

✓

**PLAN TRIFINIO**  
**CONVENIO GUATEMALA-**  
**EL SALVADOR - HONDURAS**  
**O. E. A. I.I.C.A.**

8270

Centro Interamericano de  
Documentación e  
Información Agrícola

13 MAY 1988

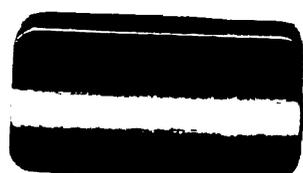
IICA - CITA

**EVALUACION DE LOS RIESGOS DE**  
**DESASTRES NATURALES EN LA**  
**REGION DEL TRIFINIO**

Ing. Julio Kuroiwa H.  
Septiembre, 1987

**DOCUMENTO TRIFINIO N.4**

**CONVENIO GUATEMALA - EL SALVADOR - HONDURAS - OEA - IICA**



Centro Interamericano de  
Documentación e  
Información Agrícola

13 MAY 1988

IICA — CIDIA

13 MAY 1988  
13 MAY 1988



EVALUACION DE LOS RIESGOS DE  
DESASTRES NATURALES EN LA  
REGION DEL TRIFINIO

Ing. Julio Kuroiwa H.  
septiembre, 1987

DOCUMENTO TRIFINIO 4

~~BU-041787~~

00002316

**DOCUMENTO No. 1) 4**

**EVALUACION DE LOS RIESGOS DE DESASTRES NATURALES  
EN LA REGION DEL TRIFINIO**

Preparado para el Proyecto Trinacional TRIFINIO  
(Guatemala, El Salvador y Honduras)

Por encargo del:  
Departamento de Desarrollo Regional  
Organización de los Estados Americanos -OEA-  
Washington, D.C.

Por: **Julio Kuroiwa H.**  
Lima - Perú

11CA  
PO1  
K96

## RESUMEN

Los gobiernos de Guatemala, El Salvador y Honduras, con la cooperación de la Organización de los Estados Americanos - OEA y el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola - IICA-, están realizando el planeamiento integral para el desarrollo de la región del TRIFINIO.

Teniendo como punto central el cerro Montecristo (2,418 m.), que es el lugar donde confluyen las fronteras de los 3 países, se trata del esfuerzo común para el desarrollo de unos 10,000 km<sup>2</sup> del área fronteriza.

El objetivo inicial, después ampliado, fue proteger la valiosa flora y fauna que existe en Montecristo.

Cumpliendo con una de las cláusulas del Convenio Base, OEA contrató al consultor para estudiar los riesgos frente a los desastres naturales de la región del TRIFINIO, con la finalidad que los proyectos que se ejecuten queden adecuadamente protegidos.

La metodología utilizada consistió en estudiar la documentación existente, determinando los datos que faltaban para los fines de este estudio, los que fueron luego recabados en las capitales de los 3 países, donde además, se entrevistaron especialistas funcionarios de los gobiernos y consultores privados.

La parte más importante fue el trabajo de campo, donde se verificó la coincidencia de la información estudiada con las huellas dejadas por pasados eventos, como daños

causados por sismos, historia de daños, reparaciones de iglesias, etc. Se entrevistó a personas mayores de 60 años que sufrieron o presenciaron desastres ocurridos hace muchos años, como la inundación de Metapán en El Salvador y la destrucción de Antigua Ocotepeque en Honduras; se pudo determinar por ejemplo que el 7 de junio de 1934, el día que esas dos ciudades fueron gravemente dañadas, estuvo asociado con un huracán que azotó por esas tierras del 4-21 de Junio de ese año.

Centro América, sobretodo Guatemala, que tiene su territorio en dos placas: Norteamericana y Caribe; y El Salvador que tiene el mayor porcentaje de su población en un graben, han sufrido graves daños causados por terremotos. En la región Centroamericana interaccionan las placas mencionadas y la Cocos. La región del TRIFINIO que se ubica en el vértice de la placa Caribe, está amenazada por las fallas geológicas fuera y dentro de ella. El terremoto de Guatemala en 1976, originada en la falla Motagua causó importantes daños en la región del Proyecto.

América Central, ubicado entre los trópicos de Cáncer y Capricornio es bañada por los océanos Atlántico y Pacífico, que están separados por una franja de tierra relativamente angosta. Las calientes aguas de los océanos al disminuir la densidad del aire con que contactan, crean condiciones favorables para los desplazamientos ciclónicos.

Si bien es cierto que las construcciones que son capaces de tomar fuerzas sísmicas pueden resistir los vientos extremos de un huracán, las lluvias torrenciales que acompañan a estos sí causan graves daños, como el huracán FIFI, que dejó unos 10,000 muertos y varios cientos de millones de dólares norteamericanos en pérdidas, materiales principalmente en Honduras. En las zonas montañosas donde

se ubica la región del TRIFINIO, al chocar contra ella los vientos calientes cargados de humedad suben por sus frías laderas, ocurriendo una violenta condensación y como consecuencia lluvias torrenciales.

Esto causa inundaciones, derrumbes, avalanchas, dañando centros urbanos, cultivos, caminos, canales, etc.

La deforestación indiscriminada de los bosques y sobrepastoreo está propiciando en algunos lugares el rápido incremento de la acción erosiva de las lluvias y los vientos. Esto no solamente causa la pérdida de valiosos suelos que a la naturaleza le tomó siglos o millones de años formarlos, sino que también crea abundante material mueble que arrastrado aguas abajo colmata el curso de los ríos y riachuelos, agravando el problema de inundaciones.

El vulcanismo no constituye un problema prioritario, por estar extintos todos los volcanes de la región. Como los efectos destructivos se dejan sentir sólo en sus vecindades, excepto las lluvias de cenizas, se están dando de todas maneras recomendaciones en cuanto a uso de tierras en las quebradas que bajan de los volcanes. Los incendios forestales, importante riesgo en época de sequía, están siendo estudiado en la parte de protección ecológica por otro consultor.

Este estudio ha servido para comprobar una vez más, que las condiciones dadas por la geología, topografía y características mecánicas de los suelos superficiales son determinantes en la extensión y grado de daños causados por los desastres naturales.

Por tal razón, se está recomendando aplicar métodos y técnicas de **microzonificación** que permitan dividir

el área estudiada en sectores de diferente riesgo. Esta información permite al planificador recibir los datos sobre desastres naturales sintetizados en un mapa de microzonificación. Le será entonces relativamente sencillo utilizarla en el planeamiento urbano.

Esta metodología puede extenderse a nivel de región si se priorizan las áreas donde deben realizarse estos estudios, ya que por ser detallados en algunos aspectos no es posible aplicarlos a toda la región.

Las investigaciones de campo han determinado la necesidad de efectuar estos estudios para el sector comprendido entre El Poy y Nueva Ocotepeque, por ser de alto riesgo de inundaciones y avalanchas y el lado oeste del cerro Montecristo entre Concepción Las Minas (Guatemala) y Metapán - (El Salvador). Asimismo que se estudie Chiquimula, Metapán y Nueva Ocotepeque. Las localizaciones de las obras que se proyecten también deben ser determinadas previo estudio de cada emplazamiento, dependiendo su detalle y profundidad de la importancia del Proyecto. Pero, aún las menos importantes necesitan el reconocimiento de un geólogo geotecnista y la ejecución de un estudio simple de suelos que determinen su capacidad portante.

Se han preparado unas recomendaciones, redactadas en forma de normas, que regulen las construcciones a realizarse en la región del TRIFINIO, para que en caso de ser aprobadas por los gobiernos respectivos tengan carácter mandatorio. Se presentan aparte, como documento No. 2. La redacción es simple y sencilla, y se ha tratado que con cambios mínimos en los métodos constructivos utilizados por los pobladores, la resistencia sísmica de las edificaciones se incremente sustancialmente.

Siendo importante la localización de las obras se incluyen disposiciones sobre las mismas.

El consultor desea expresar su agradecimiento a todas las personas, cuyos nombres están incluidos en este informe, que brindaron su valioso tiempo, para que la misión encomendada por OEA pueda cumplirse.



## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
1.1 El Proyecto TRIFINIO. Antecedentes.	1
1.2 Objetivos del presente estudio	5
1.3 Metodología empleada	6
2. DESASTRES NATURALES EN LA REGION DEL TRIFINIO.	10
2.1 Marco Centroamericano	10
2.1.1 Importancia de los desastres naturales en el desarrollo de la América Central.	10
2.1.2 Aspectos Geológicos	11
2.1.3 Aspectos Hidrológicos	20
2.2 Desastres Naturales en la Región del TRIFINIO.	25
Los terremotos	25
Inundaciones, huracanes y temporales.	32
Deslizamientos	34
Proceso de erosión-sedimentación	36
Vulcanismo	37
Otros riesgos	40
3. PLANEAMIENTO FISICO DE LA REGION DEL TRIFINIO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES.	41
3.1 Microzonificación y Planeamiento Físico. Antecedentes.	41

	<u>Pág.</u>
3.2 Estudio de microzonificación en la región del Trifinio.	44
3.3 Proyectos de desarrollo en la región del Trifinio.	44
3.4 Transferencia tecnológica	50
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1 Conclusiones	51
4.2 Recomendaciones	52
REFERENCIAS	56
PERSONAS ENTREVISTADAS	60
MATERIAL FOTOGRAFICO	

Nota: Este material se complementa con el Documento No. 2 "Recomendaciones - (Normas) Integradas para la Mitigación de Desastres en la Región del Trifinio".

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 EL PROYECTO TRIFINIO. ANTECEDENTES

El Proyecto TRIFINIO es un esfuerzo de integración mesoamericano para el desarrollo fronterizo, que están realizando los gobiernos de Guatemala, El Salvador y Honduras sobre unos 10,000 km<sup>2</sup> (1) \* (2), teniendo como punto central el TRIFINIO donde se ubica el cerro Montecristo (2,418 m), que es la zona de confluencia de la frontera de los tres países (Fig. 1).

La Organización de los Estados Americanos -OEA- y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-, dan asesoría y realizan investigación especializada, supervisan y editan el informe final; OEA en aspectos generales, e IICA el sub-programa silvo-agropecuario.

El Proyecto nació de la necesidad de proteger valiosas especies de flora y fauna que existen en el área, a lo que se ha llamado "Reserva de Biósfera de la Amistad", - que está siendo rápidamente depredada con efectos ecológicos muy negativos, como la erosión de grandes volúmenes de suelo de cultivo, pérdida de la capacidad de las cuencas para retener el agua, agudizando los problemas en los períodos de sequía, incremento de deslizamientos de tierra e inundaciones en época de lluvias, lo que ha causado pérdidas de vidas y graves perjuicios económicos.

Posteriormente, para darle mayor alcance al Proyecto, las metas fueron ampliadas, incluyendo el desarrollo integrado de áreas (3) que rodean el TRIFINIO. Se consideró que mejorando la calidad de vida de los habitantes que

---

(\*) Referencia al final del Informe

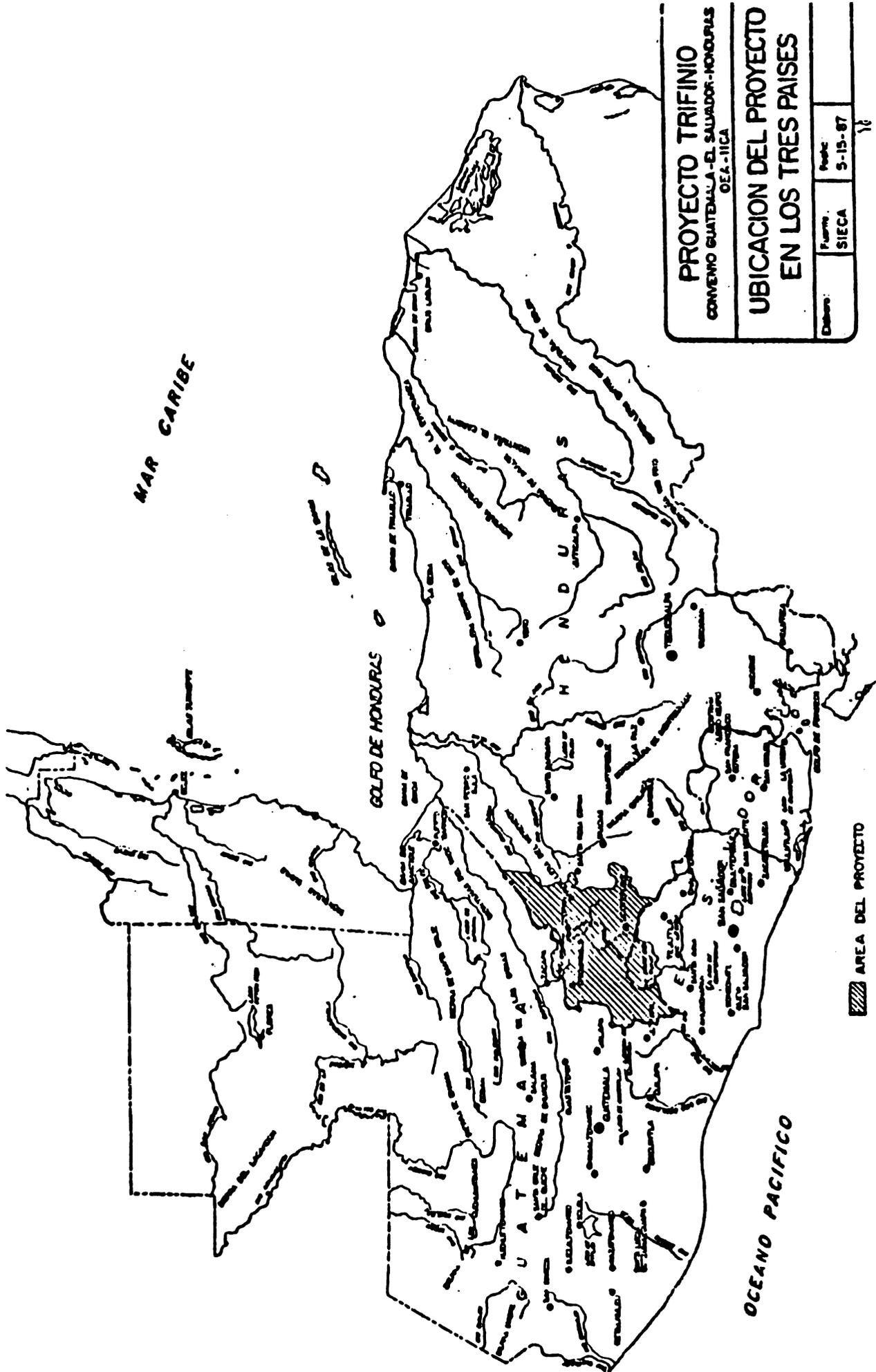


FIG. 1: UBICACION DEL PROYECTO TRIFINIO EN GUATEMALA, EL SALVADOR Y HONDURAS

viven en las zonas aledañas, además de cumplir con este importante objetivo, se disminuiría la presión sobre la biósfera por conservar. Por ejemplo, si se mejora la eficiencia térmica de las cocinas o se reemplaza la leña, principal agente energético de la región, por otros combustibles, se disminuiría el impacto depredador de la tala de árboles.

La región por desarrollar incluye las áreas más deprimidas de los tres países, es de morfología montañosa - con valles y quebradas relativamente poco extensas. Se puede acceder a la región desde las capitales de los tres países y puertos principales sobre el Atlántico y el Pacífico a través de carreteras asfaltadas. En las zonas donde hay poco volumen de tráfico dentro de la región, los caminos son de tierra y el mantenimiento es deficiente, y las superficies de rodadura presentan profundos surcos erosivos. El cruce de cursos de agua es mediante vados, por lo que transitar por ellos en época de lluvias es difícil. Incluso hay algunas poblaciones como San Jorge en Honduras, no conectadas a la red vial.

En la figura 2, se muestra la región del TRIFINIO que comprende lo siguiente:

- En Guatemala, todo el departamento de Chiquimula y 4 municipios del departamento de Jutiapa, con una extensión de 3,392 km<sup>2</sup> y una población estimada en 304,272 (julio - 1980).
- En el Salvador, 5 municipios del departamento de Santa Ana, y tres de Chalatenango con 1,115 km<sup>2</sup> y 101,008 habitantes.
- En Honduras, el departamento de Ocotepeque, 5 municipios del departamento de Copán, con 3,034 km<sup>2</sup> y 114,037 habitantes.



FIG. 2: REGION DEL TRIFINIO

En total 7,541 km<sup>2</sup> y 519,317 habitantes beneficiados en los tres países. Se considera que el área que finalmente se cubrirá será algo mayor, llegando a unos 10,000 km<sup>2</sup>. No se pretende ejecutar grandes obras de infraestructura, sino mejorar lo existente y realizar obras pequeñas y medianas con énfasis en el desarrollo agropecuario.

## 1.2 OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO

Con la finalidad de contar con información sobre fenómenos naturales violentos que ocurren en la región del TRIFINIO, y emitir recomendaciones que permitan a la Dirección del Proyecto tomar medidas para proteger adecuadamente de sus efectos destructores a la población y las inversiones que se efectúen para su desarrollo económico y social, la División I del Departamento de Desarrollo Regional de la Organización de los Estados Americanos (DDR/OEA), con trató al consultor con los siguientes objetivos:

- Efectuar una evaluación de los riesgos naturales de la región del TRIFINIO: sísmicos, inundaciones, huracanes, erupciones volcánicas, deslizamientos y erosión-sedimentación, los que serán ilustrados con mapas, gráficos y fotografías.
- Identificar las áreas de mayor incidencia de los desastres naturales que amenazan la región.
- Efectuar recomendaciones de estudios específicos de riesgos que deben realizarse para el desarrollo de los proyectos de inversión.

Los objetivos señalados, son los que inicialmente estaban señalados en los términos de referencias alcanza

dos al consultor; sin embargo, después de conversar con funcionarios de los gobiernos involucrados, en especial con los Directores Nacionales y con el Director Internacional del Proyecto; estudiar la información existente, pero sobre todo, después de visitar la región del Proyecto para conocer la realidad, se llegó a la conclusión que el aporte del presente estudio podría ampliarse para hacerlo más útil, considerando los objetivos adicionales siguientes:

- Introducción del concepto de planeamiento físico contra todos los desastres que ocurran en la región del Proyecto, utilizando como herramienta métodos y técnicas de microzonificación.
- Preparar recomendaciones sencillas y prácticas a manera de normas para mitigar los efectos de los desastres naturales más probables que amenazan la región, que aprobadas por los gobiernos nacionales puedan ser utilizadas como normas de análisis y diseño antidesastre para la región. Para evitar confusiones, esta última parte se está presentando en un documento aparte, resultando como consecuencia dos documentos:

No. 1: "Evaluación de los Riesgos de Desastres Naturales en la Región TRIFINIO", y

No. 2: "Recomendaciones (normas) Integradas para la Mitigación de Desastres Naturales en el TRIFINIO".

### 1.3 METODOLOGIA EMPLEADA

Se analizaron y estudiaron las informaciones recopiladas por el Proyecto en su sede en Guatemala, así como los documentos oficiales e informaciones preliminares, los que permitieron en una primera aproximación:

- Entender los alcances y filosofía del Proyecto TRIFINIO.
- Determinar los fenómenos naturales destructivos de ocurrencia más frecuente en la región del TRIFINIO, y
- Detectar las informaciones básicas que faltaban para los fines de este estudio, y ubicar los lugares donde pudieran ser obtenidas.

De acuerdo a lo anterior, se programó y se ejecutó lo siguiente:

- Se visitaron en las ciudades capitales de los países participantes del Proyecto a las autoridades nacionales responsables y a los representantes de las agencias internacionales que lo están apoyando, para recibir de ellos sus comentarios y recomendaciones; a su vez, informarles del programa de trabajo, objetivos del estudio y las necesidades para cumplir con el encargo recibido. También se visitaron los centros de investigación de los fenómenos naturales como el INSIVMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología Hidrología) en Guatemala; el CIG (Centro de Investigaciones Geotécnicas en El Salvador) y el Servicio Meteorológico Nacional de Honduras donde se conversó con los especialistas y se recibió de ellos parte de las informaciones que faltaban.
- Se contactaron profesionales independientes con experiencias en algunas de las ramas de interés para este trabajo.
- Una de las partes más importantes del estudio fue el trabajo de campo realizado con los objetivos establecidos antes del viaje, para lo cual se realizaron las siguientes acciones:
  - . Se verificaron los efectos de fenómenos naturales como sismos e inundaciones, que las estadísticas indican que

han ocurrido, mediante la inspección de las huellas que han dejado, como daños en construcciones de adobe, historia de daños y reconstrucciones de iglesias, etc. También se obtuvieron informaciones muy valiosas de las en cuestas realizadas a personas de más de 60 años, que presenciaron o sufrieron los efectos de fenómenos naturales violentos. Para el efecto se prepararon formatos especiales en la Oficina de OEA de Guatemala. Se pudo así detectar que Metapán en El Salvador fue inundado y Ocotepeque en Honduras quedó destruido por una avalancha, el mismo día: 7 de Junio de 1934.

- . Se trató de conocer, dentro de las limitaciones de un corto viaje, la realidad socio-económica, cultural y fí sica, de la región. Los tipos de construcciones y materiales empleados, con la finalidad que las soluciones que se planteen estén de acuerdo a esa realidad y sean de u tilidad práctica.
- . En los conglomerados humanos más importantes se determi nó en una primera aproximación, su vulnerabilidad frente a los desastres naturales.
- . Se inspeccionaron con especial interés zonas donde se han producido derrumbes, hundimientos e inundaciones.

Como se mantuvo un programa de trabajo flexible, se realizaron actividades no previstas antes del viaje; se visitaron así obras de defensas ejecutadas que están dando buenos resultados y se conversó con personas que por propia iniciativa, estaban tomando medidas preventivas para disminuir los efectos de los desastres naturales y los provocados o agravados por el hombre.

Durante todo el estudio se han hecho esfuerzos para incorporar el concepto de mitigación contra desastres en el proceso de planeamiento integrado de desarrollo económico y social de la región. La estrategia seguida ha sido tratar de extender a nivel de región los métodos y técnicas de microzonificación aplicadas con éxito en el planeamiento urbano.

Como los estudios de microzonificación, para que tengan utilidad práctica, deben ser detallados en ciertos aspectos, fijando por ejemplo los linderos de los sectores de diferente riesgo, no es posible ampliarlos a toda la región sino limitarlos a ciertas zonas importantes. Por lo tanto, uno de los aspectos investigados fue la manera de fijar prioridades: dónde, en qué sitios, deben efectuarse estudios de microzonificación, se trate de áreas urbanas en expansión o en riesgo, como de la selección de la ubicación de futuras obras de ingeniería de cierta importancia. Con las informaciones adicionales obtenidas, y el conocimiento directo de la región, se hizo un nuevo análisis de la situación. Después de efectuar coordinaciones con los responsables del Proyecto, se determinó la orientación que se daría a los estudios en su parte final, y la forma en que se presentarían los informes para su uso más efectivo durante la implementación de los proyectos que se tiene previsto ejecutar.

## 2. DESASTRES NATURALES EN LA REGION DEL TRIFINIO

### 2.1 MARCO CENTROAMERICANO

#### 2.1.1 Importancia de los Desastres Naturales en el Desarrollo de la América Central.

Centro América, que define su ámbito con carácter geográfico-político, comprende las repúblicas de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

Debido a una actividad geológica compleja, activa y continua y ser el área crítica de la trayectoria de ciclones tropicales, los desastres naturales han causado numerosas víctimas y cuantiosos daños materiales en la América Central.

Es de tal importancia para estos países hacer frente de manera planificada a los fenómenos naturales violentos, que Cunningham y sus colegas (4) opinan que el desarrollo económico y social de Centro América a largo plazo dependerá en gran parte de su producción minera, del desarrollo energético y de sus recursos en agua, así como de la mitigación de los efectos destructivos de los desastres geológicos e hidrológicos.

Es quizás, la región del mundo donde más ciudades han debido trasladarse a ubicaciones más seguras por haber sido destruidas en sus anteriores emplazamientos de gran riesgo.

