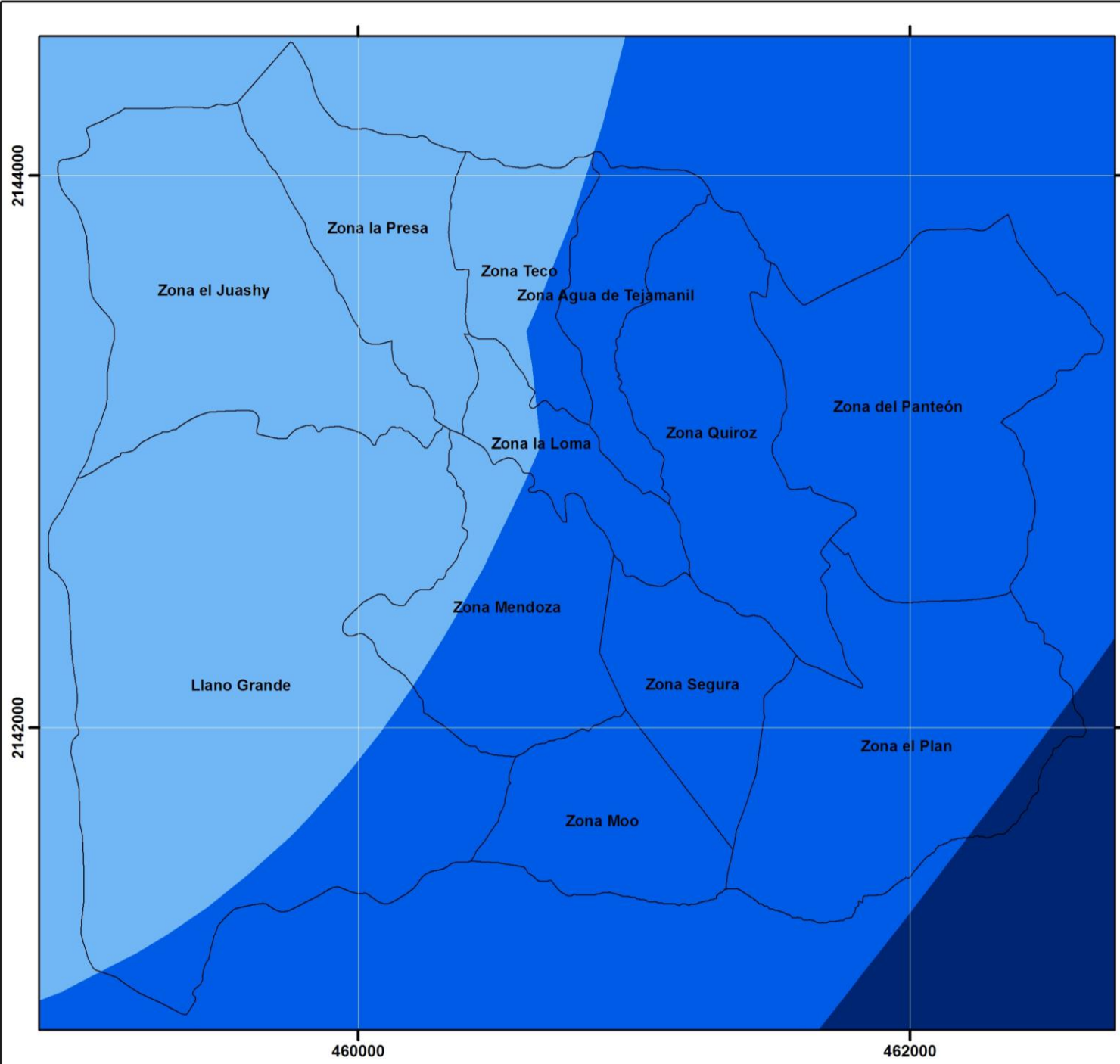
clasificación de esta variable queda comprendida como se muestra en la Tabla 19, donde los rangos de valor establecidos para esta variable, al igual que en la variable de humedad del suelo se obtuvieron a partir del valor mínimo de 28.96 mm y máximo 91 mm, con los cuales se establecieron nuevos rangos de valor propios para esta zona de estudio.



Lluvia máxima en 24 horas. Periodo de retorno 100 años (mm)	Valor Cuantitativo	Suma	Valor Cualitativo
28-49	1	8-10	Bajo
50-70	2	11-13	Medio
71-91	3	14-16	Alto

Tabla 19: Clasificación del parámetro disparo por lluvia para Santa Cruz Ayotuxco.

Con esta nueva clasificación, la valoración es asignada a cada uno de los mapas, con la finalidad de obtener tres rangos de valor cuantitativo, de cada uno de ellos, para posteriormente sumarlos, una vez realizada esta acción, se obtienen nuevos valores que van desde el 8 como valor mínimo y 16 como máximo, los cuales también son divididos en tres rangos, con la finalidad de asignar el valor cualitativo que se muestra en la Tabla 19. Con lo que se obtiene el Mapa 5.

Sin embargo debido a que 2 variables (Factor litológico y Humedad del suelo) no arrojaron resultados favorables y detallados a causa de la insuficiencia de información, es necesario aplicar otras variables, con la finalidad de enriquecer el método establecido además de que contribuirá a que la definición de las zonas inestables dentro del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco tenga un nivel de confiabilidad más alto.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO


FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAPA 5

MAPA DE DISPARO POR LLUVIAS

SIMBOLOGÍA


Lluvia máxima en 24 horas con Periodo de Retorno a 100 años (mm).	VALOR
28 - 49	1
50 - 70	2
> 71	3

 ZONAS

DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).
Datum Horizontal: Norteamericano de 1927 (NAD27).
Esferoide de Clarke de 1866
Cuadrícula UTM a cada 2000 metros

ESCALA: 1:20 000



FUENTES:

Datos de lluvias máximas en 24 horas con más de 20 periodos de registro, IMN.

El procesamiento de la información se realizó mediante el uso de: Bá, K.M. y C. Díaz Delgado, (1997) "HidEstat 1.0: Programa de cómputo de funciones de distribución clásicas y de orden superior aplicadas a la hidrología", Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

ELABORÓ: Aura Edith Garduño Sanabria
FECHA: Mayo de 2013



2.2.6 EDAFOLOGÍA

Para este caso se agregará la variable de **tipo de suelo**, participando esta como un elemento intrínseco, puesto que forma parte de las características propias y originales e inherentes del lugar.

Al agregar esta variable dentro del territorio de Santa Cruz Ayotuxco se identifican dos tipos de suelo que son el Andosol y Cambisol, sin embargo como se ha abarcado un polígono con mayor extensión también se identifica Planosol pero este queda fuera de la zona de estudio.

Para determinar los valores que serán asignados a estos tres tipos de suelo resulta necesario conocer cuáles son las características físicas de cada uno de ellos, con la finalidad de identificar si son o no aptos para el desarrollo humano, para ello se utilizó como referencia la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO, mismo que a su vez, es un sistema que ha tenido una amplia aceptación a nivel internacional y ha sido aceptado como un sistema de referencia.

En primer lugar, los suelos de tipo **Andosol**, si nos remontamos al origen de la palabra, se deriva de los vocablos japoneses *an* que significa negro y *do* que significa suelo, algunas de sus características principales que tienen es que son suelos que tienen como origen los diferentes materiales volcánicos, (en este caso es importante recordar que el pueblo Santa Cruz Ayotuxco está inmerso en una zona eminentemente volcánica), también contienen altos niveles de materia orgánica, sobre un 20%, su capacidad de retención de la humedad también es alto, según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO, por lo que la vocación de este tipo de suelo es preferentemente forestal, sin embargo las desventajas que también representa, es que se erosionan con facilidad, además de que se pueden colapsar fácilmente cuando se saturan de agua por lo que los hace suelos no aptos para el desarrollo de áreas de uso habitacional, por ello el valor asignado



es el más alto y que representa zonas con más inestabilidad dadas las características arriba mencionadas.

El tipo de suelo **Cambisol** como su nombre lo indica se deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, se caracteriza por la diferenciación de los horizontes del suelo básicamente por los cambios de color entre otros; según la FAO/UNESCO "se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial", este tipo de suelo tiene como características principales que son suelos jóvenes, con grandes cantidades de materiales arcillosos pero también tienen capacidad de retener agua, por otra parte las limitantes principal de este tipo de suelo están asociadas a la topografía del lugar, debido a que en zonas de pendientes elevadas su uso queda reducido al forestal al igual que el suelo Andosol, pero por contener arcilla se hace apto para la urbanización si la pendiente no es elevada, razón por la cual este tipo de suelo queda ubicado en el valor 2 o medio referente al grado de riesgo que representa.

Por último los **Planosoles**, son suelos planos como su nombre lo indica, dado que deriva del vocablo latino *planus* que significa llano, debido a que existe principalmente en zonas llanas, es de origen aluvial y arcilloso, no contienen cantidades importantes de materia orgánica, por lo que no suelen ser usados para el uso agrícola, por lo tanto pueden ser aptos para el uso habitacional, de ahí que se le designó el valor más bajo, que implica menos riesgo, en lo referente al suelo, sin embargo por la situación en la que se encuentra, que es al pie de la ladera, puede existir cierto grado de vulnerabilidad, sin embargo no encuentra dentro del área que abarca el pueblo en cuestión.

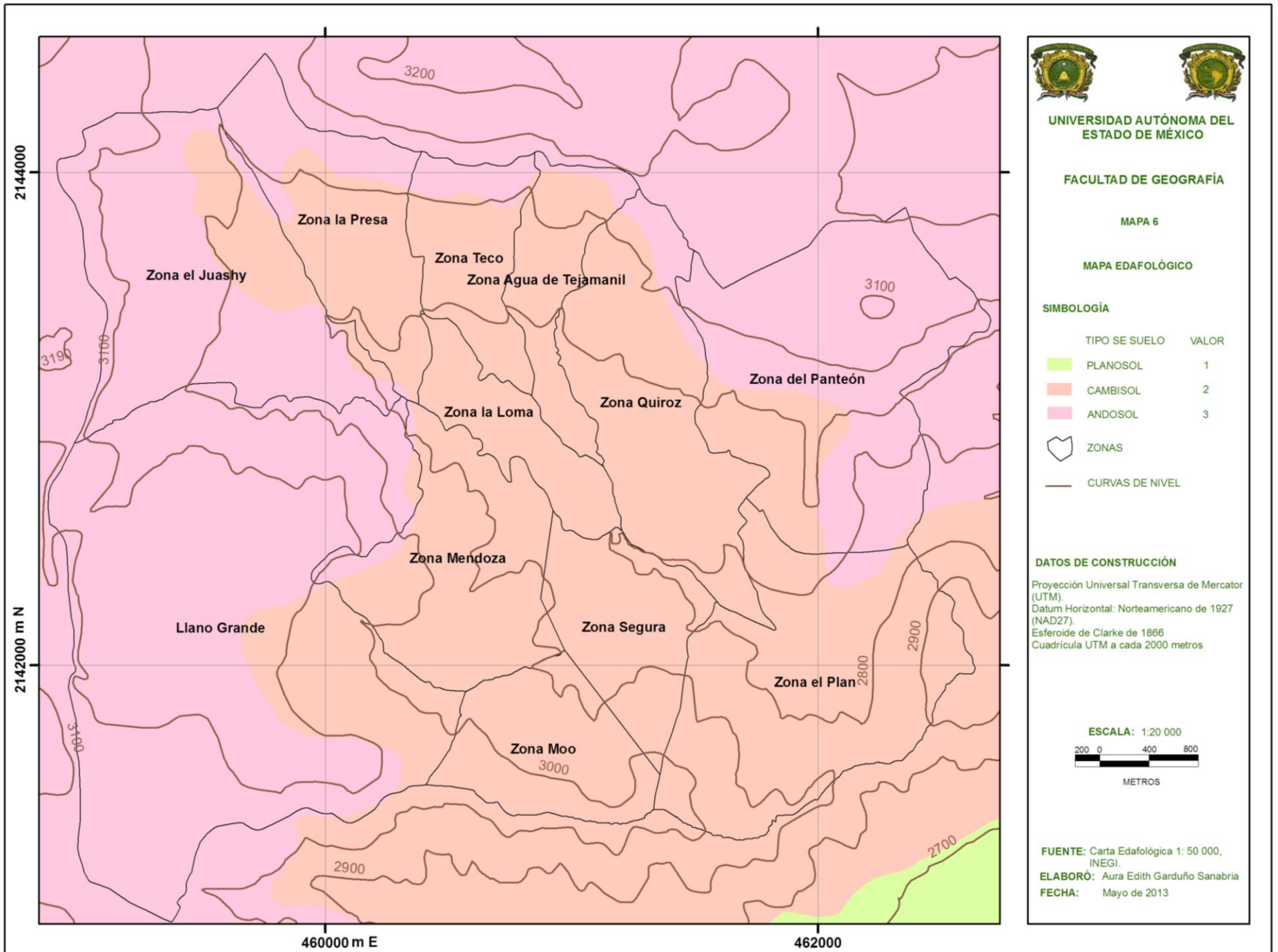
La clasificación queda de la siguiente manera Tabla 20.



Tipo de Suelo	Valor
ANDOSOL	3
CAMBISOL	2
PLANOSOL	1

Tabla 20: Clasificación de la variable edafología

Al aplicar dicha clasificación a la información vectorial, se obtiene como resultado el siguiente Mapa 6.





2.2.7 USO DE SUELO

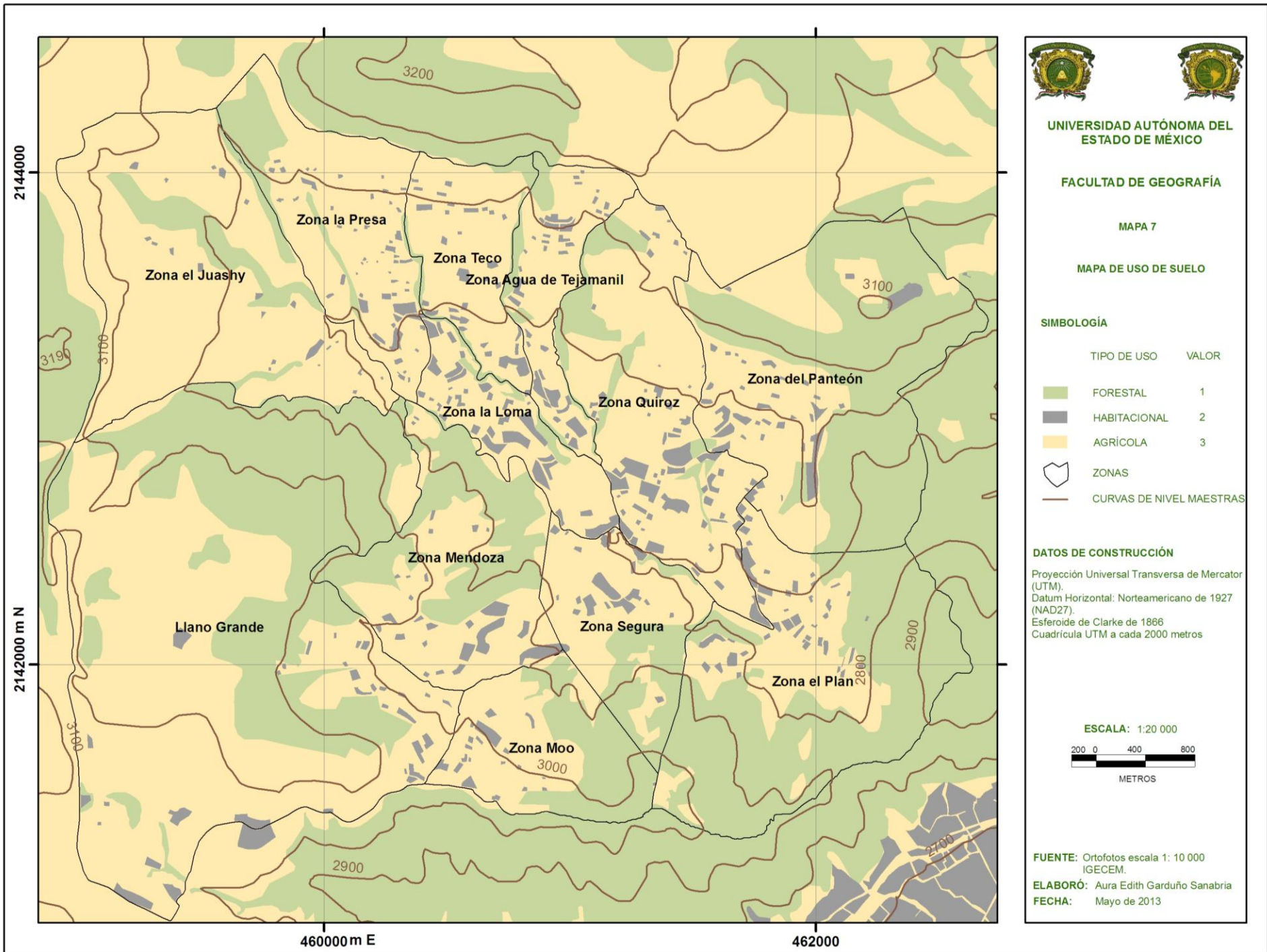
Por otra parte, las variables antes mencionadas no reflejan en su totalidad la acción que ejerce el hombre sobre la superficie, salvo en el mapa 4, correspondiente a las zonas de debilidad, es importante agregar a las variables de disparo el **uso de suelo** que se tiene en el pueblo, por la razón de que el grado de amenaza aumenta o disminuye en función de la cantidad de cubierta vegetal que existe en zonas cuyas pendientes son superiores al 15% de inclinación, por lo tanto para este caso es importante incluir esta variable, porque ayuda a obtener todas aquellas zonas que son consideradas como inestables.

Las tres principales clases de uso de suelo que existen en el pueblo son el Uso Habitacional, el Agrícola y el Forestal, los cuales quedaron con los siguientes valores, Tabla 21.

Tipo de Uso	Valor
Forestal	1
Habitacional	2
Agrícola	3

Tabla 21: Clasificación de la variable uso de suelo.

Por lo tanto estos valores son los que se asignan al Mapa 7 de tipos de suelo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAPA 7

MAPA DE USO DE SUELO

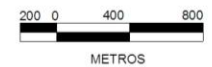
SIMBOLOGÍA

TIPO DE USO	VALOR
FORESTAL	1
HABITACIONAL	2
AGRÍCOLA	3
ZONAS	
CURVAS DE NIVEL MAESTRAS	

DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).
Datum Horizontal: Norteamericano de 1927 (NAD27).
Esferoide de Clarke de 1866
Cuadrícula UTM a cada 2000 metros

ESCALA: 1:20 000



FUENTE: Ortofotos escala 1: 10 000
IGECEM.

ELABORÓ: Aura Edith Garduño Sanabria

FECHA: Mayo de 2013



Por último con la información de cada variable ya procesada en formato vectorial y con la asignación de valores de cada una de ellas, como se menciona en la descripción de cada una, la información se convierte de formato vector a raster con la finalidad de llevar a cabo la ejecución de operadores aritméticos, en este caso la operación de adición, como su nombre lo indica, se suman uno por uno los valores contenidos en cada píxel, de manera tal que al finalizar dicha operación con las 7 capas todos aquellos píxeles que contengan el o los valores más altos, representan aquellos lugares que tienen un mayor potencial de ser colapsados tomando en cuenta la fórmula que fue establecida por Mora-Vahrson:

$$\text{Amenaza Relativa} = \underbrace{\text{Susceptibilidad}}_{\text{Sp + Sl + Sh + Se}} + \underbrace{\text{Disparo}}_{\text{Dd + Dp + Du}}$$

Donde:

Factores de Susceptibilidad:

- a) Pendientes (Sp)
- b) Litología (Sl)
- c) Humedad del Suelo (Sh)
- d) Tipo de suelo (Se)** (variable agregada para enriquecer el método)

Factores Externos o de disparo

- e) Zonas de debilidad (Dd)
- f) Precipitación (Dp).
- g) Uso de Suelo (Du)** (variable agregada para enriquecer el método)

Al realizar las operaciones establecidas, se obtiene el mapa de amenaza relativa en el cual están representadas aquellas zonas con mayor potencial relativo a sufrir colapsos donde el valor más bajo que se obtuvo de la suma de los valores, para este caso en particular es el 12 que representa todas aquellas zonas con menor posibilidad de tener movimientos en el terreno y el más alto es el 22 de tal forma

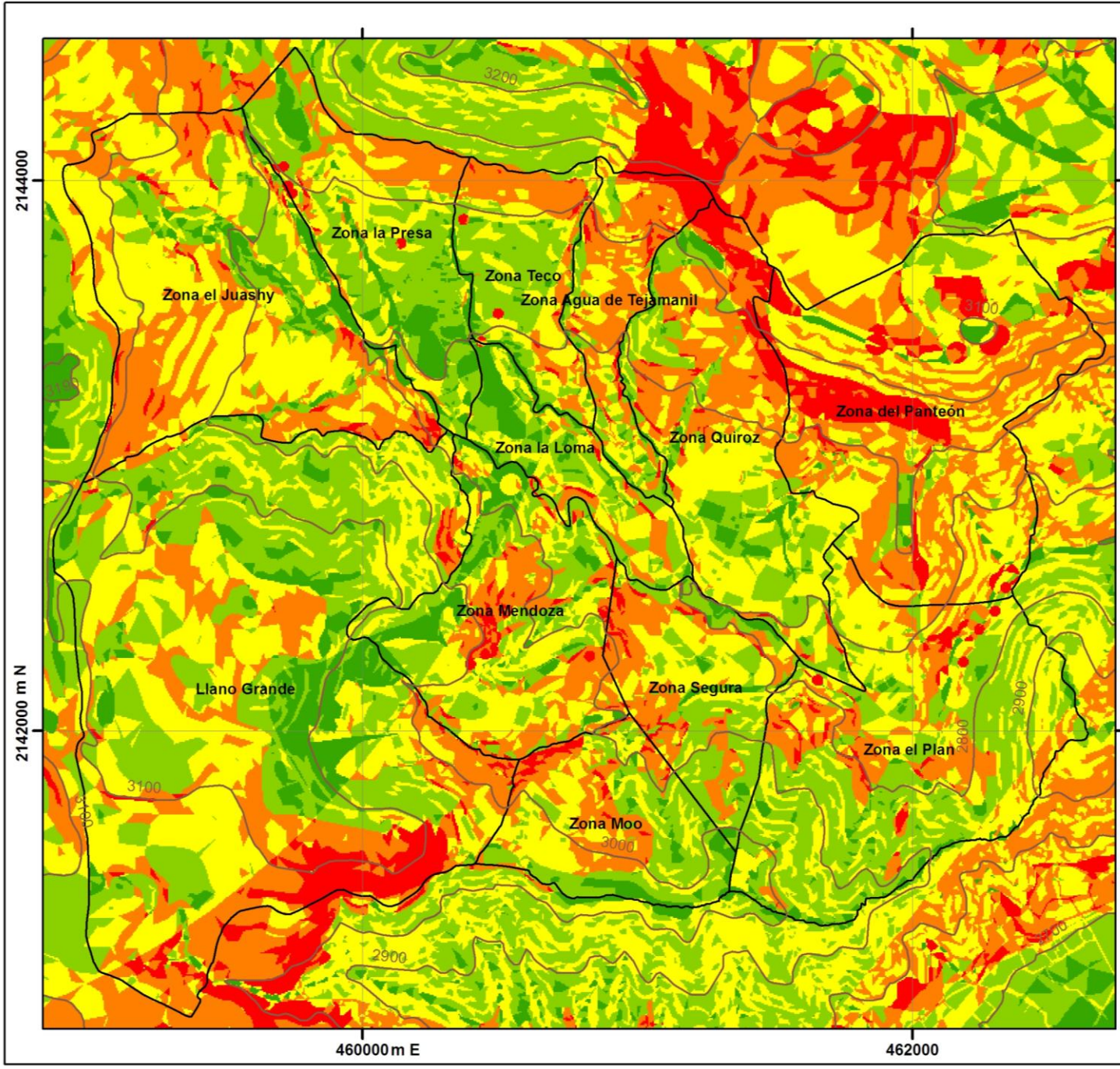


que al reclasificarlos quedan 5 niveles de amenaza relativa los cuales es necesario cualificarlos quedando de la siguiente forma Tabla 22.

Nivel de amenaza	Cualificativo
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy Alto

Tabla 22: Clasificación del Mapa de Amenaza Relativa.

Una vez asignados los niveles de amenaza se obtiene el Mapa 8, en el que quedan representadas espacialmente las áreas que adquieren los niveles de amenaza relativa más bajos y más altos como resultado de la suma de todas las variables que fueron descritas anteriormente.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAPA 8

MAPA DE AMENAZA RELATIVA

SIMBOLOGÍA

VALOR	CUALIFICATIVO DE RIESGO
1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
4	ALTO
5	MUY ALTO

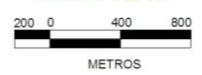
ZONAS

CURVAS DE NIVEL MESTRAS

DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).
Datum Horizontal: Norteamericano de 1927 (NAD27).
Esferoide de Clarke de 1866
Cuadrícula UTM a cada 2000 metros

ESCALA: 1:20 000



FUENTE: Cartas temáticas y topográfica de INEGI.

Instituto Meteorológico Nacional.

ELABORÓ: Aura Edith Garduño Sanabria

FECHA: Mayo de 2013



2.3 VARIABLES PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD

Para obtener el grado de vulnerabilidad en la zona de Santa Cruz Ayotuxco es necesario tomar en cuenta todas aquellas variables que surgen de los censos de población, con ello se cuantifican la cantidad de personas que habitan en una determinada zona, así como el grado de escolaridad que existe por cada habitante, además de la cantidad de viviendas que existen, y las características de construcción de cada una de las casas ahí ubicadas; con dichos datos es posible realizar una aproximación de cuántas de ellas van a ser afectadas, así como definir un parámetro hipotético del grado de exposición que existe por zona.

Para ello fue necesario recurrir al censo de población y vivienda específicamente del pueblo en cuestión (3 tomos disponibles), efectuado por el H. Ayuntamiento Constitucional de Huixquilucan del periodo 2003-2006, y realizado durante el año 2005, siendo este el documento más actual y disponible del lugar.

La razón de recurrir a estos documentos es por que la información es específica del lugar, y con ella fue posible obtener resultados propios por zona, identificándose 11 de las 12 zonas definidas dentro del contexto del pueblo, también fue factible determinar la cantidad de población existente por paraje, lo cual aumenta el grado de detalle de la información.

Finalmente el grado de detalle que se alcanzó al recurrir a este censo es amplio porque con él, se llegó a nivel de nombres de las personas que ahí habitan, así como su dirección (en algunos casos), por lo tanto, el uso de las estadísticas básicas que maneja INEGI, resultaban generales debido a que los resultados los ofrece a nivel de localidad, es decir, únicamente ofrece el resultado total que le corresponde al pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, característica que impide realizar un análisis por zona, aunque también es de importancia ya que con esto es posible llevar un análisis de la población con los resultados de censos anteriores efectuados por la misma institución.



Las variables que son empleadas para este trabajo son: Total de Población, Disposición y Abastecimiento de Servicios Públicos, Escolaridad así como las características y tipo de vivienda.

La variable **total de población**, permite cuantificar la cantidad de personas que viven en un lugar determinado, para este caso permite conocer cuantas personas viven en cada zona definida, además permite saber cuáles son los grupos más vulnerables posibilitando con ello hacer la división de la población por grupos de edad además del sexo, y con ello así poder definir en base de la identificación de las instituciones que brindan servicios públicos en las zonas, tal es el caso de las escuelas, centros de salud, o seguridad pública, conocer cual es el grado o nivel de carencia de los mismos ante una contingencia como es el caso de los movimientos masales, en este aspecto principalmente lo que respecta a los servicios de salud.