Guatemala ha tenido que reubicar dos veces a su capital. En 1,541 un torrente de fango que se precipitó del volcán de Agua la destruyó, siendo abandonada. En 1773 un terremoto destruyó Antigua Guatemala, ubicada al pie de los

volcanes de Fuego, Agua y Acatenango, y tuvo que cambiar de ubicación a su emplazamiento actual (5). Nueva Ocotepeque también ha tenido que cambiar tres veces su ubicación en los últimos 200 años, debido a que los anteriores emplazamientos fueron destruidos por inundaciones y avalanchadas o riginadas por lluvias torrenciales. El antiguo centro de Managua permanece ahora abandonado y desolado, después que fue destruido en 1972 por un terremoto.

Los terremotos de Guatemala de 1976 y de San Salvador de 1986, así como el huracán FIFI que afectó a Honduras en 1974, causaron miles de víctimas cada uno de ellos, y cuantiosos daños materiales. Son eventos bastantes recientes que aún permanecen vividos en el recuerdo de la presente generación.

### 2.1.2 Aspectos Geológicos.

La América Central es una angosta franja de tierra de forma irregular que une Norte y Sur América. El rasgo geográfico más importante de Centro América son las tierras altas, de alturas superiores a los 1,000 m., con algunos picos de más de 4,000 m., y ocupa un alto porcentaje de la parte norte-central en la región, extendiéndose entre Chiapas, México, hasta el norte de Nicaragua (Ver fig. 3) donde vive un alto porcentaje de la población. Hacia el norte de esta área se encuentra una zona extensa de montañas de menor elevación que cubre la península de Yucatán (6).

Hacia el sur y este de las tierras altas, se encuentra una extensa área de cimas menores, pero la topografía abrupta, que comprende gran parte de los territorios de Honduras y Nicaragua, y continúa hacia el este por una planicie costera.

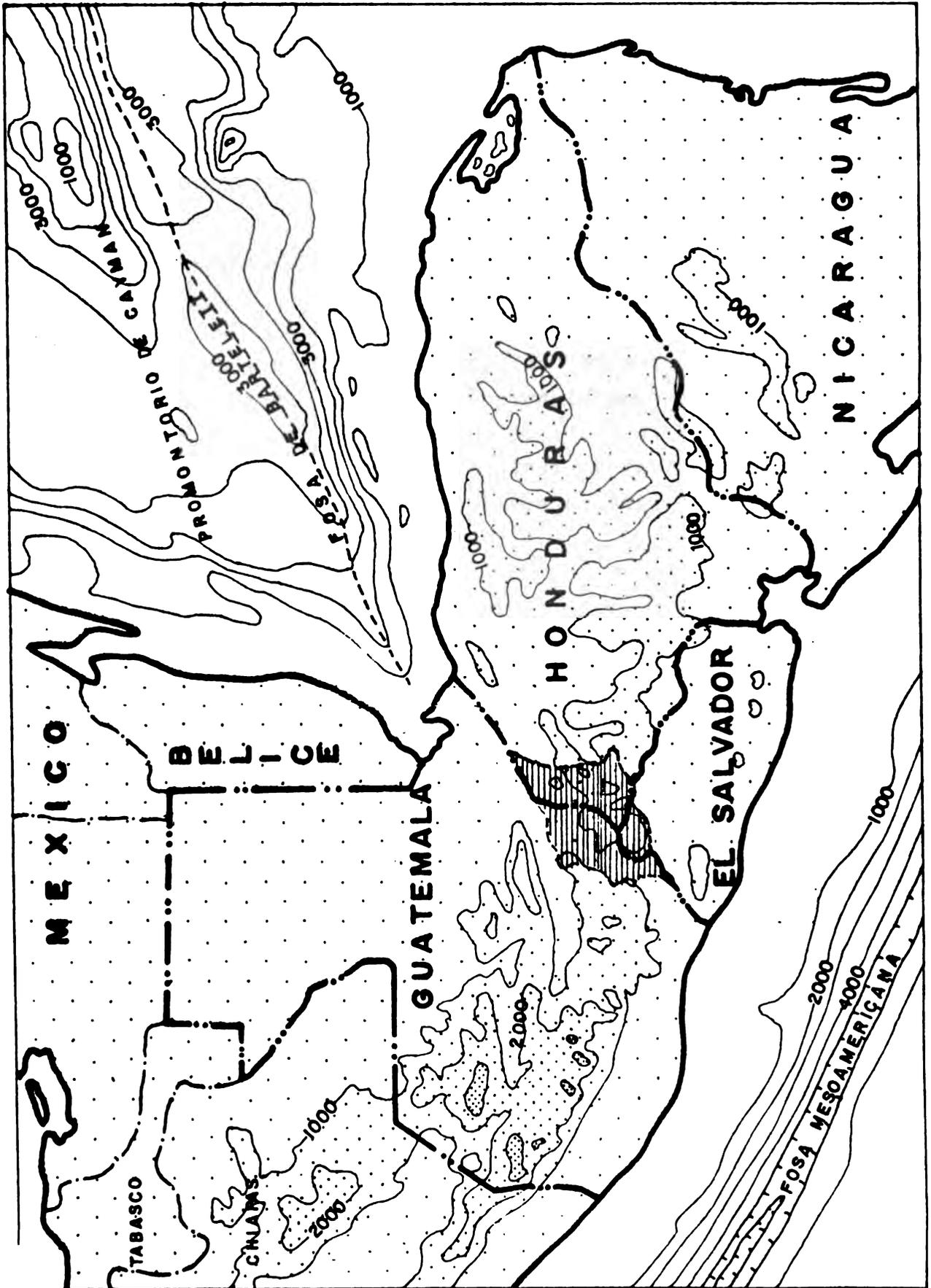
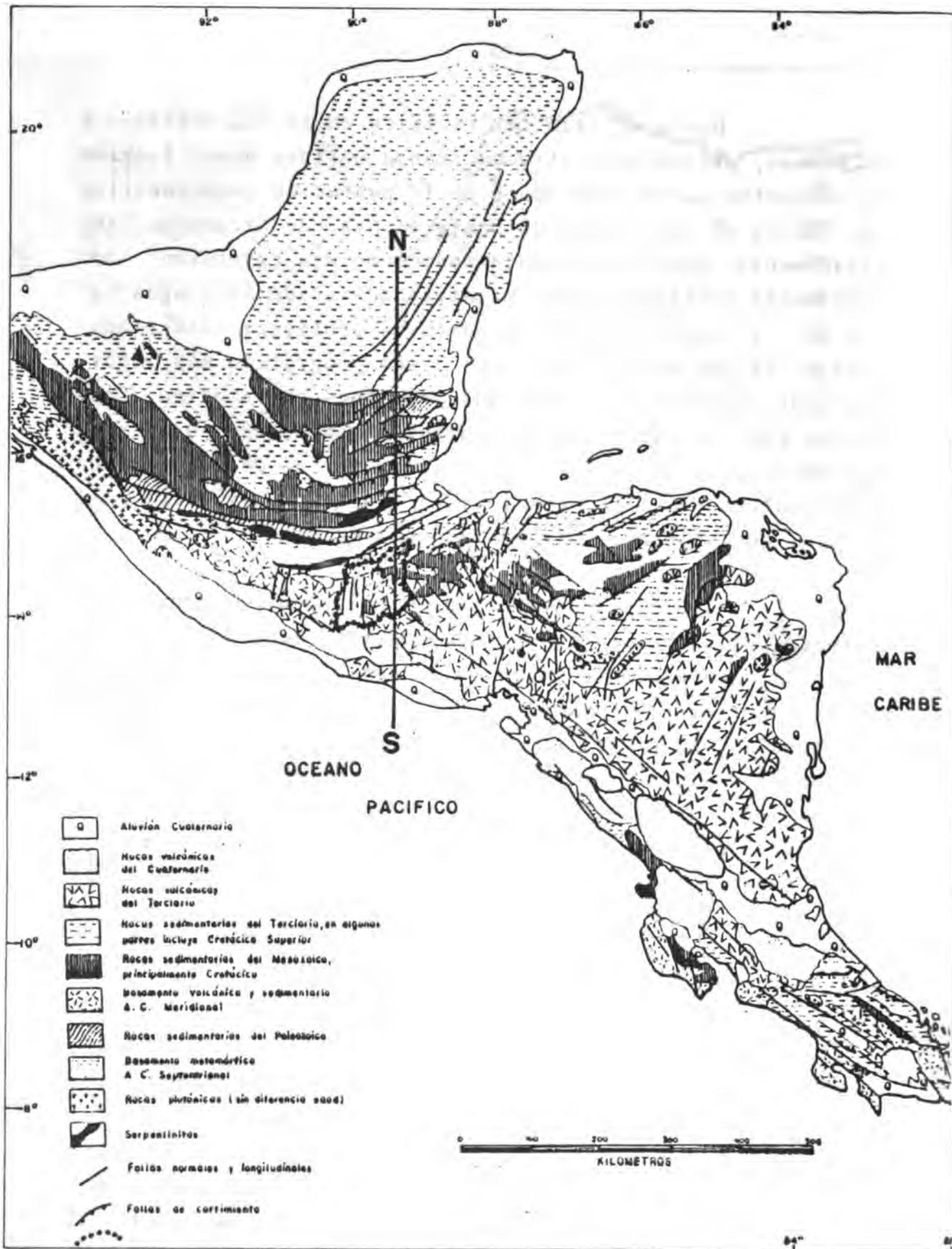


FIG. 3: FISIOGRAFIA DE MESOAMERICA Y LA REGION DEL TRIFINIO (Ref. 6)

Hacia el lado del Pacífico entre las montañas y el océano, existe una estrecha franja costera donde también se concentra parte importante de la población centroamericana. Desde el sur de México hasta el N.W. de Nicaragua, geológicamente, puede ser considerado como una extensión del continente Norteamericano, mientras que desde Nicaragua hacia el S.W. hasta Panamá, su historia geológica está vinculada al de los Andes, que es el rasgo geográfico más importante de Sudamérica. Estas dos porciones sin embargo, presentan una zona de historia geológica común, más joven y paralela a la costa del océano Pacífico y su característica principal es una marcada actividad sísmica superficial y volcánica, que se manifiesta hasta nuestros días.

Geológicamente, la provincia Septentrional está formada por un basamento de rocas metamórficas de la era Paleozoica, sobre el que yacen rocas sedimentarias del Paleozoico Superior Pennsylvánico y Pérmico a lo largo de una franja angosta. Es posible que dentro de las rocas metamórficas existan algunos del Precámbrico. Las rocas están cubiertas en grandes extensiones por sedimentos mesozoicos, principalmente por rocas carbonáticas del Cretacio. En áreas menos extensas se encuentran rocas sedimentarias del Terciario. Rocas intrusivas de diversos tipos y edades aparecen en varias partes del área, así como rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario. Figs. 4 y 5.

La evolución geológica de la América Central ha estado íntimamente vinculada a la colisión que tiene lugar entre las placas Norteamericana, Caribe y Cocos. En el Pacífico, la placa Cocos formada por pesadas rocas basálticas, se hunde o subduce debajo de la placa Caribe a razón de unos 9 cm./año, acumulando una gran cantidad de energía, que al liberarse genera terremotos de gran magnitud. El contacto



.... Límites de la región del Trifinio

FIG. 4: . GEOLOGIA DE LA REGION DEL TRIFINIO (Ref. 6 )

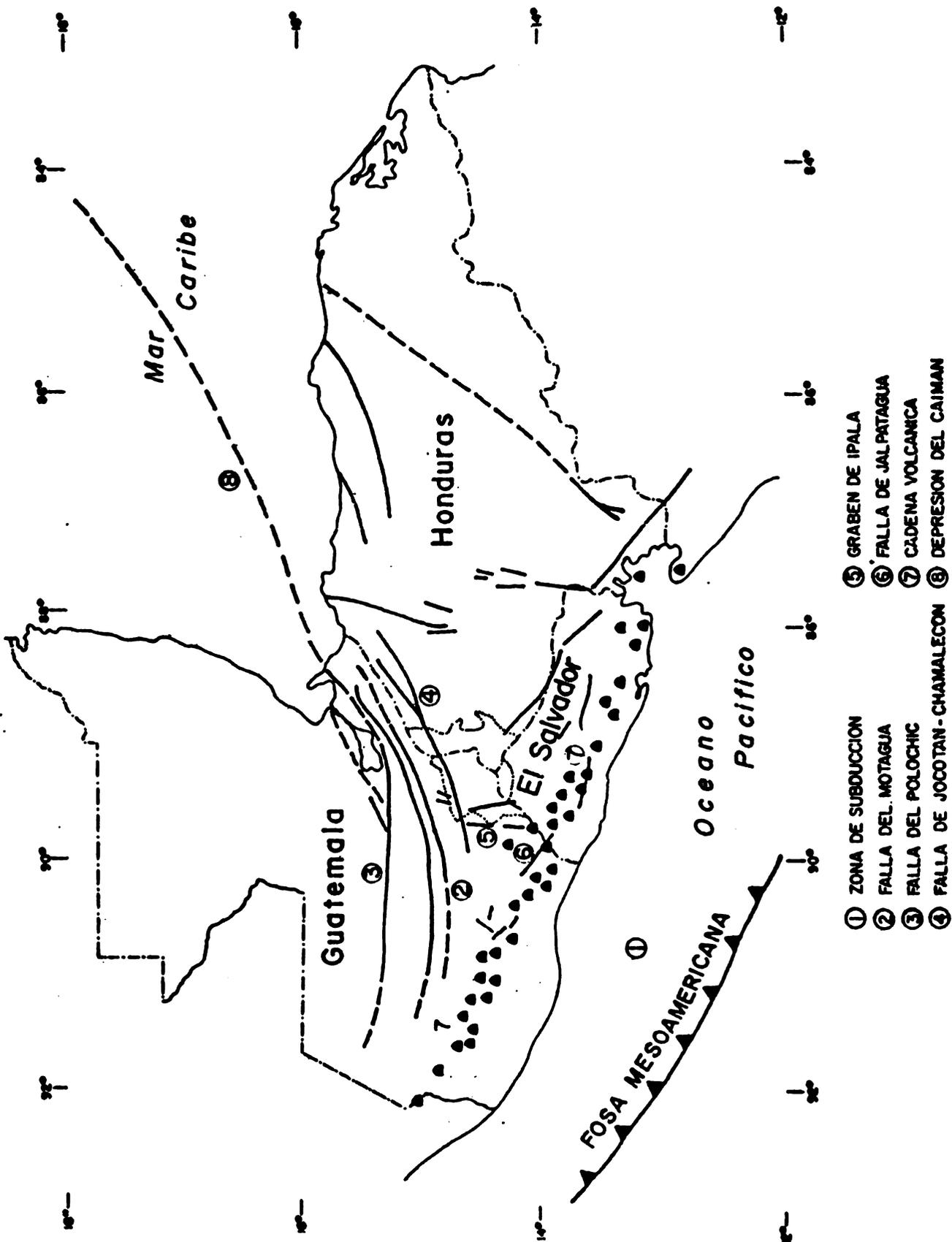


entre ambas placas está marcado por la fosa Mesoamericana que por unos 2,000 km. corre paralela a la costa, entre México y el sur de Costa Rica.

Como consecuencia de esta colisión, consistente en altas compresiones y fuertes fricciones, las rocas se funden formando masas magmáticas y por presión de gases a altas temperaturas suben a la superficie por las fracturas - en la corteza terrestre que se producen en la zona marginal de la placa continental. Es así como se tiene una cadena de volcanes jóvenes paralela a la fosa Mesoamericana, que se mantienen en actividad las que están más cerca al océano y dormidas las que están tierra adentro. Paralela a la hilerera de volcanes, en el sector de Nicaragua y parte de El Salvador, se ha creado una franja de fracturas y debilidades que se han hundido y están limitadas por fallas verticales escalonadas. En esos grabenes se producen sismos de magnitud moderada pero de foco muy superficial. Lamentablemente allí se concentra un alto porcentaje de la población nicaraguense y salvadoreña, y se ubican importantes ciudades. Esto ha dado origen a las repetidas destrucciones que han sufrido sus ciudades capitales en los últimos 400 años. Figura No. 6.

La interacción entre las placas Caribe y Norteamérica, se produce de un modo diferente a la forma en que colisionan las placas Cocos y Caribe. La placa Norteamericana se desplaza horizontalmente hacia el oeste con respecto a la placa Caribe a razón de unos 2 cm./año, considerándose esta última estacionaria. Estas placas incluso se separan un poco creando las profundas fosas de Puerto Rico - (9,218 m) y el Caimán (7,680 m). La fosa del Caimán, llega cerca al continente en el Golfo de Honduras, y penetra en territorio guatemalteco de este a oeste, formando las fallas

Fig. 6 : ESTRUCTURAS GEOLOGICAS QUE PUEDEN AFECIAR LA REGION DEL TRIFINIO



de Motagua y Polochic, que son casi paralelas y con una ligera concavidad hacia el norte. Debido a que la rigidez del estrato más superficial de la tierra, no le permite seguir el continuo desplazamiento horizontal de las partes más profundas en estado plástico, en la corteza se acumula energía de deformación, debido a que la fricción entre las superficies laterales rugosas de las placas le impiden hacerlo. Cuando las fuerzas actuantes superan la resistencia a la fricción entre las placas, éstas se desplazan bruscamente una con respecto a la otra, generándose sismos muy destructivos, como el de Guatemala de 1976, que se generó en la falla Motagua. Foto No. 1.

Así pues, el territorio guatemalteco tiene su parte septentrional en la placa Norteamericana y la meridional en la placa Caribe, explicando esto su alta sismicidad.

Casi paralela a las fallas anteriores y hacia el sur se tiene la falla Jocotán-Chamelecon, que se inicia en Guatemala y penetra en territorio hondureño y continúa a lo largo del valle Chamelecon. Foto No. 2.

Parte del territorio de Guatemala y los territorios de Honduras, y El Salvador, se encuentran en el vértice que se forma en la placa Caribe, limitado por la fosa Mesamericana y la falla Motagua, donde se producen complejos esfuerzos provocados por movimientos relativos de las tres placas que interaccionan en las cercanías y dan lugar a otras fallas menos activas y grabenes que se ilustran en la Figura 6 y que son capaces de generar sismos (7), (8). En la Figura 7, se incluyen en mayor detalle las fallas de la región del Trifinio y áreas cercanas.

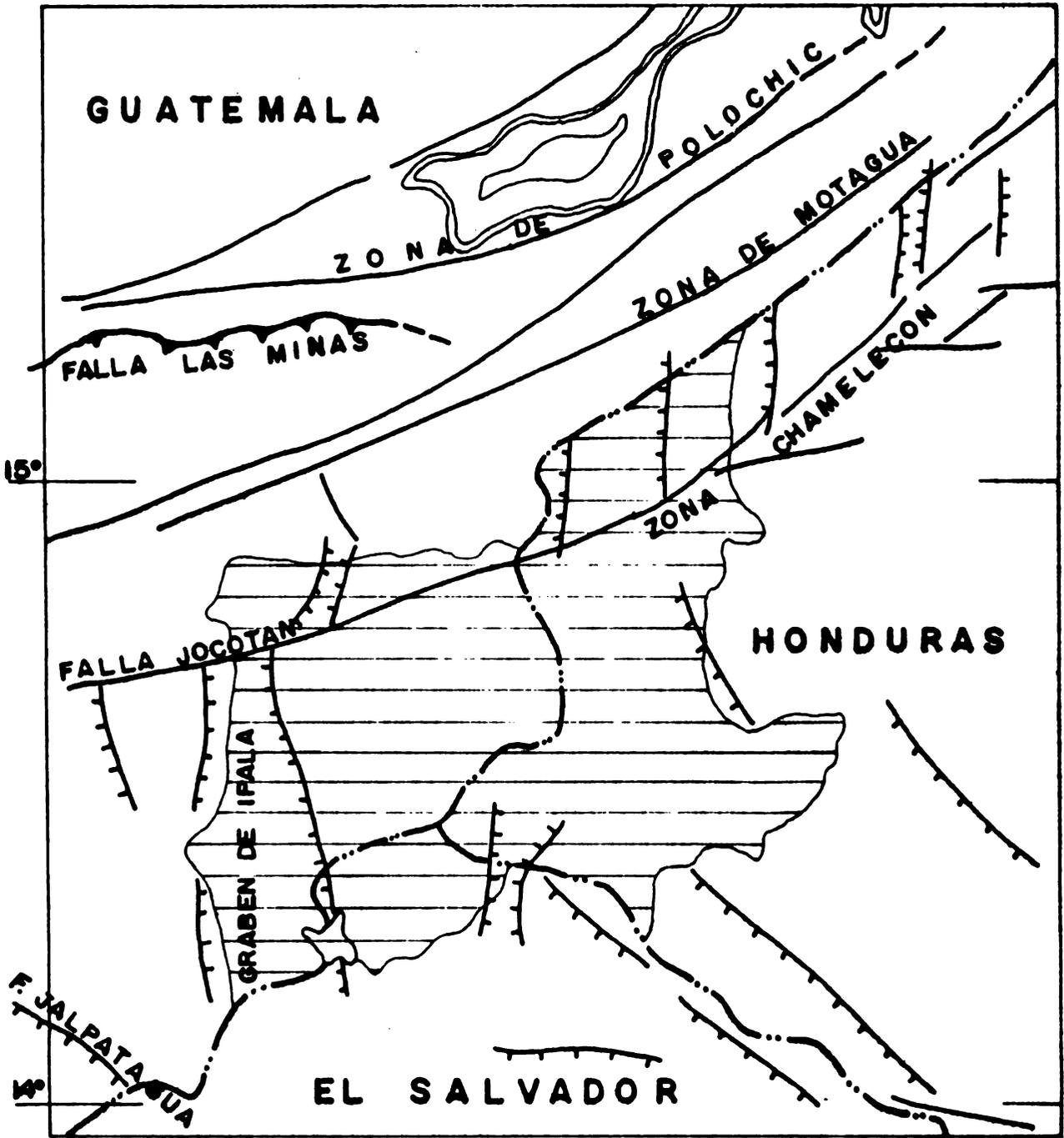


Fig. 7 : FALLAS GEOLOGICAS EN LA REGION DEL TRIFINIO

### 2.1.3 Aspectos Hidrológicos

Centro América se ubica entre los trópicos de Cáncer y Capricornio y sus costas son bañadas por los océanos Atlántico y Pacífico, atrayendo a sus tierras la humedad de ambos. La estación lluviosa se presenta entre mayo y octubre, cuando la Zona Intertropical de Convergencia de vientos alisios se desplaza hacia el norte, desde los 5° N hasta aproximadamente 15°N, y las Ondas del Este que al desplazarse de este a oeste barriendo el Caribe se acercan al continente. Estos dos fenómenos hacen que Centroamérica tenga un clima tropical lluvioso.

En las regiones tropicales, la radiación solar es casi perpendicular a la superficie terrestre, por lo que el aire tiende a ascender por disminución de su densidad al expandirse por el incremento de la temperatura. Esto crea condiciones favorables de presión atmosférica para circulaciones ciclónicas. Por otra parte, la intensa radiación solar genera en las calientes aguas oceánicas una alta evaporación. El escenario para la generación de los huracanes tropicales en los océanos y su viaje, tocando tierra en algunos casos, descargando grandes volúmenes de agua, queda así preparado.

Los ciclones tropicales son tempestades de gran intensidad, tienen la característica de una tormenta de núcleo central caliente, y forman un sistema circular de nubes y de vientos, cuyo diámetro varía entre 40 y 1,000 kms. Verticalmente las perturbaciones llegan hasta los 14-16 kms. de altura (9).

El centro del ciclón tropical, de aproximadamente 25 kms. de diámetro, se llama "ojo" y está circundado por

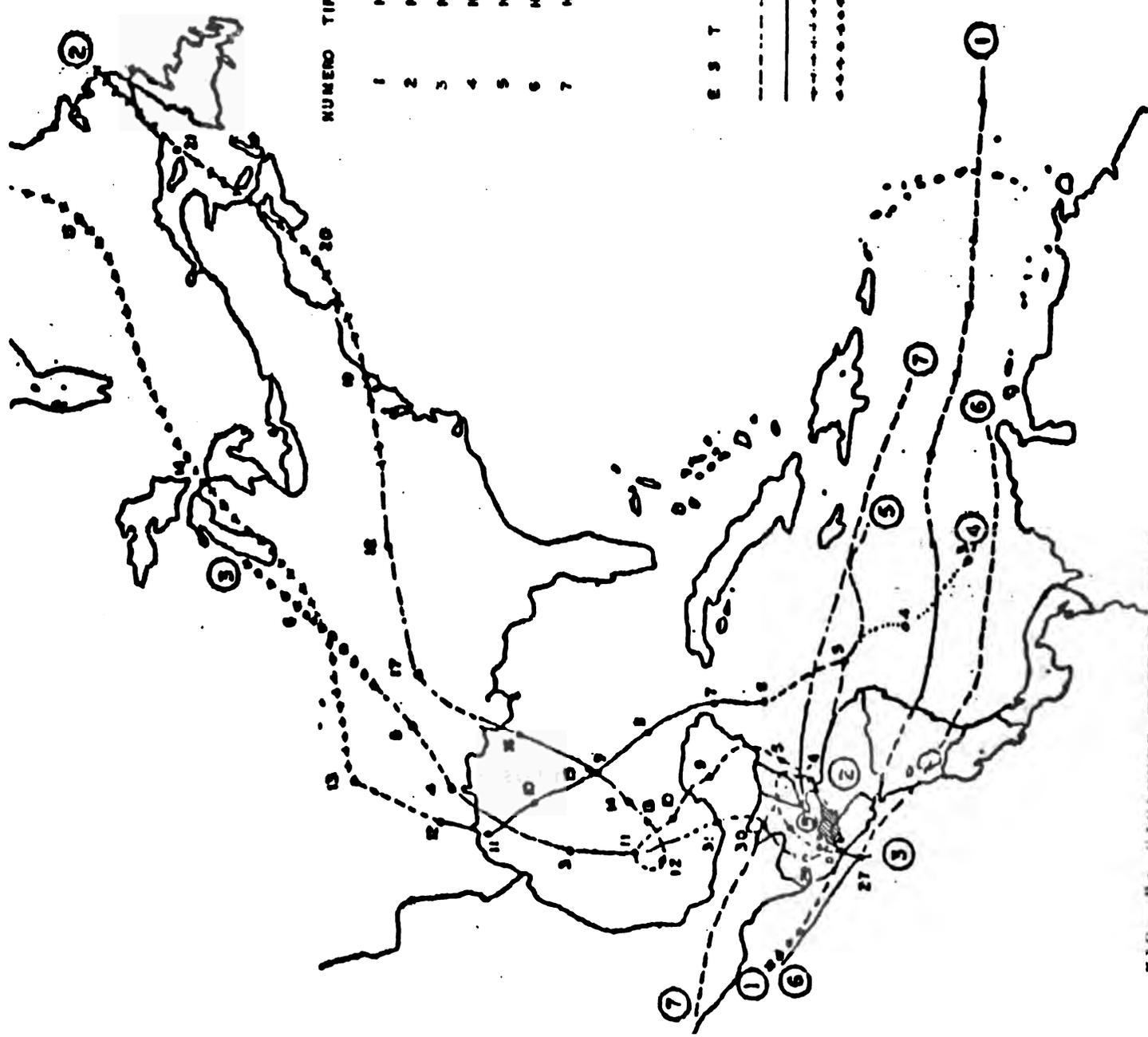
una verdadera muralla de nubes de gran desarrollo vertical. En el ojo, los vientos son débiles, el cielo está a menudo despejado y pueden ocurrir pequeñas lloviznas.

En los niveles inferiores, las partículas de aire se mueven en espiral hacia adentro, en el sentido contrario de las manecillas del reloj, por estar ubicado en el hemisferio norte. Ascende luego por el muro del ojo, que forma verdadera chimenea de aire caliente y humedad, y a unos 15 km. de altura en la tropósfera, se mueve espiralmente hacia afuera.

Dependiendo de la velocidad de los vientos en los niveles inferiores, el fenómeno toma diversos nombres: depresión tropical, si la velocidad es menor que 64 Km/H; tempestad tropical, si la velocidad es de 64 a 119 Km/H; y huracán, si la velocidad es mayor que 119 Km/H. Los vientos máximos ocurren entre 10 y 150 Km. o más del centro de la tempestad. En un ciclón tropical típico la banda de vientos máximos se ubican a unos 25-50 km. del centro.

El huracán en su conjunto, tiene un movimiento de traslación que varía entre 240 y 600 Km/día. Los fenómenos asociados con un huracán tropical son vientos fuertes, lluvias torrenciales, oleaje y marejada. Como el diámetro que perturba puede llegar a varios cientos de kilómetros, aunque el ojo no toque tierra, puede provocar inundaciones en el continente. En el caso que entre a tierra pierde fuerza, porque no tiene como alimentarse de agua, más bien al disiparse descarga grandes volúmenes de agua, que provocan lluvias torrenciales, deslizamientos y graves inundaciones.

En la figura 8 se muestran las trayectorias de los huracanes más destructivos que han afectado a la Améri-



NUMERO	TIPO	NOMBRE	AÑO	PERIODO
1	N		1911	SEPT. 3-12
2	N		1934	JUNIO 4-21
3	N		1949	SEPT. 27-OCT-0
4	N	CARLA	1961	SEPT. 3-15
5	N	FRANCELIA	1969	SEPT. 4-6
6	N	IRENE-OLIVA	1971	SEPT. 16-24
7	N	PIFI	1974	SEPT. 15-21

T : T O R M E N T A  
 H : H U R A C A N

E S T A D O S F I S I C O S

- T O R M E N T A T R O P I C A L ( V I E N T O S D E 63 A 87 K M . / H O R A )
- H U R A C A N ( V I E N T O S S O S T E N I D O S D E 80 K M . / H O R A O M A S )
- - - - - E S T A T O T R O P I C A L ( C I C L O N T R O P I C A L Y V I E N T O M O T R O P I C A L )
- o o o o o D E P R E S I O N ( V I E N T O S D E 63 K M . / H O R A O M E N O S )

ca Central a partir de la década de los diez (10). El denominado No. 2 en la lista que allí se incluye, que duró del 4 al 21 de junio de 1934, provocó lluvias torrenciales de tal magnitud, que el 7 de junio de ese año se destruyó Oco-tepeque y Metapán fue inundado y muchas pequeñas poblaciones que rodean el macizo Montecristo y otras altas montañas cercanas sufrieron graves daños o fueron destruidas.

Debido a los graves daños que causó el huracán FIFI, sobretodo en Honduras donde provocó cerca de 10,000 muertos y daños materiales del orden de los US\$ 200 millones, se piensa que, incluir un resumen de su evolución y efectos, adicionando la descripción de los daños que causó, puede ser muy ilustrativo para los fines que se persiguen, ya que el conocer, por ejemplo, las velocidades de vientos máximos, dónde se producen y por qué, permiten fijar criterios de diseño contra huracanes.

El día 16 de setiembre de 1974, a las 2:00 p.m. hora de Honduras y Guatemala, una tormenta tropical se ubicaba al sur de Jamaica (se piensa que un sistema convectivo impresionante, originado frente a las costas de Africa una semana antes, le dió origen). A las 8:00 p.m. estaba a 300 Km. al S.E. del Gran Caimán, la velocidad del viento era de 80 Km/H, y había ya evidencia de formación del ojo; se le dió, entonces, el nombre de FIFI al nuevo huracán. El día 17, ya intensificado, giró al W S W amenazando las costas de Honduras con velocidad de vientos de 160 Km/H y ráfagas de 200 Km/H.

Los días 18 y 19 se movió paralelo a la costa de Honduras, con vientos de 160 Km/H y marejadas de 2.5 a 3 m. Esto provocó copiosas lluvias en la costa norte de Honduras y se produjeron las primeras inundaciones.

Guanaja sufrió vientos de 200 Km/H y lluvias torrenciales. Al anoecer del 19, FIFI entró a Guatemala y Belice y comenzó a disiparse. A las 10 p.m. del día siguiente se había convertido en tormenta tropical. Mientras tanto, tierra adentro se habían producido lluvias de larga duración.

Cuando el flujo en espiral de las capas inferiores cargadas de agua choca perpendicularmente contra una cadena de montañas, asciende por sus laderas, se convierte por el brusco enfriamiento en un poderoso mecanismo de condensación y precipitación, que se llama convección forzada, produciéndose lluvias torrenciales.

En las zonas llanas, donde las velocidades de los vientos alcanzaron altos valores, que fue de unos 160 Km. de ancho, provocó la caída de plantas relativamente altas y débiles, como los platanales y algunas viviendas débiles y las intensas lluvias causaron graves inundaciones. Particularmente destructivas fueron las rupturas de diques formados por deslizamientos de tierra y caída de árboles, - que al liberar violentamente grandes volúmenes de agua, se precipitaron furiosamente aguas abajo, causando graves destrozos.

Todo el territorio hondureño resultó perturbado, incluyendo la zona del Proyecto TRIFINIO. Por ejemplo, en San Marcos, Ocotepeque, llovió entre el 16 y 20 de setiembre 112 mm., lo que representa el 13% de la lluvia que recibió en 1974.

Otro huracán, el Francelia que duró del 1 al 6 de setiembre de 1969, tuvo una trayectoria similar al FIFI y un patrón de isoyetas parecido al producido por el FIFI.

## 2.2 DESASTRES NATURALES EN LA REGION DEL TRIFINIO

Basado en las informaciones existentes, en el recorrido de la región durante una semana para tener una visión de su realidad física, en el estudio de las huellas de jadas por pasados eventos violentos y encuestas realizadas a personas que sufrieron o presenciaron los pasados desastres, se ha llegado a la siguiente conclusión:

Los sismos constituyen, junto con desastres vinculados con las lluvias torrenciales, las mayores fuentes potenciales de pérdidas de vidas humanas y de destrucción de bienes en la región.

### Los Terremotos

Los sismos que amenazan la región pueden originarse fuera u ocurrir dentro de ella. Fuera de la región del TRIFINIO, los generados en la falla Motagua son los de mayor peligro, sobretodo para la porción guatemalteca del Proyecto.

El sismo del 4 de febrero de 1976, de magnitud 7.6 tuvo su epicentro cerca de Zacapa y la falla se propagó hacia el oeste, causando graves daños en una zona macrosísmica de forma alargada y curva, como la proyección de una banana, teniendo como eje la falla Motagua. Se estima que dejó unas 28,000 víctimas, la mayoría de ellas pereciendo mientras dormían (3:00 a.m.) en sus casas de adobe con pesados techos de tejas. En esa oportunidad los mayores daños se produjeron en el lado oeste del tramo de la falla activa; y así se tiene que, en el departamento de Chimaltenango, de una población de 200,000 perecieron 13,500 y unos 170,000 perdieron sus viviendas. Su capital de 30,000 habitantes pa-

ra entonces, quedó arrasada.

La zona del Proyecto TRIFINIO fue también afectada. En Chiquimula y Jutiapa, los daños en construcciones de adobe fueron grandes. En la vecina Zacapa se registraron 700 víctimas. En la zona de Honduras del Proyecto también se registraron daños en construcciones de adobe, aunque en menor grado, debido a que la intensidad decayó rápidamente en la dirección perpendicular a la falla.

En Chiquimula se pudieron observar varios fenómenos de interés: \* el barrio El Molino, ubicado al S-W de la ciudad, está construido sobre una colada de roca volcánica que es muy superficial. Allí, las construcciones de adobe están construidas directamente sobre roca y en las viviendas antiguas no se observan las clásicas fisuras y grietas en las esquinas de los muros que causan los sismos de intensidad VI-VII MM, indicando que los sismos que han ocurrido en los últimos 50-100 años en la zona no las han afectado. Por otra parte, hacia el este de Chiquimula, bajando hacia el río Shutaque, hay una iglesia católica, construida en la época de la colonia, destruida por acumulación de daños y abandonada hace más de un siglo. En las vecindades de la iglesia se pudo observar, además, viviendas nuevas, construidas después del terremoto de 1976 pues en la zona hubo muchos daños. La distancia entre uno y otro lugar, es de menos de 1 km. y el comportamiento de las estructuras en El Molino y el barrio de la Iglesia abandonada ha sido muy diferente, debido al tipo de suelo de cimentación: roca en El Molino y fondo de un antiguo lago que se formó cuando se represó el río, en el último lugar. A esto se llama efecto de microzona. Fotos 3 y 4.

---

(\*) El Ing. Enrique Levi, con quién se hizo todo el recorrido por la región lo hizo notar, y guió las visitas en Chiquimula.

La región del Proyecto es también amenazada por los sismos que se generan en la zona de subducción, pero se estima que es menos severo que el anterior, debido a la apreciable distancia en que se producen los sismos superficiales y que se hacen más profundos conforme se avanza tierra adentro. Según las Normas Sísmicas de El Salvador, la región TRIFINIO se ubica en la zona sísmica II y el coeficiente sísmico se reduce al 50% con respecto a la zona costera y el graben de El Salvador.

Los sismos que puedan generarse en la falla de Jalpatagua pueden recibir el mismo tratamiento que los generados en la zona de subducción.

Los sismos que se generan en los grabenes y los de origen volcánico, son de pequeña magnitud y muy superficiales, de tal manera que pueden ser muy destructivos pero en un área muy pequeña. El sismo de San Salvador del 10 de octubre de 1986 fue de este tipo. A pocos kilómetros de distancia del origen del sismo, la intensidad decae tanto que deja ya de ser problema ingenieril.

Se puede concluir por lo tanto, que los sismos de origen volcánico y los que se generan en los grabenes fuera de la región del TRIFINIO no constituyen una amenaza para ella. Dentro de la región en estudio existe la falla J<sub>o</sub>cotán-Chamelecon, aparentemente menos activa que las fallas Motagua y Polochic; pasa unos 12 km. al sur de Chiquimula, corre prácticamente paralela a los anteriores y penetra en territorio hondureño. En los últimos años se han generado sismos en esta falla que han causado daños moderados en construcciones de adobe.

En el graben de Ipala, eventualmente pueden ocu

rrir sismos superficiales de magnitud moderada que pueden causar daños importantes dentro de los límites del graben.

En la Figura No. 9 se indican los sismos ocurridos entre 1898 y 1978 en la zona de influencia de la región TRIFINIO, tomado de la Ref. 11.

En la Figura No. 10 se presentan los sismos que han afectado Guatemala y áreas vecinas en 1982 (12). Se podrá observar en la figura 9 que dentro de la región o cerca de sus bordes han ocurrido para el período mencionado dos sismos de magnitud entre 7 y 7.9, 3 de 6 y varios de 5-5.9, todos ellos potencialmente destructivos en la región. En la figura 10 se podrá observar que en 1982 se produjo dentro de la región un enjambre de sismos, algunos de ellos potencialmente destructivos.

En el recorrido por la región se visitaron Chiquimula, Quezaltenango, Esquipulas, Concepción, Las Minas, finca San José (al pie del cerro Montecristo), San José de Arada, Ipala, y se pasó por Agua Blanca, Santa Catarina Mita, Asunción Mita y Atescatempa, en Guatemala.

En el Salvador se visitó Santa Ana, Metapán, Cuenca del Río San José, donde se inspeccionó las obras del Proyecto "Ordenamiento de la Cuenca San José", La Palma y Citalá.

En Honduras se inspeccionaron Nueva y Antigua Ocotepeque, San Marcos y el caserío Refugio, Lucerna, San Fernando, Cabañas, Santa Rita y Copán.

En toda la región, en las ciudades, poblaciones

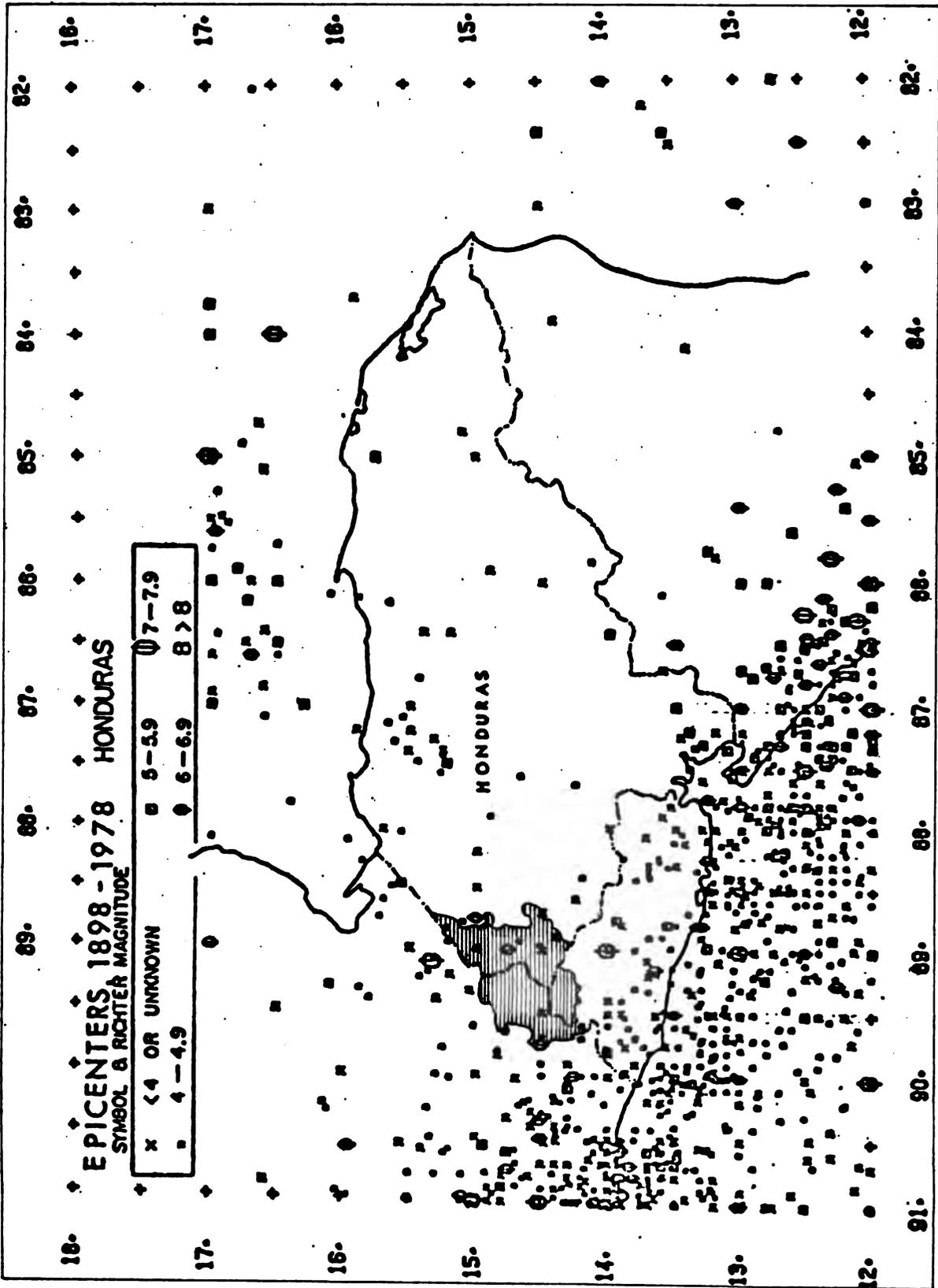


FIG. 9: EPICENTROS INSTRUMENTALES ENTRE 1898 Y 1978 (KIREMIDJIAN, SUTH SHAH 1979). TOMADO DE REF. 11

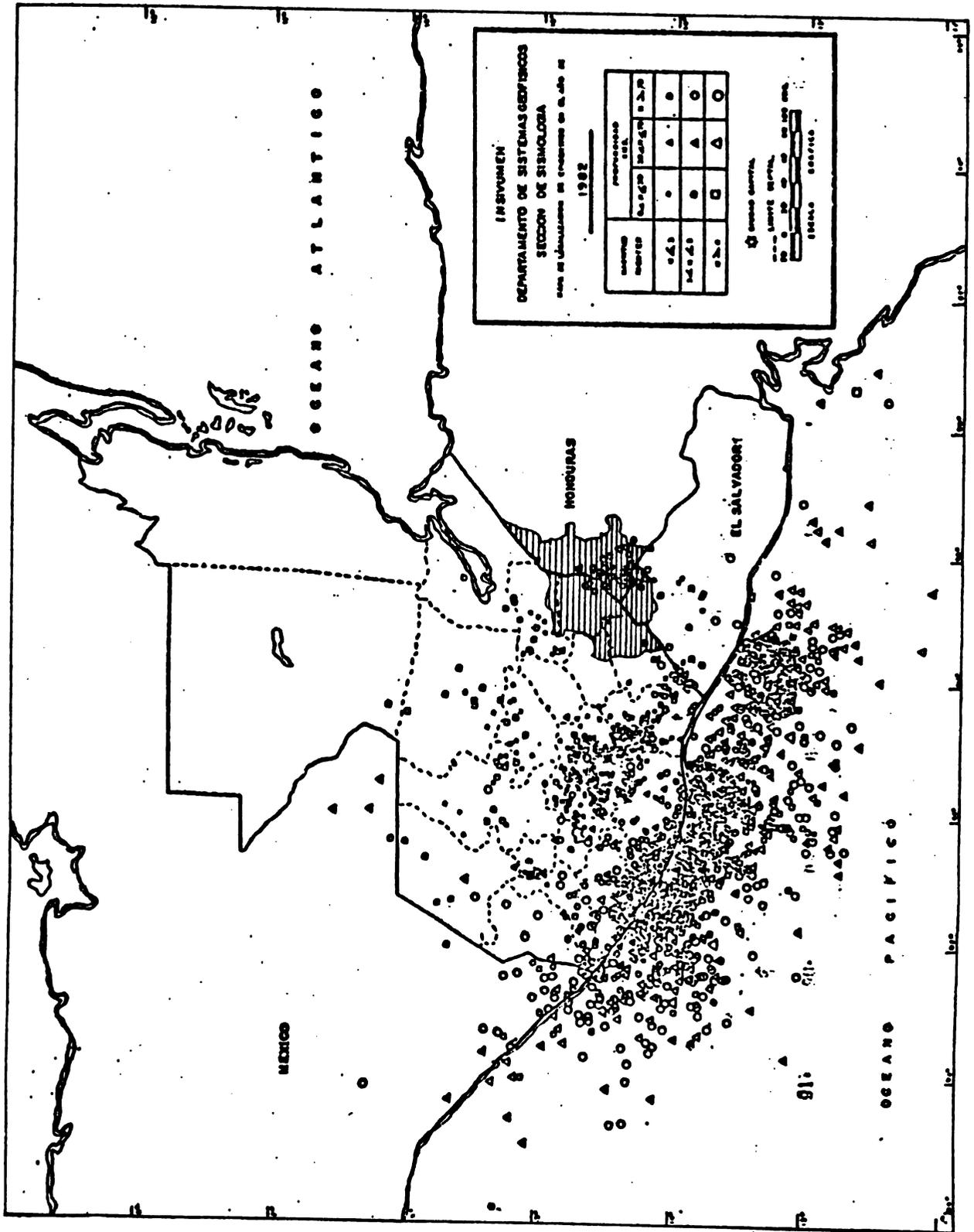


FIG. 10: SISMOS QUE HAN AFECTADO GUATEMALA Y AREAS VECINAS EN 1,982 (R.F.F. 12)

y caceríos, predominan las construcciones de adobe. Prácticamente en todos los lugares existe algún daño, fisuras o grietas, en las esquinas de los muros, forma clásica como se inicia la falla en este tipo de construcciones.

En las áreas rurales predominan las construcciones de bahareque, habiendo también construcciones de adobe. En general el bahareque se comporta mucho mejor que las construcciones de adobe, porque los elementos de madera en su núcleo impiden su falla brusca. Los techos son de madera y tejas de arcilla. Recientemente, sobretodo después del terremoto de 1976, se están utilizando en el techado láminas corrugadas de zinc, obteniéndose techos más livianos pero calurosos en verano y fríos en invierno.