Por otra parte lo que concierne al total de población, así como la totalidad de hombres y mujeres por medio de grupos quinquenales de edad, se expresa como población absoluta o bien como porcentaje, donde se reflejan distintas dinámicas en términos de salud, fecundidad y mortandad entre otros, de acuerdo con el Instituto de Geografía de la UNAM (2004), es un indicador útil para detectar si la población que existe en una determinada localidad, municipio o bien una entidad, está en expansión, es estacionaria o bien si se encuentra bajo un proceso regresivo, lo cual indica que es importante saber si hay más o menos personas en edad infantil o bien si se encuentran por encima de los 60 años, ya que estos al ser los grupos más vulnerables, y para este caso en particular, que es el de los movimientos de ladera, demandan mayor atención o especialización en los servicios, así como seguridad hacia sus propias personas.

Con esta información también es posible obtener la tasa de dependencia por zona ó localidad, tal como ya se había mencionado con anterioridad, permitiendo llegar a un conocimiento aproximado de cuáles son las necesidades básicas por cubrir



en caso de alguna contingencia en determinada zona, a partir de ello es posible implementar las medidas necesarias en lo referente a los servicios públicos y servicios de salud.

En lo que respecta a la edad de las personas así como el grado de **instrucción escolar** permite llegar a un conocimiento aproximado del grado de vulnerabilidad cultural e ideológica, con dichas características no siempre se tiene una reacción certera del porque de la ocurrencia de ciertos eventos de carácter natural, y como consecuencia de ello se carece de capacidad de reacción ante un proceso de esta naturaleza, o bien se tiende a negar la ocurrencia de los mismos propiciando desinterés en la toma de medidas preventivas que conlleven a la reducción de la amenaza.

En cuanto a la **tipificación de las viviendas** al contener información referente a las características del material de construcción es posible llegar a un análisis de las repercusiones que puede llegar a tener o no tener, el hecho de que una vivienda este construida a base de tabicón y loza o una de madera y teja o cartón, ofreciéndonos un resultado cualitativo en lo que se refiere a el grado de vulnerabilidad física, además también permite estimar el grado de vulnerabilidad económica que existe en el lugar, dada las condiciones económicas que se presentan al tener una casa compuesta por palos y cartón, no son las mismas a las que se tienen si la casa es de loza y tabicón, con estas características también es posible llegar a una cuantificación económica del las pérdidas, sin embargo para llegar a ese nivel de detalle, es necesario efectuar otro tipo de trabajo de campo, mismo que no es objetivo para la presente disertación, sin embargo es importante mencionar que es posible llegar a dicho nivel de detalle.

Finalmente conocer la distribución de la población que existe en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco permite definir una aproximación del grado de vulnerabilidad social, ya que la cantidad de población que existe entre cada una de las zonas



difiere una de otra, lo que permite determinar el grado de dispersión que existe en cada una de ellas.

También es importante recalcar que a nivel de localidad la población de Santa Cruz Ayotuxco a través de los años ha registrado un incremento en su totalidad de población, no obstante durante el periodo 1910 y 1921 así como el año 1940 son los únicos periodos en los que se observa una disminución en la población, en el primer periodo seguramente como consecuencia del periodo revolucionario que atravesaba todo el país. El mayor aumento se suscito entre el periodo 1980 y 1990, sin embargo dicho aumento posiblemente fue ocasionado por el temblor que sacudió el país en el año 1985.

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1900	CENSO	2880	1465	1415
1910	CENSO	1646	826	820
1921	CENSO	1601	813	788
1930	CENSO	1987	982	1005
1940	CENSO	1693	846	847
1950	CENSO	2551	1286	1265
1960	CENSO	2646	1360	1286
1970	CENSO	2584	0	0
1980	CENSO	2437	1237	1200
1990	CENSO	3180	1595	1585
1995	CONTEO	3617	1778	1839
2000	CENSO	4028	1989	2039
2005	CENSO*	5860	2936	2924

Tabla 23: Totales de población.

Fuentes: INEGI y H. Ayuntamiento de Huixquilucan*



CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos de cada variable que fue descrita, es posible hacer un análisis individual de cada una de ellas, lo que ofrece un panorama del comportamiento de cada una, de forma tal que es posible conocer la influencia que ejercen en el territorio.

3.1 VARIABLES FÍSICAS

3.3.1 MAPA DE PENDIENTES

La primer variable que se obtuvo para este análisis, es la pendiente que existe en el terreno de la cual se sabe que los movimientos que se presentan en el territorio se ven claramente afectados por la inclinación del suelo, con el resultado que se obtuvo fue posible definir que las áreas con un mayor potencial a padecer movimientos de ladera, con el valor máximo 5 (Mapa 1), abarcan una extensión territorial de 460.228 m² poco menos del 1%, sin embargo esta se encuentra dividida entre 4 Zonas, primeramente la que abarca una mayor extensión territorial es la denominada el Plan, que consta de 228.208 m², seguida de la Zona Juashy con un total de 116.01 m², la Zona Llano Grande únicamente 75 m² y finalmente la Zona del Panteón con apenas 43.01 m², si bien estas superficies no son apreciables en el mapa, son importantes ya que el rango de pendientes entre los que se encuentran oscilan entre el 70 y 140% como ya se había mencionado anteriormente son zonas con pendientes muy fuertes según la clasificación de pendientes de Van Zuidam, además de que son áreas en las que bien puede existir una vivienda, en la Tabla 24 se muestra la distribución de las áreas con este valor .

	SUPERFICIE TOTAL	SUP. VALOR 5	NÚMERO DE AREAS	%
Zona el Juashy	1.0326	116.01	5	0.01
Zona del Panteón	1.0989	41.01	2	0.00
Zona el Plan	1.0279	228.208	4	0.02
Llano Grande	2.4311	75	2	0.00

Tabla 24: Superficie total en Km², Superficie de áreas de valor 5 en M².



Siguiendo el orden de mayor a menor, las áreas con valor 4 representan a aquellas con pendientes entre el 30 y el 70%, que indica que las pendientes aun son fuertes, por lo tanto el nivel de amenaza que existe es alto, para este caso, dicho nivel de amenaza existe en todas las Zonas que conforman el pueblo, abarcando poco más de 1 km² entre todas ellas, como puede verse en la siguiente Tabla 25.

	SUPERFICIE TOTAL	SUP.VALOR 4	NÚMERO DE AREAS	%
Zona el Juashy	1.0326	75 331.780	81	7.30
Zona la Presa	0.5386	17 522.428	40	3.25
Zona Teco	0.3295	8 186.878	25	2.48
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	24 602.681	47	8.67
Zona Quiroz	0.7459	33 116.019	55	4.44
Zona del Panteón	1.0989	253 031.144	104	23.02
Zona el Plan	1.0279	209 478.365	118	20.38
Zona Segura	0.3950	37 000.151	44	9.36
Zona la Loma	0.2582	10 783.441	15	4.18
Zona Mendoza	0.6462	130 428.763	74	20.18
Zona Moo	0.4147	57 750.041	35	13.92
Llano Grande	2.4311	240 856.741	184	9.91
TOTAL	9.2029	1 098 088.43	822	11.93

Tabla 25: Superficie total en Km², Superficie de áreas de valor 4 en M².

Con estos resultados, es posible conocer que las zonas que también tienen una mayor posibilidad de presentar movimientos de terreno son nuevamente la Zona del Panteón y el Plan, que también contienen áreas con el valor más alto, así como la Zona Mendoza y Moo, en lo que respecta al resto de las Zonas las superficies que contienen dicho valor representan menos del 10% de cada una de ellas, no obstante son importantes debido al porcentaje de pendiente que observan, además de que en algunos casos las áreas con este valor se ubican en las barrancas que delimitan las zonas, por lo tanto la influencia que ejerce este nivel de amenaza, así como el anterior es alto, por la misma razón.

Por otra parte el nivel de amenaza intermedio (3) corresponde a aquellas áreas cuyas pendientes oscilan entre el 15 y el 30% de inclinación, y que según Van



Zuidam, son pendientes donde se originan deslizamientos ocasionales, pero existe peligro de erosión, para este caso, dentro del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco estas son áreas que abarcan una proporción importante dado que es del 47.32% del total del pueblo, a continuación en la Tabla 26 se presentan las superficies, así como el total de áreas y porcentaje que adquieren cada una de las zonas con este valor.

	SUPERFICIE TOTAL	SUP.VALOR 3	NÚMERO DE AREAS	%
Zona el Juashy	1.0326	423 141.546	62	40.98
Zona la Presa	0.5386	231 996.429	38	43.07
Zona Teco	0.3295	153 269.794	16	46.51
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	179 976.394	15	63.42
Zona Quiroz	0.7459	285 918.137	26	38.33
Zona del Panteón	1.0989	593 780.114	79	54.03
Zona el Plan	1.0279	574 079.864	42	55.85
Zona Segura	0.3950	201 609.716	15	51.03
Zona la Loma	0.2582	66 696.295	19	25.82
Zona Mendoza	0.6462	337 744.779	50	52.27
Zona Moo	0.4147	212 688.524	21	51.28
Llano Grande	2.4311	1 094 800.67	99	45.03
Total	9.2029	4 355 702.26	482	47.32

Tabla 26: Superficie total en Km², Superficie de áreas de valor 3 en M².

Como puede apreciarse tanto en el mapa así como en la tabla, en 6 de las 12 zonas que conforman el pueblo, la cobertura de las superficies con este valor representan más del 50% de cada una de sus superficies, por lo tanto es importante que se lleven a cabo medidas preventivas para evitar los procesos de erosión que se pueden presentar en todas ellas, porque con la erosión se reduce la fertilidad del suelo, además de que se pierden los minerales contenidos en ellos, sobre todo en las áreas sin cobertura vegetal y además su pérdida también se potencializa con ciertas actividades humanas, tal es el caso de la deforestación, la construcción de caminos, casas y en mayor medida las actividades agrícolas.

Finalmente los valores más bajos que fueron asignados corresponden a aquellas áreas con valor 1 y 2, de las cuales en lo que respecta al valor 2 al igual que las



áreas con valor 3 existe posibilidad de erosión, y también en lo que concierne a la extensión territorial son predominantes abarcando el 30.09% de la superficie total de la localidad, es decir abarcan poco menos de 3 Km², en la Tabla 27 se muestra la distribución de este valor en todas las zonas, donde se refleja que es la Zona Teco la que no tiene muchas probabilidades de padecer de movimientos del terreno, pero si existe la posibilidad de que en dichas superficies se den procesos de erosión.

	SUPERFICIE TOTAL	SUP.VALOR 2	NÚMERO DE AREAS	%
Zona el Juashy	1.0326	465 455.637	37	45.08
Zona la Presa	0.5386	217 065.654	26	40.30
Zona Teco	0.3295	153 721.186	12	46.65
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	55 266.572	25	19.47
Zona Quiroz	0.7459	302 837.493	35	40.60
Zona del Panteón	1.0989	164 626.294	39	14.98
Zona el Plan	1.0279	172 956.958	45	16.83
Zona Segura	0.3950	102 104.441	17	25.84
Zona la Loma	0.2582	95 439.244	25	36.95
Zona Mendoza	0.6462	120 437.499	29	18.64
Zona Moo	0.4147	97 245.28	23	23.44
Llano Grande	2.4311	822 283.475	69	33.82
Total	9.2029	2 769 439.733	382	30.09

Tabla 27: Superficie total en Km², Superficie de áreas de valor 2 en M².

Finalmente el valor más bajo que existe dentro del pueblo corresponde a las pendientes que oscilan entre el 0 y el 7% de inclinación donde existen planicies sin inclinación visible, pero según Van Zuidam también son áreas en las que existe posibilidad de que presente procesos de erosión, en la Siguiete Tabla 28, al igual que en los casos anteriores se presentan los valores que corresponden a cada una de las zonas que conforman el pueblo, con respecto al total de áreas y superficie que representan este valor en cada una de ellas.

	SUPERFICIE TOTAL	SUP.VALOR 1	NÚMERO DE AREAS	%
Zona el Juashy	1.0326	68 575.46	98	6.64
Zona la Presa	0.5386	72 017.485	67	13.37



Zona Teco	0.3295	14 367.381	45	4.36
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	23 957.013	43	8.44
Zona Quiroz	0.7459	124 084.445	62	16.63
Zona del Panteón	1.0989	87 495.812	59	7.96
Zona el Plan	1.0279	71 170.653	95	6.92
Zona Segura	0.3950	54 379.911	34	13.76
Zona la Loma	0.2582	85 352.804	34	33.05
Zona Mendoza	0.6462	57 601.908	72	8.91
Zona Moo	0.4147	47 101.347	56	11.36
Llano Grande	2.4311	273 136.957	154	11.23
Total	9.2029	979 241.176	819	10.64

Tabla 28: Superficie total en Km², Superficie de áreas de valor 1 en M².

Con respecto a este valor las superficies únicamente representan el 10.64% del total de territorio, siendo la Zona la Loma la que abarca una proporción importante de su territorio, en este sentido al igual que en los dos parámetros anteriores, si bien existe peligro de erosión, no se da con la misma intensidad debido a la pendiente que existe en el lugar.

Por último, para definir cuáles son aquellas áreas con mayor amenaza ante los movimientos del terreno, la variable pendiente, es sin duda, la que tiene mayor influencia, debido a que los movimientos del terreno se presentan en pendientes inclinadas y sobre todo se presentan para dar equilibrio natural a las laderas; equilibrio que se ve afectado de forma constante como consecuencia de las modificaciones de origen antrópico que se efectúan sobre ellas.



3.3.2 LITOLOGÍA

En el Mapa 2 se presentan 3 tipos de materiales como la Toba andesítica, Suelos Residuales así como Rocas Ígneas Extrusivas Intermedias, a pesar de ello, únicamente existe un tipo de material dentro del área que abarca el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, el cual corresponde a la rocas ígneas extrusivas intermedias (Andesitas), es importante mencionar que esto ocurre debido a la falta de información detallada, ya que en su gran mayoría los mapas temáticos que elabora el INEGI son procesados a escalas 1:50 000, además del proceso de generalización que se aplica a la información con respecto de la escala de salida de los mapas, otra de las razones principales, es que la información geológica que maneja es de carácter superficial, característica que como se había mencionado antes ofrece únicamente un tipo de material dentro del territorio de Santa Cruz Ayotuxco, siendo que también y de forma puntual existen tobas andesíticas, distribuidas en las diferentes Zonas que comprenden el pueblo, la característica principal de este tipo de roca es que son porosas, lo cual permite que en dichos poros existan acumulaciones de agua, que poco a poco meteorizan la roca, tal y como se encontró en el área de estudio constituyendo con ello otra de las características de las que carece la información producida por INEGI ya que no se presentan las condiciones físicas que estas tienen en la actualidad.

Es importante mencionar que en la carta Geológica que es elaborada y editada por el Instituto de Fomento Minero del Estado de México también indica el mismo tipo de material dentro de la zona de estudio, razón por la cual únicamente se consideró la información que ofrece el INEGI.

La justificación que se ofrece ante estas carencias en cuanto al detalle de la información, es el costo que implica la elaboración y el levantamiento de campo de la información, por lo tanto resulta complicado elaborar mapas detallados del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, dando como resultado una sola unidad litológica, es importante mencionar que no obstante el producto obtenido de la carta geológica del INEGI, durante el recorrido de campo, en la zona de estudio, fue



posible identificar núcleos de derrame lávico andesítico, brecha saturada de agua, así como zonas de exfoliación laminar; como ya se había mencionado anteriormente, pero estas son características que más adelante contribuirán a definir las zonas más inestables de forma tal que el resultado obtenido de la variable litológica no es satisfactorio para el análisis físico de la zona de estudio.

Finalmente el uso de esta variable para la zonificación de áreas con mayor amenaza ante los procesos de inestabilidad de ladera, si bien para este caso en particular no es representativa, es importante su implementación, debido a que el tipo de roca que existe en el pueblo, al ser rocas ígneas extrusivas, el principal problema que estas tienen es su fácil desintegración al secarse o humedecerse, Suárez (2001), esta última es posible comprobarla, porque al realizar trabajo de campo se detectaron puntos donde existen rocas andesíticas, cuyo nivel de meteorización es alto, a causa de la cantidad de humedad que se encuentra contenida en ellas, permitiendo su fácil desintegración al ejercer presión con las manos, lo cual es un factor importante ya que esto también puede indicar que pueden colapsarse con mayor facilidad al agregar peso sobre la ladera, otra característica poco favorable es que este tipo de roca al meteorizarse los suelos que forman son poco resistentes Suárez (2001).



3.3.3 HUMEDAD DEL TERRENO

El Mapa 3 obtenido para esta variable ofrece únicamente un solo valor para toda el área seleccionada, pero al realizar la última reclasificación de la información, indica que toda ella se ubica dentro del rango 3 en la escala de valores establecida por el método original, lo que conlleva a que la saturación de humedad que existe en el terreno fácilmente puede potencializar la ocurrencia de procesos de movimientos de terreno dependiendo de la temporada en el que se presente el periodo de lluvias, lo cual puede ser entre las estaciones de primavera y verano, y como consecuencia de la falta de cohesión y compactación entre los materiales que conforman las laderas inestables.

3.3.4 MAPA DE ZONAS DE DEBILIDAD

Como ya se mencionó, el tema concerniente a este tipo de zonas fue agregado por la falta de información relativa a la actividad sísmica del lugar, la cual es la variable original que se maneja en el MVM. La cantidad de puntos fijados en campo cuenta un total de 34, mismos que fueron definidos e identificados como áreas de debilidad porque en ellos ya se suscitaron movimientos, además de que existe un alto contenido de humedad en el terreno, y como se mencionó en la descripción del mapa anterior se identificaron puntos donde el material geológico se encuentra en estado de meteorización por el contenido de humedad en las rocas, por otra parte dadas las características que presentaron cada uno de los puntos, fueron divididos en tres grupos, que representan a su vez tres niveles de amenaza dependiendo de las características que presenta cada uno de ellos.

Para explicar el mapa de zonas de debilidad, se tomaron en cuenta los números de cada uno de los puntos de control fijados en campo (Pc), los cuales a su vez están contenidos en el Mapa 4.

De entre los tres grupos que fueron definidos, el primero corresponde a aquellos puntos (9) que fueron identificados como de menor grado de influencia y son las



laderas de reptación, a las cuales se les asigna el valor más bajo(1), porque las laderas de reptación como ya se había mencionado en el primer capítulo son movimientos lentos que ocurren en grandes extensiones de terreno, dichas laderas de reptación se encuentran entre la zona denominada La Presa y la Zona Juashy (Pc 40), al nor-oeste de la superficie estudiada, a dicha área se le realizó un corte en la ladera, para la construcción de una carretera, donde también se aprecia que existe una inclinación de 35° aproximadamente en el material por removerse, en esta misma porción de la ladera también es posible apreciar el alto contenido de humedad; otro factor que denota la reptación de la ladera consiste en que la vegetación del lugar principalmente la arbórea presenta una leve inclinación que oscila entre los 15 y los 7°, Foto 5.



Foto 5: Ladera en reptación (Pc 40).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Por otra parte también en la Zona Mendoza (Pc 43) ubicada en la parte central del pueblo de Santa Cruz Ayotuxco existe otro punto donde se aprecia que es una ladera en reptación el cual también fue definido por la ligera inclinación que presenta la vegetación, Foto 6, del mismo modo, otro punto de ladera en reptación



existe en la parte sur-oeste del pueblo dentro de la denominada zona el Plan (Pc 46)



Foto 6: Ladera de reptación, inclinación de la vegetación (Pc 43).Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Otras características que fueron definidas con el valor de 1 fueron los suelos arcillosos (Pc 47, 48) este tipo de suelos al estar formados principalmente por este tipo de material son suelos compactos y duros cuando están secos lo cual disminuye la probabilidad de derrumbarse, además de que no permiten la filtración del agua sin embargo cuando están en contacto constante de agua y basamento rocoso su comportamiento es diferente ya que actúa como lubricante, acelerando los movimientos del suelo; también existen zonas identificadas con brecha volcánica (Pc 45), y zonas con núcleos de derrame lávico andesítico (Pc 54) Foto 7.



Foto 7: Núcleos de derrame lávico andesítico (Pc 54).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Finalmente también se encontraron en la zona denominada el Plan áreas que presentan inclinaciones en la vegetación, siendo principalmente visible en los árboles más altos, lo cual a su vez también es un indicador de que la ladera observa un proceso de reptación, (Pc 57, 58) Foto 8.



Foto 8: Inclinación de la vegetación (Pc 57, 58).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



En el segundo grupo que se definió se ubican 8 puntos de los reconocidos en campo los cuales asumen el valor medio (2), dentro de este rango se encuentran aquellas zonas en las que se identificaron fracturas paralelas (Pc 41) en la Zona Mendoza, además de inclinación en la vegetación mencionado anteriormente en el punto de control 43, se ubican dentro de la misma ladera, así mismo de acuerdo con la información proporcionada por protección civil el 4 de marzo de 2004 se detectó que dentro del paraje canales existen 6 viviendas con un total de 17 habitantes que se encuentran en riesgo, por estar asentados de forma irregular sobre una pendiente natural, la cual en algunos puntos supera los 35° de inclinación. Foto 9.

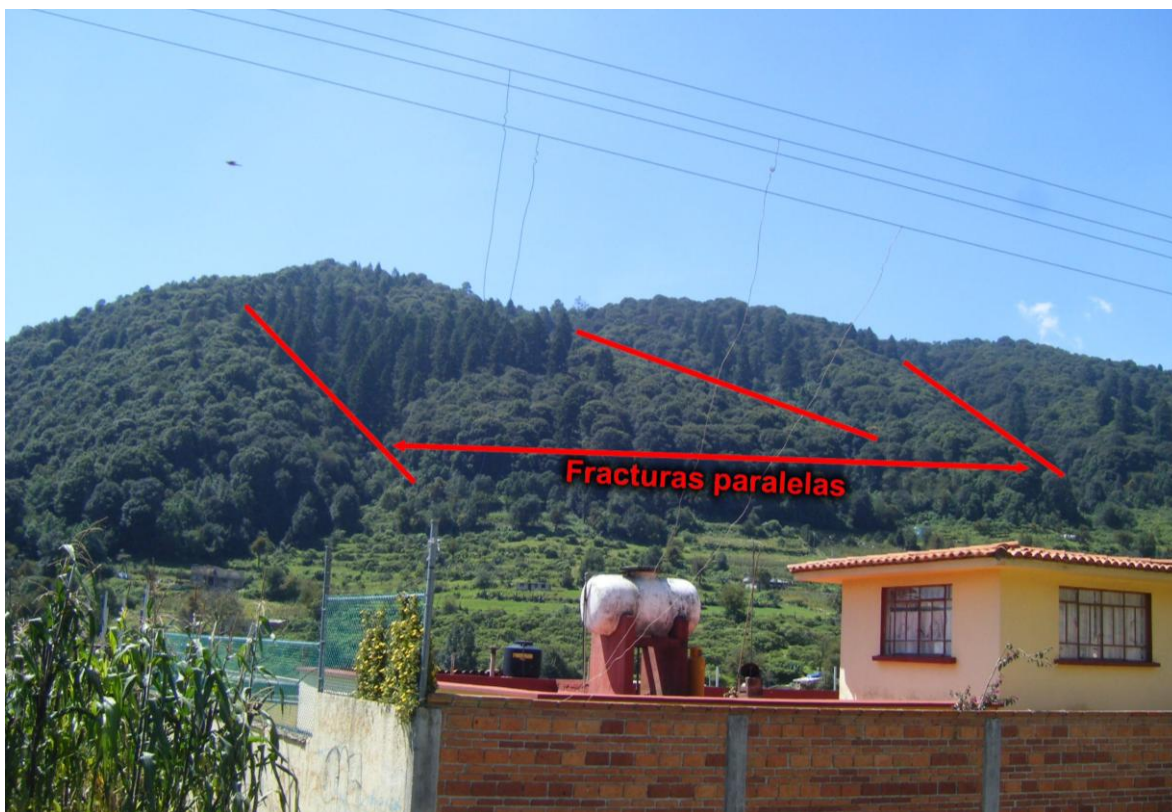


Foto 9: Fracturas paralelas (Pc 41).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

También dentro de este rango se ubican zonas con algún tipo de exfoliación laminar (Pc 52, 53, y 55) Foto 10, como los ubicados en la Zona del Panteón y la Zona el Plan y otros dos puntos más al nor-este de la Zona del Panteón (Pc 75, y 76)



Foto 10: Exfoliación laminar (Pc 52).



Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

También se localizó una zona con exfoliación esferoidal (Pc 74) Foto 11 ambos tipos de exfoliación se ubican en afloramientos rocosos e implican la desintegración del material, como consecuencia de esfuerzos internos o externos por lo tanto la ruptura de las rocas en dichos puntos conlleva a que la inestabilidad del terreno se incremente.



Foto 11: Exfoliación esferoidal (Pc 74).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



También se encontró un punto con diaclasamiento estable, el cual consiste en fracturas en la roca, que no van acompañadas de deslizamiento únicamente existe una separación transversal entre las rocas (Pc 72) Foto 12.



Foto 12: Diaclasamiento estable (Pc 72).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Finalmente el tercer grupo corresponde a los puntos críticos que se encontraron el lugar y corresponden a los 17 puntos restantes, están comprendidos por aquellas zonas que ya presentaron deslizamientos, llozaderos, así como materiales altamente intemperizados, además de brecha saturada de agua, y caída de vegetación, por lo tanto al ser zonas que ya presentaron inestabilidad en el terreno, se ubican dentro del rango de mayor riesgo y por lo tanto se les asigna el valor más alto (3). La razón de ubicarlos bajo este rango es que al ser puntos que ya presentaron debilidad es posible que vuelvan a manifestarse movimientos, en función de las actividades antrópicas que se lleven a cabo en dichos lugares a pesar del equilibrio adquirido tras el movimiento ya presentado.



En primer lugar el punto (Pc 35) de mayor importancia, se encontró entre la Zona el Juashy y Zona la Presa, si bien fue identificada una ladera en reptación en la misma zona, es importante mencionar que dicha ladera se ubica en uno de los márgenes de la barranca y el punto identificado como de alto riesgo se ubica al otro lado, en tal caso, el movimiento más importante que ha sido identificado es el asentamiento de una casa Foto 13.



Foto 13: Asentamiento y deslave (Pc 35).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Una de las principales características sobre este movimiento, fue que de acuerdo con el testimonio de la familia afectada el evento ocurrió de noche, y una porción del terreno original sobre la cual estaba asentada la vivienda cayó al río, sin embargo también es importante mencionar que de acuerdo a información proporcionada, la ubicación original de la casa se encontraba aproximadamente a un metro por encima del nivel que tiene actualmente, considerando a su vez que inicialmente existía una porción de terreno por el frente de la casa siendo este el acceso a la misma. Por esta razón, el único soporte actual que tiene la casa



consta de dos pequeños pilares que impiden el colapso de la misma, sin embargo, dado su estado sigue en constante peligro Foto 14.



Foto 14: Casa amarilla.

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Así mismo, en el lado opuesto donde también fue identificada una ladera en reptación y al oeste de la Zona la Presa y al norte del pueblo (Pc 36), se encontraron rocas andesitas, estas se encuentran en un estado de intemperismo alto, porque al ejercer presión en ellas con las manos se desmoronan con facilidad, esto a causa del alto grado de humedad que contienen, por lo tanto y como ya se mencionó en la descripción del mapa litológico esto implica que el nivel de amenaza que se da en el lugar puede verse incrementado al no existir resistencia de los materiales al ejercer presión, lo que conlleva a que se comporten de manera inestable al agregar peso sobre la ladera que contiene este tipo de materiales y con este grado de intemperismo Foto15.



Foto 15: Andesita altamente intemperizada (Pc 36).



Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Otro de los principales puntos considerados como de alta peligrosidad son aquellos en los que ya se presentó caída de materiales, localizados entre las Zonas denominadas la Presa y Juashy, (Pc 37, 38, 39) sin embargo es importante mencionar que en estos movimientos también se conjuga la presencia de lloraderos, o escurrimientos superficiales, los cuales a su vez se producen por exceso de humedad en el terreno y en horizontes impermeables, de ahí que también las rocas que se hallan en el lugar se encuentren altamente intemperizadas (Pc 36), Foto 16.