También en toda la región, en los años recientes, se han construido muros con bloques de cemento y con ladrillos de arcilla cocida, debidamente arriostrados con columnas y vigas de concreto reforzado. Fotos 9 y 10.

En el sector comprendido entre Asunción Mita y Atescatempa, quizás por existencia de buena arcilla, las construcciones modernas son todas de ladrillos.

Sin embargo hay que señalar que los bloques de concreto son de baja calidad y los ladrillos no tienen un cocimiento uniforme en muchos casos, por lo que resultan frágiles y un buen porcentaje de ellos se pierden en el manipuleo, si éste no se hace con cuidado. Por otra parte, aunque las construcciones no colapsen en caso de sismos intensos por los refuerzos de concreto armado que tienen, los muros pueden fisurarse o rajarse.

Aún en ciudades donde las estadísticas indican

una baja sismicidad, como en Metapán, se tienen construcciones que han sufrido repetidos daños por sismos, y reparaciones; por ejemplo, su iglesia principal de tipo colonial que fue construida en 1743, ha sido dañada y reparada varias veces. Recientemente, fue restaurada en 1969, dañada en 1976 y reconstruida en 1983-84. Ahora está bien pintada y sin daños. Una inspección en este estado sin averiguar su historia pudo conducir a una interpretación errónea.

Habiendo fallas geológicas en la región del TRINIO, ellas pueden causar daños si se activan. En general la vibración decae y rápidamente en su dirección transversal; por esta razón, si se va a construir en sus cercanías, es necesario fijar el ancho de la zona de fallamiento, y no construir obras importantes dentro de los 5 km. medidos a partir de su borde.

### Inundaciones, Huracanes y Temporales

Las inundaciones son uno de los fenómenos más destructivos que amenazan la región, debido a su topografía constituida por altas montañas, sobretudo en el sector hondureño donde hay importantes áreas que están por encima de los 2,000 m. de altura.

Los huracanes y temporales, que se nutren de abundante vapor en las calientes aguas del Atlántico y también del Pacífico, al acercarse a tierra o en algunos casos penetrar a ella, perturban amplias zonas con vientos de alta velocidad, que al chocar con las altas montañas ascienden por sus frías laderas, donde se produce una convección forzada, ocurriendo una rápida condensación de vapor de agua que genera lluvias torrenciales.

Los problemas se producen, porque el hombre ocupa con sus obras los planos de inundaciones de los cursos de agua. La función natural de dichos planos es drenar el exceso de agua cuando se producen lluvias extraordinarias; el no reconocer esa función, compitiendo con los ríos y quebradas en su uso, es que lleva al fracaso (13).

Las inundaciones pueden ser de dos tipos: flujos rápidos y desbordes de ríos. El primero es más violento y puede producir mayores daños, pues muchas veces va acompañado de materiales sólidos, como rocas de diversos tamaños y troncos de árboles. Se produce en cuencas de gran pendiente y forma desfavorable que concentran el flujo de agua, por ejemplo en un cañón estrecho y profundo. El problema se agrava si el agua se represa en las partes altas por deslizamientos previos. Esto es precisamente lo que ocurrió el 7 de junio de 1934, fecha en que Ocotepaque fue destruida. En la misma fecha Metapán fue inundada por el río San José. Las soluciones para estos problemas fueron diferentes: Ocotepaque se trasladó a su nueva ubicación; mientras que en la parte alta de Metapán, la cuenca del río San José fue tratada para evitar que la erosión de las cárcavas continúe y aporte así material que el río arrastra aguas abajo, propiciando inundaciones.

Los desbordes de los ríos se producen más bien en los cursos bajos de los ríos, en zonas relativamente planas, donde los cursos de agua drenan las lluvias de extensas áreas. Al producirse lluvias torrenciales por un tiempo prolongado, las aguas se salen de su cauce habitual inundando áreas vecinas.

En la región del TRIFINIO por ser montañosa, son particularmente peligrosos los flujos rápidos, pero para ubicar obras importantes o asentamientos humanos, cerca a

cursos de ríos o a orilla de los lagos, hay que delimitar las áreas de inundación para evitar pérdidas futuras.

### Deslizamientos

En terrenos en pendiente, los suelos están en equilibrio porque su resistencia al deslizamiento es mayor que la componente cuesta abajo del peso de los mismos, generados por la acción de la gravedad.

Cuando la fuerza actuante supera la resistencia del suelo, se producen deslizamientos.

En la región del TRIFINIO los deslizamientos que ocurren son numerosos, por las siguientes razones:

Tal como se ha mencionado, la región es montañosa, de topografía accidentada, en tal forma que un gran porcentaje de los terrenos tienen fuerte pendiente.

Por otra parte, el agua de las lluvias produce un doble efecto negativo, pues hace disminuir la resistencia del suelo al deslizamiento, sobretodo en suelos de grano fino, e incrementa su peso, lo que lleva rápidamente al desequilibrio de fuerzas y el deslizamiento se produce.

Durante el viaje de inspección, en el tramo de carretera afirmada entre La Encarnación y Santa Rita, pasando por San Fernando y Cabañas, de aproximadamente 60 Km. de longitud, el Dr. Richard Saunier contó 43 derrumbes. Vale la pena aclarar que el viaje se realizó en la última semana de julio, en plena temporada de lluvias, aunque no se habían producido hasta entonces fuertes disturbios atmosféricos por huracanes o temporales. Uno de los deslizamientos se muestra en la foto 23.

En la carretera asfaltada que va de Nueva Ocotepeque hacia Santa Rosa de Copán, en el tramo Nueva Ocotepeque-La Labor, se ha producido un derrumbe de tal magnitud que ha obligado a cambiar el trazo de la carretera parcialmente (foto 21). En dicho tramo se han producido también otros derrumbes (foto 22).

En la región, los deslizamientos pueden también ser causados por los sismos. En general, cuando la intensidad sísmica es del grado VII MM se producen abundantes deslizamientos en terrenos montañosos con litología que favorece estos fenómenos.

El terremoto del 4 de febrero de 1976 provocó más de 10,000 derrumbes en un área de aproximadamente 16,000 km<sup>2</sup>, que fueron cuidadosamente estudiados por Harp y otros (14), utilizando fotografías aéreas a escala de 1:50,000. Cada uno de los deslizamientos fueron mapeados. La mayoría de ellos fueron caída de rocas y flujos de tierra de menos de 15,000 m<sup>3</sup> de volumen, y 11 de más de 100,000 m<sup>3</sup>. El peligro se incrementa cuando los derrumbes cortan cursos de agua y los represan acumulando gran volumen de agua. Al romperse los diques se originan flujos rápidos de gran poder destructivo.

Harp y sus colegas concluyeron que la distribución regional de los derrumbes dependieron de 5 factores principales: intensidad sísmica, litología (el 90% de los derrumbes ocurrieron en depósitos de ceniza dacítica del Pleitoceno), severidad de la pendiente, la amplificación de las ondas sísmicas causada por la topografía y las fracturas regionales, es decir que las condiciones locales fueron muy importantes en el génesis de los derrumbes.

Los deslizamientos fueron en el terremoto de 1976, responsables de la pérdida de cientos de vidas y cuantiosos daños materiales.

Dado que la región del TRIFINIO es de características similares a la zona macrosísmica de dicho terremoto, puede asumirse que de ocurrir intensidades sísmicas mayores que VII MM, los derrumbes que ocurran pueden ser numerosos.

### Proceso de erosión-sedimentación

El fenómeno de erosión de suelos se ha intensificado en la región debido a la deforestación indiscriminada causada por la tala de árboles y sobrepastoreo. Esto provoca la pérdida por lavado de valiosos suelos de cultivo, que a la naturaleza le tomó millones de años formarlos.

Al perder la cobertura vegetal, los suelos no solamente se exponen a la acción erosiva del impacto directo de las gotas de lluvias, sino que pierden su capacidad de retener agua. Al producirse lluvias intensas, éstas son rápidamente evacuadas agravando las inundaciones que provoca.

Por otra parte, el material removido es depositado en los cursos bajos de los ríos y riachuelos, los que bajan de las montañas. Esto provoca la rápida colmatación de los lechos, obligando a los ríos a cambiar de curso, causando inundaciones en zonas amplias.

El río Marchalá que baja del cerro El Pital (2,750 m) desciende en sólo 4 km. 1500 m. Su intensa acción erosiva genera gran volumen de sedimentos que se deposita al pie de dicha montaña. En el momento de efectuar la visita, un

cauce muy reciente había sido totalmente colmatado y el material estaba invadiendo la carretera El Poy-Nueva Ocotepeque (foto 19). Este es el proceso que provocó la tragedia de Antigua Ocotepeque, agravado por lluvias torrenciales y la ruptura del represamiento de agua causado por un gran deslizamiento ocurrido días antes.

Durante el viaje se pudo conocer de dos acciones positivas que se están realizando en la región. En el fundo San José, ubicado en la parte alta de Concepción Las Minas, en las tierras que drena el río Grande, sus propietarios han provocado la reforestación natural de grandes extensiones, evitando sobretodo los incendios forestales. Entrenan a su personal en el combate contra incendios, y están en constante alerta en época de sequía.

Por otra parte, en el parque nacional creado por El Salvador al pie del cerro Montecristo, con el apoyo técnico y económico de la FAO, se han realizado obras de control de erosión. Antes de la ejecución exitosa de dichas obras, todos los años, antes de la temporada de lluvias, había la necesidad de limpiar el cauce del río San José para evitar que Metapán se inunde.

Después de algunos fracasos, se logró el control de la erosión en las cárcavas, cuando éstas comenzaron a tratarse de arriba hacia abajo, construyendo pequeñas represas (muros de concreto o piedra) que tienen por finalidad romper veloces flujos continuos de agua que bajan en pendiente, transformándolos en tramos lentos y caídas de agua (fotos 13 y 14).

### Vulcanismo

En la región del TRIFINIO, a todos los volcanes

se les considera extintos. Se concentran en su lado s-w, en el departamento de Jutiapa, y existen numerosos conos de lavas en ese departamento y en Chiquimula.

En El Salvador, al N-E del lago de Guija existe, asimismo, el cono del volcán extinto San Diego. En la tabla adjunta se presentan los volcanes más importantes y se incluyen más adelante fotografías de algunos de ellos. En la figura 2, se dan sus ubicaciones.

VOLCANES MAS IMPORTANTES EN LA REGION DEL TRIFINIO (15)

NOMBRE (Coordenadas)	TIPO	PETROGRAFIA PREDOMINANTE	ALTURA EN m. (Alt. relativa, m)
- Ipala (14°32'25" N, 89°28'25" W)	Cono grande, Estrato volcán, con un lago amplio en su cráter.	Basalto olivíni co.	1650 m (800 m)
- Suchitán (14°23'50" N, 89°46'45" W)	Cono grande, Estrato volcán. Erosión.	Basael y ande- sita.	2042 m (1,200 m)
- Chingo (14°07'00" N, 89°43'35" W)	Cono grande Estrato de volcán.	Basalto olivíni co.	1775 m (900 m)
- Ixtepeque (14°25'25" N, 89°41'00" W)	Domo muy grande de obsidiana.	Obsidiana riolí tica.	1292 m (500 m)
- Las víboras (14°12'25" N 89°43'35" W)	Escudo volcán	Basalto	1100 m (500 m)

Al ser considerados extintos, la probabilidad de que erupcionen es muy baja, pero no puede asegurarse de manera absoluta que no lo harán.

Los volcanes de la zona de subducción, como corresponden a los de la región en estudio, se caracterizan porque emiten lava de gran viscosidad, por lo que tienden a formar domos o emitir flujos cortos de gran espesor. Por otra parte, la alta viscosidad del material evita el escape gradual de los gases, por lo que desarrollan grandes presiones. Por esta razón, se producen muchas veces, erupciones explosivas, arrastrando grandes volúmenes de material sólido. (16).

Los fenómenos asociados con las erupciones volcánicas son:

- Lanzamientos de partículas de rocas y cenizas
- Avalanchas a gran temperatura, llamado flujo piroplástico
- Flujos de lava
- Explosiones con proyección lateral
- Flujos de barro o lahares

En general, el riesgo volcánico se limita a áreas que rodean el volcán, excepto por la lluvia de cenizas que, dependiendo de los vientos, pueden viajar grandes distancias. Como la posibilidad que causen daños depende casi exclusivamente de la topografía del volcán y de las zonas aledañas, la precaución más práctica y sencilla es evitar construir en las zonas bajas de quebradas que drenen las faldas de los volcanes.

Durante las encuestas realizadas, varias personas reportaron que alrededor de 1934 se produjo, prácticamente en toda la región, lluvia de cenizas volcánicas que

en un momento dado causaron obscurecimiento. Se tiene la certeza que la erupción se produjo fuera de la región del TRIFINIO. Las precauciones que se están tomando para cubrir otros riesgos, cubren esta amenaza. Por ejemplo, los flujos de barro, generados por las cenizas, que puedan bajar por las quebradas en época de lluvias. Se estima también que la lluvia de cenizas no producirá peso suficiente para hacer fallar los techos, porque no se esperan lluvias de cenizas severas; y en segundo lugar, todos los techos son inclinados y el exceso de peso se deslizaría fuera de ella.

### Otros riesgos

Los incendios forestales constituyen una amenaza para los bosques en época de sequía. Esta amenaza está siendo estudiada en el capítulo correspondiente a protección ecológica.

Cuando se estudian las condiciones de sitio para obras importantes o para ser ocupados por asentamientos humanos, debe investigarse también la posibilidad de la presencia de suelos expansivos, que tienden a cambiar fuertemente de volumen cuando se altera su contenido de humedad.

Estos movimientos pueden causar graves daños en edificaciones y otras obras.

También debe investigarse la posibilidad de hundimientos de terrenos, al crearse cavernas por disolución de los suelos que son arrastrados por las aguas subterráneas, o por actividad minera, u otras causas.

### **3. PLANEAMIENTO FISICO DE LA REGION DEL TRIFINIO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES.**

#### **3.1 MICROZONIFICACION Y PLANEAMIENTO FISICO. ANTECEDENTES**

La participación en el planeamiento integrado de la región del TRIFINIO, en el campo de los desastres naturales, le significó al consultor una magnífica oportunidad para extender a nivel de región, métodos y técnicas de microzonificación que ha estado aplicando con buenos resultados, conjuntamente con otros especialistas, en el planeamiento urbano para mitigar el impacto negativo de los fenómenos naturales violentos.

La metodología desarrollada se basa en que las condiciones naturales de sitio dadas por la geología, características de suelos y topografía, son determinantes en el grado y distribución de los daños. Por lo tanto, estudiando estos factores de manera interdisciplinaria, es posible subdividir la zona de interés en sectores de diferente riesgo, considerando todos los fenómenos que puedan afectar dicha zona. A este estudio se le llama **Microzonificación**.

Al planificador urbano que recibe datos sobre riesgos naturales con toda la información sintetizada en el mapa de microzonificación, le es relativamente sencillo prever medidas para disminuir sus efectos negativos. Por ejemplo, podrá disponer que las áreas residenciales de alta densidad y las zonas donde se desarrollan actividades de las cuales dependan la economía de la comunidad, se ubiquen en los sectores de menores riesgos. En cambio, los sectores de mayores riesgos podrá usarlos para recreaciones abiertas como zonas de picnic, canchas de fútbol, etc.

En los terremotos que afectaron Lima en 1940 y

1966, se observó claramente el efecto de microzona en la distribución de los daños. También, cuando el terremoto que afectó Perú el 31 de Mayo de 1970, se produjeron efectos de microzona en Chimbote y Huaraz, las ciudades más importantes de la zona más afectada. Entonces, el gobierno peruano, por recomendación del consultor, solicitó del Japón la ayuda técnica para efectuar los estudios de microzonificación de Chimbote.

La misión japonesa, presidida por el profesor Morimoto (17), realizó los estudios indicados, actuando el consultor en el equipo de la contraparte peruana.

En base a esta experiencia, en la década del 70 se desarrolló, implementó y actualizó una metodología para realizar estudios de microzonificación (18). Sin embargo, esta metodología resultó para la mayoría de los casos de aplicación, demasiado costosa y sofisticada para un país en vías de desarrollo, como es el Perú.

Tras ocurrir el sismo de Arequipa de 1979, durante el año siguiente el consultor, asistido por cinco egresados de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima - Perú, trabajaron en el área afectada con el objeto de desarrollar un método simplificado de microzonificación, el que pudiera ser aplicado en el planeamiento urbano de las numerosas poblaciones de tamaño mediano y pequeño que existen en el Perú y otros países latinoamericanos (19).

En las dos últimas referencias, que también acompañan a este trabajo, se describen de manera resumida ambos métodos de microzonificación.

En la década del 80 con el apoyo de dos agencias de la ONU: HABITAT y UNDRO, el método de microzonificación

fue aplicado en el planeamiento físico de una nueva ciudad en la selva alta central del Perú (20) y en el planeamiento preliminar de los 100 Km. de costas de Lima Metropolitana - (21), (22).

En 1983, torrenciales lluvias afectaron la desértica costa norte del Perú, provocadas por el fenómeno del Niño, y produjeron daños materiales por más de US\$ 500 millones. En Chimbote, la zona que los estudios de microzonificación indicaron inapta para el desarrollo urbano, fue inundada. Felizmente, el Plan Chimbote, organización montada con el apoyo del PNUD, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, aplicando los resultados de los estudios de microzonificación había designado esa área para parque, por lo que no hubo daños en Chimbote en 1983.

Los desastres naturales más destructivos que afectaron Latinoamérica en 1985: el terremoto de Chile, en marzo; el terremoto de México, en octubre, y la tragedia volcánica de Armero, Colombia, demostraron también de manera clara que las condiciones naturales del sitio fueron determinantes en la extensión y grado de daños que ocurrieron (23).

En setiembre de 1986, el consultor fue invitado por el Centro de Naciones Unidas para el Desarrollo Regional (UNCRD) a participar en un simposio internacional sobre planeamiento regional contra desastres, realizado en Nagoya Shizuoka Tokio Japón. En su trabajo, el consultor desarrolló sus primeras ideas para extrapolar a nivel de región los métodos de microzonificación aplicados al planeamiento urbano. En él se determinaron, de manera teórica, los primeros criterios para seleccionar los puntos prioritarios donde deban realizarse estudios de microzonificación, dado que

éstos, por sus características detallistas, no pueden ser a plicados directamente a toda una región.

Es en estas circunstancias, que el Departamento de Desarrollo Regional de la OEA invita al consultor a participar en el Proyecto TRIFINIO.

De lo expuesto se deduce, que una de las tareas más importantes que quedaban por realizar para el Proyecto, era determinar los criterios para señalar las áreas prioritarias donde, por recomendación consecuente, deban realizarse estudios de microzonificación.

### 3.2 ESTUDIOS DE MICROZONIFICACION EN LA REGION DEL TRIFINIO

Tal como se ha expresado anteriormente, no es posible estudiar en detalle toda la región del Trifinio, por lo que es necesario seleccionar las áreas en que, con carácter prioritario, se efectúen estudios de microzonificación.

Los criterios para la priorización se fijaron después de conocer la realidad de la región, estudiar la documentación existente, e inspeccionarla. Se determinó así que deben darse prioridad a las zonas críticas con alto riesgo de ocurrencia de desastres, a los centros poblados más importantes, dando preferencia a aquellos que tengan algún problema de seguridad, y finalmente, a las áreas donde se ubicarán los proyectos de ingeniería más importantes que se proyecta ejecutar en la región.

De acuerdo a lo anterior, se recomienda:

- Estudiar la vulnerabilidad frente a inundaciones y avalanchas del sector comprendido entre El Poy y Nueva Ocotepeque en Honduras, seriamente amenazado por los fenómenos

mencionados, y que está siendo repoblado. En dicho sector se ubicaba Antigua Ocotepeque, destruido en 1934. Ver Fig. 11.

- Estudiar en mayor detalle el riesgo de inundaciones del lado oeste del cerro Montecristo, entre Concepción Las Minas (Guatemala) y Metapán (El Salvador).
- Efectuar los estudios de microzonificación de Chiquimula, Metapán y Nueva Ocotepeque, que además de ser las ciudades más importantes de cada sector nacional, son subsedes del Proyecto TRIFINIO, con excepción de Guatemala cuya sub sede se ubica en Esquipulas. En Chiquimula se han detectado problemas con el curso del río Tacó y efectos de microzona. En su lado oeste, la zona baja, la intensidad sísmica ha sido notoriamente mayor que en el lado oeste; hacia el este cerca a la estación del Ferrocarril de Centroamérica existen las ruinas de una iglesia colonial, dañada por sismos. En el terremoto de 1976 las construcciones de adobe de las áreas cercanas sufrieron graves daños, y muchas tuvieron que ser demolidas o reconstruidas. En cambio, en el barrio El Molino, construido sobre roca proveniente de una colada volcánica, ubicado al lado oeste, los daños sísmicos han sido mínimos, pues hay construcciones antiguas de adobe, y aún arcos con poco arriostre, que no han sufrido daños.

### 3.3 PROYECTOS DE DESARROLLO EN LA REGION DEL TRIFINIO

Uno de los principales objetivos del presente estudio es la adecuada protección de los proyectos de inversión en la región del Trifinio.

La Dirección Internacional del Proyecto Trifinio, con visión y adelantándose a los resultados de los



**FIG. 11:** ZONA DE ALTO RIESGO DE INUNDACIONES Y AVALANCHAS. EN 1934 FUE DESTRUIDA ANTIGUA OCOTEPEQUE, EL POY Y OTRAS POBLACIONES VECINAS. EN OCASION ANTERIOR LO FUE AZACUALPA (ESCALA 1:50,000) NOTE LA GRAN PENDIENTE ENTRE LA PARTE ALTA (CERRO EL PITAL) Y LA PARTE BAJA.

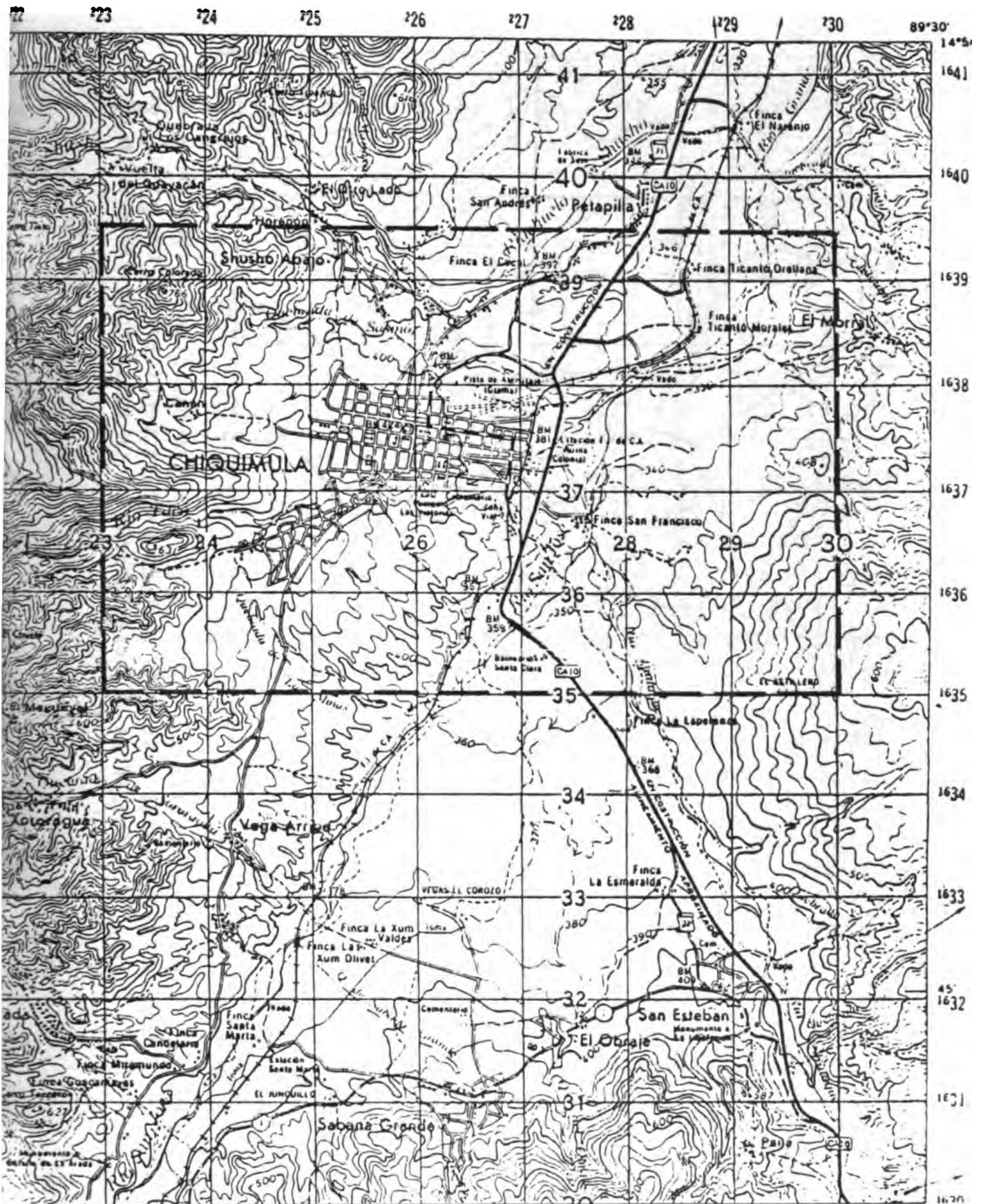


FIG. 12: CHIQUIMULA (GUATEMALA) CABECERA DEL DEPARTAMENTO. ALLI SE PUDO NOTAR EFECTO DE MICROZONA.



estudios que se están llevando a cabo, ha preparado un listado de proyectos prioritarios indicando algunas características principales. Si bien es cierto que en esa lista no se especifica el tipo de construcción, área y volumetría de las obras, por no ser posible dar mayores detalles en el presente estado de planificación, se pueden dar recomendaciones para que las obras queden protegidas de los efectos destructivos de los desastres naturales.

En general, se procurará no ubicar obras importantes de ingeniería en el tramo comprendido entre El Poy (El Salvador) y Nueva Ocotepeque (Honduras), por riesgos de avalanchas e inundaciones; tampoco en la franja comprendida entre Concepción Las Minas (Guatemala) y Metapán (El Salvador) por peligros de inundación, a menos que sea imprescindible, en cuyo caso será necesario efectuar estudios detallados de microzonificación. Igual criterio se seguirá para las quebradas que bajan del volcán Ipala, en cuya parte superior se ubica una laguna.

En general, para ubicar los proyectos a ejecutarse en la región del Trifinio se tendrá en cuenta las restricciones incluidas en el punto 4 de las "Recomendaciones (Normas) Integradas para la Mitigación de Desastres Naturales en la Región del Trifinio", Documento No. 2 presentado por el consultor.

En las zonas que rodean la Cordillera del Merendón en Honduras se pudo observar numerosos deslizamientos, tanto en los cortes y rellenos en las carreteras como fuera de las mismas. Para el trazo de nuevas carreteras y canales de irrigación en esas zonas, se seleccionaron rutas que en lo posible crucen formaciones geológicas estables.

Todas las obras a ejecutarse en la región del Trifinio tendrán resistencia sísmica, bien se trate de edificaciones sin diseño ingenieril, en cuyo caso se seguirán las recomendaciones contenidas en 6.1 del Documento No. 2 o con diseño ingenieril, cuyo análisis y diseño sismorresistente se hará de acuerdo a lo especificado en 6.2 del mismo documento.

#### 3.4 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

En algunos países de Latinoamérica se efectúan estudios de microzonificación casi de manera rutinaria. Los desastres naturales ocurridos recientemente han demostrado que las medidas de planeamiento físico, basados en esos estudios, son muy efectivas para reducir sustancialmente los daños causados. Como ejemplo, la ciudad peruana de Chimbo te, cuya historia de daño y reconstrucción se relató en el punto 3.1 de este documento.

La implementación del Proyecto Trifinio es una buena ocasión para que esta tecnología sea transferida a los países que participan en este proyecto, mediante la realización de seminarios a sus técnicos más calificados. Esto podría complementarse con estudio (s) piloto (s) de microzonificación, por ejemplo del tramo El Poy-Nueva Oco tepe que y/o de Chiquimula.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Se ha efectuado una evaluación de los riesgos de la región del TRIFINIO frente a los desastres y se ha encontrado que:

- Los terremotos constituyen el mayor riesgo para la región por su sismicidad, por lo extenso que suelen ser las áreas macrosísmicas de magnitud grande o intermedia, y por el uso extendido del adobe en construcciones que en general - tienen baja resistencia sísmica. En la región se continúa, además, usando pesadas tejas en los techos, lo que agrava el problema.
- Por ser una zona montañosa y sufrir la influencia de las tormentas tropicales y huracanes, las inundaciones y avalanchas asociadas con las lluvias torrenciales que se desatan, constituyen otros de los mayores riesgos de la región.
- Debido a la deforestación y el sobrepastoreo, el problema de la erosión de suelos se ha agravado en la región. Esto no solamente causa la pérdida de valiosos suelos de cultivo, que a la naturaleza le tomó siglos formarlos, sino que al generar abundante material mueble, éste es arrastrado aguas abajo por los ríos y torrentes, colmatando sus cursos bajos donde se agravan los problemas de inundación.
- El vulcanismo no constituye en la región del TRIFINIO una amenaza de alto riesgo porque los volcanes son considerados extintos.

- Los incendios forestales constituyen un riesgo provocado por el hombre, en la mayoría de los casos; y en época de sequía, constituyen un serio peligro para los pobladores de la zona y causan la pérdida de valiosos bosques, con su negativa secuela. Este punto de gran interés, está - siendo cubierto en el estudio ecológico de la región.
  
- Aunque son variados los riesgos a que está expuesta la re gi ón, las medidas de mitigación pueden agruparse y simplif i c a r s e de la siguiente manera:
  - . Incremento en la resistencia lateral de las construcciones para tomar las fuerzas de inercia sísmica. Este incremento es suficiente para tomar el empuje de los vientos extremos.
  
  - . Los efectos destructivos de las inundaciones, avalanchas, derrumbes, deposición de suelos y vulcanismo, dependen casi totalmente de las condiciones naturales del sitio dadas por la topografía, geología, y características mecánicas de los estratos superficiales del suelo. Esas condiciones también pueden incrementar o disminuir la intensidad sísmica.

El estudio de las condiciones naturales de sitio y su - inteligente aplicación, permiten optimizar la ubicación de las obras de ingeniería, con lo que se disminuye drásticamente la probabilidad de la destrucción de eventos futuros.

#### 4.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario mejorar la resistencia sísmica de las construcciones de adobe sin alterar de manera significativa - los métodos constructivos que tradicionalmente han utili-

zados los pobladores de la región.

- En general el bahareque tiene un comportamiento satisfactorio durante sismos intensos. Su falla se ha producido al perder la madera su resistencia, al descomponerse por la acción alternada de humedad y secado y por la acción de insectos. Para mejorar su comportamiento sísmico es necesario proteger estas construcciones de la humedad y tratar la madera para evitar el ataque de insectos.
  
- En las construcciones de albañilería de ladrillo y bloques de concreto, hay que procurar que tengan una densidad de muro equilibrada en las dos direcciones. Es necesario mejorar la calidad de los ladrillos y de los bloques de concreto. En el primero mediante una adecuada selección de suelos y un quemado uniforme; y mediante un buen diseño de mezcla, en el segundo. La distribución de los elementos resistentes en las edificaciones de concreto reforzado, columnas y muros, deben ser en lo posible simétricas en planta y elevación. Los elementos no estructurales, como los muros de rellenos, no deben provocar puntos de concentración de esfuerzos, como columnas cortas, por ejemplo.
  
- En obras que cubren grandes longitudes, como carreteras y canales de irrigación, se estudiarán varias alternativas de trazo, seleccionando aquellas que crucen formaciones geológicas estables y la intersección con quebradas sean lo menos vulnerable posible. Para evitar que el escurrimiento longitudinal de las aguas se produzca a lo largo del eje de las carreteras, originando profundos surcos erosivos y su debilitamiento que eventualmente puede provocar derrumbes, el agua de lluvia se evacuará en el senti-

do transversal y por canaletas que puedan construirse con lajas de piedra. Esto crearía fuente de trabajo en la zona y permitiría ahorrar cemento.

- La ubicación de las obras de ingeniería se seleccionará después de estudiar las condiciones naturales del emplazamiento. La extensión y detalle de los estudios dependerá de la importancia de la obra. En general se prevee que, para las obras importantes programadas hasta la fecha se puede aplicar un método simplificado de microzonificación. En estos estudios se debe prestar especial atención al grado de amplificación que puedan sufrir las ondas sísmicas, y delimitar para cada proyecto importante las áreas de riesgo por inundaciones y avalanchas. En obras de menor importancia, el reconocimiento del área por un geólogo-geotecnista y un estudio simple de suelo para determinar su capacidad portante, puede ser suficiente.

En el punto 3.3 de este informe se dan recomendaciones específicas donde se priorizan las zonas donde se deben efectuar estudios de vulnerabilidad y de microzonificación.

- Para generalizar la aplicación de las recomendaciones arriba mencionadas dentro de la región, es necesario darle carácter mandatorio mediante la promulgación de unas normas que sean de uso obligatorio.

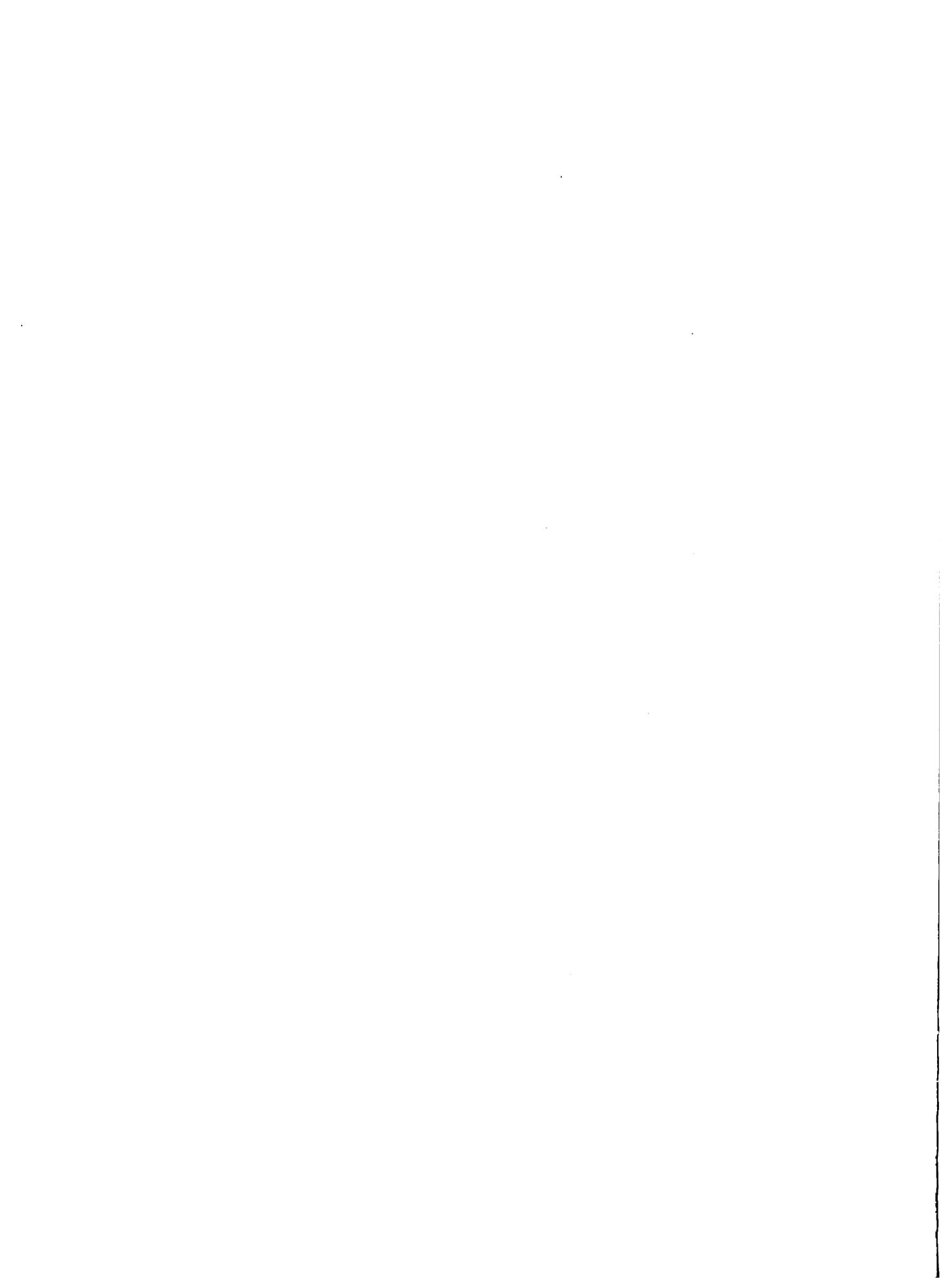
Pero para que las normas sean acatadas por los pobladores es necesario que su aplicación sea fácil y los costos no se incrementen de manera significativa.

Para que estas normas se implementen a la brevedad posible, el consultor ha preparado un documento que se está presentando separadamente. Si las autoridades nacionales consideran que las recomendaciones puedan convertirse en normas para su aplicación dentro de la región, esto po-

dría significar un importante paso para mitigar los efectos de los desastres naturales.

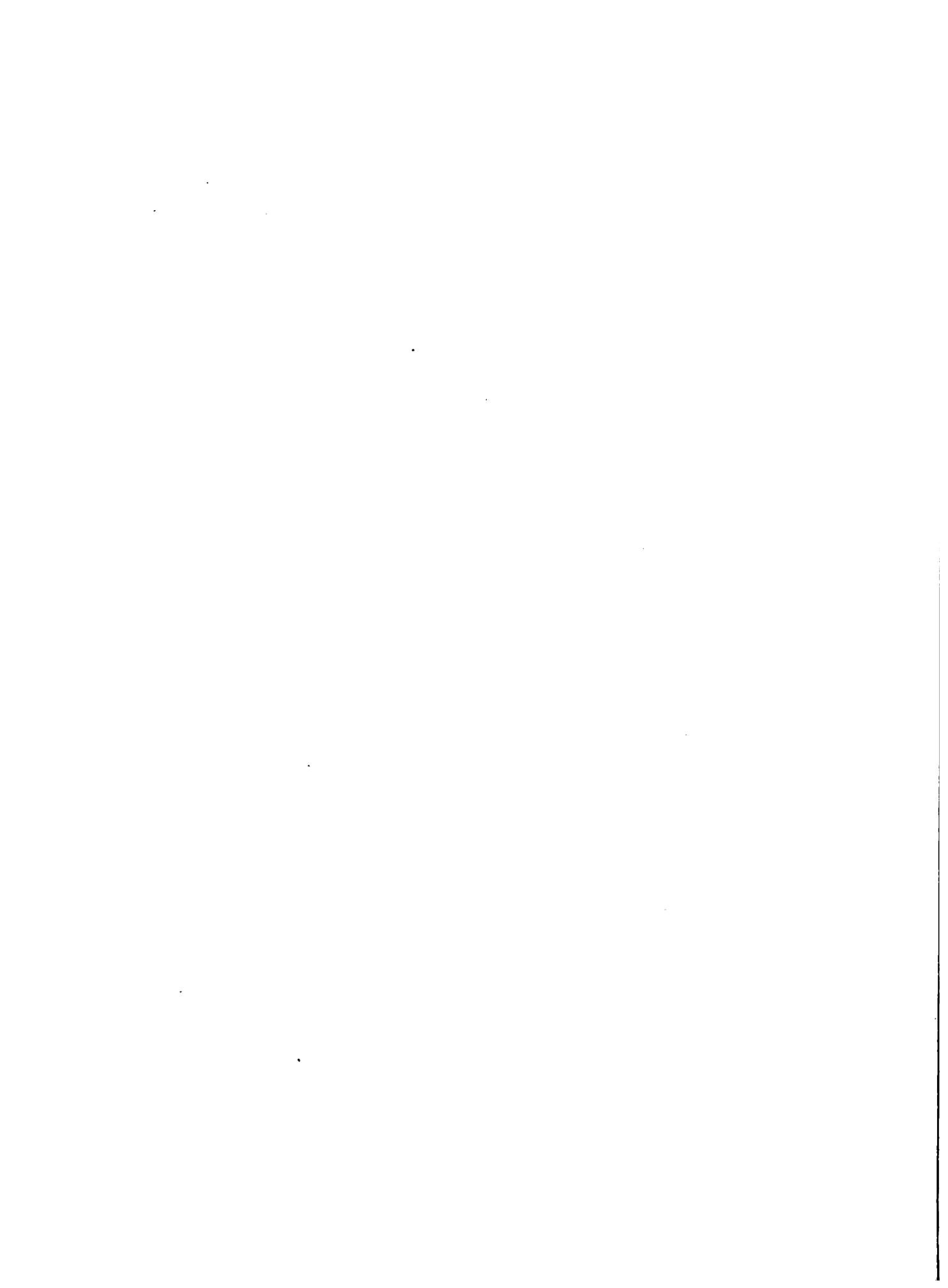
- Como no es posible evitar que ocurran los fenómenos naturales violentos, es necesario aprender a convivir con ellos. Por otra parte, el hombre es el más grande depredador de la naturaleza, agravando los riesgos a que se expone. Por estas razones, es importante que los conocimientos sobre los desastres naturales se incorporen de manera gradual a la población, comenzando de la más temprana edad.

Por lo expuesto, se recomienda que en los programas educativos que se impartan a nivel de región, se incluyan conocimientos sobre desastres naturales y la manera de mitigar sus efectos. Parte de este informe puede ser de utilidad para preparar textos escolares sobre la materia.



## REFERENCIAS

1. GOBIERNOS DE GUATEMALA, EL SALVADOR Y HONDURAS.  
"Acuerdos Básicos para la Formulación del Plan de Desarrollo Integral de la Zona Fronteriza del Trifinio" Documento Trifinio 1. Agosto-Noviembre 1987.
2. CARRERA, Luis.  
"Bases de Estrategia para Plan de Desarrollo Integral - Trifinio" (Guatemala, El Salvador, Honduras). Junio 1987.
3. ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS.  
"Integrated Regional Developing Planning". Guidelines and Case Studies from OAS Experience". Washington, D.C., Enero 1984.
4. CUNNINGHAM G., Charles.  
"Earth and Water Resources and Hazards in Central América". Geological Survey Circular 925.1984.
5. MUNCHENER RUCK.  
"Guatemala '76. Terremotos de la Placa del Caribe". Munich, 1976.
6. DENGO, Gabriel.  
"Estructura Geológica, Historia Tectónica y Morfológica de América Central" pp50, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). Guatemala. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México 1ra. Ed. en Español. 1968.



7. MARTINEZ, Maximiliano.  
"Cronología Sísmica y Eruptiva de la República de El -  
Salvador a partir de 1520" Depto. de Sismología, Centro  
de Investigaciones Geotécnicas. MOP. El Salvador, Abril,  
1978.
8. WILLIAMS, Howel y A.R. McBIRNEY.  
"Volcanic History of Honduras" pp101, University of Ca-  
lifornia Press. Berkeley and Los Angeles. 1969.
9. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL.  
República de Honduras "Análisis Preliminar de la Preci-  
pitación Producida por el Huracán Fifi a su paso por -  
Honduras (Setiembre 16-20, 1974)" Proyecto HON/72/006.  
Meteorología e Hidrología.
10. VICTORIA, José.  
"Evaluación Cuantitativa del Riesgo de Desastres por Ci-  
clones Tropicales". Comité Regional de Recursos Hidráu-  
licos, Pub. No. 146 Tegucigalpa, Honduras.
11. ALVAREZ, Leonardo.  
"Programa de Evaluación de Riesgos Naturales. Honduras"  
(Versión Preliminar). DDR, OEA, Washington, D.C., Enero  
1984.
12. INSIVUMEH.  
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteoro-  
logía e Hidrología. Boletín Sismológico año 1982. Gua-  
temala.

13. HAYS, W.  
"Facing Geologic and Hydrologic Hazard" Earth-Science Considerations Geological Survey Professional Paper - 1240-B. Washington, D.C., 1981.
14. HARP, E., WILSON R., and G. WIECZOREK.  
"Landslides from the February 4, 1976, Guatemala Earthquake of February 4, 1976". Geological Survey Professional Paper No. 1204-A. Washington. 1981.
15. BOHNENBERGER, Otto.  
"Los Focos Eruptivos Cuaternarios de Guatemala". Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala.
16. UNDRO & UNESCO.  
"Volcanic Emergency Management" United Nations. New York, 1975.
17. MORIMOTO R., KOIZUMI, Y., MATSUDA, T., and N HAKUNO.  
"Seismic Microzoning Of Chimbote Area. Perú" Overseas Technical Cooperation Agency, Government of Japan. 1971.
18. KUROIWA, J., DEZA, E., JAEN H., and J. KOGAN.  
"Microzonation Methods and Techniques Used in Perú", Mem. 2da. Conf. Intern. sobre Microzonificación. Vol. I, pp. 341-452. San Francisco, CA, Junio, 1978.
19. KUROIWA, J.  
"Simplified Microzonation Method for Urban Planning". Mem. 3era. Conf. Intern. sobre Microzonificación, pp. 753-764, Seattle Wa, Junio, 1978.

20. KUROIWA, J. y J. KOGAN.  
"Estudios de Microzonificación para la Nueva Ciudad Constitución". Informe especial para HABITAT y el Gobierno del Perú. Nairobi y Lima. 1984.
  
21. KUROIWA, J.  
"TSUNAMIS. Efectos sobre las costas de Lima Metropolitana". Informe especial para UNDRO y el Gobierno del Perú. Ginebra y Lima. 1983.
  
22. KUROIWA, J., ALEGRE, E. SMIRNOFF, V. y J. KOGAN.  
"Urban Planning for Disaster Prevention in the Low - Coastal Area of Metropolitan Lima" Mem. 8va. Conf. Mundial de Ing. Sísmica, San Francisco, CA. Julio, 1984.
  
23. KUROIWA, J.  
"Desastres Naturales en Latinoamérica en 1985 y sus Efectos de Microzona" 6o. Congreso Nacional de Ing. Civil. Cajamarca. 1986.



## A N E X O I

### PERSONAS ENTREVISTADAS EN GUATEMALA

Lic. César Linares	Director Nacional P.T. (*)
Lic. Vilma Peralta	Representante Directora a.i. O.E.A.
Ing. Luis Carrera de la Torre.	Director Internacional P.T.
Ing. Victor Tunarosa	IICA. Coordinador Agrop- uario P.T.
Ing. Estuardo Velásquez	INSIVUMEH, Director
Sismólogo Eddy Sánchez	INSIVUMEH, Sub-Director
Ing. Alfredo Ramirez	INSIVUMEH
Ing. Edgar Quevec	INSIVUMEH
Ing. Fulgencio Garavito	INSIVUMEH
Ing. René Gonzáles	I.G.M. Sub-Director Gral.

### EN SAN SALVADOR

- Dr. H. Flores Alvarado, Representante Director O.E.A.
- Ing. Julio Salazar, CIG. MOP. Director
- Ing. Carlos E. Aguilar, CIG. MOP. Sub-Director
- Lic. Guillermo Reyes CIG. MOP.
- Ing. Carlos A. Martínez CIG. MOP.
- Lic. Manuel Benitez SPN y VS. MAG.
- Ing. Mario Sagastone SNP y VS CRN. MAG.
- Ing. Luis Renato Murcia, Presidente ASIA
- Ing. Moises Harrouch, Rivera-Harrouch, S.A. Ings. Consul-  
tores.