Foto 16: Lloradero (Pc 73).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



La existencia de lloraderos se presenta de igual manera en la Zona el Plan (Pc 49) sin embargo en este caso se encuentra en brecha saturada de agua (Pc 50) y no andesita como en el caso anterior, en este caso la característica principal es que son materiales muy porosos razón por la cual pueden contener una cantidad importante de agua, agilizando con ello la desintegración de la roca.

También fue posible identificar una zona de debilidad, en la cual es apreciable la ocurrencia de un movimiento de la ladera, con la variante de que como medida preventiva se optó por la construcción de un muro de contención, sin embargo la casa que se encuentra ubicada encima de la ladera representa un peligro constante porque se encuentra en una zona donde existen lloraderos y el material (brecha) se encuentra saturado de humedad, además de las vibraciones a causa de la carretera que existe al pie de la ladera, aumentando con ello la posibilidad de que se presente un movimiento del terreno en el futuro Foto 17.



Foto 17: Zona de debilidad (Pc 50).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



Dentro de la misma zona existen áreas donde también existe caída de vegetación (Pc 56) como puede observarse en la Foto 18, esta área se ubica al nor-este de la Zona el Plan y (Pc 60) en el paraje denominado Farango Foto 19.

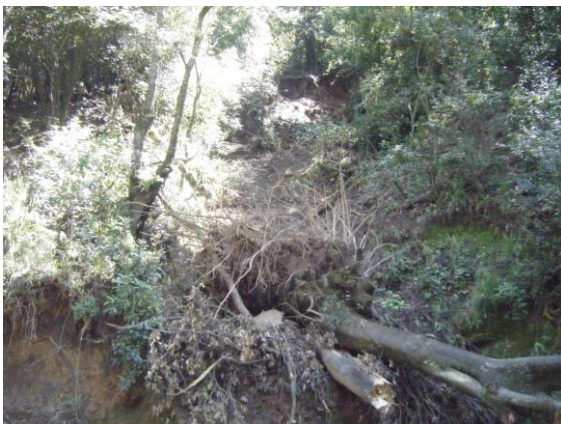


Foto 18: Caída de vegetación (Pc 56).

Foto 19: Caída de vegetación (Pc 60).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Los siguientes tres puntos (Pc 62, 63, 64) ubicados en la Zona Mendoza también fueron identificados movimientos de ladera, el primero a pie de carretera, si bien la cantidad de material que se ha movido de su estado original no es considerable, es importante en sí, la existencia del movimiento, puesto que la presencia de este, indica que la ladera se encontraba en un estado de inestabilidad, y como proceso de estabilidad natural se dio el movimiento. Foto20.



Foto 20: Caída de material (Pc 62).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



En el punto de control 63, el movimiento de terreno se dio debajo de una casa en construcción la cual en la actualidad está sin terminar por ser definido su estado de peligrosidad, no se concedió el permiso para seguir construyendo, en este punto es importante mencionar que la construcción es irregular Foto 21;



Foto 21: Caída de material (Pc 63).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

No obstante metros más adelante en el punto de control 64, también fue posible apreciar otro movimiento, que se suscitó en el lado opuesto del camino, donde a su vez como medida preventiva se optó por construir un pequeño muro de contención además de rellenar con roca y concreto la zona que quedó descubierta por debajo de la calle, en este punto lo que es importante resaltar es que al existir roca firme cerca de esta área la ladera obtiene estabilidad, pero no así en el margen del camino Foto 22.



Foto 22: Caída de material (Pc 64).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



El punto de control (68) fue registrado en la parte sur de la zona teco, al norte del pueblo, en el cual se registró un evento de remoción de material a causa de exceso de humedad en material andesítico, sin embargo también se aprecia que dicho movimiento es antiguo Foto 23 debido al crecimiento de vegetación que existe en el material que fue removido.

Es importante mencionar que dicho paraje fue determinado por protección civil como una zona de riesgo a causa de las intensas lluvias que afectaron la zona en el año 2007.



Foto 23: Caída de material (Movimiento antiguo) (Pc 68). Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Por otra parte, al otro lado de la cañada y cerca de los límites entre la Zona Teco, la Presa y la Loma, en el Paraje Necha se registró otro movimiento de material (Pc 69) que también en el año 2007 se produjo, o bien se potenció a causa del periodo de lluvias que se dio de forma intensa, sin embargo también es importante mencionar que en este punto fue donde se produjeron más daños tal como fue descrito en la Tabla 1 donde se menciona que fue en el Paraje Necha donde se suscitó el movimiento de ladera.



También es importante hacer hincapié que de acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012, en el año 2008 las autoridades municipales de protección civil identificaron que dentro del pueblo existen zonas que están entre los tres rangos que ellos identificaron como de riesgo, los cuales son alto, medio y bajo, principalmente a causa de que son asentamientos irregulares.

Por último y para concluir con la variable de Zonas de Debilidad los últimos puntos de control (Pc 70 y 71) se encontró que en el primero fue detectada humedad en el suelo dentro de la Zona la Presa, se encuentra a un costado de la carretera principal denominada Av. Santa Cruz; sin embargo el riesgo que existe, se ve incrementado a causa del corte vertical que se llevó a cabo en la ladera, en primer lugar por la creación de la propia carretera, en segundo por el nuevo corte que se realizó para la construcción de locales a pie de la cuesta, además de que también existen casas sobre ella, en una pendiente superior a los 20° la cual de acuerdo con la Tabla 3, es una pendiente moderada, en la cual es posible que existan movimientos de ladera ocasionales, además de un peligro de erosión Foto 24.



Foto 24: Zona de humedad(Pc 70).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.



Por último el segundo punto (Pc 71) fue localizado dentro de la Zona Teco al igual que en el punto anterior este se ubicó a un costado de la Av. Santa Cruz, la característica que presenta en este caso es que si bien existe humedad en el terreno, también existen huecos en los cuales en algún momento, y para la construcción de la carretera se utilizó dinamita para poder realizar el corte en la ladera, además de demoler las rocas que se encontraban en el lugar Foto 25; ocasionando con ello que en la parte interna de la ladera existan fisuras provocadas por la acción vibratoria de la o las detonaciones efectuadas, y al entrar humedad o agua en las fisuras se ocasiona que la roca o el suelo se degrade o adquiera cierto grado de meteorización, Foto 25.



Foto 25: Zona de humedad y Área dinamitada (Pc 71).

Lugar: Santa Cruz Ayotuxco.

Lo que concierne a esta variable, respecto al cambio realizado para su integración, la aportación que hace al método original es que se dan de forma puntual las características físicas de los lugares muestreados, primeramente aquellos donde ya se han suscitado colapsos, y en los que las condiciones de humedad pueden aumentar el grado de amenaza que existe en el lugar, en segundo lugar, porque las condiciones del terreno tal y como fueron localizadas no es posible encontrarlas en un registro de alguna institución oficial, lo que constituye una importante aportación al tener información detallada de las condiciones actuales que existen, con lo que es posible definir con mayor precisión cuales son aquellas áreas en las que existe mayor probabilidad de movimiento, tomando como base la estabilidad o la inestabilidad del terreno.




3.3.5 DISPARO POR LLUVIA

Si bien los resultados obtenidos para esta variable están dados a nivel mensual, se realizó considerando los tres niveles de amenaza manejados por la metodología original, sin embargo la cantidad de precipitación contenida en cada uno de los rangos se definió tomando como referencia los resultados máximo y mínimo de precipitación bajo el parámetro de periodos de retorno.

Es por ello que en el Mapa 5 de isólineas quedan representadas aquellas zonas en las que ejercen influencia los tres niveles de amenaza, que indican que el nivel de amenaza más bajo (1) y que oscila entre los 28 y 49 mm ocupando el 43.80% de la configuración total del pueblo, por su parte el 55.65% de la superficie total se encuentra dentro del rango medio y que a su vez asume que la cantidad de precipitación esperada, oscilando entre los 50 y los 70 mm, finalmente el valor que es más representativo y el de mayor nivel de importancia corresponde a aquellas áreas en las que es posible que se presenten precipitaciones superiores a los 71mm que corresponde al 4.87% del territorio de la Zona el Plan situación que indica que es un área en la que el nivel de humedad del suelo puede verse incrementada por la constante caída de agua y con ello puede suscitarse el movimiento del suelo aunado a la pendiente que existe en el lugar; sin embargo la distribución proporcional referente a este tema y para cada una de las zonas del pueblo se encuentra descrita en la Tabla 29.

	1 (28-49mm)	2 (50-70mm))	3 (71-91mm)
Zona el Juashy	100%		
Zona la Presa	100%		
Zona Tecó	73.81%	26.18%	
Zona Agua de Tejamanil		100%	
Zona Quiroz		100%	
Zona del Panteón		100%	
Zona el Plan		95.12%	4.87%
Zona Segura		100%	
Zona la Loma	34.89%	65.10%	
Zona Mendoza	26.76%	73.23%	



Zona Moo		100%	
Llano Grande	80.35%	19.64%	
TOTAL	43.80%	55.65%	0.54%

Tabla 29: Porcentaje de superficie del parámetro Disparo por Lluvia.

Si bien se dan los tres niveles de amenaza, es importante mencionar que son únicamente a nivel mensual, tal y como es establecido por el método original, lo que significa, que si se dividen los resultados entre el número de días de cada mes, resultan ser lluvias poco significativas tal es el caso de la información contenida en la estación 15045, ubicada en la marquesa, municipio de Lerma, donde la precipitación máxima registrada de todas las estaciones seleccionadas, fue de 206.12 mm, con periodo de retorno a 100 años de 78.9 mm, por lo tanto al dividirlo se tiene como resultado una precipitación de 6.6 mm al día, lo cual no conduce a saturación alguna del terreno.

Por otro lado el resultado de esta variable, es poco significativo para determinar con mayor precisión cuáles son las áreas con más probabilidades de presentar colapsos.

Sin embargo, existe la posibilidad de incrementar la confiabilidad en dicha variable, al considerar los promedios recientes y diarios de cada estación, pero la única limitante que existe, es la falta de instrumentación para la medición de este tipo de procesos, y aunado a ello es que, en los lugares en los que si existe no se llevan a cabo las lecturas diarias, por lo que los datos con los que se cuentan no son recientes, tal es el caso del presente trabajo, ya que los datos más recientes son los medidos en el año 2000, siendo que algunos de los movimientos que se presentaron, por pequeños que estos hayan sido se dieron durante el periodo de lluvia intenso que se dio en la región durante el año 2007, razón por la cual el resultado ofrecido no indica un aumento en la humedad del terreno en 24 horas.

Finalmente CENAPRED (2004), indica que lo ideal para poder realizar una correlación de este tipo de proceso con uno de la tipología de los movimientos del terreno, es obtener los datos de aquellas zonas o localidades en las que se



presenta este tipo de proceso, dado que son las mediciones directas de estos lugares en específico las mejores fuentes de información, porque con ellos es posible conocer cuáles son, o cual es, el umbral de precipitación que se requiere para que se susciten los movimientos de un determinado lugar, es por esta razón que resulta necesario o ideal ubicar estaciones en estas áreas con la finalidad de obtener los datos específicamente de la zona.



3.3.6 TIPO DE SUELO

En el Mapa 6 es posible apreciar en primer lugar, la existencia de suelos de tipo **Andosol**, al Norte y con mayor predominancia al Oeste, quedando su distribución tal y como se muestra en la Tabla 30:

	SUP. TOTAL en Km ²	ANDOSOL%	CAMBISOL%
Zona el Juashy	1.0326	79%	21%
Zona la Presa	0.5386	35%	65%
Zona Teco	0.3295	22%	78%
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	9%	91%
Zona Quiroz	0.7459	10%	90%
Zona del Panteón	1.0989	78%	22%
Zona el Plan	1.0279	3%	97%
Zona Segura	0.3950		100%
Zona la Loma	0.2582		100%
Zona Mendoza	0.6462	6%	94%
Zona Moo	0.4147		100%
Llano Grande	2.4311	83%	17%
TOTAL	9.2029	45%	55%

Tabla 30: Porcentaje de superficie del parámetro Tipo de Suelo.

La cobertura que ocupa este tipo de suelo en todo el territorio representa el 45% del total, principalmente las Zonas Juashy y Llano Grande son las de mayor cobertura, así mismo y dada esta condición, son las zonas cuyo potencial a presentar movimientos se ve incrementada por las características físicas de este tipo de suelo, debido a que son suelos fácilmente colapsables cuando están saturados de agua, entre otras características que se han mencionado en el capítulo anterior, además de ser principalmente la Zona Juashy cuyas condiciones de Pendiente y principalmente los puntos de debilidad que se encontraron en la misma, incrementan o potencializan el nivel de amenaza que se presenta en esa zona en específico.

Por otra parte, el tipo de suelo **Cambisol** es el que existe con mayor predominancia en el pueblo ocupando el 55% del total de territorio, principalmente en la zona centro del pueblo, abarcando completamente las Zonas la Loma, Moo,



Segura, así como una pequeña porción de las zonas Juashy, Teco, Agua de Tejamanil, Quiroz, y Zona del Panteón, además de la mayor parte de la Zona Mendoza y Zona el Plan.

Si bien son suelos arcillosos y compactos, el principal problema que estos representan, es que en áreas cuyas pendientes son pronunciadas, no son aptos para la urbanización, situación que se observa en el pueblo por ser la zona central, principalmente en las Zonas Loma y Quiroz; por otra parte una segunda limitante que existe es que por ser suelos arcillosos, al verse incrementada la humedad del suelo, la arcilla adquiere un rol de lubricante, incrementando la inestabilidad del terreno, por lo tanto su susceptibilidad a presentar colapsos se incrementa dependiendo de la cantidad de humedad o de precipitación que se presente en el lugar.

Finalmente y en la periferia del pueblo también existen **Planosoles** principalmente en la vertiente sur del Cerro Tengani y el Cerro San Francisco, en el pueblo San Francisco Ayotuxco.



3.3.7 USO DE SUELO

En el Mapa 7 nos indica que la mayor parte del territorio, atañe al uso **Agrícola** ocupando el 58.91% del total del territorio, mismo que a su vez asume el valor más alto en la valoración asignada, a razón de que comúnmente la agricultura produce un cambio importante en la cubierta vegetal que originalmente existe, a causa de la tala y la quema de pastos con el fin de aprovechar las tierras para el cultivo, además de que usualmente también existe labranza en áreas no adecuadas para este fin, trayendo consigo importantes consecuencias, como puede ser la pérdida de fertilidad del suelo, pérdida del mismo suelo (erosión) dependiendo del tipo de producto que sea sembrado y en este caso, se puede presentar la pérdida de adhesión entre el suelo y el sistema de raíces que aporta la vegetación originaria del lugar, en los tres niveles de vegetación que existen en la zona, la cual consiste en vegetación herbácea, arbustiva y arbórea.

De acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 31, las áreas que menor potencial tienen, para desarrollar inestabilidad en el terreno, como consecuencia del uso de suelo agrícola, son las Zonas del Panteón y el Plan, en el resto de ellas si existe la posibilidad de que se presenten este tipo de procesos puesto que en todas ellas más del 50% de las áreas que ocupan se da este tipo de uso.

	SUPERFICIE TOTAL	AGRICOLA %	FORESTAL %	HABITACIONAL %
Zona el Juashy	1.0326	86.96	12.09	0.94
Zona la Presa	0.5386	66.13	28.93	4.94
Zona Teco	0.3295	84.99	7.70	7.31
Zona Agua de Tejamanil	0.2838	75.12	14.01	10.86
Zona Quiroz	0.7459	77.34	13.31	9.35
Zona del Panteón	1.0989	33.33	62.55	4.12
Zona el Plan	1.0279	32.39	64.32	3.29
Zona Segura	0.3950	63.22	30.94	5.83
Zona la Loma	0.2582	72.77	8.48	18.75
Zona Mendoza	0.6462	50.05	44.58	5.36
Zona Moo	0.4147	53.48	42.68	3.84
Llano Grande	2.4311	58.19	40.04	1.76
Total	9.2029	58.91	36.69	4.40

Tabla 31: Porcentaje de superficie del parámetro Uso de Suelo.



Por su parte el uso de suelo **Habitacional**, si bien representa únicamente el 4.40% del territorio, es importante destacar que son las áreas que mayor afectación pueden observar dada la condición de su uso, para este caso las principales zonas que pueden verse afectadas son la Loma, Agua de Tejamanil y la Zona Quiroz, en la parte central de Santa Cruz Ayotuxco, ya que es en estas donde existe la mayor concentración de viviendas, así como comercios.

Por último el uso **Forestal** es el que ocupa el valor más bajo en la valoración realizada a la variable, por que se dice que al existir cubierta vegetal, son sus raíces las que tienen la función de retener el suelo, además de que tienen la capacidad de absorber la humedad que existe en el mismo, sin embargo no es una regla, ya que se han presentado movimientos de terreno en laderas cubiertas por bosque, como ocurrió en la comunidad de Mesón Viejo en el municipio de Temascaltepec en Febrero de 2010, como consecuencia de las precipitaciones que se dieron en ese periodo, llevando consigo áreas forestales y de cultivo, por lo tanto, el existir cubierta vegetal de este tipo, y al presentarse precipitaciones extraordinarias en un solo día, es posible que se dé un fuerte incremento en la humedad del suelo y que por dicha saturación no exista la capacidad de absorción necesaria y que la ladera colapse.



3.3.8 AMENAZA RELATIVA

Una vez con el mapa correspondiente a la zonificación de amenaza relativa es posible conocer la cantidad de áreas y superficies que abarcan cada una de ellas, con los valores cualitativos que fueron establecidos, y con los cuales es posible conocer la cantidad de áreas con mayor amenaza a padecer movimientos de ladera. Es decir es posible conocer en qué áreas en específico se conjugan todas las variables que fueron empleadas para la elaboración es este mapa.

Sin embargo para poder realizar una descripción más detallada a continuación se presenta la Tabla 32, donde se puede apreciar el porcentaje y el total de áreas que representan cada uno de los valores cualificativos del mapa.

Zona	Valor	Valor 1 (Muy bajo)		Valor 2 (Bajo)		Valor 3 (Medio)		Valor 4 (Alto)		Valor 5 (Muy Alto)	
		Núm. de Áreas	%	Núm. de Áreas	%	Núm. de Áreas	%	Núm. de Áreas	%	Núm. de Áreas	%
Zona el Juashy		75	6.80	169	13.55	111	47.24	115	29.75	50	2.66
Zona la Presa		81	17.76	72	40.31	81	24.58	40	16.21	10	1.15
Zona Teco		39	6.07	68	39.11	72	27.45	29	25.18	23	2.20
Zona Agua de Tejamanil		37	3.67	81	15.57	79	26.02	64	43.44	40	11.21
Zona Quiroz		75	6.40	127	24.86	111	34.46	79	26.38	48	7.90
Zona del Panteón		56	2.95	82	7.06	161	39.40	119	37.15	48	13.44
Zona el Plan		122	4.03	126	40.95	168	35.45	92	16.80	66	2.77
Zona Segura		24	5.48	73	34.22	62	27.20	25	29.39	37	3.71
Zona la Loma		46	19.94	79	36.76	55	29.81	50	11.71	17	1.77
Zona Mendoza		68	12.79	147	28.39	103	31.76	73	22.71	59	4.35
Zona Moo		33	8.00	66	33.69	61	29.68	28	24.88	20	3.74
Llano Grande		118	8.84	229	33.74	237	33.63	163	18.30	75	5.49
Total		774	7.84	1319	28.12	1301	34.44	877	24.12	493	5.48

Tabla 32: Áreas y porcentajes del Mapa de Amenaza Relativa.

Toda vez con las condiciones anteriormente representadas en el Mapa 8, así como la cobertura total por zona en la tabla anterior, es posible determinar que únicamente el 7.84% del total del pueblo se ubica dentro del rango con menor nivel de amenaza o muy bajo, ocupando un total de 774 áreas cuyas superficies



suman un total de 721 752.853 m², dichas áreas a su vez se encuentran dispersas en las doce zonas que tiene el pueblo, siendo las Zonas la Loma al nor oeste, la Presa al sur-este y Mendoza al oeste, las que tienen un porcentaje de ocupación mayor con este rango, el resto de las zonas, tienen áreas que se ubican dentro de este, sin embargo todas ellas no cubren el 10% de sus respectivos territorios.

Para este caso, al adquirir el nivel de amenaza más bajo de la valoración realizada, significa que todas ellas sumaron los niveles más bajos al realizar la adicción de todas las variables, lo que las convierte en áreas donde es posible llevar a cabo actividades de desarrollo humano, sin dejar de considerar las medidas constructivas necesarias para su establecimiento y no olvidar que se encuentran sujetos a terrenos inclinados.

En lo referente al nivel de amenaza bajo, al igual que el nivel anterior, este indica que son áreas con menor potencial a desarrollar movimientos de terreno, la cobertura de este nivel de amenaza dentro del territorio es de 28.12% es decir 2.5874 Km², igualmente distribuidas en las zonas en las que se divide el pueblo, para este caso las zonas con mayor cantidad de áreas bajo este nivel de amenaza son la Presa al sur y centro, y el Plan de forma dispersa en el sur y al este, con poco más del 40% de su territorio, Zona Teco en el centro, Segura al norte y al sur con mayor predominancia, en la Zona la Loma de forma dispersa, en la Zona Moo al sur y al este y por último Llano Grande con mayor predominancia al norte, todas ellas con más del 30%, por lo tanto esto indica que las probabilidades de no padecer o experimentar colapsos en el terreno son altas y por lo tanto, es posible llevar al igual que en nivel anteriormente descrito actividades tales como el desarrollo humano, sin embargo, este tipo de actividad, es necesario que sea desarrollada tomando en consideración las medidas necesarias para la construcción de viviendas, con el fin de minimizar aun más el nivel de amenaza, y con ello llegar al nivel ideal, el cual es nulo.



El nivel de amenaza medio es el que mayor ocupación tiene dentro de todo el territorio de Santa Cruz Ayotuxco, siendo del 34.44% con un total de 1301 áreas dispersas en las zonas, bajo este nivel, es la Zona Juashy la que adquiere mayores posibilidades de que se presenten movimientos en el terreno puesto que el 47.24% de su territorio está ocupado por áreas con este nivel de amenaza, ubicándose principalmente al sur y al oeste así como en la porción este donde ya se han presentado eventos de esta naturaleza. Este nivel de amenaza también existe en la Zona Quiroz en su porción sur y de forma dispersa en el norte, mientras que en la Zona, Mendoza se ubican al sur y Llano Grande en el centro y oeste, en las Zonas Panteón y el Plan de forma dispersa en todo su territorio, todas ellas abarcando poco más del 30% de sus territorios bajo este nivel de amenaza, el resto de las zonas poco más del 20% tal y como se describe en la Tabla 32.

En este sentido resulta necesario mencionar que el desarrollo de asentamientos humanos debe darse únicamente bajo medidas de estabilización de ladera, ya que si bien es un nivel medio, es posible que de realizar construcciones de carácter irregular, existe la posibilidad de generar un desequilibrio en la ladera que conlleve a un aumento en el nivel de amenaza, es por ello que es necesario tomar medidas de control y estabilización.

Los siguientes niveles de amenaza que se describen a continuación representan aquellas áreas es las que la posibilidad de que se presenten movimientos en el terreno sea mayor.

En cuanto el nivel de amenaza Alto, este representa apenas 24.12% es decir una superficie de poco más de 2 km² con un total de 877 áreas propensas a tener movimientos en el terreno, las cuales y al igual que en los casos anteriores se encuentran dispersas en las zonas que componen el pueblo, siendo para este caso la Zona Agua de Tejamanil la que cubre una mayor porción de su territorio siendo este el 43.44% disperso en 64 áreas principalmente del centro hacia el



norte. Por su parte la Zona del Panteón abarca 119 áreas dispersas en toda la zona siendo una superficie total de 408 262.765 m², el resto de las zonas, asumen áreas bajo este nivel de amenaza, sin embargo las antes mencionadas así como las Zonas Juashy, Teco, Quiroz, Segura, Mendoza, y Moo, abarcan más del 20% indicando con ello que son las áreas con menor potencial para el desarrollo de asentamientos humanos.

Finalmente el nivel de amenaza muy alto comprende apenas poco más de medio kilómetro cuadrado es decir 5.48% del total de pueblo se ubica dentro del rango de mayor amenaza o con mayor potencial a padecer movimientos en el terreno, así como también representa aquellas áreas donde ya se han suscitado este tipo de eventos, si bien la superficie que ocupa es de 504 110.627 m² esta se encuentra dividida en 493 áreas dispersas en todo el pueblo, de forma tal que las zonas con más áreas con potencial de inestabilidad son Panteón con 48 áreas ubicadas principalmente en el centro y Agua de Tejamanil con 40 áreas al norte y que ocupan el 13.44% y el 11.21% respectivamente, de sus superficies lo que las hace más propensas a padecer movimientos.

En lo que respecta al resto de las doce zonas todas ellas tienen áreas calificadas de muy alto riesgo, si bien las superficies son pequeñas en relación a la superficie del pueblo, es importante que en todas ellas se lleven a cabo acciones preventivas, con el fin de que el nivel de amenaza sea reducido, además de que el uso habitacional debe ser restringido dadas las condiciones que se presentan, por lo tanto es necesario que en ellas se lleven las acciones necesarias de prevención y monitoreo que emplea protección civil con la finalidad de reducir y mitigar los posibles daños que surgen como consecuencia de un proceso de esta índole.



3.2 VARIABLES SOCIALES

3.2.1 TOTAL DE POBLACIÓN

En lo referente a los totales de población se tiene que la zona que contiene la mayor cantidad de población es la Zona Mendoza, como se refleja en la Tabla 24. No obstante también es la zona con menos predios bajo el uso de suelo habitacional, por lo tanto, es donde está concentrada la mayor parte de la población, por lo tanto el requerimiento de servicios aumenta, o bien la cobertura de los mismos debe ser mayor que en lo que respecta al resto de las zonas, así como también puede incrementarse el nivel de amenaza ante procesos de inestabilidad de ladera.

En caso opuesto, se tiene que la zona con menor cantidad de población censada, es la Zona Segura ya que contiene únicamente 7 habitantes, sin embargo la razón es que el total general que maneja el censo es de 7011 habitantes, pero el total de personas que fueron registradas en los tomos del censo únicamente fueron 5860, existiendo un total de 1151 personas que no fueron debidamente registradas, por lo tanto es posible que algunas de esas personas que no fueron reconocidas sean habitantes de la zona en cuestión.

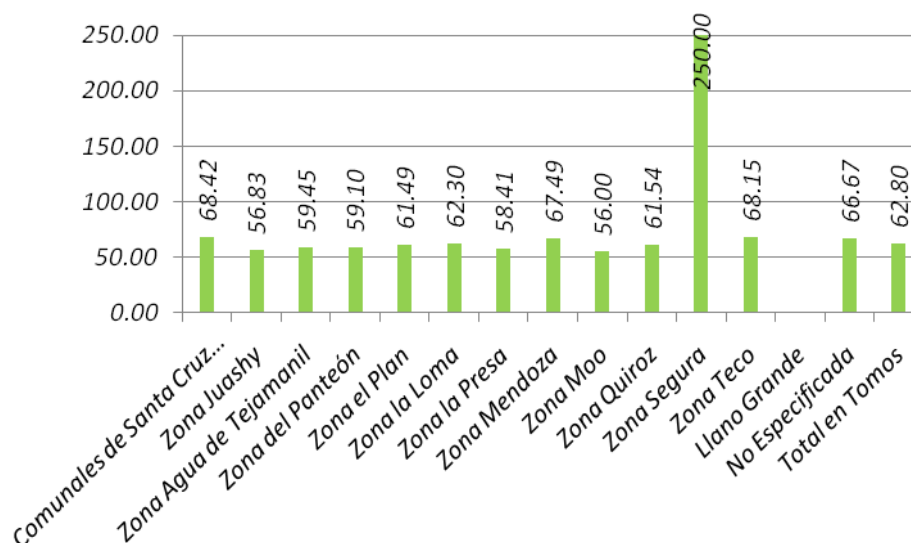
ZONA	Población Total		
	Pob.	Hombres	Mujeres
Comunales de Santa Cruz Ayotuxco	64	31	33
Zona Juashy	356	171	185
Zona Agua de Tejamanil	871	449	422
Zona del Panteón	603	314	289
Zona el Plan	541	273	268
Zona la Loma	508	257	251
Zona la Presa	339	169	170
Zona Mendoza	1561	783	778
Zona Moo	39	21	18
Zona Quiroz	441	209	232
Zona Segura	7	2	5
Zona Teco	491	241	250



Llano Grande	0	0	0
No Especificada	39	14	25

Tabla 33: Total de población hombres y mujeres por zona.

Por otra parte al realizar la división por grandes grupos de edad, como se mencionó en líneas anteriores fue posible obtener la tasa de dependencia que existe dentro de cada Zona, Gráfica 1, lo cual indica que es la Zona Segura la que mayor cantidad de personas dependientes tiene; sin embargo para este caso ocurre lo mismo que en lo que concierne a la población total, (únicamente fueron registrados siete habitantes) de ahí que la mayor parte de los que la habitan son dependientes; porque 3 son menores de 14 años y 2 personas son mayores de 65 años por lo tanto dependen directa y estrechamente de las otras dos personas que se encuentran entre los rangos de 35 y 39 años de edad.



Gráfica 1: Tasa de Dependencia

Es importante hacer mención que al menos el 50% de la población por zona es dependiente, por lo que resulta importante realizar mejoras en el suministro de servicios públicos en este caso los servicios de asistencia médica la razón de esto es porque existen 340 personas aproximadamente entre los grupos de edad de 60 a mas, así el sector educativo, existiendo un aproximado de 1920 habitantes entre los 0 y 15 años.



3.2.2 NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADÉMICA

Ligada a la variable anteriormente expuesta se ubica el nivel o grado de instrucción académica, es importante conocer el grado o nivel de escolaridad que existe en el pueblo, debido a que de esto, depende la asimilación o el entendimiento del por qué y cómo ocurren ciertos procesos naturales. Una de las razones principales es que es preciso comprender la realidad que perciben las personas afectadas, porque generalmente ante situaciones de emergencia, se producen reacciones de carácter emocional en la población afectada, como pueden ser actitudes antisociales, pánico o bien irracionalidad Toscana (2007) además de la exacerbación del proceso que se presenta en el momento ocasionando dificultad en el apoyo hacia los damnificados.

En este sentido, el estudio sobre el riesgo percibido puede ser una herramienta valiosa para el control de conflictos organizacionales. Portell y Vidal en su investigación aportan que cuando los expertos juzgan el riesgo en una situación en específico o una actividad, sus respuestas están correlacionadas con la morbilidad anual que existe al encontrarse en dicha situación, y por el contrario cuando se cuestiona a los sujetos involucrados en una situación de riesgo sus respuestas se encuentran relacionadas con otros aspectos tal es el caso de la exposición, el potencial catastrófico, así como el conocimiento y el control que se tiene ante esa situación, como lo ocurrido en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco, ya que tras haberse presentado el asentamiento de una vivienda en el Punto de Control 35 descrito en el apartado anterior, y de acuerdo con testimonio de los habitantes del lugar, el organismo de Protección Civil emitió un dictamen en el que se menciona que la vivienda que se encuentra actualmente habitada (casa gris) Foto 26, también se encuentra bajo amenaza al encontrarse en una ladera inestable además de los daños estructurales que esta presenta por lo que se tiene pleno conocimiento de la exposición en la que se encuentran, sin embargo existe inquietud por parte de los habitantes ya que no tienen otra alternativa de vivienda.



Foto 26: Vivienda bajo amenaza de Movimiento del Terreno. Lugar: Zona Juashy, Santa Cruz Ayotuxco.

Es por ello que es importante conocer el nivel de escolaridad que se tiene dentro el pueblo en Tabla 34, se muestran los niveles educativos así como la cantidad de habitantes por zona con algún tipo de instrucción.

Nivel	Zona	Pob.	Básico			Medio	Superior	Discapacidad
			Preesc.	Prim.	Sec.	Prepa	Prof.	
Comunales de Santa Cruz Ayotuxco		64	3	29	19	1	2	
Zona Juashy		356	15	148	110	40	5	
Zona Agua de Tejamanil		871	44	329	251	109	29	4
Zona del Panteón		603	23	218	199	60	19	1
Zona el Plan		541	21	182	180	60	17	2
Zona la Loma		508	24	181	157	64	32	
Zona la Presa		339	6	139	102	34	10	
Zona Mendoza		1561	78	638	432	119	25	4
Zona Moo		39	4	11	12	4	2	
Zona Quiroz		441	12	157	117	65	31	
Zona Segura		7	1	0	4	0	0	
Zona Teco		491	21	199	161	32	16	
No Especificada		325		12	12	2	1	
Total			252	2241	1756	590	189	11
Sin Educación (menores de 6 años)		462						

Tabla 34: Nivel de Escolaridad

Fuente: H. Ayuntamiento Constitucional de Huixquilucan.



Dados los anteriores resultados es posible apreciar que las Zonas con el menor grado de profesionalización de los habitantes son las Zonas Segura, Moo, los terrenos comunales de Santa Cruz Ayotuxco, así como la Zona Juashy, que es a la par la Zona que ha presentado el movimiento de terreno más importante dentro del todo el pueblo, en contraste, es la Zona Mendoza la que absorbe la mayor parte de la población con estudios a nivel superior, aún cuando más del 50% de su territorio se encuentra entre los niveles de amenaza relativa media alta y muy alta.

Por otra parte es importante resaltar que más del 50% de la población que habita en Santa Cruz Ayotuxco, se encuentra bajo el nivel de instrucción básico, es decir únicamente cuentan con instrucción primaria y secundaria, lo que significa que la mayor parte de las personas cuyo nivel de instrucción es media superior y superior estudian fuera del pueblo, ya que este, únicamente cuenta con kínder, primaria y una telesecundaria, la cual el servicio que ofrece es precario, porque no se imparten clases todo los días, por esta razón se considera que la población que habita dentro de esta comunidad se encuentra bajo la denominada Vulnerabilidad Educativa, porque no se ofrece la calidad necesaria así como la cobertura deseada de los niveles educativos básicos además, y de acuerdo con Wilches Chaux (1993), la educación idealmente debería de proporcionar el conocimiento necesario en materia de prevención y simulacros, con el propósito de, minimizar o reducir los efectos producidos, en este caso, de un proceso de inestabilidad de ladera, dada esta situación es importante implementar este tipo de conocimientos en los programas académicos con el fin de mantener informada a la comunidad.



3.2.3 TIPO DE VIVIENDA

Lo que concierne a la información encontrada sobre el tipo de vivienda, Tabla 35 se refiere al total de casas que son rentadas así como aquellas que son de tenencia propia por zona, lo cual nos indica que no solamente se corre el riesgo de que se susciten colapsos en las laderas, sino que también existe una posibilidad de que en aquellas zonas altamente amenazadas como lo son las Zonas Agua de Tejamanil, del Panteón, Juashy, y Segura al menos 24 viviendas, así como sus habitantes se enfrentan a la posibilidad de quedar sin nada, tras la ocurrencia de alguna contingencia mayor.

Zona	Total de Viviendas	Rentada	Propia
Comunales de Santa Cruz Ayotuxco	10	1	9
Zona Juashy	63	3	60
Zona Agua de Tejamanil	166	16	150
Zona del Panteón	115	4	111
Zona el Plan	98	6	92
Zona la Loma	104	8	96
Zona la Presa	73	3	70
Zona Mendoza	285	13	272
Zona Moo	7	1	6
Zona Quiroz	82	3	79
Zona Segura	1	1	
Zona Tecó	88	5	83
Sin Especificar	9	0	0
Total	1101	64	1028

Tabla 35: Tipo de vivienda

Fuente: H. Ayuntamiento de Huixquilucan*

Aunado al tipo de vivienda también está estrechamente ligado el factor de la autoconstrucción, esto como consecuencia del valor de la propiedad, y de acuerdo con Escobar (2001) “son los pobres los que ocupan las laderas más pendientes e inestables”, razón por la cual se autoconstruye en laderas no aptas para el desarrollo urbano, y principalmente por mano de obra no calificada por parte de los mismos propietarios (de ahí el término de autoconstrucción) durante los fines de semana y días feriados, ocasionando con ello que la construcción se detenga y



se prolongue por tiempos indefinidos en los días hábiles, de forma tal que la obra queda expuesta “a factores como infiltración y escorrentía, así como problemas de movimientos en masa, inestabilidad puntual que encarecen la implementación de soluciones correctivas” Escobar (2001).

Al ser construcciones de bajo costo, también tienen como característica la falta de técnicas de construcción apropiadas como pueden ser los rellenos mal contruidos y poco consolidados, así como la falta de estructuras que garanticen la estabilidad de las construcciones, además de la falta de infraestructura en los servicios públicos, en el caso de Santa Cruz Ayotuxco, en el paraje canales dentro de la Zona Mendoza, que a su vez es la zona con mayor cantidad de población, existen 6 viviendas con estas características, según el reporte de Protección Civil las cuales son asentamientos sobre una pendiente natural, la cual en algunos sitios supera los 35° de inclinación, sin embargo, solo se refieren a la zona que fue detectada con mayor potencial de amenaza a padecer movimientos en el terreno, es por ello que no se considera la totalidad del pueblo, de las cuales sin duda una importante proporción de las viviendas se encuentran con estas condiciones además de que existe carencia en los servicios públicos.

Por esta razón todas las zonas, pero principalmente las zonas mencionadas anteriormente, se encuentran bajo vulnerabilidad económica, la cual tal vez representa el eje más importante dentro de la considerada vulnerabilidad global, debido a que es este parámetro por el que puede ser medido o cuantificado, el nivel o grado de riesgo que existe económicamente hablando, por q con ello es posible llegar a un estimado del costo que implica la recuperación, aunque también bajo esta característica se puede dar una aproximación del tiempo en que tarda la población en regresar a las condiciones anteriores en las que se encontraban previamente al proceso de remoción o bien a un desastre, sea este natural o no.



3.2.4 SERVICIOS

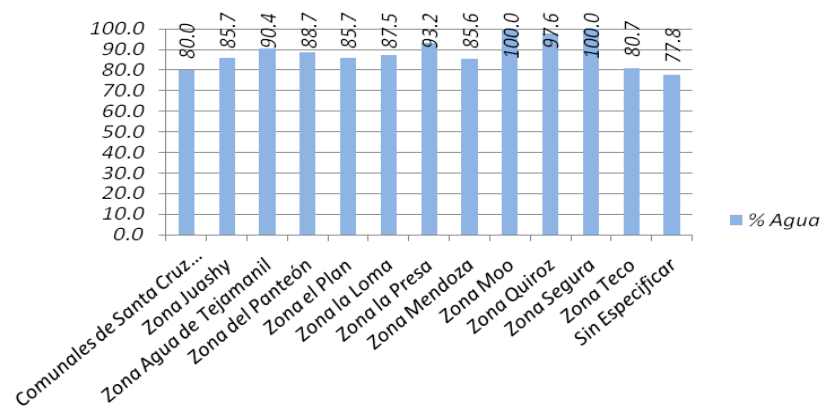
Los Servicios Públicos en una localidad se consideran como aquellos que satisfacen las necesidades colectivas de una determinada zona, localidad, municipio, y a su vez deben cumplir con las siguientes características: que sean suministrados de forma permanente, sin fines de lucro y por último deben ser prestados por los organismos públicos, aunque también es posible que la prestación de los mismos se dé a través de un organismo privado, por ejemplo en el caso de México se encuentra el servicio prestado por Telmex o bien compañías de televisión por cable, entre los servicios públicos más importantes y básicos se encuentran Agua, Luz, Drenaje, y Alumbrado Público, en este caso también se cuenta con el servicio de teléfono, sin embargo no siempre se cuenta con todos estos servicios, Tabla 36.

ZONA	Total	Agua	%	Luz	%	Drenaje	%	Fosa Séptica	%	Alumbrado	%	Teléfono	%
Comunales de Santa Cruz Ayotuxco	10	8	80.0	6	60.0	4	40.0	6	60.0	6	60.0	2	20.0
Zona Juashy	63	54	85.7	53	84.1	2	3.2	51	81.0	39	61.9	10	15.9
Zona Agua de Tejamanil	166	150	90.4	147	88.6	13	7.8	144	86.7	148	89.2	44	26.5
Zona del Panteón	115	102	88.7	99	86.1	11	9.6	99	86.1	97	84.3	35	30.4
Zona el Plan	98	84	85.7	84	85.7	11	11.2	83	84.7	94	95.9	20	20.4
Zona la Loma	104	91	87.5	90	86.5	18	17.3	84	80.8	98	94.2	38	36.5
Zona la Presa	73	68	93.2	67	91.8	17	23.3	51	69.9	64	87.7	24	32.9
Zona Mendoza	285	244	85.6	240	84.2	8	2.8	253	88.8	230	80.7	50	17.5
Zona Moo	7	7	100.0	7	100.0	3	42.9	4	57.1	6	85.7	1	14.3
Zona Quiroz	82	80	97.6	79	96.3	38	46.3	42	51.2	77	93.9	46	56.1
Zona Segura	1	1	100.0	1	100.0		0.0	1	100.0	1	100.0		0.0
Zona Teco	88	71	80.7	70	79.5	5	5.7	79	89.8	80	90.9	19	21.6
Sin Especificar	9	7	77.8	7	77.8	1	11.1	7	77.8	9	100.0	4	44.4
Total	1101	967	87.8	950	86.3	131	11.9	904	82.1	949	86.2	293	26.6

Tabla 36: Cobertura total de Servicios

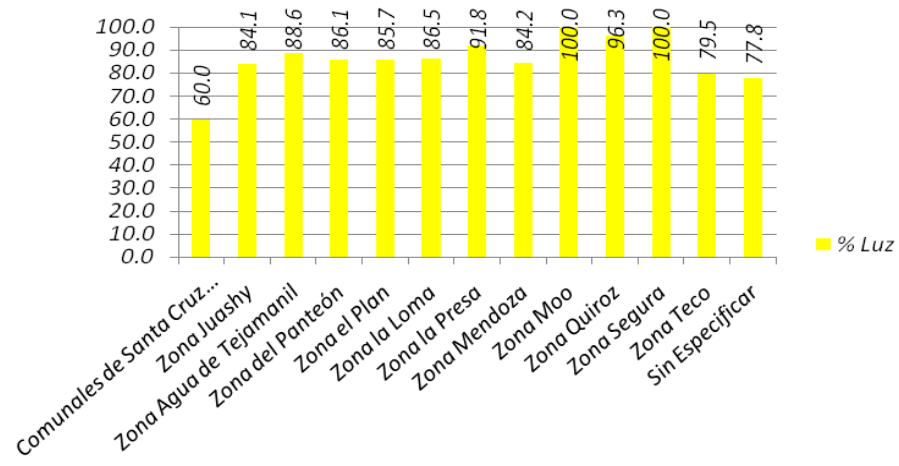
Fuente: H. Ayuntamiento de Huixquilucan*

Primeramente, en lo que respecta al servicio de agua potable, únicamente la zona Moo y Segura son las que tienen la cobertura de este servicio al 100%, Gráfica 2 sin embargo hay que tomar en cuenta que de la Zona Segura únicamente se tiene el registro de una sola vivienda, pero de forma general más del 50% de cada una de las zonas que conforman al pueblo se encuentran abastecidas de agua potable, sin embargo en las Zonas Agua de Tejamanil, el Panteón, Juashy, Mendoza y Teco, también tienen el abastecimiento de este servicio a través de pipas.



Gráfica 2: Cobertura del servicio de Agua Potable

Con respecto al suministro de energía eléctrica nuevamente son las Zonas Moo y Segura Gráfica 3, las que tienen la cobertura total del servicio, no obstante lo que se ha mencionado en líneas anteriores, sin embargo al igual que en el parámetro anterior más del 50% del total de cada una de las zonas si cuentan con el suministro de este servicio, aunque no se sabe si es de forma regular o no, es decir bajo previo contrato con la compañía dedicada a ofrecer este servicio.



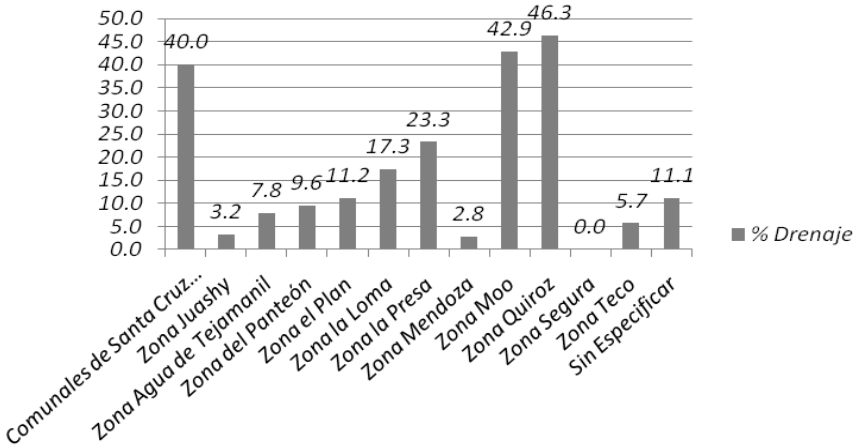
Gráfica 3: Cobertura del servicio de Energía Eléctrica

Uno de los servicios más importantes referentes a la temática que se está abordando, es el drenaje, ya que de este depende la cantidad de humedad que se aporta a la ladera de forma antrópica, porque si no existe un sistema de drenaje adecuado, las aguas residuales son vertidas hacia las calles o bien hacia las mismas laderas, provocando con ello que existan cambios en las condiciones de



humedad en el terreno, con lo cual según Suárez (2001) "Las entregas puntuales sobre los taludes producen cárcavas que pueden representar una amenaza directa para las viviendas que producen el vertimiento".

Para el caso especial de Santa Cruz Ayotuxco únicamente son tres Zonas las que tienen mayor cobertura, la primera de ellas es la Zona Quiroz que abarca un total de 46%, con únicamente 38 viviendas de las 82 que fueron registradas lo tienen, el segundo lugar se ubican la zona Moo, con el 42.9% es decir de 7 viviendas registradas 3 si tienen el servicio, y por último los comunales de Santa Cruz Ayotuxco, con el 40% del total, si bien esta última no se encuentra dentro de la zona definida, es importante mencionarla dado que esta se encuentra limitando con la Zona Juashy que es una de las zonas que registraron mayor potencial a padecer movimientos de ladera, además en necesario recalcar que todo proceso natural no respeta límites administrativos, proporcionando con ello influencia en las laderas sobre las que se encuentra la Zona Juashy, finalmente en lo que concierne con el resto de las zonas todas ellas únicamente abarcan menos del 25% del total, Grafica 4.



Gráfica 4: Cobertura del servicio de Drenaje

Esta situación significa que las aguas residuales son vertidas hacia las cañadas Foto 27 y 28, situación que produce desequilibrio en la ladera, tal es el caso de los límites entre las zonas la Loma y Tecó, que son zonas que no alcanzan el 20% de



la cobertura total del servicio, sin embargo a su vez albergan una cantidad importante de población, así mismo es donde se registraron como zonas de debilidad tres puntos en los que fue posible comprobar que existe saturación por humedad, como ya se había mencionado antes debido a las descarga de aguas residuales domésticas.

Razón por la cual el nivel de amenaza relativa se manifiesta en constante aumento generando además, que en los puntos de descarga se provoque otro problema de importantes dimensiones siendo este la erosión hídrica, a través de la cual se efectúa de manera directa un proceso de desgaste, transporte y deposición de las partículas de suelo que conforma la ladera, mientras que la misma caída de las aguas residuales produce un desgaste por la energía cinética que estas llevan, similar al que se produce por las gotas de lluvia pero este con mayor intensidad dado que es ocasionado por la caída constante de un flujo de agua.

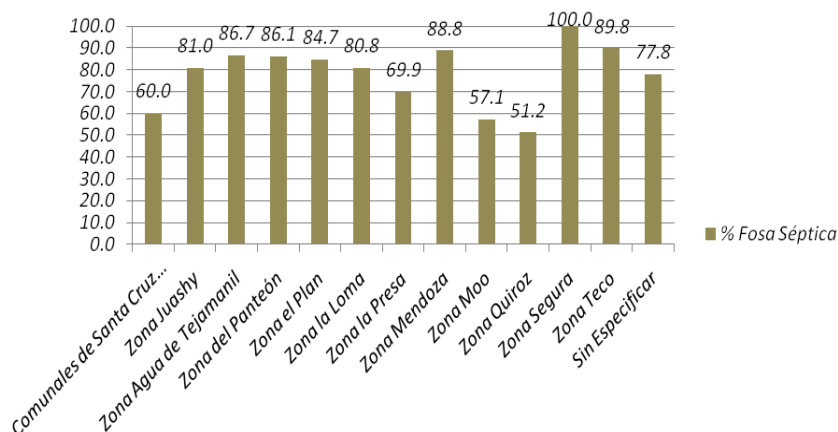


Foto 27 y 28: Fuentes domésticas de erosión.

Bajo esta misma situación se encuentran las zonas Segura, Juashy, Mendoza y Teco con menos del 10% del suministro del servicio, y son estas zonas las que también presentan altos niveles de amenaza relativa.



Ligado a la falta del servicio de Drenaje, el uso de Fosas Sépticas resulta necesario y pueden ser de tres tipos: Concreto, Fibra de Vidrio o Plásticas, Lesikar (2000), el uso de este tipo de sistema constituye una de las formas más fáciles y en algunos casos económicas, (especialmente con una población dispersa) de evacuar la aguas residuales que se generan dentro de las viviendas, pero cuando existen formaciones geológicas que dificultan su implementación, así como la falta de suministro de agua, la implementación de este sistema de desalojo se torna costoso, según lo estipulado por la NOM-006-CNA. Sin embargo, al igual que los servicios, la implementación de las fosas sépticas sea cualquiera de sus tipos, se da cuando las viviendas, sean rurales o urbanas existen de forma regular, en caso contrario, al ser las viviendas irregulares, las fosas se construyen de forma económica, lo que implica que en algunos de los casos únicamente se perfora el suelo y esa excavación es la que constituye la fosa, de forma tal que al no existir un tratamiento apropiado de este sistema se acumula humedad en la ladera aumentando el grado de amenaza relativa que existe en el lugar, esto como consecuencia del tipo de construcción que se explicaba en líneas anteriores, para este caso todas las Zonas que comprenden el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco tienen más del 50% del uso de este sistema, Gráfica 5, es por ello que resulta indispensable saber qué tipo de fosa séptica se ha implementado, ya que de esto dependen las características mínimas necesarias que establece la NOM-006-CNA, en el caso de México, para su implementación y por ende el aumento o la disminución de la humedad en la ladera.



Gráfica 5: Cobertura del sistema de Fosa Séptica.



Finalmente y en lo que respecta los servicios con los que cuenta el pueblo; los dos últimos que se encontraron en el Censo de Santa Cruz Ayotuxco son el Alumbrado Público y el servicio de Telefonía, sin embargo, la importancia que tienen estos son vitales a diferencia de las variables anteriores, la causa principal es que pueden verse afectados al presentarse una contingencia tal es el caso del Punto de control 64 que se ubica dentro de la Zona Mendoza (y que fue descrito en el apartado anterior) ya que en las cercanías de este lugar, existe alumbrado público de diversos materiales, consistente en troncos, con una lámpara, así como lámparas sobrepuestas en los mismos postes de luz, por lo que no existe infraestructura propia correspondiente a este servicio Fotos 29 y 30; si bien su hechura es sencilla son de vital importancia en caso de que se presente alguna contingencia en un horario nocturno, ya que al faltar este servicio se dificulta la visibilidad del lugar, incrementado el nivel de vulnerabilidad de los habitantes afectados en lo que respecta al tiempo de respuesta posterior a una contingencia.



Foto 29 y 30: Tipo de Alumbrado Público.

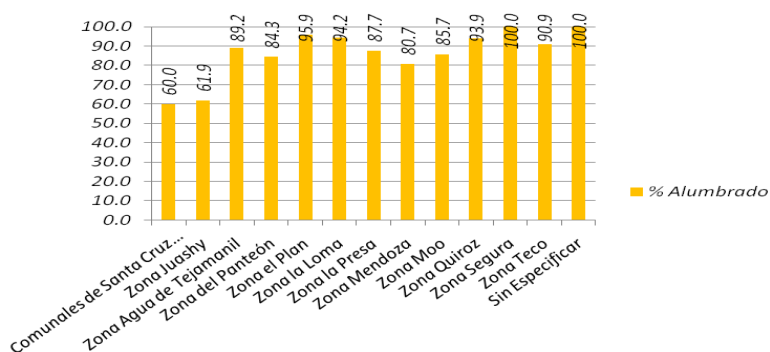


Lugar: Zona Mendoza

Para el caso de la Zona Segura, se cuenta con una cobertura del 100% referente a este servicio, sin embargo el resto del territorio, con el 80% incluida la Zona Mendoza que es la que absorbe la mayor parte de la totalidad de población

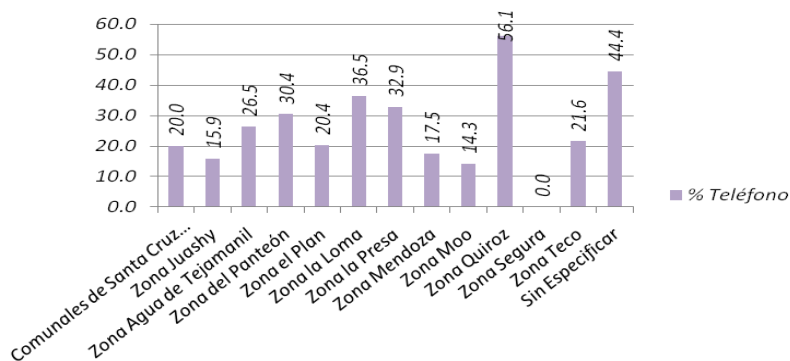


existente, mientras que los terrenos comunales de Santa Cruz Ayotuxco, y la Zona Juashy, son las únicas que contienen el porcentaje más bajo referente a este servicio, siendo de 60.0% y el 61.9 % respectivamente, Gráfica 6, nuevamente en este caso es la zona Juashy la que tiene nivel alto de amenaza relativa.



Gráfica 6: Cobertura del Aluminado Público.

Por otra parte también es importante mencionar que, lo que respecta al servicio de Telefonía, como ya se citó anteriormente, adquiere vital importancia, ya que la carencia de este servicio impide o retrasa el auxilio por parte de las autoridades correspondientes, en este caso protección civil, ya que es este el medio más rápido (además del radio) por el cual es posible dar aviso a las autoridades la ocurrencia de un proceso de esta naturaleza; en este sentido el pueblo se encuentra vulnerable porque únicamente la Zona Quiroz cuenta con poco más del 50% del este servicio Gráfica 7, mientras que la Zona Mendoza únicamente se encuentra cubierta en un 17.5%..



Gráfica 7: Cobertura del servicio Telefónico.



3.2.5 MATERIAL DE LA VIVIENDA

Otras de las características que se encontraron en el censo, son las referentes al material con que fueron hechas las viviendas, lo que permite realizar una evaluación sobre la calidad de las mismas, así como la calidad de vida de los habitantes del pueblo de Santa Cruz.

Según el Instituto de Geografía de la UNAM (2004), este indicador permite *“cuantificar y localizar las áreas y la cantidad de viviendas susceptibles de mejoramiento, ya sea mediante la introducción de servicios o de materiales más resistentes”*.