(\*) Ver siglas al final

## EN HONDURAS TEGUCIGALPA

- Arq. Carlos Aguirre, Director Nacional P.T.
- Dr. Manuel Euceda, Representante Director OEA
- Lic. Ermeto Raudales, SEC PLAN
- Ing. Carlos Pinedo, SEC PLAN
- Ing. Robinson Rocha, OEA
- Dr. Marco Zuñiga, Vice-Rector UNAH
- Ing. Pedro Mejía, S.R.N.
- Dr. Nabil Cawas, SMN
- Lic. Pedro Cortéz Quiroz, SMN
- Sra. Ines Schewaderer, Oficina ONU, Tegucigalpa

## OCOTEPEQUE

- Ing. Mario Portillo, SRN
- Ing. Eduardo Pinto, SRN

## VIAJE A LA REGION DEL TRIFINIO

Acompañado de:

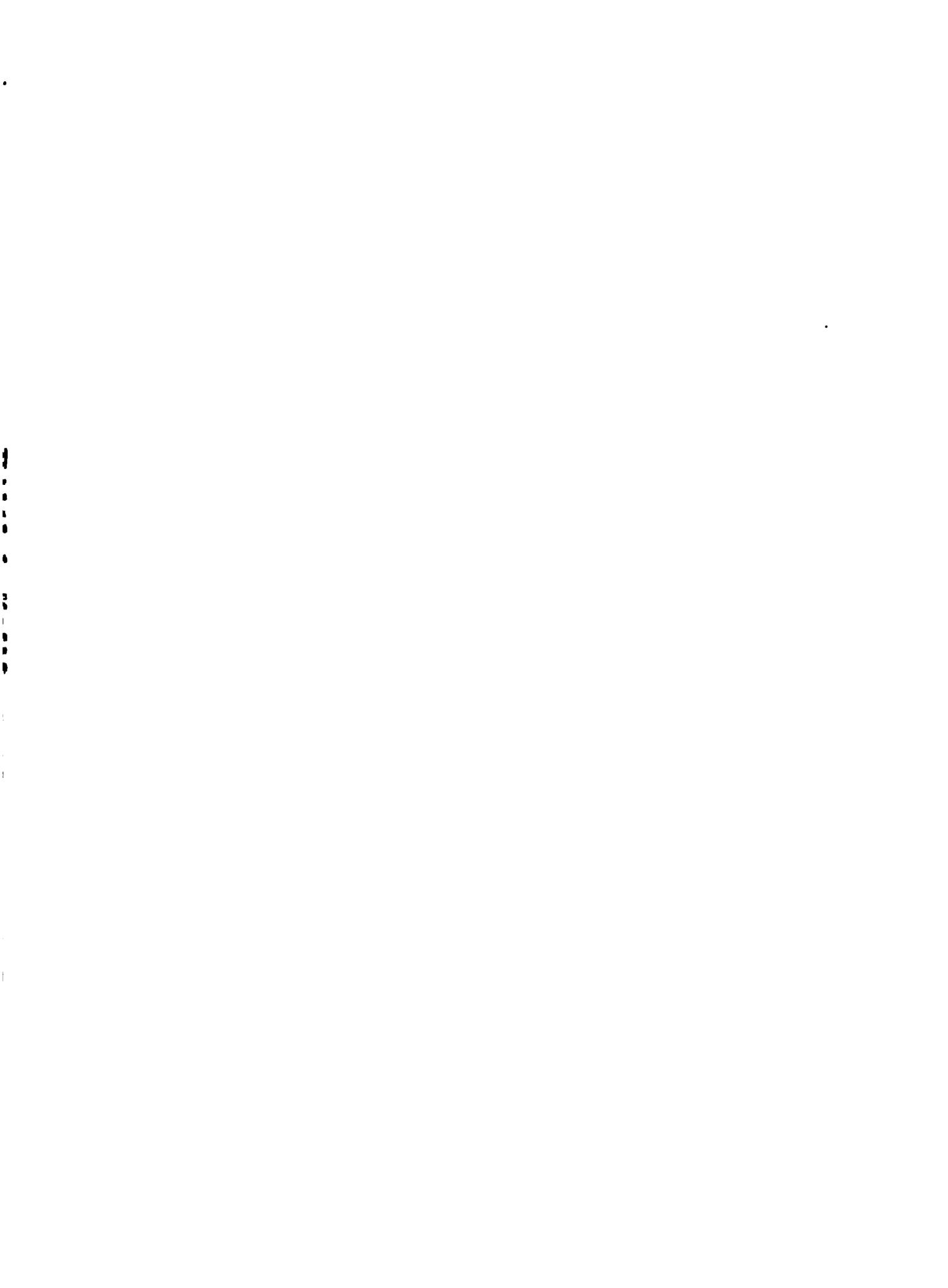
- Dr. Richard Saunier
- Ing. Enrique Levi

## COORDINACION TELEFONICA

- Arq. Stephen Bender, OEA, Washington DC. EUA.

## S I G L A S

P.T.	Proyecto Trifinio
O.E.A.	Organización de los Estados Americanos
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Guatemala.
I.G.M.	Instituto Geográfico Militar. Guatemala
CIG. MOP.	Centro de Investigaciones Geotécnicas. Ministerio de Obras Públicas. El Salvador
SNP y VS. MAG.	Servicio Nacional de Parques y Vida Silvestre. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador.
CRN. MAG	Centro de Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador.
ASIA	Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos.
SECPLAN	Secretaría Planificación Económica. Honduras
UNAH	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
S.R.N.	Secretaría de Recursos Naturales. Honduras
S.M.N.	Servicio Meteorológico Nacional. Honduras



**M A T E R I A L      F O T O G R A F I C O**

---





**F-1:** Desplazamiento horizontal de la falla de Mota\_gua, en la carretera CA-10 cerca a Zacapa.



**F-2:** Escarpa de la falla Jocotán-Chamalecon cerca a San José de Arada.



**F-3:** Iglesia colonial en Chiquimula dañada por te  
rremotos y abandonada.



**F-4:** Parte posterior de la iglesia de la F.3



**F-5:** Vivienda de adobe en Chiquimula construida después del sismo de 1976. La anterior en esa ubicación fue destruida. Está ubicada al lado de la iglesia de la foto 3. Note lo corto de los dinteles.



**F-6:** Techos con pesadas tejas que están sueltas.  
Con un sismo con intensidad VIMM o algo más, dichas tejas pueden deslizarse y caer.



**F-7:** Esquipulas, ubicado en un valle de cierta amplitud y suave pendiente. Note las torres de la iglesia.



**F-8:** La iglesia en cuyo recinto se firmó el acuerdo Esquipulas I.



F-9: Construcción de albañilería de ladrillo. Note las columnas y vigas de refuerzo. Las construcciones con bloques de concreto tienen un refuerzo similar.



F-10: Bloque de concreto. Su espesor es de 14 cm.



**F-11:** El cerro Montecristo visto desde las afueras de Metapán. La parte superior está cubierta de nubes.



**F-12:** El río San José y la parte baja de Metapán que solía inundarse.



**F-13:** Tratamiento de la parte alta de la cuenca del Río San José, para evitar el avance de erosión de las cárcavas.



**F-14:** Defensa de taludes con mallas metálicas y piedras.



**F-15:** Puente sobre el Río Grande que drena los terrenos del fundo San José en la parte alta de Concepción Las Minas. En la foto el Sr. Iten propietario de dicho fundo. El anterior puente fue destruido.



**F-16:** Surcos erosivos en el camino Lucerna La Encarnación.



**F-17:** En el primer plano Nueva Ocotepeque. En el centro el punto blanco es la Iglesia de Antigua Ocotepeque. La avalancha de 1934 bajó de izquierda a derecha.



**F-18:** En medio de terrenos de cultivos que estuvieron habitados antes de 1934 se yergue la iglesia de Antigua Ocotepeque. Al fondo el estrecho cañón por donde bajó la avalancha de 1934. Su área se está repoblando.



**F-19:** Un cauce reciente del río Marchalá totalmente colmatado, inclusive está invadiendo la carretera El Poy Nueva Ocotepeque.



**F-20:** Intensa erosión causada por deforestación, derrumbes y lluvias.



**F-21:** Derrumbe en la carretera Nueva Ocotepeque. La Labor, note que se trata de suelo de partículas finas y que la pendiente es relativamente suave.



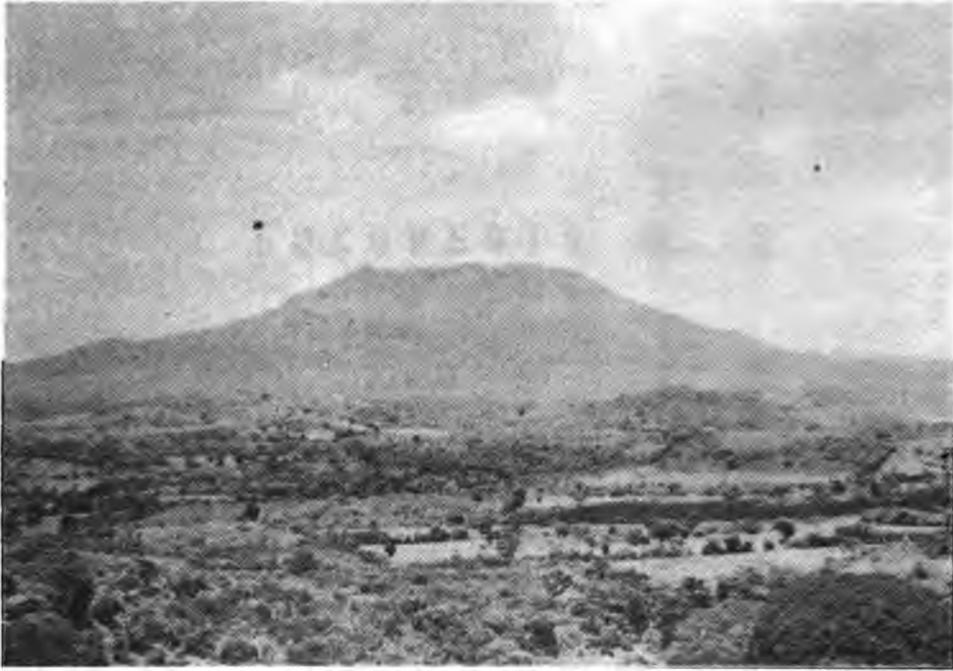
**F-22:** Derrumbe en la carretera Nueva Ocotepeque La Labor que ha provocado la inestabilidad de unos 50 m. de carretera. Esto obligó al cambio de trazo.



**F-23:** Derrumbe al este del camino. Lucerna-La Encarnación. Los deslizamientos en la zona han sido frecuentes en suelos con contenido de grafito.



**F-24:** La Encarnación. En un reciente sismo las viviendas de adobe cerca al río de la derecha sufrieron más daños que en las partes alejadas de él.



**F-25:** Volcán Ipala. Note la erosión de su parte superior.



**F-26:** Volcán San Diego ubicado al este del Lago Guija en El Salvador.



**D O C U M E N T O   N o .   2**

**RECOMENDACIONES (NORMAS) INTEGRADAS PARA LA MITIGACION DE DESASTRES NATURALES EN LA REGION DE TRIFINIO**

Preparado para el Proyecto Trinacional TRIFINIO  
(Guatemala, El Salvador y Honduras)

Por encargo del:  
Departamento de Desarrollo Regional  
Organización de los Estados Americanos -OEA-

Por: **Julio Kuroiwa H.**  
Lima - Perú



## **RECOMENDACIONES (NORMAS) INTEGRADAS PARA LA MITI GACION DE DESASTRES NATURALES EN EL TRIFINIO**

### **1. OBJETIVOS Y ALCANCES**

Las presentes recomendaciones (normas) tienen como objetivos proteger la vida y salud de la población y disminuir el impacto económico de los desastres naturales que pueden afectar la región del TRIFINIO.

Se define como tal región, el área territorial asignada al Proyecto TRIFINIO para su desarrollo económico y social, por los gobiernos nacionales en Guatemala, El Salvador y Honduras.

La protección se logrará optimizando la inversión adicional que sea necesaria para alcanzar los objetivos mencionados; es decir, teniendo una relación costo-beneficio favorable tal, que de ocurrir eventos extraordinarios acepte un cierto grado de daño en las construcciones a proteger, sin exponer a serios peligros la vida humana, y la reparación de las estructuras dañadas a un costo aceptable.

### **2. DESASTRES NATURALES CONSIDERADOS**

Teniendo en cuenta las condiciones naturales en la región del TRIFINIO, obtenidos de la siguiente manera:

- Informaciones sismológicas, geológicas, topográficas, hidrológicas y climáticas.

- Antecedentes históricos de desastres naturales que han afectado la región.
- Inspecciones técnicas efectuadas al área del Proyecto para conocer la realidad socio-económica y física del área;

Los desastres naturales considerando son:

- . Terremotos
- . Inundaciones
- . Remoción de masas
- . Huracanes y temporales
- . Erosión y deposición de suelos
- . Vulcanismo

### 3. ESTRATEGIA PARA CONSEGUIR LOS OBJETIVOS

Según experiencia que se tiene, las condiciones naturales de sitio dadas por la geología, topografía y características de suelo, han sido determinantes en la extensión y grado de daños causados por los desastres naturales.

Por otra parte, la resistencia de las edificaciones para tomar las fuerzas laterales de los sismos depende de su forma, de su resistencia y de su capacidad para deformarse sin fallar. En general, se considera que si son capaces de tomar las fuerzas sísmicas, pueden resistir sin fallar el empuje lateral causados por vientos extremos, pero los techos y todos los elementos deben fijarse firmemente a los muros para evitar que sean arrastrados.

Por las razones expuestas, estas recomendaciones (normas) se refieren a dos aspectos: localización de las obras en general donde se logra disminuir de manera drás

tica los efectos destructivos de los desastres indicados en 2; y en segundo lugar, se especifica la resistencia que deben tener las edificaciones y otras estructuras.

#### 4. UBICACION DE LAS EDIFICACIONES Y OTRAS OBRAS

Las edificaciones y otras obras similares o menores, se ubicarán preferentemente en terrenos de buena capacidad portante, de grano grueso, compacto, plano o con pendiente suave, con la menor humedad posible. Es preferible cimentar sobre rocas estables, no intemperizadas. Si se construye sobre suelos de granos finos se deberá tener en cuenta el efecto que tiene el agua sobre los mismos en época de lluvias.

El área no debe estar expuesta a inundaciones, avalanchas, deslizamientos, flujos de barro y fallas del suelo, las ondas sísmicas no deben amplificarse de manera excesiva. Además, la cimentación de las obras debe tener un costo razonable.

Por las razones expuestas no se construirán edificaciones y otras obras:

- En áreas de deposición de materiales que bajen por ríos y quebradas. En especial deben evitarse áreas cercanas a la boca de salida de cañones estrechos que drenan cuencas extensas y de gran pendiente.
- En zonas bajas con respecto a áreas vecinas, que puedan inundarse, en especial en la orilla de ríos que drenan cuencas de gran extensión y lagos cuyo nivel puede crecer rápidamente en épocas de lluvias intensas.

- Al pie de terrenos que por sus características y pendiente puedan deslizarse, asumiendo que el suelo se sature en época de lluvias.
- Al borde de barrancos, que puedan fallar, deslizándose cuesta abajo.
- Dentro de cinco kilómetros (5 km.) a ambos lados de fallas activas conocidas.
- En la zona de deposición de flujos de barro y nubes ardientes que pueden desprenderse de los volcanes. En la actualidad, no existen en la región del Proyecto volcanes activos, pero no es posible garantizar que los volcanes considerados dormidos o extintos puedan entrar en actividad, aunque esta probabilidad es baja. Por lo tanto, conservadoramente, esta precaución se tomará alrededor de todos los volcanes, en especial alrededor del volcán Ipala en cuya parte superior existe una laguna.
- Sobre suelos expansibles o colapsibles.
- Donde la capacidad portante del suelo sea inferior a 1 kg/cm<sup>2</sup>, o en suelos compresibles de más de 5 m. de espesor, a menos que sea imprescindible, en cuyo caso se tomarán las medidas técnicas necesarias (si suelos blandos yacen encima de suelos rígidos, en los primeros las ondas sísmicas tienden a sufrir gran amplificación).
- En la selección de las zonas de expansión de centros poblados, debe considerarse el costo de instalación de servicios de agua, alcantarillado, energía. Debe verificarse que la cimentación tenga un costo razonable.

A mediano y largo plazo, las cuencas que drenan sus aguas hacia zonas pobladas o terrenos valiosos, deben

ser tratadas con obras de defensa para evitar el avance de las cárcavas y la rápida erosión de las montañas, cuyos materiales se depositan en las partes bajas.

También a mediano y largo plazo, se deben tomar acciones para recuperar la cobertura de las montañas, cuyo deterioro es una de las causas más importantes del incremento del número y tamaño de los deslizamientos y el aumento de la severidad de las inundaciones en la región.

##### 5. ESTUDIOS DE MICROZONIFICACION

Se efectuarán estudios de microzonificación para la expansión urbana de las ciudades más importantes de la región. Esto permitirá además verificar su vulnerabilidad frente a los desastres naturales que las amenazan.

También se efectuarán estudios de microzonificación en los centros urbanos que tienen un rápido crecimiento, y en aquellos donde la política de planificación para la región los harán crecer de manera acelerada en los próximos años.

Se requieren estudios de microzonificación para optimizar la localización de los emplazamientos de las obras importantes de ingeniería que se proyecten, como centrales hidroeléctricas, represas, etc.

Se entiende como microzonificación a los estudios multidisciplinarios que se realizan sobre un territorio determinado, considerando todos los desastres naturales que la amenazan, con el objeto de dividirla en sectores de diferentes riesgos.

Los sectores de menos riesgo se utilizarán para áreas urbanas y sobre ellos se ubicarán también las instalaciones que son importantes para la economía y las obras de ingeniería.

Los sectores de mayores riesgos se dedicarán para recreación, zonas de cultivo y otros usos compatibles.

## 6. CONSIDERACIONES SISMICAS EN EDIFICACIONES

Para los fines de las presentes recomendaciones (normas) las edificaciones se clasificarán en:

- Edificaciones sin diseño ingenieril
- Edificaciones con diseño ingenieril

### 6.1 Edificaciones sin diseño ingenieril

Son edificaciones que tradicionalmente se han construido en la región del Trifinio sin participación de profesionales especialistas, como las construcciones de bahareque y de adobe. Para cumplir los objetivos de estas normas, sólo se efectuarán sobre ellas modificaciones menores que puedan ser incorporadas de manera práctica y sencilla, y que mejorarán sustancialmente su resistencia sísmica.

#### 6.1.1 Construcciones de bahareque

Son edificaciones cuya estructura resistente está conformada por postes y elementos horizontales de madera o troncos; y tiras de madera o caña para sujetar la tierra que conforma los muros.

El techado es de madera con tejas de cerámica.

Recientemente las tejas están siendo reemplazadas por láminas metálicas (zinc) onduladas.

La madera y caña serán protegidas para evitar su exposición alternada a la humedad y secado y a los insectos, para que no las dañen.

- No se edificará en los lugares señalados en 4.
- El techado tendrá suficiente volado para proteger las paredes de las lluvias, y deberá fijarse firmemente a los postes y elementos horizontales de madera para evitar su pérdida en caso de vientos extremos. En caso de utilizarse tejas, éstas se fijarán adecuadamente para evitar su deslizamiento y caída en caso de sismos.
- Para los postes y demás elementos de madera, se seleccionarán aquellos que por su dureza y compacidad sean menos susceptibles al ataque de insectos y su descomposición.

#### 6.1.2 Construcciones de adobe

Son construcciones de albañilería construídas con bloques de tierra secados al sol y unidos con barro del mismo material. El techado es similar a las construcciones de bahareque.

Para mejorar su resistencia sísmica, se adoptaron las siguientes provisiones:

#### Ubicación

No se construirán en los lugares indicados en 4. Se tendrá especial cuidado de no edificar con adobe en terrenos compresibles y húmedos.

## Material

El material más adecuado para la fabricación de adobe es una mezcla de arcilla, paja o arena gruesa y agua, en tal proporción que ocurre la menor fisuración en las piezas al secarse, y que sometidas a pruebas de impacto, apoyadas en soportes separadas unos 0.25 m., ofrezcan la mayor resistencia a la rotura.

Para disminuir la fisuración, el secado del adobe se hará a la sombra.

El cimiento y sobrecimiento serán construidos con tales materiales y en tal forma que la humedad no los altere, y aisle a los muros de la humedad del suelo.

## Muros

Tendrán un espesor mínimo de 0.40 m. y una altura máxima de piso a borde de techo de 3.5 m.

La separación máxima entre muros perpendiculares al muro considerado (muros de arriostre) será de 5 m. Si la separación es mayor; a una distancia máxima de 4 m. se colocarán contrafuertes a ambos lados del muro con una longitud mínima de 0.40 m.

En las esquinas y cruces en T. los muros se prolongarán hacia el exterior en una longitud mínima de 0.40 m. formando contrafuertes.

La mezcla para la pega de las piezas de adobe será del mismo material que el utilizado en su fabricación, debiendo quedar permanentemente adherida a los mismos y re-

llenando íntegramente las juntas horizontales y verticales. Antes de colocar el bloque de adobe deberá ser mojado.

### Aberturas

Las aberturas de puertas y ventanas tendrán un ancho máximo de 1.20 m. y se ubicarán a una distancia mayor de 1.20 m. de las esquinas. Las aberturas estarán separadas a más de 1.20 m. y la suma de sus longitudes no será mayor que  $1/3$  de la longitud total del muro.

### Vigas collar

A nivel de dintel de puertas y ventanas se colocará una viga collar contínua sobre todos los muros, debiéndose prolongar hasta los contrafuertes.

La viga collar podrá ser: (\*)

- De la misma sección y material que el que actualmente se usa en dinteles en la región del Trifinio, cuidando que no pierda su continuidad; y sus cruces en las esquinas deben ser a media madera y clavados.
- Dos largueros de madera de 3" x 2" de sección, unidos por elementos transversales de 2" x 1" a cada 40 cm. (a manera de una escalera). Este elemento de refuerzo deberá estar embebido en el centro de una viga de suelo-cemento de 0.20 m. de altura y de un ancho igual al espesor del muro. Se utilizará para esta última viga, preferentemente arcilla y arena gruesa con 5-10% de volumen de cemento.
- De concreto reforzado con seis varillas de acero de 1/4" y estribos de alambre # 8. La sección de la viga será igual al ancho del muro x 0.20 m. de altura.

\*Ver comentarios y aclaraciones.

Por encima de la viga collar se colocará entre 2 y 4 hiladas de adobe.

### Techado

El techado deberá fijarse permanentemente al resto de la edificación. Se tendrá especial cuidado en fijar las tejas con pequeños clavos o mezcla de mortero arena-cemento para evitar su caída provocada por la vibración de sismos intensos.

#### 6.1.3 Construcciones de albañilería de ladrillo cocido y bloques de concreto:

Son construcciones en cuyos muros se utilizan piezas de ladrillo cocido o bloques de concreto construido con cemento, arena y piedras angulosas pequeñas.

En la región del TRIFINIO los muros tienen como refuerzo columnas y vigas de concreto reforzado. Las primeras en las esquinas o distanciadas unos 4 m. y vigas de amarre a nivel de techo y 1 ó 2 adicionales en el entrepiso, una de ellas a nivel de dintel. Las edificaciones tienen 1 ó 2 pisos, y en la mayoría de los casos en el último techo superior se utilizan estructuras de madera y láminas onduladas de zinc.

En general se considera que este tipo de construcción alcanza una resistencia adecuada para la sismicidad de la región si se procura, también, una densidad de muros similar en ambas direcciones principales de la edificación (Ver Comentarios y Aclaraciones). En lotes alargados, con poco frente y gran longitud, la resistencia sísmica puede resultar desequilibrada por la alta densidad de muros en la dirección de mayor longitud, y baja en la dirección más

corta, resultando en verdaderos "túneles".

Para disminuir este desequilibrio, es necesario agregar pequeños muros de concreto reforzado en la dirección paralela a la dimensión menor del lote, si la arquitectura lo permite, o incrementar la dimensión de las columnas de refuerzo en esa dirección.