En este caso es importante saber que aquellas construcciones que han sido realizadas con materiales pesados, tal es el caso de la loza o tabique, incrementan el grado de vulnerabilidad física de los habitantes, ya que al suscitarse una eventualidad o una contingencia, que conlleve al asentamiento o bien el colapso de una vivienda, como ya se ha visto en el Punto de Control 35, en el que si bien la construcción mantuvo su forma, existen casos, en los contextos nacional e internacional, en los que se destruye por completo la vivienda produciendo que con ello los habitantes en el peor de los casos puedan ser sepultados por los escombros, y por consiguiente la pérdida de vidas humanas. Esta situación de vulnerabilidad física también puede verse incrementada dependiendo del horario de la eventualidad, ya que, si esta se presenta durante el día las acciones de rescate se ven facilitadas, mientras que en un horario nocturno, incluso el acceso a las mismas puede disminuir.

Para Escobar (2001), la madera es el material más apropiado para la construcción en las laderas ya que las edificaciones con este material son livianas, lo que disminuye el riesgo de ser sepultado por los escombros, además, menciona que las excavaciones que se necesitan para la construcción con este tipo de material son mínimas, mientras que para edificaciones con materiales pesados como el



tabicón y loza resulta necesario hacer excavaciones de cimentación más profundas, además de que requiere asesoría técnica para su construcción.

ZONA	Total de Viviendas	Loza	Lámina	Cartón	Tabique	Adobe	Madera	Teja
Comunales de Santa Cruz Ayotuxco	10	8	2		5			
Zona Juashy	63	34	28	1	33	6		
Zona Agua de Tejamanil	166	106	51	2	85	14		
Zona del Panteón	115	86	28	1	56	9		
Zona el Plan	98	69	28		39	6		
Zona la Loma	104	69	27		51	14		
Zona la Presa	73	50	18		27	8		
Zona Mendoza	285	168	116	2	138	22	6	1
Zona Moo	7	6	1		4	1		
Zona Quiroz	82	68	12	1	33	1	1	1
Zona Segura	1	1			1			
Zona Teco	88	54	33	1	45	7	4	
Sin Especificar	9	7	2		8			
Total	1101	726	346	8	525	88	11	2

Tabla 37: Materiales en la vivienda

Fuente: H. Ayuntamiento de Huixquilucan*

Los materiales predominantes con los que fueron hechas las viviendas en el pueblo en cuestión según la Tabla 37 son Loza y Tabicón, y la mayor parte de ellas se ubican en la Zona del Panteón y la Zona Agua de Tejamanil, esta última ocupa poco más del 50% del territorio bajo los niveles de amenaza alto y muy alto, ambas zonas son las que absorben la mayor parte de la población teniendo 1561 habitantes y 285 viviendas en el caso de la primera y 871 habitantes con 166 viviendas en la Zona Agua de Tejamanil.

Por lo tanto, contener la mayor proporción de viviendas construidas con materiales pesados y estar inmersas en zonas cuyo nivel de amenaza relativa es alto con 43.44% y muy alto con 11.21% para la comunidad de Agua de Tejamanil y 37.15% y 13.44% entre el nivel alto y muy alto respectivamente para la Zona del Panteón el nivel o grado de amenaza se incrementa, disminuyendo a su vez el nivel seguridad que presentan los habitantes por la razón antes mencionada.



Por otra parte, como también ya se mencionó, la mayor parte de las viviendas están construidas con materiales pesados infiriendo con ello que la calidad de vida de sus habitantes oscila entre el nivel medio y bajo, esto por la adquisición de ese tipo de materiales; sin embargo la calidad de la construcción difiere una de otra, tal es el caso de las viviendas contenidas en las Fotos 31 y 32, las cuales se encuentran dentro de la Zona Agua de Tejamanil. Sin embargo es apreciable a simple vista que la vivienda de la Foto 31 presenta humedad en las paredes, razón que aumenta su grado de amenaza relativa pese a ser de una construcción de calidad, mientras que la vivienda de la Foto 32 aun se encuentra en obra negra.



Fotos 31 y 32: Materiales en la vivienda.

Lugar: Zona Agua de Tejamanil, Santa Cruz Ayotuxco.

Otro aspecto que es importante mencionar, es que si bien los materiales más predominantes son los que se citan en líneas arriba, también existen combinaciones de materiales en todas las zonas, ya que existen viviendas con paredes de tabicón y con techo de lámina o teja, así como casas con paredes de madera y de adobe, aunque en todas ellas, los materiales predominantes son los más pesados.

Para el caso particular de la Zona Juashy los niveles de Amenaza Relativa que se definieron se ven incrementados por esta situación, ya que se registran los valores más altos, con respecto al valor de amenaza relativa del resto de las Zonas, Fotos 33 y 34.



Fotos 33 y 34: Materiales en la vivienda.

Lugar: Zona Juashy, Santa Cruz Ayotuxco.

3.3 ANÁLISIS POR ZONA

Finalmente al conjugar los resultados obtenidos en los dos apartados correspondientes al Capítulo anterior es posible obtener un análisis por cada una de las zonas que componen el pueblo así como también es posible representar aquellas zonas definidas en el mapa de amenaza relativa, todo lo referente a carreteras, calles, terracerías, brechas y veredas, Mapa 9 así como otro tipo de edificaciones como escuelas, panteón e iglesias, además de la hidrología del lugar y las áreas habitadas, haciendo posible llegar a una estimación del grado de amenaza que se presenta en el pueblo de Santa Cruz Ayotuxco y en los diferentes niveles de vulnerabilidad, en todas sus expresiones tal y como lo menciona Wilches-Chaux (1993). Para el caso de los diferentes niveles de vulnerabilidad en necesario mencionar que al presentarse de forma constante un mismo tipo, en cada una de las Zonas, estas van a ser descritas de forma general para todo el Pueblo como es la Vulnerabilidad física y ecológica, porque se da de forma natural dentro de todo el pueblo, por lo tanto no es necesario mencionarlo para cada una de las zonas, así mismo existen otros tipos de vulnerabilidad, bajo esta misma condición, como la vulnerabilidad política, la institucional y la educativa, porque todas ellas se encuentran reguladas bajo un mismo régimen administrativo, situación que no cambia entre zonas.



3.3.1 ZONA JUASHY

Primeramente es una zona, en la cual se presentaron los movimientos de ladera más importantes, siendo para este caso el de mayor relevancia el asentamiento de una vivienda a las orillas de una barranca, sin embargo de acuerdo con los resultados obtenidos, es una zona de la cual el 32.4% de su territorio se encuentra entre los dos rangos más significativos, ya que su ocupación abarca un total de 334 711.947 m² divididos en 165 áreas que dada su naturaleza cualitativa se encuentran bajo mayor amenaza a padecer movimientos del terreno, y es precisamente en aquellas áreas en las que se encuentran los asentamientos humanos, por ello se encuentran bajo una eminente vulnerabilidad física tal y como es descrito por Wilches-Chaux.

Sin embargo también puede clasificarse como una zona de vulnerabilidad ecológica, debido a que los movimientos del terreno cualquiera que sea su modalidad se dan a través del autoajuste de las laderas como consecuencia de la intervención humana en su transformación, modificación y adaptación para su desarrollo.

En este mismo orden de ideas es posible mencionar que el total de viviendas que consideraba el censo de 2005 para esta zona era de 63, dentro de las cuales se encuentran un total de 356 habitantes de los cuales el 56.8% de ellos es dependiente, es decir que la mayor parte de la población que habita la Zona Juashy se ubica dentro de los rangos de 0 a 14 años y superiores a los 65 años de edad, por lo tanto la capacidad de respuesta, en lo que se refiere a la rapidez de reacción ante un proceso de esta índole se ve reducida, dada la condición física de las personas dependientes.

Por otra parte lo que respecta a los niveles de instrucción académica se indica que para esta zona los niveles medio superior y superior cuentan con apenas el 11 y el 1% respectivamente, por lo tanto existe vulnerabilidad ideológica en cuanto al



conocimiento de porque suceden o se presentan los procesos de inestabilidad, siendo esta la principal causa de la falta de conocimiento y con ello la falta de reacción ante un proceso de este tipo.

Además de estas condiciones, las características que tienen las viviendas, en cuanto al tipo de vivienda, los materiales con las que están hechas, así como los servicios públicos con los que se cuenta, para este caso en particular la mayor parte de ellas (60 viviendas) son propias, mientras tres más son rentadas lo cual puede implicar que en caso de presentarse una contingencia, se corre el riesgo de perder todo con lo que se cuenta, dependiendo de la intensidad del proceso, y las pérdidas se dan por partida doble ya que no solo pierden los habitantes, sino que también las personas que rentan.

Por su parte existe vulnerabilidad técnica en la mayor parte de las viviendas, puesto que en su mayoría están construidas con materiales pesados tal es el caso de materiales como la loza y el tabicón, que vulneran aun más las condiciones de seguridad de los habitantes dada la característica de que son materiales pesados, que pueden dificultar el rescate de personas, también existe falta de técnicas de construcción que permitan reducir el impacto o tolerancia de la vivienda ante un proceso de esta índole, por su parte esta carencia de diseños resistentes obedece a que la mayor parte de las construcciones que aquí se encuentran han sido edificadas bajo la modalidad de asentamientos irregulares.

No obstante esta característica, existe cobertura de servicios públicos en más del 50% de cada uno de ellos, siendo principalmente el servicio de agua potable, electricidad, fosa séptica y alumbrado público, por lo tanto de existir movimientos en la ladera, estos servicios pueden verse afectados en el suministro, incrementando con ello la vulnerabilidad y dependencia de los habitantes que sean afectados.



En el Mapa 9 se encuentran representadas las vías de acceso que tiene dicha Zona, los cuales son caminos revestidos de concreto que conectan a toda la zona, una de ellas se conecta con la calle principal denominada Av. Santa Cruz Ayotuxco, cuya condición actual es de deterioro, ya que presentan fracturas a lo ancho de la calle, constituyéndose también como la única vía de entrada y salida de vehículos, aunque también existe un pequeño puente que se conecta con las viviendas ubicadas en las áreas de mayor riesgo Foto 35.

En la foto es posible apreciar que en la parte inferior izquierda de la imagen se encuentra el acceso vehicular que se mencionaba en líneas anteriores, sin embargo este es estrecho puesto que únicamente tiene cabida para un solo vehículo, por su parte el puente peatonal que se presenta, da difícil acceso a las viviendas ya que estas se encuentran ubicadas en la parte superior de la ladera.



Foto 35: Accesos a la Zona Juashy.

Lugar: Zona Juashy, Santa Cruz Ayotuxco.

Por lo tanto dada esta condición la prestación del servicio de emergencia puede verse dificultado o bien retrasado, por las condiciones que existen para acceder a la zona ya que la mayor parte de las viviendas que se ubican en áreas de mayor



amenaza relativa se encuentran ubicadas en torno a este acceso, otra de las dificultades que se pueden presentar es que para acceder a esta zona es necesario cruzar un puente localizado entre los límites de las Zonas Juashy y la Presa; otra característica de imperante importancia es que esta calle se encuentra ubicada debajo de una ladera de reptación Foto 36, lo cual puede implicar un bloqueo a esta vía y con ello retardar más el tiempo de respuesta ante una contingencia debido a que este es el acceso más rápido e importante que se tiene a esta zona, por la conectividad directa con la carretera principal, de lo contrario resultaría necesario utilizar vías alternas, una de ellas está conectada directamente con la Zona Llano Grande al sur del pueblo y una más por los Terrenos Comunales de Santa Cruz Ayotuxco, sin embargo se desconoce el estado actual de estas vías de acceso, situación que también provocaría que la respuesta ante una contingencia se vea retrasada incrementando con ello la vulnerabilidad de las personas posteriores a un desastre o un movimiento en el terreno.

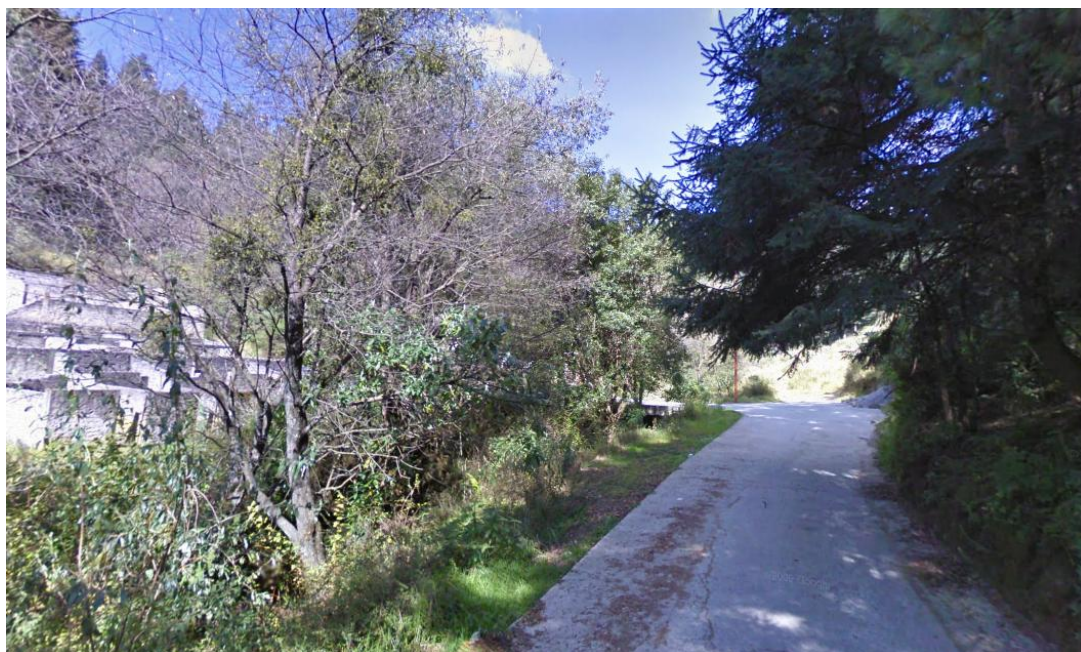


Foto 36: Accesos a la Zona Juashy.

Lugar: Zona Juashy, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.2 ZONA AGUA DE TEJAMANIL

En esta zona únicamente el 19.2% de su territorio se encuentra entre los dos rangos más bajos en lo que se refiere a amenaza relativa, sin embargo estas áreas se encuentran ubicadas en pequeñas zonas de bosque, principalmente cerca del área de barrancas y otras más en parcelas agrícolas, el 54.6% de su territorio se encuentra ocupada por 104 áreas cuyo nivel de amenaza relativa oscila entre los dos niveles más altos, teniendo a su vez una superficie de 155 094.113 m², donde se han llevado actividades de desarrollo humano, como creación de viviendas y calles, situación que como ya se mencionó los hace vulnerables físicamente.

En este sentido la totalidad de viviendas que existían para el año 2005 era de 166, lo cual la hace una de las zonas con mayor cantidad de infraestructura, de las cuales 150 viviendas son propias y 16 se encuentran bajo la modalidad de renta.

Para esta zona se tenía que la población total era de 871 habitantes, de los cuales existe una dependencia del 59.4%, es decir más de la mitad de la población no se encuentra en condiciones de enfrentar por sí mismas situaciones tales como las contingencias que pueden o no presentarse, ocasionando con ello que la capacidad de respuesta ante ellos no sea eficaz y rápida.

En relación al nivel de dependencia los niveles de instrucción académica, destacan que 762 personas de las 871 cuentan con un nivel de instrucción, siendo el nivel básico el que ocupa la mayor parte de la población con un total de 624 habitantes cuyas edades oscilan entre los 4 y los 14 años de edad, mismas que se encuentran dentro de la población que es dependiente, pero también esta zona se constituye como de las 4 zonas en las que existen más de 20 habitantes con nivel de instrucción profesional, en este caso el porcentaje de representación es del 3.3% de la población total, situación que merma la vulnerabilidad ideológica, puesto que con ello se logra que este sector de la población tenga una mayor



concepción y asimilación de por que se presentan este tipo de procesos, sin embargo esta situación no condiciona la forma de construir de nuevas viviendas ya que pese a tener uno de los valores más altos con respecto a este nivel educativo es también una zona en la que se presenta un 43% de su territorio con nivel de amenaza relativa alta; además de que el nivel básico el que tiene la mayor parte de la población.

Si bien es importante el grado de instrucción en la zona, es menester mencionar que también existen 4 personas, hasta el año 2005, con algún tipo de discapacidad, lo cual las hace vulnerables ante una contingencia, e incrementando con ello el nivel de dependencia que existe en la zona.

En esta zona los materiales predominantes en la vivienda están constituidos por materiales pesados, consistentes principalmente en paredes de tabicón y techos de loza, por lo tanto y dada la condición de que son materiales pesados, es posible que ello incremente el nivel de vulnerabilidad de los habitantes, como se muestra en la Foto 37 no existen técnicas adecuadas de construcción para el establecimiento de viviendas en zonas de ladera.



Foto 37: Tipo de construcciones.

Lugar: Zona Agua de Tejamanil, Santa Cruz Ayotuxco.



En ella se aprecia que el tipo de construcción que existe es de forma irregular, por lo tanto carece de técnicas constructivas adecuadas para su estabilización así como los permisos para su construcción, esto por el lugar que esta vivienda se encuentra ocupando en la ladera, misma que está definida como una zona de alta amenaza relativa. Por otra parte también es posible apreciar que la infraestructura que se encuentra en la zona, carece de técnicas adecuadas para control de humedad como se muestra en la Foto 38. Donde se muestra que a pesar de ser una construcción posiblemente clasificada como de nivel medio, no se han llevado a cabo las adecuadas medidas preventivas para el control de la humedad, como en el caso de los lloraderos en las laderas que fueron descritos anteriormente, en las paredes de la vivienda es visible la humedad, lo cual disminuye la resistencia de los materiales con los que está construida, además de que implica degradación y deterioro de los mismos, en caso de que se presente un proceso de reptación, y con ello aumenta el grado de vulnerabilidad técnica.



Foto 38: Humedad en las paredes de la construcción. Lugar: Zona Agua de Tejamanil, Santa Cruz Ayotuxco.

En lo concerniente a los servicios resulta necesario mencionar que más del 80% de la zona cuenta con servicio de agua potable, energía eléctrica, alumbrado



público y fosa séptica, esta última puede incrementar el nivel de amenaza de los habitantes, al aumentar el nivel de humedad que se aporta al suelo, debido a la carencia de drenaje, por otro lado al contar con una cobertura del 80% de las viviendas con estos servicios se incrementan los daños que puede sufrir la zona principalmente en la infraestructura de los servicios (postes, tuberías) en caso de contingencia, otra de las afectaciones pueden presentarse es el corte de las comunicaciones, tal es el caso de los daños que puede padecer la infraestructura telefónica existente en el lugar, además del daño a las principales vías de acceso como se muestra en el Mapa 9 en el que se puede apreciar que existe un acceso principal al norte de la zona que lleva por nombre Av. Peñasco de Teshata o Carretera al Santuario, mismo que ha sido definido por INEGI como un camino de terracería, sin embargo las condiciones actuales, no coinciden con este tipo de camino, ya que se encuentra revestido, y además atraviesa áreas que fueron definidas con amenaza relativa alta y muy alta, por lo tanto al existir esta condición, existe la probabilidad de que al presentarse un movimiento en esta zona, la calle sea bloqueada impidiendo el acceso al resto de la misma, las demás calles que existen dentro de la zona, se puede decir que están revestidas por concreto y en algunos casos con asfalto, con pendientes pronunciadas, además de que el ancho de las mismas únicamente da cabida para un automóvil, dificultando el acceso al resto de las áreas habitadas que se ubican al sur, aunque estas se encuentran en áreas de baja amenaza relativa, además de que es posible acceder a ella desde otras zonas y por calles con características similares

Foto 39.



Foto 39: Tipo de calles.

Lugar: Zona Agua de Tejamanil, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.3 ZONA DEL PANTEÓN

Es una zona en la cual la mitad de su territorio se encuentra compuesta por áreas que tienen amenazas relativas altas y muy altas siendo del 37.1% y el 13.4% respectivamente, y repartidas en 1678 áreas que conforman una superficie del 555 937.667 m², y únicamente un 10.1% entre las amenazas relativas más bajas las cuales están constituidas por áreas boscosas, al igual que las áreas que corresponden al nivel de amenaza relativa media.

En esta zona para el año 2005 la población que la ocupaba era de 603 personas, de las cuales el 59.1% de ellas son dependientes, ubicadas en un total de 155 viviendas, localizadas dentro de áreas de amenaza relativa media a muy alta, en este sentido las únicas edificaciones que se encuentran asentadas en áreas de muy bajo riesgo son el Santuario del Divino Rostro, Foto 40, ubicado sobre la Av. Peñasco de Teshata o Carretera al Santuario, y el panteón del pueblo, ubicado en el cruce de las calles Av. del Divino Rostro y Camino a San José, de este es importante mencionar que de acuerdo con los datos que ofrece el Plan de Desarrollo Urbano de Huixquilucan del periodo 2009-2012, este cuenta con una superficie de 3591 m², y tiene una ocupación actual del 80%.



Foto 40: Santuario del Divino Rostro .

Lugar: Zona del Panteón, Santa Cruz Ayotuxco.



Los niveles de educación que existen, y el que más predomina en la zona, es el nivel básico, mientras que los niveles medio superior así como el superior ocupan apenas el 9.9% y el 3.1% respectivamente, es por ello que es posible predeterminar que el nivel o el grado de comprensión que existe en este lugar es bajo, dado que no existen los conocimientos necesarios para poder entender el proceso, es decir se desconocen las consecuencias negativas, que se aportan a las laderas, al modificarlas con el fin de establecer viviendas o comercios, por ello el nivel de vulnerabilidad se ve incrementado, por otro lado hasta el año 2005 existía únicamente una persona con algún tipo de discapacidad, aumentando de forma particular su nivel de vulnerabilidad ante un proceso de esta magnitud.

Ligado al nivel de educación que existe en el pueblo, es posible inferir que por costumbre, los materiales predominantes para la construcción de viviendas, son los considerados como materiales pesados, tales son los casos de las paredes de tabicón, así como los techos de loza, aunque también existen viviendas que fueron construidas con adobe además de lámina y cartón, al existir mayor predominancia de materiales pesados quiere decir que, de presentarse un movimiento en el terreno estas viviendas incrementan considerablemente la vulnerabilidad de los habitantes, principalmente porque es probable que las viviendas hayan sido construidas sin ninguna técnica constructiva, esto como consecuencia de la autoconstrucción, además de que este tipo de viviendas bajo este régimen, implican a su vez falta de permisos, dada esta modalidad, lo que implica que son construidas en áreas que no están autorizadas o bien están construidas en zonas cuya amenaza relativa a presentar movimientos es alta, tal es el caso de las zonas cercanas a las calles principales, como se puede ver en la Foto 41 y 42.



Foto 41 y 42: Tipo de viviendas.

Lugar: Zona del Panteón, Santa Cruz Ayotuxco.

La Foto 41 muestra claramente un asentamiento humano construido a un costado de la calle, bajo el régimen de autoconstrucción, es fácilmente apreciable por el hecho de que la vivienda carece totalmente de diseño, es decir, primeramente se construye un “cuarto”, y con el paso del tiempo se van anexando más de ellos de acuerdo con las necesidades de los propietarios, como puede ser el aumento en la cantidad de habitantes o el aumento en las posibilidades económicas que permitan la expansión de la vivienda.

Por otro lado, al darse esta modalidad de construcción, no se toman en cuenta las características físicas que existen en el terreno, la Foto 41 lo demuestra fácilmente por que se ha construido al pie de una ladera previamente modificada por la construcción de la calle, por lo tanto para la creación de ésta, necesariamente se volvió a modificar la ladera, primeramente para crear un acceso y posteriormente para abarcar una mayor profundidad en la vivienda, ocasionando con ello que se den dos opciones en la ladera, primero, que la corona del talud adquiera estabilización por la construcción de las paredes de la vivienda o bien que se desestabilice el área inferior de la vivienda, porque claramente la pared de la ladera está constituida por materiales poco compactados y fácilmente deleznable, incrementando con ello la amenaza relativa a presentar movimientos y con ello la vulnerabilidad de los habitantes, también puede apreciarse una construcción más sobre la ladera, aumentando con ello el peso.



La cobertura que se tiene de los servicios correspondientes al abastecimiento de agua, así como el suministro energía eléctrica, uso de fosas sépticas y alumbrado público, los denotan una cobertura superior al 80% de cada uno de ellos, exceptuando el de mayor importancia, el drenaje ya que éste únicamente cuenta con una cobertura de 9.5%, lo que indica que las aguas residuales de uso doméstico que se generan en las viviendas son vertidas directamente a las laderas, agravando con ello la situación que se tiene, ya que con ello se produce un aumento en los niveles de humedad del suelo y por lo tanto una disminución en la compactación del mismo, a razón de la erosión hídrica que se lleva a cabo por efecto del flujo de las aguas residuales así como la energía cinética que lleva el agua al ser vertida.

Dentro del Mapa 9, es posible apreciar que la Av. del Divino Rostro se encuentra ubicada bajo zonas de muy alto riesgo, donde las fuertes pendientes que existen en esas áreas son su característica principal, además de que una proporción importante de las viviendas se encuentran ubicadas sobre esta avenida, lo cual incrementa de forma considerable el nivel de vulnerabilidades que existen en la zona de igual forma el Camino a San José, cuyas condiciones actuales son de deterioro Foto 43, se ubican sobre áreas cuyo nivel de amenaza es alto, y al ser estas las únicas dos vías principales de acceso a la zona, implican que de existir movimientos sobre las mismas existiría bloqueo de las calles retrasando con ello los servicios de auxilio y como consecuencia incrementando la vulnerabilidad de los habitantes.



Foto 43: Camino a San José, al fondo el panteón.

Lugar: Zona del Panteón, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.4 ZONA EL PLAN

En esta Zona el 44.9% de su superficie (462 364 m²), está dentro de los rangos de amenaza relativa muy bajo y bajo y divididos en 248 áreas ubicadas al sur, así como al este de la zona, donde predomina zona boscosa, mientras que los niveles de amenaza más altos ocupan solo el 19.5% del territorio divididos en 66 áreas, ocupando áreas de uso de suelo agrícola así como en aquellas en las que se han presentado movimientos tal es el caso de la caída de vegetación en el paraje Farango, también existen 92 áreas de amenaza relativa alta, al igual que en el anterior se ubican en áreas de cultivos, así como la ladera de reptación que fue posible identificar en campo.

Para esta Zona se contaba con una población de 541 habitantes para el año 2005, de los cuales existe una dependencia del 61.4%, lo que quiere decir que el nivel de vulnerabilidad que existe en esta zona, es de los más altos, ya que la población se encuentra entre los rangos de menor de 14 años o mayor de los 65, reduciendo con ello la capacidad de respuesta ante cualquier proceso de origen natural, debido a los movimientos del terreno.

Ligado al nivel de dependencia y al estar conformado por población principalmente infantil, se tiene que con respecto al nivel de educación existe poco más del 60% de la población con un nivel de educación básico, mientras que el 11.0% y el 3.1% de la población cuenta con el nivel medio superior y superior respectivamente, disminuyendo con ello la concepción del porque de la ocurrencia de los procesos de inestabilidad de laderas, y aunado a la carencia de instrucción se agrega la falta de información sobre qué es lo que se debe de hacer en caso de presentarse un movimiento de esta índole, y con ello se incrementa el nivel de vulnerabilidad ideológica. Además de que también existían o existen 2 personas con algún tipo de discapacidad aumentando con ello la vulnerabilidad particular de esos habitantes, así como el nivel de dependencia.



Por su parte los materiales predominantes en la construcción son el tabicón y la loza, materiales que ofrecen resistencia, pero también aumentan el nivel de vulnerabilidad de los habitantes si estas no están construidas bajo las técnicas de construcción adecuadas para áreas inestables, sin embargo la gran mayoría de las viviendas que se encuentran en la zona, están ubicadas en áreas cuyo nivel de amenaza oscila entre el medio y el muy bajo, de forma tal que el nivel de vulnerabilidad física no es como las zonas que se han descrito con anterioridad, en lo que respecta a movimientos del terreno, ya que dadas esta condición el nivel tiende a ser menor en comparación con las demás zonas.

No obstante a ello, y pese a que las áreas que se encuentran sobre la carretera principal (Av. Santa Cruz Ayotuxco), resulta necesario que las viviendas cuenten con todas las medidas o técnicas constructivas recomendadas, y con ello minimizar posibles daños y afectaciones, porque la gran mayoría de ellas, así como la misma avenida se encuentra ubicadas en los márgenes del río Santa Cruz, el cual puede incrementar los niveles de humedad del suelo como lo demuestra la Foto 44.



Foto 44: Asentamientos humanos.

Lugar: Zona el Plan, Santa Cruz Ayotuxco.



En el paraje Farango (dentro de esta misma zona) es necesario tomar todas las medidas preventivas necesarias porque de acuerdo con el trabajo de campo, se ha presentado caída de vegetación, así también se han identificado dos puntos en los que se tiene inclinación de la misma, situación que prevalece en los movimientos de reptación, aunado a ello existen zonas habitacionales por encima de estas laderas Foto 45, incrementando claramente con ello el nivel de amenaza debido al aumento de peso en la ladera.



Foto 45: Asentamientos humanos, Paraje Farango.

Lugar: Zona el Plan, Santa Cruz Ayotuxco.

Otra característica que tienen las viviendas, es que se encuentran construidas en pendientes, como puede verse en la foto anterior donde muestra claramente que la vivienda fue construida a base de materiales pesados y a unos pocos metros de la barranca, y el material que se encuentra por debajo de la calle pierde estabilidad.

Por otra parte también es necesario mencionar que dentro de esta zona se tiene una cobertura superior al 80% en lo que respecta a los servicios de agua, energía eléctrica y fosa séptica, y más del 90% en el suministro de alumbrado público, en



lo referente al porcentaje de drenaje que se tiene, apenas 11.2%, y representa una situación que incrementa en grado o el nivel de amenaza de la zona porque ello se indica que la mayor parte de las aguas residuales de origen doméstico, son vertidas hacia el río, o en el caso de las que se ubican en el paraje Farango, son vertidas hacia la misma ladera, incrementando con ello la erosión hídrica que se pueda presenta en el lugar.

Por último el Mapa 9 muestra las vías y caminos principales que se conectan con las zonas habitacionales, en este sentido la Av. Santa Cruz Ayotuxco así como las calles Gustavo Baz y el Circuito el plan, se encuentran bajo áreas cuyo nivel de amenaza relativa es baja, sin embargo en el caso de la primera, se han ubicado una serie de puntos de control que muestran que existe inestabilidad en el terreno ya que se ha detectado caída de vegetación, como es el caso de brecha saturada de agua, lo que puede constituirse como un posible bloqueo de la carretera principal, y con ello la disminución en la rapidez de respuesta en cuanto al acceso y salida de los servicios de emergencia, al igual que en el camino que conecta al Paraje Farango con la vía principal.



3.3.5 ZONA LA LOMA

Es una de las dos zonas que cuentan con poco más del 50% de su superficie bajo niveles de amenaza muy bajo y bajo, siendo un total 146 459.948 m², mientras que los niveles de amenaza más altos apenas alcanzan a cubrir 13% del territorio, divididos en 67 áreas que se encuentran dispersas, en este sentido, es una de las zonas con mayor seguridad en lo que respecta al nivel de amenaza que existe, ya que durante el trabajo de campo realizado, no se encontraron puntos de debilidad o con algún nivel de deterioro en la roca o caída de vegetación como ocurrió en las otras zonas.

Sin embargo pese a la estabilidad física que existe; se tenía que hasta el año 2005, se contaba con una población de 508 personas, con un porcentaje de dependencia del 62%, situación que debilita a este sector de la población, ya que está compuesto por los grupos de edad que son considerados vulnerables al estar constituido por niños y ancianos.

Ligado a este sector de la población los niveles de instrucción que existen en la zona, se tiene que existía una población total de 458 habitantes con algún tipo de instrucción académica, población que está en más del 50% instruida bajo los niveles básicos de educación, lo cual reduce el conocimiento que se pueda tener sobre lo que son los movimientos del terreno en la mayor parte de la población, no obstante existe 6.2% con nivel superior, pero ello no es garantía del conocimiento, sino que puede facilitar la comprensión del proceso en sí.

La cantidad de viviendas que albergan a la población de esta zona, se tenía un total de 104 inmuebles, de las cuales únicamente 8 estaban bajo el régimen de renta, la mayor parte de ellas se encuentran construidas por materiales pesados, paredes de tabicón y techos de loza, aunque también existen viviendas construidas con otros materiales, como el adobe y lámina, pero a pesar de estar construidas, en áreas cuyo nivel de amenaza es bajo, estas se deben construir



tomando en consideración algunas de las técnicas necesarias y disponibles para prevenir posibles daños, una de estas medidas, es la confección de cimientos utilizando roca, característica que predomina dentro de esta zona como se aprecia en la Foto 46, no obstante también es importante que puedan ser consideradas las edificaciones sismo-resistentes, ya que a pesar de que la amenaza es baja se encuentran construidas en laderas como también lo demuestra la Foto 46, en las que es necesario tomar o llevar a cabo medidas preventivas, con la finalidad que no exista perdida del suelo principalmente por causas hídricas, característica que puede cambiar la condición de amenaza.



Foto 46: Viviendas en pendientes.

Lugar: Zona la Loma, Santa Cruz Ayotuxco.

También prevalecen las condiciones de irregularidad en las viviendas, lo que minimiza la resistencia de la misma, además de que los materiales tampoco son los idóneos, ya que ellos favorecen un aumento en la vulnerabilidad física de las personas en caso de presentarse algún movimiento, ya que este tipo de materiales tienen la peculiaridad de prensar o sepultar en este caso a los habitantes de cualquiera que sea una vivienda afectada.



Por su parte en canto a servicios, la zona tiene cobertura en más del 80% los que corresponden al suministro de agua, energía eléctrica y fosa séptica, mientras que 94% cuenta con el servicio de alumbrado público, el cual se torna esencial, dado que este servicio se ubica a las orillas de la carretera principal misma que es de jurisdicción estatal.

En este sentido, y en lo referente a lo que expresa el Mapa 9, únicamente existen calles de las que se desconoce su tipología así como si son de primer o segundo orden o de terracería, sin embargo, durante la visita de campo, fue plausible apreciar y documentar que las calles que existen dentro de la zona, en su mayoría están cubiertas por una capa de concreto hidráulico, otra característica que tienen es que están construidas en los límites de las laderas, aumentando con ello el nivel de vulnerabilidad que pueda existir ya que por la falta de drenaje disponible, así como la disposición de aguas residuales de uso doméstico sobre la calle, se incrementa la probabilidad de que el suelo que se encuentra por debajo de estas calles (Foto 47 y 48) se pierda y por consiguiente un posible colapso de la calle, aumentando con ello el nivel de vulnerabilidad de los habitantes, incluyendo con ello incomunicación además de dificultad en el acceso.



Foto 47 y 48: Vías de acceso a zonas habitacionales.



Lugar: Zona la Loma, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.6 ZONA LA PRESA

Esta representa la zona con más del 50% de su territorio compuesto por áreas cuyos niveles de amenaza relativa son los más bajos, ya que cuenta con una superficie de 312 726.37 m² distribuidos en 153 polígonos, en la porción norte se ubican áreas con bajo nivel de amenaza, según el resultado de la suma de todas las variables, sin embargo es importante hacer hincapié que en esta zona y principalmente en la porción nor-oeste de la misma, es donde se ubicaron un total de 5 puntos de debilidad, en los que se presentan lloraderos, movimientos de ladera en proporciones mínimas, así como rocas altamente intemperizadas además de que es una ladera que se encuentra enfrentando un proceso de reptación, por ello a su vez, es esta zona la que presenta los puntos de mayor riesgo, a pesar de que el área que se ocupa es de apenas el 17.3% (93 462.723 m²) repartidos en 50 áreas las cuales se encuentran divididas al norte de la zona, siendo actualmente de uso agrícola, así como otras áreas más ubicadas sobre el denominado Camino del Garabato, y finalmente las áreas de mayor amenaza son las que se encuentran sobre la Av. Santa Cruz Ayotuxco.

No obstante a ello, en esta zona la población que habitaba para el año 2005, era de apenas 339 personas de las cuales el 58.4% de ellas se encontraban dependientes del resto de la población, situación que incrementa el nivel o el grado de vulnerabilidad de los mismos habitantes.

Ligada a esta situación se tiene que 71% de la población cuenta con una educación de nivel básico, (primaria y secundaria), de ellas, es la primera la que observa un mayor porcentaje siendo este del 41% de la población, mientras que existe apenas un 2.9% de la población que cuenta con educación superior, con un total de 10 personas, situación que en este sentido incrementa el nivel de vulnerabilidad ideológica de la zona, a pesar de contar con un bajo nivel de amenaza relativa.



Para esta zona se tiene registrado un centro educativo, o centro de desarrollo infantil, sin embargo a pesar de encontrarse ubicado por debajo del nivel de la carretera principal, este está dentro de áreas cuyo nivel de amenaza es bajo, por lo tanto y dada su ubicación puede enfrentar otro tipo de riesgos.

La tipificación de las viviendas, así como el material predominante de ellas, se contaba con un total de 78 inmuebles de las cuales 50 de ellos están construidas con materiales pesados, consistentes en paredes de tabicón y techos de concreto, pero también existen 8 viviendas construidas de adobe y 18 viviendas con techos de lámina, por ello que es una zona en la cual es posible apreciar con claridad diversidad de los tipos de construcciones, así como el contraste de clases sociales como se ilustra en las siguientes Fotos 49 y 50.



Foto 49 y 50: Tipos de viviendas.



Lugar: Zona la Presa, Santa Cruz Ayotuxco.

En este sentido y dada esta diversidad de construcciones, es posible determinar que en caso de que se presente una contingencia, en ambos casos se presentan pérdidas, la diferencia de estas va a radicar en la cantidad de pérdidas que sean, en el primer caso es decir en la Foto 49 las pérdidas pueden constituir únicamente en económicas por cuestiones de reparación de la vivienda, además de que también es necesario considerar si dicha edificación fue construida con todos los requerimientos necesario para descartar o prevenir posibles confinamientos por los materiales de la construcción, mientras que en el caso de la Foto 50, al estar asentada en una zona con pendiente y a un costado de la carretera principal, es posible que, de presentarse algún movimiento, padezca graves daños como

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



puede ser la pérdida total del inmueble, ya que está construida únicamente con paredes de madera y techos de lámina mismas que están fijadas con ladrillos, pero la diferencia con este tipo de materiales, con respecto a la de la Foto 49 es que, en caso de presentarse algún movimiento de terreno, existe la posibilidad de que sus habitantes no resulten gravemente lesionados, en lo que respecta a su integridad física, ya que los mismos materiales que se tienen, no conducen a que los habitantes queden sepultados, porque el peso de los materiales es ligero y a su vez se facilitan los servicios de emergencia, tal es el caso de la búsqueda y rescate, por ello también existe reducción de la vulnerabilidad, en este sentido, es importante también considerar la ubicación de la vivienda ya que esta se encuentra por debajo del nivel de la carretera, lo cual atrae otro tipo de amenazas hacia la misma, si bien es una zona con bajas condiciones de amenaza, es importante asumir que este valor cualitativo es dinámico ya que puede cambiar de un nivel muy bajo a un nivel medio y así sucesivamente, si no se cumplen los requerimientos básicos necesarios para la construcción de viviendas es zonas de laderas.

Por otra parte el 90% de las viviendas cuentan con los servicios de agua y energía eléctrica (de este último se desconocen las condiciones de su suministro) mientras que poco más de la mitad de ellas, es decir 69% carece del servicio de drenaje, ya que cuentan únicamente con el uso de fosas sépticas, por ello que una vez más esta situación ejerce influencia sobre la ladera, que como ya se había mencionado, si bien la mayor parte de esta zona está dentro de los rangos de amenaza más bajos, es importante que el servicio de drenaje, sea abastecido de forma adecuada ya que de carecer de este, lo que se está haciendo, es que todas esas aguas residuales de uso doméstico; principalmente las que resultan del lavado de ropa o utensilios de cocina así como descargas sanitarias, van directamente sobre la ladera, ocasionando con ello que exista erosión hídrica y de forma constante, y aumentando con ello la humedad existente, y al aumentar la humedad se va incrementando el nivel de amenaza relativa que existe. Finalmente y para esta zona en el Mapa 9 están representadas las vías de acceso, la cual se



encuentra la carretera principal, es decir la Av. Santa Cruz Ayotuxco, misma que está construida sobre áreas con niveles de amenaza relativa baja y muy baja, sin embargo en la porción nor-oeste de la zona, y sobre la misma carretera es donde se encuentran ubicadas aquellas áreas en las que el nivel de amenaza relativa es la más alta, esto como resultado de la ubicación de puntos de debilidad, cuyo nivel de influencia era el más alto porque en ellos se tiene que son áreas con niveles de humedad altos por la existencia de lloraderos o propiamente dicho escurrimientos superficiales, así como la existencia de rocas ígneas (andesitas) con nivel de intemperismo alto como consecuencia del exceso de humedad que prevalece en estas áreas. Así mismo sobre esta misma Avenida se encontró un área más en la que el nivel de humedad que existe, si bien no es excesiva, como en los casos anteriores, es fácilmente visible debido al corte que se realizó sobre la ladera con el fin de construir locales, Foto 52.



Foto 51 y 52: Zonas de humedad.



Lugar: Zona la Presa, Santa Cruz Ayotuxco.

Otra calle principal que existe dentro de esta zona, es la Av. Peñasco de Teshata al norte de ésta, de la cual poco más de medio kilómetro aproximadamente se encuentra ubicada dentro de áreas cuya amenaza relativa es media Foto 51, en este sentido es importante que lleven a cabo mejoras en lo referente a la estabilización de los taludes o laderas para evitar y prevenir el movimiento de las mismas.



3.3.7 ZONA MENDOZA

Esta zona se tiene que poco más del 40% de su superficie total, está compuesta por áreas cuyos niveles de amenaza relativa, oscilan entre los dos más bajos, pero se encuentran en zonas boscosas e inhabitadas, sin embargo es importante resaltar que el 31% de su superficie tiene nivel de amenaza medio, esto significa que las posibilidades de padecer movimientos en el terreno va a estar en función de la intervención humana y la modificación de las laderas que estos lleven a cabo, bajo diversos objetivos, esto porque principalmente las áreas bajo este nivel se ubican en zonas de uso agrícola.

Existe también un porcentaje mínimo de superficies con los dos niveles de amenaza más altos, los cuales representan 174 854.125 m², en este sentido, y de acuerdo a la información recopilada de campo, en esta zona se encontraron 5 puntos, de los cuales, en tres de ellos (Pc. 62, 63 y 64) se han presentado movimientos del terreno; uno de ellos a un costado de la calle; si bien el volumen del material es poco, Foto 53, es importante hacer hincapié de que la ocurrencia de estos, sin importar si son grandes o pequeños volúmenes de material están indicando que ya existe inestabilidad en la ladera, por lo que no es necesario que se presente un movimiento que conlleve a un desastre, para intervenir y modificar con la finalidad de que el nivel de amenaza medio llegue a un nivel bajo o ideal para que no se presenten movimientos.



Foto 53: Caída de material.

Lugar: Zona Mendoza, Santa Cruz Ayotuxco.



Hasta el año 2005 ésta era la zona que absorbía la mayor cantidad de habitantes, con un total de 1561, de los cuales 67% de ellos se encontraba en condiciones de dependencia, y como consecuencia de ello también se incrementa el nivel de vulnerabilidad de los mismos dada esta condición, aunado a ello también se tenía un total de 4 personas con alguna discapacidad, incrementando con ello una vez más el nivel de vulnerabilidad a causa de su dependencia.

Estrechamente ligado al nivel de dependencia se tiene la variable educación de la cual se puede mencionar que 1292 habitantes cuentan con algún tipo de instrucción, siendo el 73.3% con el nivel educativo básico, indicando con ello que el conocimiento que se tiene sobre los eventos tales como los movimientos del terreno no se tiene con claridad o bien existe la posibilidad de que este sea nulo, por lo tanto se habla de que existe vulnerabilidad ideológica en poco más 50% de la población. Por otra parte únicamente existen 25 personas con en nivel de educación superior, sin embargo pese a tenerse este nivel, esta situación no indica o es garantía de que se tenga algún conocimiento sobre este tipo de procesos o bien sobre el grado de afectación que producen sobre las laderas, las diversas actividades antrópicas, que se dan de forma cotidiana.

La cantidad de viviendas que se tenían registradas era un total de 285, al realizar un promedio de habitantes por vivienda se tiene un aproximado de 5, y con respecto a su ubicación están dentro de áreas cuyos niveles de amenaza relativa son medio y alto, aunque también existen viviendas ubicadas en áreas de nivel bajo.

Nuevamente los materiales predominantes que existen son loza y tabique, sin embargo también existen construcciones con la lámina, cartón, adobe, además de madera y teja, constituyéndose con ello una vez más, como la zona con mayor variedad de materiales en la construcción, Foto 54 y 55, pero siguen predominando los materiales pesados, incrementando con ello el nivel de amenaza ante la ocurrencia de un movimiento.



Foto 54 y 55: Materiales en la vivienda.

Lugar: Zona Mendoza, Santa Cruz Ayotuxco.

Estrechamente vinculado a esta variable se tienen los servicios básicos que existen en la zona se cuenta con una cobertura de poco más del 80%, lo que corresponde al servicio de agua, energía eléctrica, uso de fosa séptica, así como el servicio de alumbrado público, sin embargo únicamente apenas 2.81% tiene el servicio de drenaje, por ello que nuevamente puede verse incrementado el nivel de amenaza en la zona por la disposición de las aguas residuales de uso doméstico hacia la calle, además de que también el uso de fosas sépticas, pueden incrementar el nivel de humedad que existe en el terreno dependiendo del material de cual estén fabricadas estas últimas.

Finalmente en el Mapa 9 puede apreciarse que solamente existe una vía de acceso a la zona, de la cual aproximadamente un kilómetro de longitud se encuentra construida sobre áreas cuyos niveles de amenaza relativa resultaron ser de media a alta, además de que en uno de los segmentos de ésta, se localizó un punto en el que se presentó un pequeño movimientos del terreno.

Nuevamente con respecto al resto de las calles que existen, solamente hay 4, con las mismas características que se han descrito anteriormente; en una de ellas (en el centro de esta misma zona) es donde ya se han presentado dos movimientos, además de que esta también se encuentra en áreas cuyos niveles de amenaza relativa oscilan entre los dos niveles más altos, en este sentido, y al presentarse



estos movimientos del terreno una vivienda que se estaba construyendo, quedó suspendida por parte de las autoridades de Protección Civil, a razón de la amenaza que existe en la misma Foto 56.



Foto 56: Área bajo amenaza relativa alta y muy alta. Lugar: Zona Mendoza, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.8 ZONA MOO

La Zona Moo o cerro de arena, está considerada como una zona en la que poco más del 40% de su territorio esta constituido por áreas con los niveles de amenaza bajo y muy bajo, pero estas áreas están compuestas por bosque y se ubican al este de la zona, las áreas con el nivel de amenaza medio (61) se ubican dentro de parcelas de uso agrícola al oeste de la misma, y 28.6% de su territorio se encuentra dividido entre los dos niveles de amenaza más altos representando una superficie aproximadamente de 118 707.365 m², (48 áreas) bajo estos niveles de amenaza, sin embargo, algunas de estas áreas son parcelas de uso agrícola, aunque también se encuentran en áreas de barranca, al norte de la zona y colindando con el límite sur de la Zona Mendoza.

En esta zona y de acuerdo con el censo consultado, en el 2005 existía una población de apenas 39 habitantes de los cuales, nuevamente más del 50% de esta población se encuentra bajo situación de dependencia, es decir, es población cuyos rangos de edad oscilan entre los 0 a 16 años de edad así como edades superiores a los 64 años, población que carece de habilidades, aptitudes o bien de las condiciones físicas suficientes para responder ante un caso de emergencia como lo son los movimientos del terreno, por ello que existe un aumento en el nivel de vulnerabilidad física dada esta condición. En esta misma población los niveles de educación que se tienen a nivel general, y en lo referente a esta zona se observa que 33 habitantes de los 39, cuentan con un nivel de instrucción, sin embargo el nivel que predomina es el básico ya que contaba con un total de 12 con el nivel de secundaria, 11 con nivel primaria, y 4 en preescolar, situación, que en lo referente al nivel de vulnerabilidad ideológica disminuye el conocimiento que se tiene sobre las causas y consecuencias así como las medidas y acciones a realizar, durante ó después de la ocurrencia de un proceso de remoción en masa. Sin embargo también es importante mencionar que existían 4 personas con el nivel medio superior y 2 más con el superior, sin embargo dependiendo de la especialización de estos últimos depende el conocimiento que se tiene sobre



estos hechos, aunque también dada esta situación, la asimilación así como el entendimiento de porque suceden se da con mayor facilidad.

Otra de las características que fueron identificadas para determinar el nivel de vulnerabilidad que existe en esta zona, corresponde a los materiales de las viviendas, en este sentido cabe mencionar que para el año en el que fue realizado el censo existía un total de 7 viviendas, y al realizar una distribución de la población por vivienda se calcula un promedio de 5 habitantes por casa, es decir fueron censadas un aproximado de 7 familias, por lo tanto y en función de los materiales con los cuales fueron hechas las viviendas nuevamente los materiales predominantes, son los pesados Foto 57, mismos que incrementan el nivel de vulnerabilidad física, en caso de presentarse una contingencia, esto porque la mayoría de las áreas habitacionales que fueron identificadas se encuentran ubicadas en zonas cuyos niveles de amenaza oscilan entre el nivel medio al alto, además de que también se ubican sobre pendientes importantes como lo ilustra la Foto 58, situación que en caso de colapso vulnera con mayor intensidad el nivel de exposición de los habitantes.



Foto 57 y 58: Tipos de vivienda.

Lugar: Zona Moo, Santa Cruz Ayotuxco.

La cobertura de servicios que existen en la zona, adquieren particular importancia al formar parte de los suministros que facilitan la vida cotidiana, por ello que cualquier interrupción en uno de ellos puede generar problemas, tal es el caso del servicio de agua, otra característica que estos tienen, es que a falta de uno, es necesario buscar alternativas para satisfacer ciertas necesidades como el uso de fosas sépticas, aunque si bien son útiles es importante mencionar que en el caso



de las laderas si estas no están construidas con materiales adecuados pueden traer como consecuencia el incremento en la humedad de la ladera y como se ha hecho referencia en las variables físicas puede potenciar su inestabilidad.

En esta zona se tiene una cobertura del 100% de los servicios de agua y energía eléctrica, de este último se desconocen las condiciones de la regularidad en la prestación del servicio; la cobertura del servicio de alumbrado público es del 85% y finalmente el servicio de drenaje cubre 42% de la zona, constituyéndose así como una de las dos zonas con mayor cobertura en lo que corresponde a este servicio, no obstante es importante mencionar que únicamente se están considerando las 7 viviendas que fueron censadas de las cuales 3 de ellas cuentan con este servicio mientras que las otras 4 usan fosas sépticas. Con estas características en lo que respecta a los servicios con los que cuenta la zona es posible mencionar que la vulnerabilidad se puede potencializar de presentarse una contingencia por que se ven afectadas las viviendas que cuentan con los servicios y dependiendo también de la cercanía de una con respecto a la otra.

Por último en el Mapa 9 quedan representadas las calles que se conectan con la zona de las cuales únicamente existe una calle principal al oeste, misma que se encuentra ubicada en áreas cuyos niveles de amenaza relativa recaen entre el nivel bajo y el medio, una característica de esta carretera es que tiene una longitud aproximada de medio kilómetro dentro de esta zona, situación que en caso de emergencia no resulta viable su uso por cuestiones de tiempo ya que para llegar a esta sección de la carretera es necesario cruzar primero las Zonas Mendoza así como Llano Grande, por lo tanto la opción que conecta con mayor rapidez hacia estas áreas consiste en un camino que parte desde la Zona Segura, pero también es importante considerar las condiciones actuales de este acceso ya que la mayoría de este tipo de calles son de ancho reducido de forma tal que únicamente puede pasar un vehículo a la vez y también son de doble sentido, y están contruidos a los costados de las barrancas.



3.3.9 ZONA QUIROZ

La Zona Quiroz es donde se concentran la mayor cantidad de comercios, por ser la parte central del pueblo, también se encuentran ubicadas dos escuelas, una de ellas es la primaria y la otra una telesecundaria, además también se encuentran la iglesia principal y la delegación del pueblo.

En este sentido y en lo que respecta a las superficies bajo los diferentes niveles de amenaza puede mencionarse que 34.2% de la superficie que comprende esta zona está compuesta por 127 áreas bajo los niveles de amenaza más altos que se presentaron según los resultados de la suma de variables físicas, dichas áreas están ubicadas principalmente al norte de la zona, y dentro de áreas de uso de suelo agrícola, por otro lado el nivel de amenaza medio se ubica al sur del territorio, ocupando el 34.4% del territorio y es en esta área donde se ubican una cantidad importante de viviendas, finalmente el restante 31.2% se encuentra ocupado por los niveles de amenaza bajo y muy bajo se encuentran de forma dispersa en toda la zona, siendo un total de 202 áreas, de las cuales algunas de ellas son ocupadas por las escuelas, así como la delegación, la iglesia principal y una porción importante de predios de uso habitacional se ubican dentro de este rango, por lo que el nivel de vulnerabilidad física que existe para esta zona es bajo en comparación con el resto.

Razón por la cual la población que se tiene de 441 habitantes no se encuentran bajo una situación de vulnerabilidad física que afecte de manera importante su integridad y su salud, en lo referente únicamente a procesos de inestabilidad de laderas, porque existe un total de 168 habitantes que se encuentran en condiciones de dependencia, situación que los hace vulnerables ante la ocurrencia de un proceso sea un movimiento del terreno u otro evento.

Educativamente hablando se tiene un total de 382 personas con algún nivel de instrucción, de las cuales más del 50% de ellos únicamente cuentan con el nivel



básico consistentes en primaria y secundaria, pero al igual que la Zona la Loma esta es la segunda que observa un número mayor con respecto al nivel de educación superior en contraste con el resto de las zonas que dividen el pueblo, teniendo un total de 31 habitantes con este nivel de educación, lo cual en teoría debe facilitar la comprensión, y la asimilación de este tipo de procesos, aunque también existe la variante de que dependiendo la especialización de la profesión se da la comprensión de los procesos.

Por otro lado también es importante considerar que las viviendas han sido construidas, sobre pendientes superiores a los 20° Fotos 59 y 60 por lo que resulta necesario que las construcciones que allí existen cumplan con los requerimientos necesarios para construcciones en este tipo de paisajes, hasta el año 2005 se tenía un total de 82 viviendas censadas, en las que la población aproximada por vivienda es de 5 habitantes.



Foto 59 y 60: Tipos de vivienda.



Lugar: Zona Quiroz, Santa Cruz Ayotuxco.

De las cuales nuevamente los materiales bajo los cuales fueron construidas son materiales pesados aunque también existen otros materiales como la lámina, el cartón y madera, materiales ligeros que pueden reducir la vulnerabilidad física de los habitantes, pero algunas de las construcciones, también incluyen de materiales como teja y adobe, es por ello que esta también es una zona en la cual existe diversidad de materiales de la vivienda; como se ha mencionado anteriormente la vulnerabilidad física de los habitantes va a depender también de estos, ya que los



materiales pesados, dada su condición y naturaleza y en caso de una contingencia incrementan el nivel de exposición de los habitantes a ser sepultados por los escombros. Por lo que para esta zona como ya se ha citado anteriormente la mayor parte de las viviendas están construidas en zonas de amenaza relativa baja, por ello que la construcción de viviendas con este tipo de materiales también puede brindar mayor protección ante otro tipo de procesos.