Es necesario mejorar la calidad de los ladrillos, utilizando mejores suelos y un quemado más uniforme y profundo; y también de los bloques de concreto, con un buen diseño de mezcla. Se evitará así pérdidas de piezas por manipuleo y se incrementará la resistencia sísmica de las edificaciones.

## 6.2 Edificaciones con diseño ingenieril

Se refiere a las edificaciones diseñadas y construidas con participación profesional especializada, y en general comprenden edificaciones de concreto reforzado y/o acero.

Aunque las construcciones con ladrillo cocido o bloques de concreto se efectúen con participación profesional, para los fines de estas recomendaciones (normas) basta con tomar las medidas contenidas en el 6.1.3.

Los factores considerados para el diseño sísmico son: sismicidad relativa de la zona (Z), uso de las edificaciones (U), características del suelo (S) y coeficiente sísmico (C), los que multiplicados por el peso de la edificación (P), da el corte horizontal (H), en la base del edificio, es decir:  $H = ZUSCP$ .

### Sismicidad relativa

Se considera como zona 1 la porción guatemalteca del Proyecto, y como zona 2, los territorios de El Salvador y Honduras.

### Uso de las edificaciones

De acuerdo al uso, las edificaciones se clasifican en las siguientes categorías:

Categoría A: Son edificaciones que son importantes al ocurrir un desastre, como hospitales, clínicas, -postas médicas, puestos de policías, centrales telefónicas, etc; donde se producen grandes aglomeraciones de personas, como locales escolares, cines, en general, edificios públicos con gran afluencia de personas. Edificios donde se albergan objetos de gran valor para la sociedad, como archivos públicos, museos, etc. (U = 1.4).

Categoría B: Se incluyen en esta categoría: viviendas, edificios de oficina, hoteles; en general, edificaciones donde viven, trabajan o se alojan un número normal de personas para las actividades que en ellos se desarrollan, o contienen objetos de valor relativo para la familia u organización (U = 1.0).

Categoría C: Alojando muy pocas personas, o contienen objetos de poco valor o que pueden ser recuperadas con poco deterioro aunque falle el edificio que lo contiene (U = 0.6).

### Características de Suelos

De acuerdo a la amplificación que puedan sufrir las ondas sísmicas, los suelos se clasificarán en:



**Fig. 2.1 : MAPA DE ZONIFICACION SISMICA  
PARA LA REGION DEL TRIFINIO.**

Tipo I: mantos rocosos y suelos de grano grueso muy compactos, siempre que la humedad no altere sensiblemente sus propiedades mecánicas. (S = 1.0).

Tipo II: gravas, arenas, semicompactas o suelos finos de espesor menor que 5 m. (S = 1.2).

Tipo III: suelos sueltos o suelos de granos finos de espesores mayores que 5 m. (S = 1.4).

### Estructuración.

El coeficiente sísmico (C) depende también del tipo de estructuración. Los tipos considerados son:

- Edificios cuya deformación lateral se produce principalmente por flexión de sus elementos, como los edificios cuyos elementos portantes están constituidos por marcos espaciales (E-1).
- Edificios donde un gran porcentaje de la fuerza cortante horizontal son tomadas por elementos rígidos, como muros de concreto reforzado (E-2).

De acuerdo a la estructuración y la zona sísmica, el coeficiente sísmico (C) se determina de acuerdo a la siguiente tabla:

T A B L A 1

Zona	Estructuración	
	<u>E - 1</u>	<u>E - 2</u>
1	0.09	0.12
2	0.06	0.09

### Peso de las edificaciones

El Peso (P) de las edificaciones para los fines de las presentes normas, se determina de la siguiente forma:

Peso muerto + un porcentaje de la carga viva

Las cargas vivas que se consideran son:

- Para depósitos y silos, 100% de la carga viva
- Para edificios de categoría A: 50% de la carga viva
- Para edificios de categoría B: 25% de la carga viva, y
- Para edificios de categoría C: azoteas y techos: 25% de la carga viva.

### Distribución en altura de la cortante H

Las fuerzas concentradas que se consideran aplicadas al nivel de cada piso (F) se calcularon con la siguiente fórmula:

$$F_i = H \frac{h_i P_i}{\sum h_i P_i}$$

Donde:

$h_i$  = Altura del piso considerando, medido desde el nivel del suelo.

$P_i$  = Peso del piso considerado; incluyendo el correspondiente porcentaje de carga viva.

### Cortante en cada entrepiso

Sumando las fuerzas concentradas a nivel de cada piso de arriba hacia abajo, se podrá obtener la cortante de cada uno de los entrepisos.

### Momentos y cortantes en vigas y columnas, y su diseño

Utilizando métodos aceptados de distribución de momentos y cálculo de cortantes, se determinarán los momentos y cortantes en las vigas y columnas causados por los sismos.

Por otra parte, se calcularán los momentos y cortantes causados por las cargas muertas y cargas vivas totales, separadamente.

Las columnas y vigas se diseñarán para las condiciones de carga más desfavorables dadas por las combinaciones del A.C.I. (American Concrete Institute) u otra combinación de cargas adecuadas, considerando momentos y cortantes por cargas muertas, cargas vivas y sismos.

### Consideraciones adicionales

La estructura resistente tendrá en lo posible una distribución regular en planta y elevación. Se evitará que por la forma de la estructura o que por ser interferida en su deformación lateral por elementos no estructurales, como muros de relleno, se formen puntos de concentración de esfuerzos, como columnas cortas. Los muros de concreto reforzado distribuidos simétricamente en planta y continuos verticalmente, son elementos muy efectivos para tomar cargas sísmicas horizontales.

### Materiales de construcción

La mínima resistencia del concreto utilizado en edificaciones sismo-resistentes será de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

## Supervisión

Para asegurar que se respeten los diseños y las especificaciones técnicas del proyecto, las edificaciones sismo-resistentes deben ser supervisadas por personal competente durante su construcción.

## Alternativas

Como alternativas a las presentes recomendaciones (normas), se podrán aplicar a las edificaciones con diseño ingenieril, las normas o reglamentos sísmicos nacionales correspondientes a cada uno de los países.

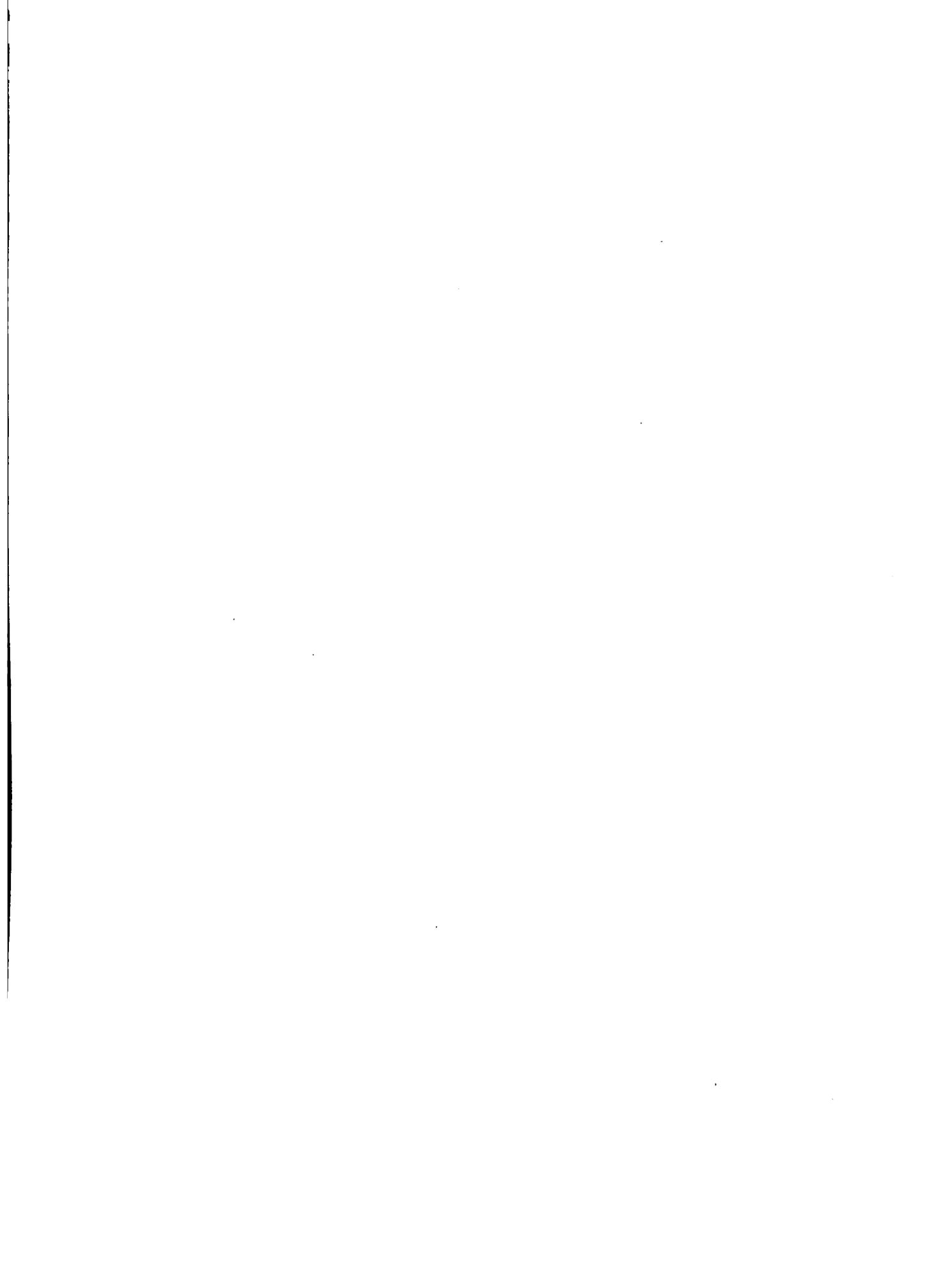
## 7. PROYECTOS DE CARRETERAS Y CANALES DE IRRIGACION

Para proyectar carreteras y sobretodo canales de irrigación, se plantearán varias alternativas de trazo, pero en cada uno de ellos se evitará en lo posible las formaciones geológicas inestables. Se estudiará con especial cuidado los cruces con quebradas.

Estudiadas y analizadas cada una de las alternativas, se efectuará el diseño definitivo de la alternativa más económica y segura.

Para efectuar el diseño preliminar se cuenta con mapas topográficos y geológicos a escala 1:50,000.

Para disminuir el efecto erosivo de las lluvias y derrumbes por saturación de los suelos, las carreteras tendrán secciones transversales tales que evacúen las aguas hacia los lados de las pistas, donde sean recogidas con canaletas paralelas al eje longitudinal. Se procurará que en los puntos de descarga de las canaletas, el agua no erosione el suelo.



**A N E X O            I**

**(DOCUMENTO No. 2)**

**COMENTARIOS Y ACLARACIONES A LAS RECOMENDACIONES  
(NORMAS) INTEGRADAS PARA LA MITIGACION DE DESAS-  
TRES EN LA REGION DEL TRIFINIO**

---



# COMENTARIOS Y ACLARACIONES A LAS RECOMENDACIONES (NORMAS) INTEGRADAS PARA LA MITIGACION DE DESASTRES EN LA REGION DEL TRIFINIO

## 1. INTRODUCCION

En este documento se dan recomendaciones en forma de normas, que en caso de ser aprobadas por los gobiernos respectivos tendrán carácter mandatorio dentro de la región, y podrán ser difundidas y aplicadas en el menor plazo posible.

Como es costumbre, las normas son genéricas, no detallistas, y tampoco se extienden en explicaciones acerca de las razones de las medidas adoptadas. Para llenar estos vacíos, se acostumbra también a complementarlas con comentarios y aclaraciones, que son precisamente los propósitos de este Anexo.

Para limitar su extensión, sólo se consideran los puntos más importantes y se adjuntan algunos gráficos sobre la aplicación de las normas, sobre todo en la parte de diseño sísmico de edificaciones.

## 2. NORMAS INTEGRADAS

En primer lugar, el punto 2.2 del documento No. 1, "Desastres Naturales en la Región del Trifinio", enlista las razones por las cuales las normas toman en cuenta estos eventos.

Estas normas, de ser aprobadas como Normas para

la Mitigación de Desastres en la región del Trifinio, hasta donde se conoce serían las primeras donde se integren en un sólo documento todos los desastres naturales que ocurren - dentro de una región o país.

Se ha podido lograr esta integración porque el grado de daños y su extensión, provocados por los desastres naturales que ocurren en la región del Trifinio, dependen - de las condiciones naturales del emplazamiento. Restringiendo la construcción de obras de desarrollo en ubicaciones - donde los efectos destructivos de los desastres naturales son mayores, se logran medidas de mitigación, prácticamente sin costo adicional de construcción; inclusive puede lograrse reducciones significativas de costos si se aplican de manera efectiva las recomendaciones incluídas en el punto 4.

### 3. MICROZONIFICACION

Este punto ha sido tratado con cierta extensión en el documento No. 1, y en la parte de recomendaciones (normas) se especifica en qué casos deben efectuarse estudios de microzonificación. Al final se adjuntan 2 trabajos del consultor:

"Microzonation Methods and Techniques Used in Peru"

Coautores: E. Deza, H. Jaén y J. Kogan, y

"Simplified Microzonation Method for Urban Planning", presentados en la 2da. y 3era. Conferencia Internacional de Microzonificación realizadas en San Francisco, CA, en Nov. - Dic. 1978; y Seattle, WA, en Junio Julio 1982, respectivamente.

Que, con algunas consideraciones contenidas en el documento No. 1 con respecto a desastres que ocurren en

la región del Trifinio, pueden ser utilizados como guía para efectuar los estudios de Microzonificación.

De lo explicado en los documentos anteriores, se deduce la importancia de los estudios de Microzonificación como herramienta para investigar las condiciones naturales de sitio, de los cuales depende el grado de daños y su extensión.

#### 4. CONSIDERACIONES SISMICAS EN EDIFICACIONES

##### 4.1 BAHAREQUE

En general las construcciones de bahareque han tenido comportamiento satisfactorio durante sismos, intensos ocurridos en Centroamérica. Un sistema similar se utiliza en Chile con iguales resultados.

En ambos casos su comportamiento sísmico ha sido bastante mejor que el de las edificaciones de adobe.

Sin embargo, en el sismo ocurrido en San Salvador el 10 de Octubre de 1986<sup>(\*)</sup> hubo daños importantes en construcciones de bahareque, atribuidos en casi todos los casos a la descomposición de las piezas de madera que les sirven de sustento, por acción de insectos y la acción alternada de humedad y secado.

Por lo tanto, la medida más efectiva para mejorar su comportamiento sísmico consiste en la preservación de su estructura de madera para evitar su debilitamiento.

---

(\*) J. KUROIWA - "El terremoto de San Salvador del 10 de Octubre de 1986" CISMID. Pub. No. 01-87-CISMID/FIC-UNI Lima, Junio 1987.

#### 4.2 ADOBE

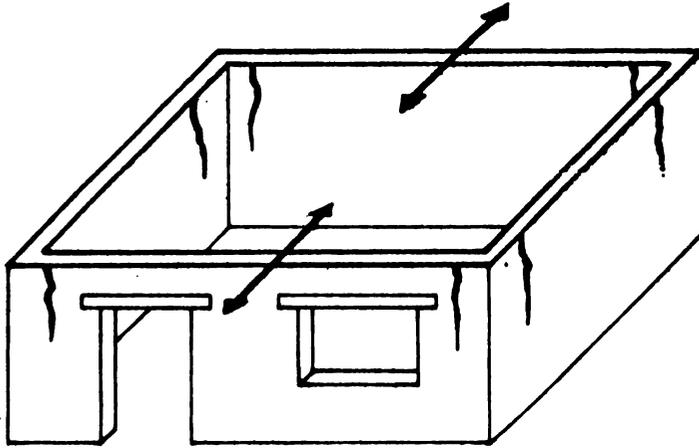
Las construcciones tradicionales de adobe debido a su gran peso y debilidad ante cargas laterales, han sido responsables de numerosas pérdidas de vida en los países donde su uso es generalizado, como en las zonas rurales de Perú, China, Turquía, países centroamericanos, etc.

Debido a su bajo costo básicamente requieren tierra (suelo arcilloso) y agua, materiales que abundan, a su buen aislamiento térmico y acústico, y la tradición en su uso, este tipo de construcción se seguirá utilizando por mucho tiempo en los países en vías de desarrollo.

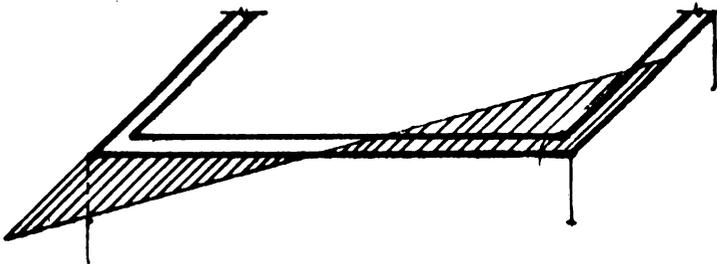
Es posible reducir drásticamente los daños sísmicos en construcciones de adobe si se aplican las enseñanzas dejadas por pasados eventos destructivos.

En primer lugar, las propiedades del suelo influyen de manera determinante en el comportamiento de las construcciones de adobe. En suelos blandos, compresibles, húmedos, con fuerte pendiente, los daños han sido graves; en cambio en suelos secos, compactos, con buena capacidad portante, y planos, los daños han sido menores aún durante sismos de magnitud mayor que 8 con el epicentro a menos de 100 km. de distancia. En la parte central de Lima existen construcciones de adobe de más de un siglo de antigüedad que han soportado varios terremotos, incluyendo el de 1940 que fue de magnitud 8.2, y los daños observados han sido moderados o pequeños.

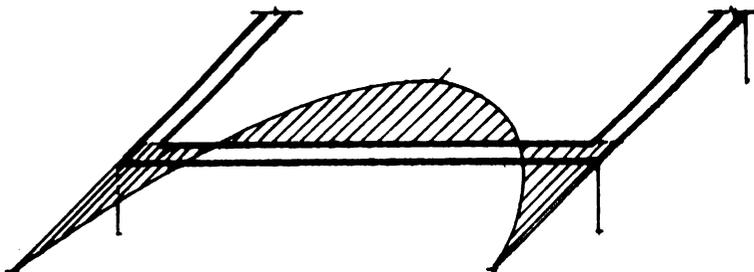
De otra parte, por tener las construcciones de adobe techo ligero, al ser excitadas con vibraciones horizontales, los muros vibran como una losa apoyado en 3 bordes (en los 2 muros transversales y en la cimentación) y