Lo que corresponde a servicios, con los que cuenta esta zona, tiene una cobertura mayor del 90% en los servicios de agua, energía eléctrica y alumbrado público, mientras que cuenta con un porcentaje del 51% en el uso de fosa séptica y un 46% del servicio de drenaje, en este sentido es importante destacar que la mayor parte de las aguas residuales de uso doméstico son vertidas hacia las laderas Foto 61, situación que incrementa los niveles de humedad, y con ello la velocidad de la erosión hídrica, por eso, a pesar de ser un área con nivel de amenaza bajo, esta característica puede cambiar paulatinamente a una amenaza media y así sucesivamente si no se toman acciones preventivas y sobre todo correctivas.



Foto 61: Fuentes domésticas de erosión. Lugar: Zona Quiroz, Santa Cruz Ayotuxco.



Finalmente dentro de esta zona se encuentra una importante cantidad de vías de acceso, de las cuales una de ellas es la Av. Peñasco de Teshata, misma que está construida sobre áreas cuyos niveles de amenaza relativa son los dos rangos más altos, con aproximadamente 360 m de longitud. Otra calle que se encuentra bajo esta condición es la denominada Camino Real con aproximadamente 400 m. de longitud ubicada en el límite de la Zona el Panteón, con respecto al resto de los accesos, y al encontrarse una buena parte de la actividad comercial son calles anchas y con cubierta asfáltica Foto 62 y 63, y de igual forma se encuentran construidas sobre áreas con niveles de amenaza bajo y muy bajo, por lo que, de presentarse una contingencia para tener acceso a estas viviendas no se tendría dificultad, si estas se encuentran despejadas.



Foto 62 y 63: Vías de acceso.

Lugar: Zona Quiroz, Santa Cruz Ayotuxco.



3.3.10 ZONA SEGURA

Esta compuesta por áreas cuyos niveles de amenaza son los más bajos constituyendo 39.6% de su totalidad, localizadas al sur de la zona donde existe bosque, mientras que el 34% tiene el nivel de amenaza medio, en la parte central de la zona, en este sentido en estas áreas se encuentran construidas una cantidad importante de inmuebles de uso habitacional; finalmente el restante 33.1% se encuentra bajo los dos niveles de amenaza más alta es decir una superficie de 130 787.44 m², las cuales la mayor parte de ellas se ubican al oeste de la zona y como dato de relevancia importante ,es que dentro de estas áreas y sobre una calle principal se encuentra el único centro de salud que brinda atención al pueblo Foto 64.



Foto 64: Centro de salud.

Lugar: Zona Segura, Santa Cruz Ayotuxco.

Por su parte es importante mencionar que para esta zona el censo de población consultado se encuentra incompleto, ya que únicamente fue censada una



vivienda, por ello, lo que respecta a estas variables se desconocen los niveles de vulnerabilidad que se puedan encontrar en la misma, pero de acuerdo con las observaciones realizadas durante las visitas de campo, se conoce que una proporción importante de viviendas se encuentran construidas sobre laderas con pendientes superiores a los 30° y estas fueron construidas con materiales pesados Foto 65.



Foto 65: Tipos de viviendas .

Lugar: Zona Segura, Santa Cruz Ayotuxco.

En la foto anterior se aprecian los únicos accesos que existen hacia las viviendas que se encuentran ubicadas por encima de la ladera, dichos accesos son calles angostas y como soporte tienen pilotes, además de que los desagües van directamente hacia el río, por otro lado, estas viviendas se encuentran ubicadas dentro de áreas de amenaza relativa alta a muy alta, al nor-oeste de la zona, incrementando con ello de forma considerable la vulnerabilidad física de los habitantes de dichas viviendas, aunado a ello los materiales de construcción son los más pesados, incrementando el nivel de exposición de los habitantes a ser sepultados en caso de presentarse movimientos en el terreno, otro punto negativo que existe en esta área es que la vía de acceso visiblemente carece de las medidas adecuadas para su construcción, la situación que lo hace vulnerable es que la porción de terreno que existe por debajo de este acceso puede ser



propensa a erosionarse hídricamente, ya que en periodo de lluvias las escorrentías fluyen por encima de la calle y es precisamente en las grietas que se presentan entre la calle y las viviendas donde pueden existir filtraciones que conlleven a la erosión, y posteriormente al colapso de la calle y de las viviendas.

Por otra parte lo que respecta a las vías de acceso restantes en la zona, son de difícil acceso dadas las pendientes en las que fueron construidas Foto 66, dificultando con ello el acceso a las zonas habitacionales



Foto 66: Vías de acceso.

Lugar: Zona Segura, Santa Cruz Ayotuxco.

Finalmente, también existe una calle principal que cruza la zona, cuya longitud es de aproximadamente más de 1 kilómetro, pero también esta construida en áreas de amenazas relativas de media a muy alta, situación que una vez más incrementa la vulnerabilidad que existe en la zona, por lo que resulta necesario que lleven a cabo las medidas correctivas necesarias, para evitar un consecuente desastre.



3.3.11 ZONA TECO

También está constituida como una zona con un porcentaje importante en lo que se refiere a los niveles de amenaza bajo y muy bajo ocupando un total 45.1% es decir una superficie de 148 880.634 m², estas se encuentran sobre parcelas de uso agrícola y habitacional, en este sentido la vulnerabilidad física de viviendas y de los habitantes se considera baja con respecto a la ocurrencia de movimientos del terreno, el siguiente porcentaje de importancia es el que representa el nivel de amenaza media, siendo un total del 27.4%, o bien 72 áreas con este nivel; que se encuentran de forma dispersa en toda la zona y únicamente 3 polígonos bajo el uso de suelo habitacional se encuentran dentro de este rango.

Los dos niveles de amenaza alto y muy alto tienen una ocupación total 7.3% entre ambos niveles, con una superficie de 90 211.671 m², de estas la mayor parte de las áreas se encuentran ubicadas en la zona de barranca que funciona como límite natural con la Zona Agua de Tejamanil, mientras que el área de mayor extensión se ubica al norte de la zona y sobre parcelas cuyo uso de suelo es agrícola.

Únicamente 2 de aquellas áreas bajo el nivel de amenaza muy alto corresponden a los puntos que fueron identificados en campo, donde ya se han presentado movimientos, dichos puntos son los identificados como Pc. 68 donde se identifico un deslizamiento antiguo, debido a que el terreno que quedó descubierto tras el evento, hoy en día ya existe nueva vegetación. Foto 67. El otro punto corresponde al Pc. 71, fue definido como de debilidad ya que en esta zona se llevaron a cabo detonaciones para la creación de la calle denominada Av. Peñasco de Teshata, y pese a encontrarse rodeado por áreas de nivel de amenaza bajo, en las paredes de la ladera existen pequeñas grietas propias de la detonación, además también presenta humedad y marcas de maquinaria, Foto 68.



Foto 67: Movimiento antiguo. Foto 68: Zona de debilidad. Lugar: Zona Teco, Santa Cruz Ayotuxco.

Para esta zona en el censo de población del año 2005, tenía una población de 491 habitantes, de los cuales 199 se encuentran bajo condiciones de dependencia, es decir que las edades de estas personas oscilaban entre los mayores a 64 años y de 0 a 14 años; Este último grupo se encuentra estrechamente vinculado con los niveles de educación que existen ya que de un total de 429 habitantes con un tipo de educación, nuevamente es el nivel básico el que absorbe la mayor parte de esta población siendo un total de 161 con secundaria, 199 con primaria y 21 en el preescolar, por lo tanto en lo que respecta a este rubro existe vulnerabilidad ideológica, así como física en esta población.

Por su parte dentro del mismo censo, se tenía un total de 88 viviendas en el año 2005 de las cuales en relación con el total de población se calcula un aproximado de 5 habitantes por vivienda, es importante considerar los materiales con lo que fueron construidas, y son nuevamente la loza y el tabicón los materiales que más predominan en las construcciones, aunque también existen otros materiales tales como lámina, cartón, adobe y madera.

Por ello al igual que el resto de las zonas, el grado de exposición de los habitantes es alto ya que los materiales predominantes son los que pueden considerarse como pesados y ello conlleva a que en caso de contingencia sepulten y aplasten a los habitantes, sobre todo si se desconocen las medidas que deben de tomarse para resguardar la integridad física. También es importante considerar que la



mayor parte de las construcciones están edificadas sobre pendientes Foto 69 y seguramente bajo condiciones de irregularidad.



Foto 69: Tipos de viviendas .

Lugar: Zona Teco, Santa Cruz Ayotuxco.

Aunado a esta variable, nuevamente los servicios con los que cuenta la zona y de los cuales se tiene una cobertura del 90% en alumbrado público, más del 80% con servicio de agua y uso de fosas sépticas, 79% con servicio de energía eléctrica y apenas un 5% cuenta con servicio de drenaje, situación que caracteriza a esta zona como la segunda con menor cobertura en servicios además la falta de cobertura, en el servicio de drenaje, nuevamente indica que las aguas residuales de uso doméstico son vertidas hacia las laderas, coadyuvando a que el nivel de amenaza que originalmente es bajo cambie a uno de mayor amenaza en la medida en que no se tomen en cuenta o se lleven a cabo acciones preventivas o correctivas.

Finalmente el acceso a esta zona se da de forma limitada ya que la única calle, es la principal que existe, y es la que se mencionó con antelación, siendo la Av. Peñasco de Teshata, y en lo que corresponde al resto de calles estas tienen condiciones similares a las que se presentan en el resto del pueblo son calles de difícil acceso, ya sea por el ancho de calle, ó por las pendientes que tienen Foto 70, además de que las viviendas se encuentran de forma dispersa en la zona.



Foto 70: Vías de acceso.

Lugar: Zona Teco, Santa Cruz Ayotuxco.

3.3.12 LLANO GRANDE

Puede considerarse como la zona de mayor extensión territorial del pueblo, sin embargo 42.5% de su territorio está compuesto por áreas de amenaza baja y muy baja y se encuentran en la parte norte de la zona, y es boscosa, mientras que apenas 33.6% contiene el nivel de amenaza medio y de forma dispersa, por otra parte los dos niveles de amenaza relativa alta absorben una superficie de 578 437.048 m², pero la importancia de estas áreas radica en su ubicación, es decir se encuentran en la parte sur de la zona donde existe una vía principal y los asentamientos humanos.

Finalmente para esta zona no se encontró información en censo de población, pero lo que sí se puede mencionar es que la mayoría de las viviendas que se encuentran al pie de la calle principal están construidas con materiales pesados.



CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

Finalmente dados los resultados de cada variable tanto físicas como las de carácter social que fueron manejadas es posible enlistar lo siguiente:

Variables Físicas

- Al elaborar el mapa de amenaza relativa, la variable que ejerce mayor influencia es la de pendientes.
- La variable litológica no ejerce influencia debido a que esta se encuentra elaborada de forma superficial, y por su escala este factor se encuentra uniforme dentro del territorio de estudio. No obstante la degradación de este factor incrementa las posibilidades de colapso o deslizamiento en laderas.
- El mapa de humedad del terreno tampoco brinda aportes al mapa de amenaza puesto que se encuentra distribuida de forma uniforme, al igual que el mapa litológico, por que únicamente se considera la información de cada estación meteorológica, y no así lo que es perceptible en campo.
- El mapa de zonas de debilidad brinda aporte reducido ya que solamente contiene la valoración de cada punto muestreado en los que ya se han presentado movimientos, así como puntos visibles de debilidad como son los casos de laderas en reptación, rocas intemperizadas, lloraderos, áreas con fracturas, entre otros, sin embargo si se realiza una zonificación directamente en campo los resultados pueden proporcionar un importante aporte al método, así como lograr un máximo de detalle en la información en el resultado.
- El parámetro de disparo por lluvia, brinda un importante aporte al mapa de amenazas ya que los tres niveles de influencia que se obtuvieron se ubican



dentro del territorio que ocupa el pueblo, es por ello que al igual que la variable humedad del suelo, los resultados pueden ser notoriamente mejorados si se cuenta con datos suficientes y actuales.

- Para enriquecer el método, la variable edafológica aporta una importante influencia, ya que los tres tipos de suelo que se encuentran, se ubican dentro del área que ocupa el pueblo, además de que la implementación de esta variable se efectúa a través de las características físicas de los suelos, es decir, considerando su resistencia a la erosión así como su compactación.
- El uso de suelo permite también dar un importante aporte ya que con esto es posible conocer cuál de las zonas habitacionales que existen, se encuentran bajo algún nivel de amenaza relativa, y que áreas son idóneas o aptas para el desarrollo urbano, tomando en cuenta las medidas y técnicas constructivas apropiadas para la urbanización de laderas.

En este caso particular, es importante que para análisis de riesgo, vulnerabilidad u otros, es necesario contar con información reciente y detallada ya que con ello se logra una zonificación más específica, sobre todo porque los movimientos de terreno comúnmente se originan de forma puntualizada lo que requiere un máximo de detalle en la información para una precisa zonificación, tal es el caso de las lecturas obtenidas de las estaciones meteorológicas más cercanas.



Variables Sociales

- La creación de asentamientos humanos degrada las laderas, principalmente por la carencia del servicio de drenaje, por que las aguas residuales de origen domestico, se vierten a las calles, proporcionando con ello inestabilidad a causa de humedad.
- Los niveles de educación de la población impiden el conocimiento y asimilación de los procesos de inestabilidad de ladera. Implicando con ello vulnerabilidad ideológica. No obstante un nivel educativo alto indica reconocimiento de este tipo de amenaza pero si ayuda a comprenderla con mayor rapidez.
- En todas las zonas existe poco más del 50% de dependencia, situación que reduce la capacidad de respuesta de los habitantes, así como la atención por parte del sector salud, ya que puede requerirse atención especializada, por las situaciones tanto emocionales como físicas que pueden presentarse.
- Existe un total de 11 habitantes que necesitan atención especializada en caso de contingencia al tener un tipo de discapacidad.
- Respecto al material de las viviendas, al ser materiales pesados incrementan el nivel de vulnerabilidad física de los habitantes, principalmente en aquellas áreas donde existe nivel de amenaza relativa alta.
- En caso de contingencia existe carencia en la atención médica al contar únicamente con un centro de salud, mismo que se ubica en una zona de amenaza relativa alta.



- Los edificios escolares, iglesia y delegación se ubican en áreas con niveles de amenaza bajo.

Con estas características es necesario que se implementen en todas las áreas del pueblo aquellas medidas correctivas y preventivas necesarias tanto para la reducción de los niveles de amenaza, así como para reducir los niveles de vulnerabilidad que existen en la población, tarea que es objetivo de las autoridades en los ámbitos estatal y municipal; en el caso de las autoridades municipales, se encuentra regulado bajo los Artículos 79 y 80 del Título Quinto de los servicios públicos, Capítulo III de la asistencia social del Bando Municipal, Anexo 2.

También se encuentra sujeto a la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, Título III de las atribuciones de los miembros de ayuntamiento, sus comisiones, autoridades auxiliares y órganos de participación ciudadana, Capítulo Sexto de los consejos municipales de protección civil, Artículo 81 fracciones I, II, III, IV, V y VI, por lo que para tomar las medidas correctivas correspondientes es necesario reconsiderar los tipos de vulnerabilidad que fueron encontradas en el capítulo anterior, Anexo 2



CAPÍTULO 5: RECOMENDACIONES

En primer lugar para reducir los niveles de amenaza que fueron detectados; y que corresponde a una superficie aproximada de 2.5 km² entre los dos niveles más altos de los 9.2 km² de la superficie total que tiene el pueblo, para estas áreas es necesario que sean implementadas medidas correctivas tanto para contener el material removible además de implementar aquellas que ayuden a reducir los movimientos de reptación que existen, aunque también puede considerarse en este sentido el nivel medio, cuya superficie aproximada de poco más de 3 km², por lo tanto el 64.04% de la superficie total del pueblo debe ser sujeta a estas medidas.

En este sentido es importante mencionar que existen diferentes métodos para prevenir los movimientos, como también los hay para contener el material a remover en caso de que se presente el evento, o bien para alcanzar la estabilización de la ladera, sin embargo los costos varían dependiendo de la medida preventiva que sea seleccionada.

Entre las medidas o métodos estructurales preventivos que existen Suárez (2001) cita las siguientes:

- Bermas en talud
- Trincheras
- Barreras
- Cubiertas de protección

En lo referente al mejoramiento en la resistencia del suelo el mismo autor Suárez (2001) refiere de forma general que existen:

- Inyecciones
- Estabilización con cemento



- Estabilización con cal
- Calcinación o tratamiento térmico
- Magmificación
- Congelación del suelo
- Compactación profunda: Pilotes de compactación, vibrocompactación profunda, columnas de piedra o grava, compactación dinámica, compactación con explosivos.

Por su parte también hay medidas preventivas cuya función es la protección de la superficie del talud y son los siguientes:

- Concreto lanzado
- Recubrimiento del suelo con cemento
- Mampostería
- Rip rap

Por lo tanto, y dadas las diferentes técnicas y los diferentes costos para su implementación, es importante mencionar que el mejoramiento o la reducción del nivel de amenaza en una determinada zona habitacional se va a dar en función de factores tales como técnicos, sociales, y principalmente bajo factores políticos y socioeconómicos, porque es el sector político quien es el encargado de la distribución de los recursos financieros en caso de siniestro.

Por ello para la elección de medidas preventivas debe realizarse tomando en consideración el presupuesto municipal destinado para protección civil, para reducir, mitigar o minimizar el impacto de un proceso de carácter natural por lo tanto no pueden llevarse grandes obras de ingeniería debido al costo de las mismas, es por ello que se propone que se lleven a cabo las técnicas que ofrece la Bioingeniería.



No obstante y de acuerdo con FAO (1985) es necesario destacar que estas técnicas “no sustituyen a las obras de ingeniería clásica”, ya que ciertos problemas tales como los desprendimientos de tierras no se resuelven únicamente con vegetación, además algunas obras de ingeniería como los diques o bien los muros de contención, dada la función de los mismos, tampoco pueden ser sustituidos por sistemas vegetativos.

Además, no es función de este trabajo definir cuáles serán las medidas más adecuadas para la reducción de la amenaza, porque para la ejecución de obras se requieren de estudios de ingeniería, con el fin de asignar la técnica adecuada para cada una de las áreas con amenaza relativa, sin embargo al ser la bioingeniería la técnica económicamente factible surge únicamente como propuesta, dadas las características y ventajas que esta ofrece.

La Bioingeniería puede ser considerada como una rama de la Ingeniería, la cual se basa en técnicas constructivas con elementos vivos en conjunto con materia inerte P. Sangalli (2008), es decir que se utilizan diferentes tipos de vegetación con la finalidad de mejorar y proteger las laderas, además de que también ayudan a prevenir problemas tales como la erosión y los derrumbes superficiales de las mismas.

En Sangalli (2008) también se presentan algunas de las funciones de bioingeniería, mismas que se dividen en tres, Primeramente en **Técnicas** por que protegen la superficie del suelo contra la erosión, disminuye la velocidad de las corrientes, agrega estabilidad superficial y profunda además aumenta la rugosidad del terreno, en segundo lugar existen las funciones **Ecológicas** por que incrementan la cantidad de áreas verdes, mejoran el balance hídrico del lugar, e incrementan la cantidad de nutrientes en el suelo y finalmente la función **Estética** porque restauran el paisaje principalmente donde ha existido intervención humana, tal es el caso de minas, obras públicas entre otros y sirve como pantalla visual.



Las ventajas que se presentan con la implementación de bioingeniería se dan de dos formas ya que se propician efectos benéficos tanto hidrológicos como mecánicos, en el primero el follaje de la vegetación funciona como interceptor de la lluvia, situación que conlleva a que la energía cinética que tienen las gotas se vea reducida y como consecuencia de ello se minimiza la erosión, por su parte uno de los efectos mecánicos se da por medio de las raíces de la vegetación ya que estas retienen las partículas de suelo, con lo cual este último adquiere fortaleza, dependiendo del nivel de profundidad que estas alcancen, característica que también reduce el movimiento del suelo y por lo mismo se ve disminuida la erodabilidad del mismo, así también la velocidad de los flujos se ve minimizada por la presencia de la vegetación.

Otra ventaja consiste en que estas técnicas pueden ser implementadas en casi cualquier zona climática siendo los límites más claros las zonas frías, áridas o semiáridas, aunque si bien es posible llevarlas a cabo, es necesario que se implementen sistemas de riego si es que existe escasez de agua, por lo tanto, es bajo los climas tropicales y templados en los que se tienen mejores resultados, situación que favorece al pueblo de Santa Cruz Ayotuxco puesto que se localiza en una zona templada.

Sin embargo también es importante que se considere el tipo de vegetación que se va a implementar, es recomendable que se emplee la vegetación local, por lo que también resulta necesario definir que componentes vivos van a ser considerados ya que pueden ser especies herbáceas mismas, que ayudan a reducir la erosión hídrica y eólica, de forma que solo proveen protección superficial, otro tipo de especies que pueden ser empleadas son las leñosas, estas proporcionan mayor protección contra los movimientos debido a que con este tipo de especies se alcanza a estabilizar una profundidad aproximada de 2 metros, incrementando el refuerzo mecánico del suelo, en lo que respecta a este tipo de especies pueden ser utilizadas las estacas, brotes no ramificados, varas o bastones P. Sangalli (2008).



Entre los materiales inertes que también pueden ser utilizados se encuentran aquellas estructuras que pueden ser construidas con materiales tales como tierra, rocas o madera, y al ser de esta naturaleza pueden ser obtenidas del mismo terreno sin coste alguno.

Por estas razones los costos para su implementación son relativamente más económicos que las obras de ingeniería civil por que los materiales vivos e inertes pueden ser extraídos de la misma zona sin la necesidad de comprarlos, aunque el costo también depende directamente del mantenimiento que se le dé a dichas obras, pero para ello debe tomarse en cuenta la durabilidad, así como los costes en el mantenimiento, característica sobre la cual la bioingeniería resulta ser mas económica en comparación con las obras de la ingeniería clásica donde el costo del mantenimiento es elevado por el uso de maquinaria pesada, como en el caso concreto de los muros de contención, mientras que en el caso de la bioingeniería el mantenimiento es de poca consideración si se eligen adecuadamente las técnicas, y las especies vegetales. En el manual de Bioingeniería (2008) se pueden encontrar las funciones principales de la vegetación las cuales son: Atrapar, Proteger, Apoyar, Reforzar, Drenar, y Mejorar, las diferentes condiciones que pueden afectar las laderas así como los taludes Tabla 38:

Funciones de Protección de la Vegetación	
Atrapa...	El material erosionado que baja por el talud, función efectuada por los tallos de la vegetación por que el movimiento puede ocurrir producto de la gravedad o con la ayuda del agua.
Protege...	El talud contra la erosión superficial producto de la escorrentía y del salpique de las gotas de la lluvia. Su eficacia depende de la cobertura continua de la vegetación baja. Las plantas de porte alto por si solas no protegen el talud ya que la velocidad terminal de las gotas de lluvia ocurre a dos metros aproximadamente.



Apoya...	La masa de suelo por la contra fuerza y barrera que producen las raíces. Esto se puede lograr con vegetación grande y pesada, como árboles, en la base del talud o a micro escala con una densa red de raíces de pasto que hacen contra fuerza a pequeñas cantidades de suelo.
Refuerza...	El suelo por la presencia de una red de raíces que incrementa la resistencia del suelo al fraccionamiento. El grado de reforzamiento depende de la forma de las raíces y del tipo de suelo.
Drena...	El exceso de agua del talud. La configuración de la plantación de la vegetación puede mejorar el exceso de agua, evitando la saturación y la caída repentina del material, también puede ayudar a reducir la presión capilar.
Mejora...	El entorno local, en particular el suelo y el micro clima. Esto promueve el crecimiento de otra vegetación ya sea de manera natural o mediante el manejo.

Tabla 38: Funciones de la Vegetación

Fuente: P. Sangalli (2008).

Una de las características principales que hay que considerar antes de emplear una de las técnicas para la bioestabilización es la inclinación del terreno porque dependiendo de esto se dará la efectividad de la técnica seleccionada, algunos criterios existentes para la implementación de medidas preventivas según la inclinación de la pendiente son las siguientes: Tabla 39:

Pendiente		Técnica
Grados	%*	
<35	0 – 70	Siembra – Hidrosiembra
35 – 45		Cobertura con mantas orgánicas y siembra o Hidrosiembra, Matorrales escalonados, Matorrales escalonados reforzados, Ribalta viva
45 – 60		Enrejado vivo, Empalizada viva o entramado vivo, Tierras reforzadas
60 - 80	70 - 140	Tierras reforzadas, Tierras Armadas

Tabla 39: Limitantes de uso de técnicas para Santa Cruz Ayotuxco (%)*

Fuente: P. Sangalli (2008).



Al tener definidas las técnicas a implementar también es necesario que se considere cuales son las especies tanto herbáceas arbustivas o arbóreas o en su caso los materiales inertes que se van a introducir en las laderas, siendo entonces importante conocer cuáles son las especies que existen en el lugar es decir se requiere conocer la flora local con la finalidad de no introducir especies que no son originarias. En este sentido a nivel municipal la vegetación que existe consiste en bosques de coníferas, (oyamel, encino, pino, aile y cedro), aunque también abunda el ocote, también existen xerófitas o cactus, en este caso en Santa Cruz Ayotuxco existen campos de maguey en las barrancas, es posible encontrar madroños, tejocote, pirul, tepozán, huisache y roble, sin embargo de acuerdo con el manual de bioingeniería también pueden utilizarse plantas como cabello de ángel (*Calliandra calothyrsus*), la cual es una planta ornamental y que es nativa de México, también pueden utilizarse especies herbáceas como el denominado zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon*), frijolillo (*Gliricidia sepium*), guaje blanco (*Leucaena leucocephala*), pachuli (*Vetiveria zizanioides*) cuya raíz alcanza una profundidad de hasta 4 metros aproximadamente.

Como puede apreciarse en la tabla anterior y en el caso concreto de Santa Cruz Ayotuxco y en lo que respecta a las pendientes, en el 94.52% del pueblo deben ser empleadas las técnicas de siembra así como cubrir con mantas orgánicas, y disponer matorrales escalonados, mientras que en el resto se deben aplicar tierras reforzadas, sin embargo esto es considerando únicamente la inclinación de las pendientes, por lo que en este caso también debe tomarse en cuenta los niveles de amenaza relativa que surgieron de esta y otras variables mas, de forma tal que aquellas con nivel muy bajo hasta el nivel medio deben de retomarse las técnicas antes mencionadas, y principalmente en las áreas tanto de uso agrícola así como de uso habitacional, primeramente por que con estas acciones, se puede mantener el nivel de amenaza bajo, mientras que en aquellas áreas de nivel medio es posible reducirlo gradualmente hasta que este llegue al nivel ideal que es nulo, las técnicas que pueden ser utilizadas son las de recubrimiento y la de estabilización, mientras que en las áreas cuyos niveles de amenaza oscilan entre



los dos más altos corresponden a las técnicas de estabilización y concretamente tierras reforzadas o muros verdes.

Sin embargo en lo que respecta a estas áreas la implementación de muros verdes, puede no ser factible en todas ellas ya que existen zonas boscosas y también uso de suelo agrícola, por lo tanto a pesar del grado de inclinación en la pendiente, es necesario que en estas zonas se definan las técnicas de bioingeniería adecuadas para estas áreas.

Por lo tanto para el caso concreto de este pueblo, es necesario que se defina que tipo de obras de ingeniería son viables dadas las condiciones actuales, con el objeto de dar a conocer si se requiere de la implementación de técnicas clásicas o técnicas de bioingeniería, ya que no es objetivo de la presente disertación la definición de las medidas que deben ser tomadas, sino que únicamente se recomienda una de las que podría ser más factible debido al costo de las obras.