**Fig. A-1 : MODO DE FALLA EN MUROS DE ADOBE POR VIBRACION HORIZONTAL.**

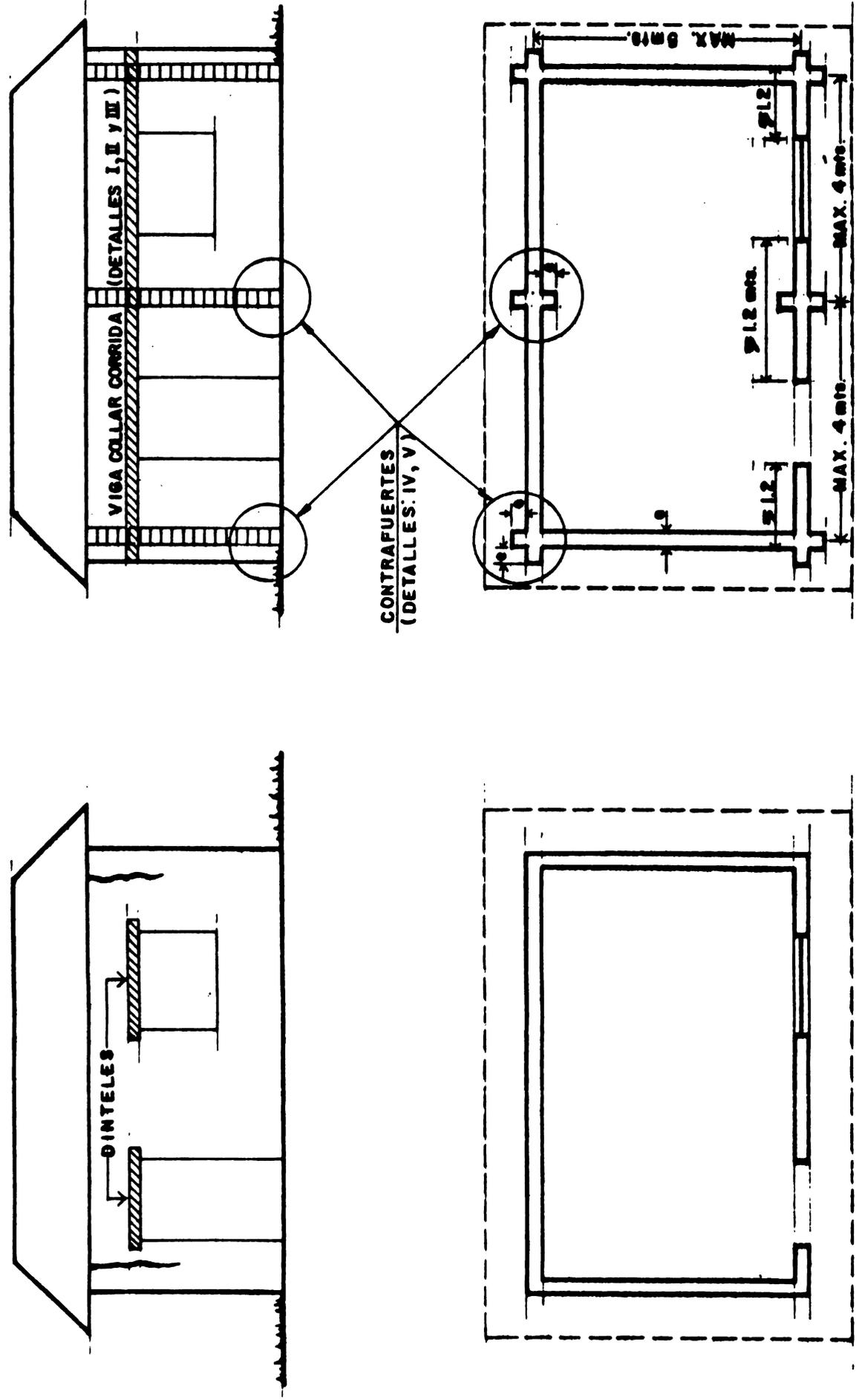


**● DIAGRAMA DE ESFUERZOS DE CORTE EN EL BORDE SUPERIOR.**



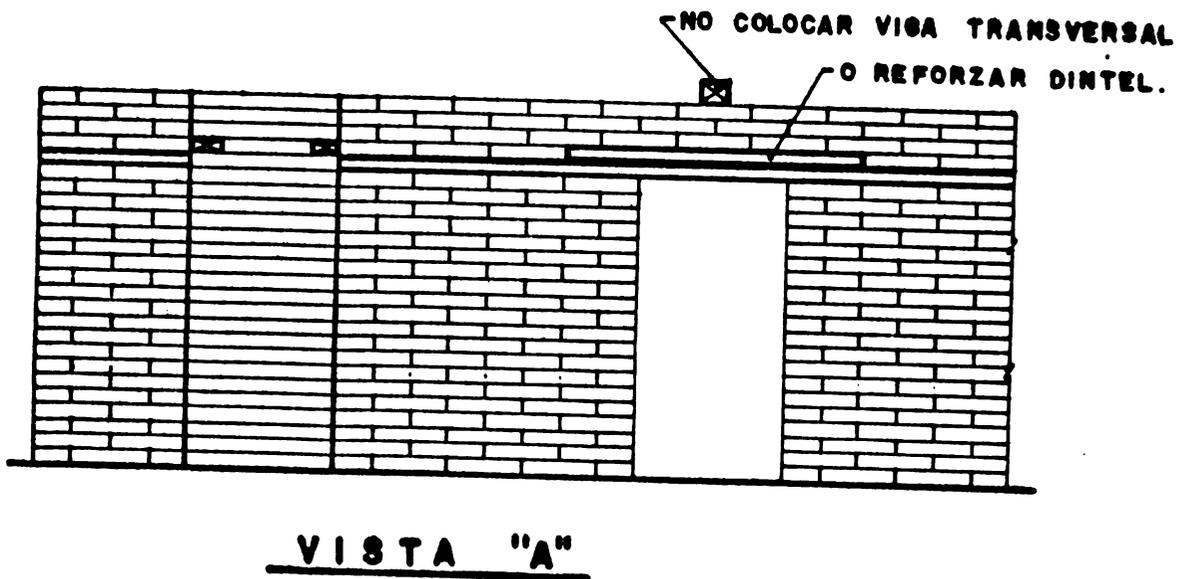
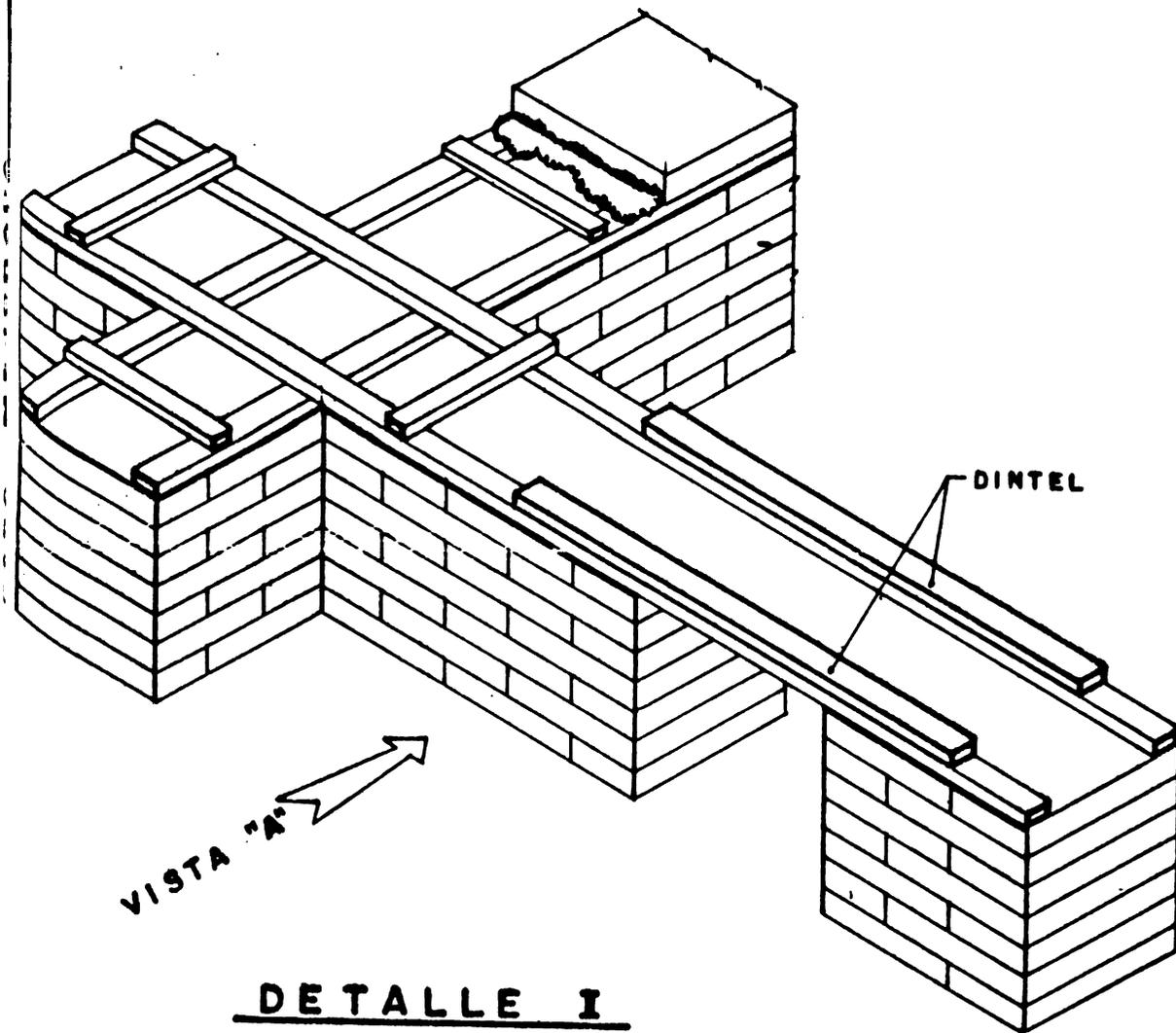
**● DIAGRAMA DE MOMENTOS EN EL BORDE SUPERIOR.**

Fig. A-2 : CONSTRUCCIONES DE ADOBE

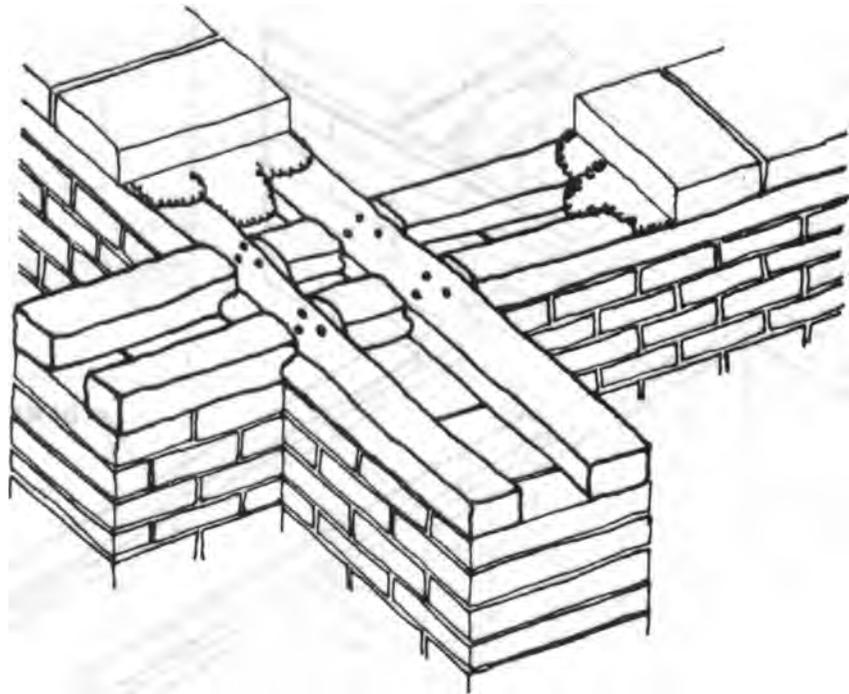


CASA TRADICIONAL

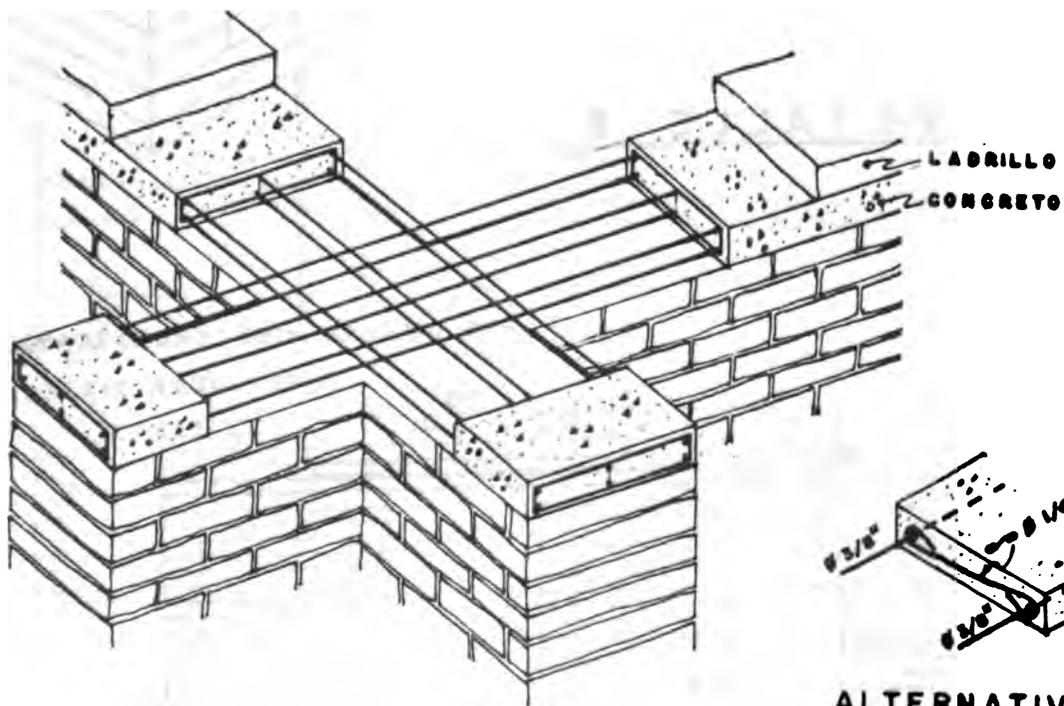
CASA MEJORADA



B) EN MADERA RUSTICA SEMILABRADA, EN PARALELO  
CON EMPALMES A MEDIA MADERA.



DETALLE II



ALTERNATIVA

DETALLE III

Fig. A - 3'

con el borde superior libre, tal como se muestra en la Fig. A-1. En este caso los momentos negativos y esfuerzos de corte son máximos cerca de las esquinas. Por esta razón la grieta se inicia en el borde superior cerca a las esquinas y se propaga hacia abajo. De lo expuesto se deduce que el elemento más efectivo para tomar estos momentos y cortes es la viga collar (Fig. A-2).

Los contrafuertes además de dar estabilidad al volteo a los muros, permite prolongar mejorando los anclajes de las vigas collar más allá de los puntos de cruce de muros en esquina o en T.

#### 4.3 CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERIA

Pueden ser de ladrillo rojo cocido o de bloques de concreto. Si tienen techo ligero, la construcción de una viga collar de concreto reforzado a nivel de dintel y sobre todos los muros, es esencial. Si los muros tienen o se les añade columnas de concreto reforzado, la viga collar puede construirse sobre el borde superior de los muros, pero debe conectarse a las columnas.

Si el techo es rígido, conformado por losa de concreto reforzado o losa aligerada, los muros quedan confinados por 2 elementos rígidos: cimentación y techo. Pero el incremento de peso sobre el muro tiende a hacerlo fallar por corte en caso de sismo. En este caso, los daños dependen de la densidad de muros en la dirección considerada, es decir la longitud total de dichos muros dividida entre el área construída. En investigaciones sobre fallas de edificaciones de albañilería con techo rígido se ha encontrado que la adición de columnas y viga collar de concreto reforzado reduce de manera sustancial los daños, tal como se indica en la Fig. A-4

# NOTACION

## DAÑOS EN MUROS

- 0 SIN DAÑOS.
- 1 FISURAS
- 2 GRIETAS ( $\geq 2\text{mm}$ )
- 3 GRIETAS Y DESPLAZAMIENTO
- 4 COLAPSO.

## NOMENCLATURA

### MUROS SIN COLUMNAS

- ⊥ PERPENDICULAR A LA FACHADA
- PARALELO A LA FACHADA

### MUROS CON COLUMNAS

- ⊥ PERPENDICULAR A LA FACHADA
- ▣ PARALELO A LA FACHADA

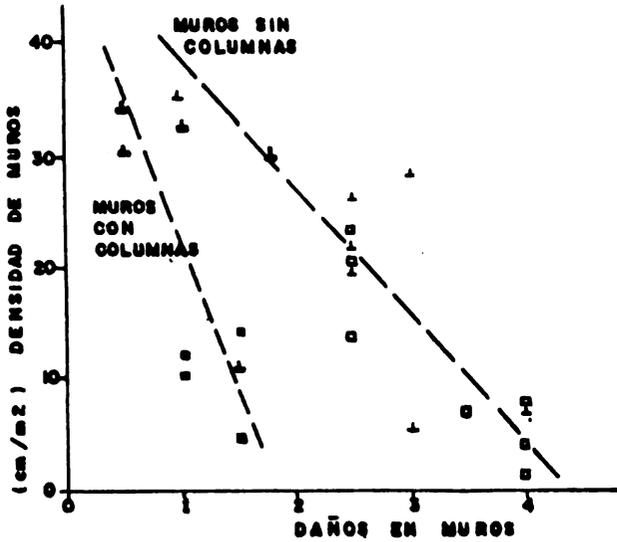
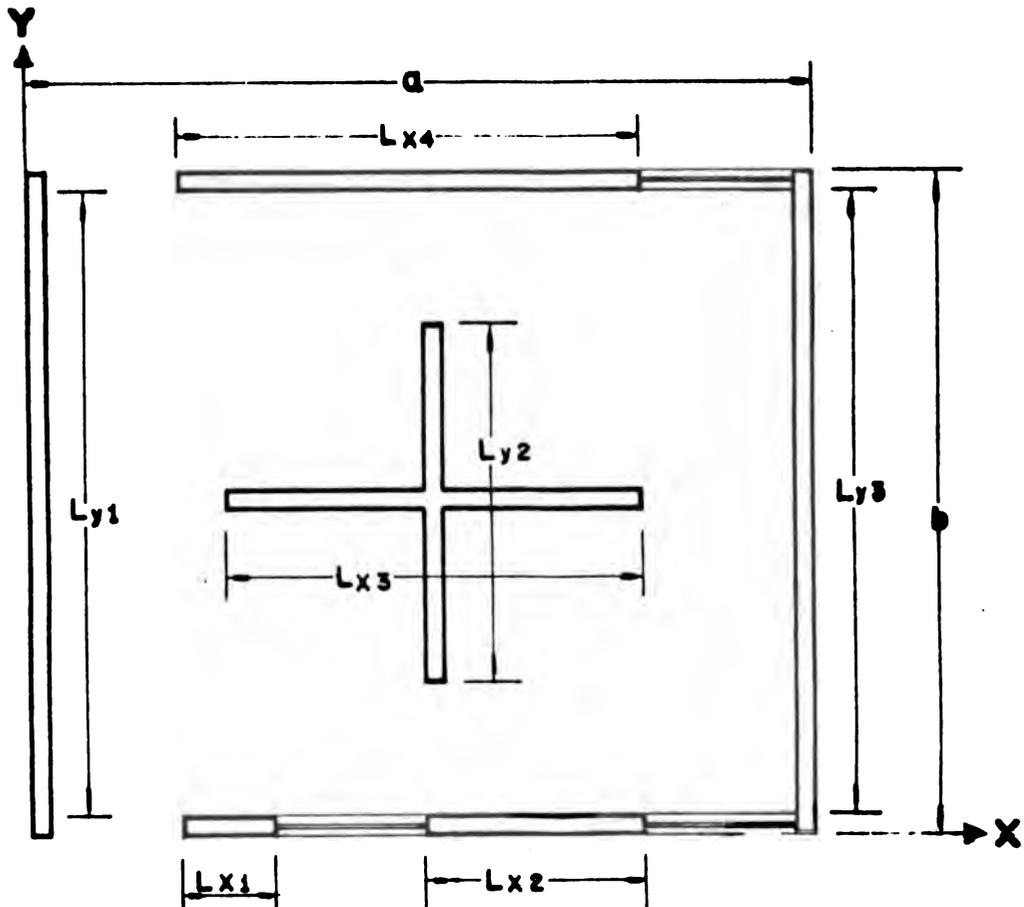


Fig. A-4.- GRADO DE DAÑOS VS. DENSIDAD DE MUROS EN CONSTRUCCIONES DE ALBANILERIA CON TECHO RIGIDO.



$$\text{EN LA DIRECCION } \alpha X = \frac{Lx1 + Lx2 + Lx3 + Lx4}{a \times b} = \frac{\sum Lx}{\text{AREA}}$$

$$\text{EN LA DIRECCION } \alpha Y = \frac{Ly1 + Ly2 + Ly3}{a \times b} = \frac{\sum Ly}{\text{AREA}}$$

Pero, si bien es cierto que la adición de los refuerzos indicados reduce drásticamente el daño estructural para densidad de muros entre 5 - 10 cm/m<sup>2</sup>, para densidades menores, 5-8 cm/m<sup>2</sup>, se produce rotura de vidrios y puertas de madera en esa dirección.

Es aconsejable, por lo tanto, tener en ambas direcciones densidades de muros por encima de unos 8 cm/m<sup>2</sup>.

#### 4.4 EDIFICACIONES CON DISEÑO INGENIERIL

En el análisis y diseño se toman en cuenta más factores, por ejemplo la sismicidad. La zona guatemalteca del proyecto se ha designado como zona debido a su proximidad a la falla Motagua; y como zona 2 los correspondientes a El Salvador y Honduras. En las normas sísmicas de El Salvador, la región del Trifinio está en una categoría similar.

Se incluyen además las características del suelo, donde el coeficiente sísmico se incrementa conforme el suelo se hace más blando, húmedo y compresible.

Por razones de simplicidad se considerar sólo 2 tipos de estructuración: aporricadas, y donde las fuerzas sísmicas son casi íntegramente tomadas por muros de concreto reforzado.

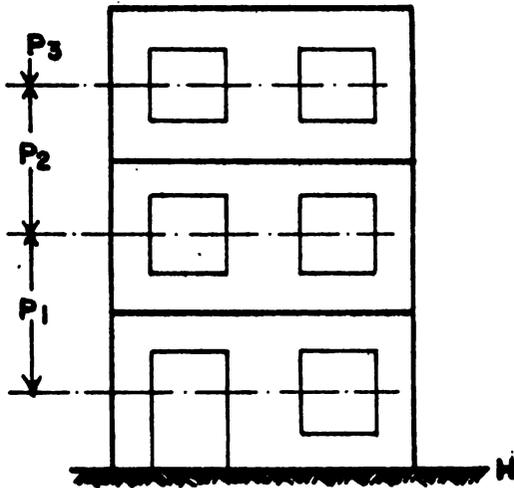
De acuerdo a la zona y el tipo de estructuración se dan valores para el coeficiente sísmico C. Para estructuras mixtas los valores dados en la Tabla I pueden interpolarse.

Considerando, que al ocurrir un sismo es poco probable que en un edificio de departamentos, por ejemplo,

en todos los pisos se encuentre el 100% de la carga viva, ésta se reduce en este caso al 25%. Pero en cambio, es probable que un silo de trigo o un depósito estén totalmente cargados al ocurrir el terremoto; y por esta razón, en estos casos no hay reducción de la carga viva.

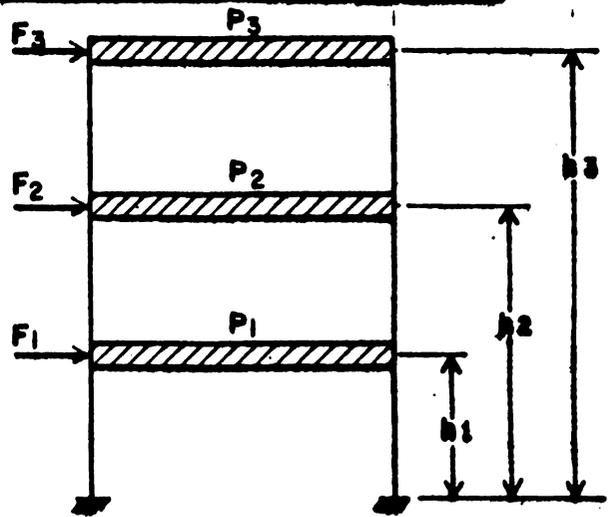
Se adjuntan algunos gráficos que ayudan a comprender el contenido de la parte final de las recomendaciones (Normas).

**EDIFICIO**

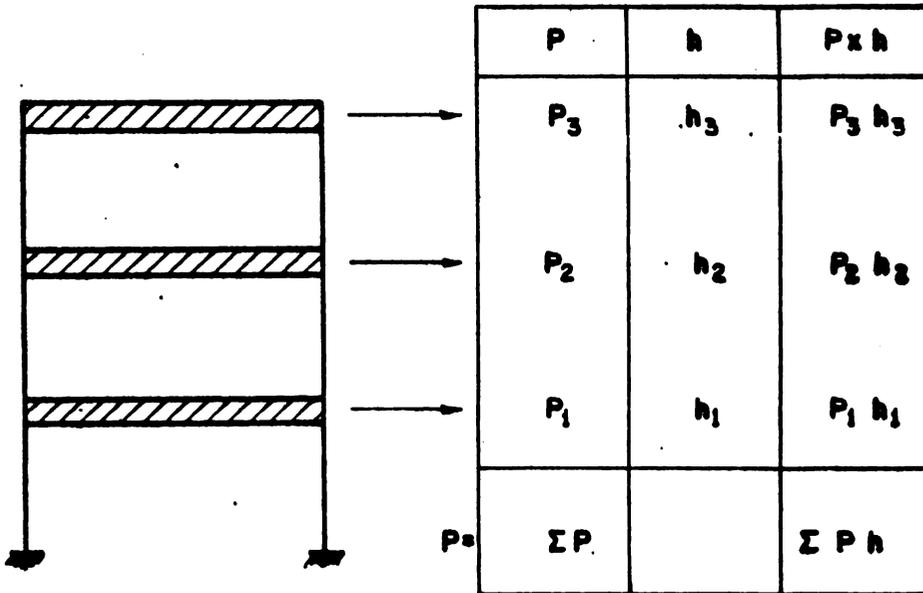


● PARA EL METRADO DE CARGA SE PASAN PLANOS A 1/2 ALTURA DEL ENTREPISO DIVIDIENDO EL EDIFICIO EN PORCIONES.

**MODELO IDEALIZADO**



● LAS CARGAS INCLUYENDO EL PORCENTAJE DE CARGA VIVA SE CONCENTRA A NIVEL DE CADA PISO.



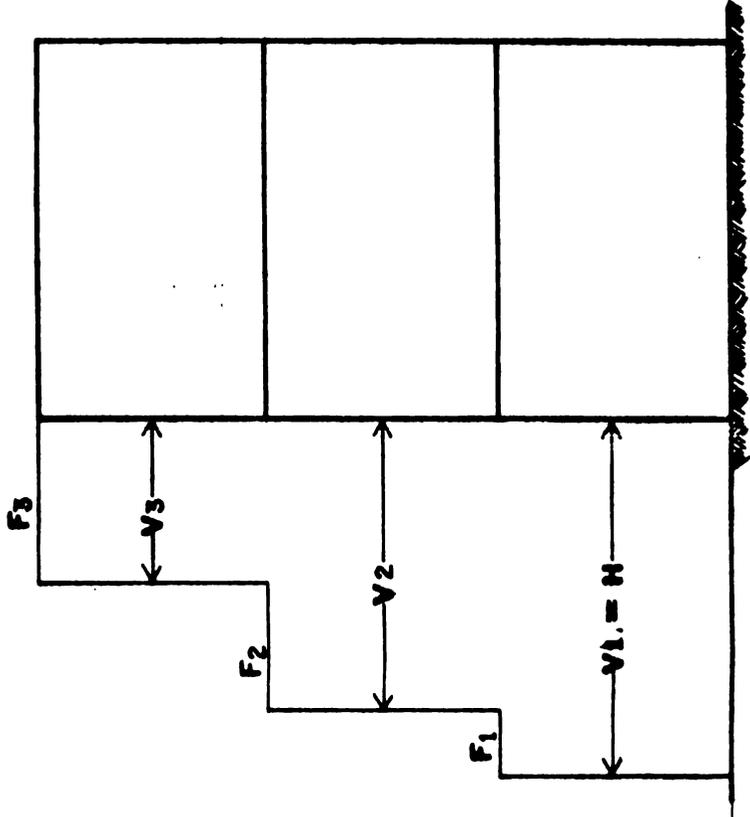
**PROCESO DE CALCULO**

$$F_3 = H \frac{P_3 h_3}{\Sigma P_i h_i}$$

$$F_2 = H \frac{P_2 h_2}{\Sigma P_i h_i}$$

$$F_1 = H \frac{P_1 h_1}{\Sigma P_i h_i}$$

**CORTE EN EL EDIFICIO**



**FUERZAS CONCENTRADAS**