También es importante que se vean reducidos los diferentes niveles de los distintos tipos de vulnerabilidad que existen en el pueblo, este sentido de forma general el pueblo entero se encuentra bajo vulnerabilidad natural misma que al ser innato de todo ser humano es difícil anularlo, y/o llevarlo a un nivel de seguridad.

Pero si existe la posibilidad de reducir el nivel de vulnerabilidad física en que se encuentran implícitos, ya que este es uno de los más importantes, porque de esto dependen las necesidades inmediatas (cobertores, ropa, apoyo psicológico y emocional, alimentos y albergue) que surgen tras una contingencia independientemente de la naturaleza del evento sea este un movimiento del terreno u otro tipo, para ello parte de esa reducción se va a dar en función del descenso de los niveles de amenaza y de las medidas que sean implementadas, sin embargo también es importante considerar que los materiales de las viviendas incrementan la vulnerabilidad física de los habitantes, por lo que se sugiere que en la medida de lo posible se implementen las medidas preventivas necesarias en el



caso de las viviendas ya establecidas, y el uso de materiales livianos y adecuados para la construcción en laderas, en el caso de las nuevas construcciones que se lleven a futuro, con el fin de minimizar el nivel de exposición de los habitantes ante el colapso total o parcial de la vivienda, de esta forma también se reduce la vulnerabilidad técnica de los habitantes ya que la gran mayoría de las viviendas se encuentran bajo el régimen de la autoconstrucción, lo que conduce a la inexistencia de diseño y por consiguiente falta de técnicas adecuadas para su construcción.

En este sentido también es obligación de la administración pública municipal brindar apoyo y protección a los grupos más débiles siendo estos la población infantil así como los adultos mayores que en este caso son un total de 2260 habitantes entre estos rangos de edad y personas con algún tipo de discapacidad, para este caso 11 personas, población que demanda diferentes clases de atención a fin de reducir los riesgos a los que puedan encontrarse expuestos y para reducir el impacto negativo que pueda presentarse en este sector es necesario elaborar planes de emergencia, o simulacros.

Por su parte las condiciones de vulnerabilidad en el sentido educativo así como ideológico, van íntimamente relacionadas ya que una de ellas conlleva un cambio automático en la otra, por lo tanto la disminución puede darse en función de la implementación de programas educativos en el sector básico, ya que este es el único que existe en el pueblo, por lo que adquiere importancia el dar a conocer a la población las causas y efectos que tienen los movimientos de ladera, y con ello el impacto hacia sus propias viviendas, además de que permite dar a conocer algunas de las características básicas que determinan la existencia de movimientos en el terreno, debajo de una superficie construida como puede ser la aparición de grietas en las paredes, incremento en la humedad del terreno, además también es preciso dar a conocer cuáles son las medidas que se deben de tomar tanto a nivel personal, familiar o comunitario en caso de vivir en zonas expuestas a movimientos Tabla 40:



¿Qué hacer si se vive en una zona expuesta?	¿Qué hacer si existe la posibilidad de que ocurra?	¿Qué hacer después de un deslave?
<p>✘ En general, los deslaves ocurren en lugares donde ya sucedieron en el pasado. Infórmate sobre el riesgo de deslave en tu zona.</p> <p>✘ Infórmate sobre los planes locales de respuesta y desalojo en casos de emergencia.</p> <p>✘ Conversa con la familia sobre lo que harán si ocurre un deslave.</p> <p>✘ Elabora y practica un plan de desalojo para tu familia y tu lugar de trabajo.</p> <p>✘ Prepara y actualiza un equipo de preparación para emergencias.</p> <p>✘ Conoce bien el terreno que rodea el lugar donde vives y trabajas para saber cuál es el riesgo en las distintas situaciones.</p> <p>✘ Verifica el sistema de desagüe de agua de tormenta en las pendientes cercanas a tu casa, en</p>	<p>✘ Si sospechas peligro inminente, desaloja el lugar de inmediato.</p> <p>✘ En lo posible, avisa a los vecinos afectados y comunícate con la unidad de protección civil, bomberos o la policía.</p> <p>✘ Escucha si hay ruidos inusuales que podrían indicar movimiento de escombros, como el crujido de árboles o el choque de rocas entre sí.</p> <p>✘ Si estás cerca de un canal o arroyo, mantente alerta ante cualquier crecida o disminución repentina en el caudal de agua y observa si el color del agua cambia de clara a turbia.</p> <p>✘ Prepárate para salir de prisa, ya que estos cambios tal vez indiquen deslizamientos en masa aguas arriba.</p> <p>✘ Conduce con extrema precaución.</p> <p>✘ Observa si hay pavimento hundido, lodo, rocas caídas y otros indicios de deslizamientos</p>	<p>✘ Mantente alejado de la zona del deslizamiento hasta que las autoridades indiquen que es seguro volver.</p> <p>✘ Vigila la posibilidad de inundaciones. A veces hay inundaciones después de los deslaves y deslizamientos en masa.</p> <p>✘ Verifica si hay personas y animales heridos o atrapados cerca del sitio del deslave, sin ingresar directamente en la zona del deslave.</p> <p>✘ Ayuda a quienes necesiten asistencia especial.</p> <p>✘ Inspecciona y notifica a las autoridades adecuadas sobre cables de electricidad caídos, tuberías de gas o agua rotas.</p> <p>✘ Observa si hay daños en los cimientos de tu casa, y el terreno que lo rodea.</p>



<p>especial donde se junta con el agua de escorrentía.</p> <p>✘ Los deslizamientos de lodo y otros materiales en los caminos son comunes durante las tormentas de lluvia.</p> <p>✘ Los suelos muy saturados son muy susceptibles a los flujos de lodo y los deslizamientos en masa.</p> <p>✘ Ten en cuenta que, en general, no existen seguros que cubran daños causados por deslaves.</p>	<p>en masa.</p> <p>✘ Si ordenan desalojar el lugar o decides irte, lleva a tus mascotas contigo.</p> <p>✘ Como precaución, considera desalojar animales grandes o numerosos tan pronto como sepas que hay un peligro inminente.</p> <p>Durante tormentas fuertes</p> <p>✘ Mantente despierto y alerta muchas muertes causadas por deslaves ocurren mientras la gente duerme.</p> <p>✘ Usa una radio a pilas para escuchar las emisoras locales y mantenerte al tanto de los avisos de lluvias intensas.</p> <p>✘ Si no hay peligro en irte, considera desalojar el lugar.</p>	<p>✘ Vuelve a plantar en el terreno dañado lo antes posible dado que la erosión a causa de la pérdida de la capa superior del suelo podría provocar inundaciones repentinas.</p>
--	--	--

Tabla 40: Medidas de seguridad contra movimientos del terreno

Fuente: Cruz Roja Americana (2009).

Estas acciones también van acompañadas de otras recomendaciones más, que hay que tomar en cuenta en caso de que sea necesaria la evacuación del lugar o la vivienda, y a su vez constituyen información valiosa que debe ser transmitida a la población que se encuentra inmersa dentro de zonas amenazadas por movimientos de terreno, por lo que los suministros recomendados por la Cruz Roja Americana (2009) que se deben de preparar en caso de contingencia son los siguientes:

NON MEA VOLUNTAS... SEA TUA FIAT



- Un galón de agua por día por persona para un mínimo de 3 días
- Alimentos no perecederos y de fácil preparación para un mínimo de 3 días
- Linterna
- Radio que funcione con pilas o una radio de manivela
- Pilas de repuesto
- Botiquín de primeros auxilios
- Medicamentos (para 7 días) y artículos médicos
- Herramienta multiuso
- Artículos sanitarios y de higiene personal
- Copias de documentos personales (lista de medicamentos y de datos médicos pertinentes, título de propiedad o contrato de alquiler, pasaportes, certificados de nacimiento, pólizas de seguro, identificación personal, actas de nacimiento)
- Teléfono celular y cargador
- Datos de contacto para emergencias
- Dinero en efectivo
- Manta de emergencia
- Mapa(s) de la zona
- Otros artículos esenciales irremplazables

Toda esta información es necesaria que sea implementada dentro de los programas de estudio ya que de esta forma existen mayores probabilidades de reunir a una cantidad importante de población en un solo lugar mediante una junta escolar o bien como una actividad extra clase, y que no necesariamente deba ser tomada diariamente, además de que con ello también se ven involucradas a todas aquellas personas jefes o jefas de familia, y mediante la enseñanza a este grupo de población existen mayores probabilidades de que la información sea compartida al resto de la población, sin embargo también existen diferentes medios de comunicación, y otros medios alternativos con los que se puede dar a conocer, como puede ser la radio o la televisión aunque en estos casos la



transmisión es cara y esto se da en función del tiempo de transmisión, por otro lado también se puede transmitir recurriendo a trípticos, panfletos, publicaciones como periódicos o posters ubicados en centros de concentración de gente, como el caso del centro de salud, iglesia, capillas, delegación del pueblo, escuelas.

Todo esto con la única finalidad de mantener prevenida a la población y bajo conocimiento de porque de la ocurrencia de movimientos, y con ello se logra poner en alerta a la población de forma tal que la capacidad de respuesta ya no se da en relación al desconocimiento del proceso, si no que se da de forma más rápida además de que se identifican rutas de evacuación así como zonas de reunión, pudiendo ser para este caso el atrio de la iglesia, el auditorio del pueblo, (mismos que se ubican dentro de áreas de amenaza mínima) o las dos canchas de futbol que existen en el pueblo con la finalidad de concentrar de forma rápida a la población, y que esta acción no se presente de forma errática como suele suceder cuando no se sabe o se desconoce cuál es el lugar más seguro.

Así mismo bajo el conocimiento de esta información también se reduce el impacto inmediato en el estado mental de las personas que se encuentran bajo este tipo de situaciones porque es un evento que se conoce de forma teórica por lo que en cierta forma ya se sabe cuáles son las consecuencias que esto puede traer hacia los habitantes de forma tal que el estado de shock, tristeza, miedo y sentimiento de desprotección no se dan de forma intensa aunque si se presentan, también las necesidades inmediatas tras un evento se ven disminuidas ya que con ello las autoridades, en este caso el delegado puede recurrir a medidas preventivas como es la adquisición de cobertores o cobijas, así como la disposición de sitios para fungir el papel de albergues.

La reducción de la vulnerabilidad educativa que existe también minimiza la vulnerabilidad social y con ella también la vulnerabilidad política porque una vez que se conocen las medidas preventivas correspondientes al antes y después de un movimiento, a nivel comunidad se crean uniones de vecinos cuya función



puede ser la ayuda y establecimiento de vías de escape y reunión en caso de desastre, lo cual conduce a que también exista apoyo por parte de los mismos vecinos en caso de que se encuentren personas vulnerables, especialmente las personas con discapacidades o personas de la tercera edad, estas acciones también ayudan a minimizar la vulnerabilidad política porque, los habitantes adquieren autonomía y no se encuentran sujetos a la espera de ayuda por parte de las instancias responsables, como protección civil o bomberos, así como los servicios de emergencia que se ubican en la cabecera municipal, que por la distancia el tiempo de respuesta no es inmediato.

Por otra parte si se toman en consideración y se aplican medidas bioestabilizadoras, el nivel de vulnerabilidad ecológica se ve claramente reducida ya que con la implementación de vegetación las laderas adquieren estabilidad y con ello el autoajuste en el equilibrio que se da de forma natural, que es lo que conlleva a que se presenten movimientos.

Finalmente Suárez (2001) establece otro tipo de medidas que ayudan a reducir el impacto del aumento en la ocupación de las laderas y mediante la limitación en el suministro de los servicios por parte de la dependencia municipal encargada en este caso Desarrollo Urbano municipal, todo esto con la finalidad de que resulte poco favorable adquirir terrenos con amenaza a padecer por movimientos, algunas de esas recomendaciones en cuanto a restricciones son las siguientes

- **Políticas de disuasión:** Programas de información pública, Manejo de escrituras o certificados de propiedad, Negación de servicios públicos, Avisos públicos, Adquisición de propiedades por parte del estado, Negación de créditos, Costos de seguros, Impuestos.
- **Regulaciones al uso de la tierra**
- **Códigos técnicos para el manejo de taludes**
- **Medidas de aviso y alarma**




Finalmente con la implementación de estas medidas, y al dificultar el acceso y construcción en áreas de amenaza relativa alta, así como la regulación de nuevas construcciones, es posible lograr la reducción del nivel de amenaza, sea cual sea la intensidad, sin embargo para lograrlo es necesario que todas ellas se lleven a cabo en conjunto, es decir es necesaria la cooperación entre la ciudadanía y las autoridades municipales, ya que un reflejo de dicha carencia se ven en los asentamientos irregulares que existen, porque la creación de una vivienda conlleva a un tiempo prolongado de espera debido a los requerimientos que hacen las autoridades para su aprobación, así como un aumento en el costo de su construcción, y una vez con eso, un nuevo aumento en cobro de los impuestos, razón por la cual es más fácil hacerlo de forma irregular, pero los riesgos a los que se ven expuestos los habitantes son mayores, en este caso también resulta necesario que se realicen las notificaciones pertinentes con el fin de advertir a la población de la situación en la que se encuentran, por que también es común que una vez presentada una contingencia, la población exige a las autoridades que solucionen el problema, sin considerar que son parte del problema, de ahí que es necesaria la colaboración entre los ciudadanos y las autoridades, ya que de esto depende el éxito o el fracaso de las medidas que sean elegidas para la prevención y mitigación además de la reconstrucción y recuperación de la población afectada.



BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Ayala Irasema, (2003) **“Valoración económica del servicio de ecosistemas (prevención de desastres)”**, Instituto de Geografía / UNAM, Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. Págs. 28 ,32.
- Alcántara Ayala Irasema, (2000) **“Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología”**, Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía / UNAM, número 41, Pág. 11.
- Almorox Alonso Javier, (2007), **“Climatología aplicada a la ingeniería y medio ambiente”**, Universidad Politécnica de Madrid, en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/autores>, de fecha 15/10/09.
- Aneas de Castro Susana D, (2000), **“Riesgos y peligros: Una visión desde la geografía”**, *Scripta Nova* Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, España, Universidad de Barcelona, núm. 60, 15 de Marzo.
- Bâ, K.M. y C. Díaz Delgado, (1997) **“HidEstat 1.0: Programa de cómputo de funciones de distribución clásicas y de orden superior aplicadas a la hidrología”**, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Borja Baeza Roberto y Alcántara Ayala Irasema (2004), **“Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla”**, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, núm. 53, pp. 7-26.
- Calvo García-Tornel Francisco, (1984), **“La geografía de los riesgos”**, Cuadernos Críticos de Geografía Humana, España, Universidad de Barcelona, año IX núm. 54, Noviembre.
- Calvo García-Tornel Francisco, (1997), **“Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos”**, *Scripta Nova* Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, España, Universidad de Barcelona, núm. 10, 15 de Noviembre
- Camacho Lizano Douglas, (2004) **“Diagnóstico de la susceptibilidad al deslizamiento e inundación. Análisis del contexto sísmico y reconocimiento del peligros volcánicos para el cantón montes de oca: una contribución al plan regulador del municipio”** (TESIS), escuela



centroamericana de de geología, Facultad de ciencias básicas, Universidad de Costa Rica.

- CENAPRED, (2004), **“Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligro y riesgo”**, 1ª Ed., México, Pág. 389.
- **Clasificación de Suelos 1990 (FAO/UNESCO)** en:
<http://www.unex.es/edafo/FAO> consultado el 13/02/08
- Cruz Roja Americana, (2009), **“Prepárate con la Cruz Roja, Seguridad contra deslaves”**, www.cruzrojaamericana.org
- Dotor Ruiz Esther, (2004) **“Análisis de susceptibilidad y peligrosidad de deslizamientos de laderas”** Este artículo es un resumen del Trabajo Final de Máster del Programa UNIGIS de Postgrado y Máster Internacional a distancia en SIG, gestionado por la Universidad de Girona y Publicado el 17-12-2004 en: <http://www.cartesia.org>
- Duque Escobar Gonzalo, (2000) **“Riesgo en la zona andina tropical por laderas inestables”** Universidad Nacional de Colombia.
- Ebdon David, (1982), **“Estadística para geógrafos”**, 1ª Ed., Editorial Oikos Tau, Barcelona, España, Pág. 343.
- Escobar P. Carlos Enrique, (2001) **“La Degradación de las Laderas Urbanas y su Relación con la Pobreza”** Revista Científica Lunazul, Universidad de Caldas, Colombia. Núm. 15, pp. 1-7 (versión electrónica <http://lunazul.ucaldas.edu.co>).
- FAO. (1985). **“Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación.”** Gafa FAO Conservación 13/1. Roma. En: <http://www.fao.org/docrep/006/ad081s/AD081s00.HTM>
- Franco Plata Roberto, (2008), **“Concepción e implementación de un módulo hidrogeomático para la evaluación de disponibilidad de recursos hídricos”**. (Tesis de Doctorado), Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Interamericano de Recursos del Agua, Toluca, México.
- González Fletcher Álvaro, (2007) **“Fundamentos de Fotointerpretación”**, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2ª ED., Colombia.
- Grupo de trabajo MILADERA, (2001), **“Inestabilidad de laderas”** CENAPRED, México.



- Grupo de trabajo MILADERA, (2001), “**Cartilla de diagnóstico preliminar de inestabilidad de laderas**” CENAPRED, México.
- H. Ayuntamiento Constitucional de Huixquilucan, (2011), “**Bando Municipal**”
- H. Ayuntamiento Constitucional de Huixquilucan, Dirección de Gobierno, “**Censo de Población Santa Cruz Ayotuxco 2003-2006**”
- H. Ayuntamiento de Toluca, “**Glosario de términos con acepción jurídica**”
- [**http://www.vatican.va/archive/bible/nova_vulgata/documents/nova-vulgata_vt_psalorum_lt.html#LIBER V \(Psalmi 107-150\)**](http://www.vatican.va/archive/bible/nova_vulgata/documents/nova-vulgata_vt_psalorum_lt.html#LIBER V (Psalmi 107-150))
- Instituto de Geografía de la UNAM, (2004), “**Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial**”, 1ª Ed., México, Pág. 161.
- “**Deslaves obligan a desalojar 21 casas en Huixquilucan**” Rebeca Jiménez/Corresponsal, El Universal, Sábado 22 de Septiembre de 2007.
- Lesikar, B. y J. Enciso. (2000). “**Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras: Fosa séptica y campo de absorción**”. Texas Agricultural Extension Service, Hoja Número L-5227S.
- Llamas José, (1993), “**Hidrología general, principios y aplicación**”, Servicio editorial Universidad del país Vasco, España, Pág. 136-138.
- López Ramos Ernesto, (1993), “**Geología general y de México**”, Ed. Trillas, 7ª Ed., México, Pág. 51- 58.
- Maskrey Andrew y Romero Gilberto, (1986), “**Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima metropolitana**”, Centro de Estudios y Prevención de Desastres, PREDES ED, Lima, Perú.
- “**Manual De Bioingeniería**”, (2008) en <http://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-bioingenieria.pdf>
- Mora Chinchilla Rolando, (2004), “**Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del Cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica.**”, Escuela Centro Americana de Geología, Universidad de Costa Rica, como Proyecto FUNDEVI 0960, Servicios Especializados de Suelos y Rocas de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación, Costa Rica.



- Mora Chinchilla Rolando, et al. (2002), **“Zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: Resultados obtenidos para la península de Papagayo mediante la modificación del Método Mora-Vahrson (Mora R. ET AL., 1992)”**, III Curso Internacional: Microzonificación y su Aplicación en la Mitigación de Desastres. 11-29 de Noviembre de 2002, Lima Perú (instructor).
- P. Sangalli, (2008), **“Bioingeniería o Ingeniería Biológica”**, Asociación Española de Ingeniería del Paisaje (AEIP), España. <http://www.caminospaisvasco.com>
- **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2003-2006.**
- **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2006-2009.**
- **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huixquilucan 2009-2012.**
- Portell Vidal Mariona y Solé Gómez María Dolores, **“Riesgo percibido: Un procedimiento de Evaluación”**, en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_578.pdf
- Pouey Nora, (1998), **“Erosión hídrica en curso de llanura sobre lechos cohesivos”**, UNR Editora, 168 páginas.
- Salazar Mondragón Luís Guillermo, (2007), **“Modelaje de la amenaza al deslizamiento, mediante el sistema de información geográfico ILWIS utilizando el modelo Mora & Vahrson, 1991”** en: <http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/Br07/Comunicaciones/Salazar.pdf>, consultado el 15/02/08.
- Sánchez San Román Francisco Javier (2004), **“Evapotranspiración”**, Universidad de Salamanca, 8pp. en <http://wb.usal.es/javisan/hidro>, consultado el 20/08/09.
- Suárez Díaz Jaime, (2001), **“Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales”**, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales), (2004) **“Memoria técnica para el mapa de susceptibilidad de deslizamientos de tierra en el salvador”** en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/SusceptMovMasa-ES-SNET-2004.pdf>, de fecha 12/11/07.



- Toscana Aparicio Alejandra, (2006), “**Los paisajes del desastre**”, Tesis de Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- INETER et.al (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), (2004) “**Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en Nicaragua, el Método Mora-Vahrson**” en: <http://www.snet.gob.ni/Documentos/SusceptMovMasa-ES-SNET-2004.pdf>, de fecha 12/11/07
- Vila Valente J., (1983), “**Introducción al estudio teórico de la geografía**”, Ed. Ariel, Barcelona, España, Pág. 190-193.
- Wilches- Chaux Gustavo, (1993) “**La vulnerabilidad global**” en “**Los desastres no son naturales**”, LA RED, Págs. 11-39

ANEXO 1

Cálculo de Periodos de Retorno:

Tabla 1: Valores de “ y_T ”, para distintos Periodos de Retorno T:

T	2 años	5 años	10 años	25 años	30 años
y_T	0.36651	1.49994	2.25037	3.19853	3.38429

T	50 años	75 años	100 años	250 años	500 años
y_T	3.90194	4.31078	4.60015	5.5194	6.2136

Tabla 2: Valores de “ y_n ” y “ s_n ”, según número de observaciones:

No. de datos	Y_n	S_n	No. de datos	Y_n	S_n
1	0,36651	0,00000	52	0,54934	1,16380
2	0,40434	0,49838	53	0,54972	1,16530
3	0,42859	0,64348	54	0,55009	1,16676
4	0,44580	0,73147	55	0,55044	1,16817
5	0,45879	0,79278	56	0,55079	1,16955
6	0,46903	0,83877	57	0,55113	1,17088
7	0,47735	0,87493	58	0,55146	1,17218
8	0,48428	0,90432	59	0,55177	1,17344
9	0,49015	0,92882	60	0,55208	1,17467
10	0,49521	0,94963	61	0,55238	1,17586
11	0,49961	0,96758	62	0,55268	1,17702
12	0,50350	0,98327	63	0,55296	1,17816
13	0,50695	0,99713	64	0,55324	1,17926
14	0,51004	1,00948	65	0,55351	1,18034
15	0,51284	1,02057	66	0,55378	1,18139



16	0,51537	1,03060	67	0,55403	1,18242
17	0,51768	1,03973	68	0,55429	1,18342
18	0,51980	1,04808	69	0,55453	1,18440
19	0,52175	1,05575	70	0,55477	1,18535
20	0,52355	1,06282	71	0,55500	1,18629
21	0,52522	1,06938	72	0,55523	1,18720
22	0,52678	1,07547	73	0,55546	1,18809
23	0,52823	1,08115	74	0,55567	1,18896
24	0,52959	1,08646	75	0,55589	1,18982
25	0,53086	1,09145	76	0,55610	1,19065
26	0,53206	1,09613	77	0,55630	1,19147
27	0,53319	1,10054	78	0,55650	1,19227
28	0,53426	1,10470	79	0,55669	1,19306
29	0,53527	1,10864	80	0,55689	1,19382
30	0,53622	1,11237	81	0,55707	1,19458
31	0,53713	1,11592	82	0,55726	1,19531
32	0,53799	1,11929	83	0,55744	1,19604
33	0,53881	1,12249	84	0,55761	1,19675
34	0,53959	1,12555	85	0,55779	1,19744
35	0,54034	1,12847	86	0,55796	1,19813
36	0,54105	1,13126	87	0,55812	1,19880
37	0,54174	1,13394	88	0,55828	1,19945
38	0,54239	1,13650	89	0,55844	1,20010
39	0,54302	1,13896	90	0,55860	1,20073
40	0,54362	1,14131	91	0,55876	1,20135
41	0,54420	1,14358	92	0,55891	1,20196
42	0,54475	1,14576	93	0,55905	1,20256
43	0,54529	1,14787	94	0,55920	1,20315
44	0,54580	1,14989	95	0,55934	1,20373
45	0,54630	1,15184	96	0,55948	1,20430
46	0,54678	1,15373	97	0,55962	1,20486



47	0,54724	1,15555	98	0,55976	1,20541
48	0,54769	1,15731	99	0,55989	1,20596
49	0,54812	1,15901	100	0,56002	1,20649
50	0,54854	1,16066	101	0,56015	1,20701
51	0,54895	1,16226			

Fuente: Almorox Alonso (2007).



ANEXO 2

TITULO QUINTO DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES CAPÍTULO III DE LA ASISTENCIA SOCIAL

ARTÍCULO 79: La administración pública tiene como fin, entre otros proteger a los grupos más débiles de la sociedad, preferentemente constituidos por menores y adultos mayores en situación de desamparo personas con discapacidad y personas carentes de recursos económicos que requieren de diversas clases de protección a fin de evitar riesgos a que están expuestos, e incorporarlos a una vida más útil y productiva para si mismos y comunidad.

ARTÍCULO 80: El gobierno municipal a través del Sistema Municipal para Desarrollo Integral de la Familia, promoverá con calidad y calidez la prestación del servicio público de asistencia social.

TITULO III: DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS MIEMBROS DEL AYUNTAMIENTO, SUS COMISIONES, AUTORIDADES AUXILIARES Y ÓRGANOS DE PARTICIPACION CIUDADANA.

CAPÍTULO SEXTO: DE LOS CONSEJOS MUNICIPALES DE PROTECCIÓN CIVIL.

ARTÍCULO 81.- Cada ayuntamiento constituirá un consejo municipal de protección civil, que encabezaré el presidente municipal, con funciones de órgano de consulta y participación de los sectores públicos, social y privado, para la prevención y adopción de acuerdos, ejecución de acciones en general, todas las actividades necesarias para la atención inmediata y eficaz de los asuntos



relacionados con situaciones de emergencia, desastre, o calamidad pública que afecten a la población. Son distribuciones de los consejos municipales de protección civil:

I.- Identificar en un Atlas de Riesgos Municipal, que deberá publicarse en la Gaceta Municipal durante el primer año de gestión de cada ayuntamiento, sitios que por sus características específicas puedan ser escenarios de situaciones de emergencia, desastre o calamidad pública.

II.- Formular en coordinación con las autoridades estatales de la materia, planes operativos para prevenir riesgos, auxiliar y proteger a la población y restablecer la normalidad, con la oportunidad y eficacia debidas, en caso de desastre.

III.- Definir y poner en práctica los instrumentos de concertación que se requieran entre los sectores del municipio, con otros municipios y el Gobierno del Estado, con la finalidad de coordinar acciones y recursos para la mejor ejecución de los planes operativos.

IV.- Coordinar sus acciones con los sistemas nacional y estatal de protección civil.

V.- Crear y establecer los órganos y mecanismos que promuevan y aseguren la participación de la comunidad municipal, las decisiones y acciones del consejo especialmente a través de la formación del voluntariado de protección civil.

VI.- Operar, sobre la base de las dependencias municipales, las agrupaciones sociales y voluntariado participante, un sistema municipal en materia de prevención, información, capacitación, auxilio y protección civil a favor de la población del municipio.