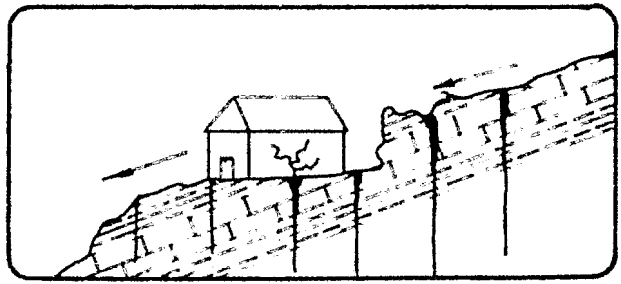




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

RIESGOS GEOLOGICOS  
EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS  
TESIS PROFESIONAL



AGUSTIN SOMELLERA PULIDO

CD. UNIVERSITARIA , 1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C O N T E N I D O

	PAGINAS
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	2
1a. Objetivos	4
II.- ANTECEDENTES HISTORICOS	5
III.- RASGOS Y PROCESOS GEOLOGICOS QUE TIENEN INFLUEN- CIA SOBRE LAS OBRAS URBANAS	
IIIa.    CONSIDERACIONES GEOLOGICAS GENERALES	9
IIIb.    RIESGOS GEOLOGICOS	
IIIb.1    CORRIENTES DE AGUA	17
IIIb.1.1    Causas que afectan a las corrientes de agua.	19
IIIb.1.2    Zonas de Riesgo. Control de Corrientes.	20
IIIb.2    MOVIMIENTO DE MASA	24
IIIb.2.1    Causa de los movimientos de masa.	26
IIIb.2.2    Reconocimiento de areas con peligro de mo- vimientos de masa.	28
IIIb.3    SISMICIDAD	30
IIIb.3.1    Propiedades físicas de los terremotos.	30
IIIb.3.2    Causas humanas en los terremotos.	32
IIIb.3.3    Efectos de un terremoto.	33
IIIb.3.4    Predicción y control de terremotos.	35
IIIb.3.5    Uso y planeación.	37
IIIb.4    VOLCANISMO	38
IIIb.4.1    Clasificación y distribución de volcanes.	38
IIIb.4.2    Categorías de volcanes.	42
IIIb.4.3    Impacto en la sociedad.	42

	PAGINAS
IIIb.4.4 Caso histórico.	44
IIIb.4.5 Evaluación y predicción.	45
IV.- ENSAYO SOBRE UNA CIUDAD	47
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFIA	68

## R E S U M E N

La presente tesis se enfocará al trato de los diferentes elementos geológicos que tienen influencia en las construcciones residenciales, recreativas, comerciales o de cualquier otro tipo, las cuales de acuerdo a su magnitud y costo pueden representar una grán pérdida física y económica cuando son erigidas en lugares inapropiados o con deficiencia de medidas preventivas.

En el capítulo correspondiente a Consideraciones Geológicas Generales se hablará sobre algunos factores terrestres que hasta cierto punto no son determinantes en la elección del lugar de construcción y que pueden controlarse por diversas técnicas y posteriormente se entrará en tema con los Riesgos Geológicos (Corrientes de Agua, Movimientos de masa, Sismicidad y Volcanismos), comenzando con una definición de ellos y sus características más notables para luego ver que estos riesgos son hasta ahora difíciles si no imposibles de controlar totalmente. Se proponen también a lo largo de la tesis las diferentes medidas que se pueden tomar para regular los asentamientos humanos en relación con los Riesgos Geológicos y se notará que esta regulación dependerá sobre todo de 3 puntos principales.

- 1.- De la capacidad de los encargados de hacer los estudios sobre las áreas específicas.
- 2.- De la comunicación que exista entre estos encargados y los urbanistas; y
- 3.- Del interés de las autoridades locales en llevar a cabo los planes propuestos para la regulación.

## I. INTRODUCCION.

Desde que el hombre apareció sobre la tierra tuvo una relación directa con los procesos Geológicos; las erupciones volcánicas, los sismos, las inundaciones, los maremotos y muchos otros fenómenos geológicos para los cuales no encontraba explicación. Con el tiempo ésta relación siguió siendo la misma, con la diferencia de que el ser humano empezó a comprender el cómo y el porqué de aquellos fenómenos; encontró sus posibles orígenes, sistematizó todos estos conocimientos y la Geología se erigió como una Ciencia Natural útil y necesaria.

En la actualidad el hombre sigue enfrentándose a los procesos Geológicos y debido a ello se han ido incrementando cada vez más las investigaciones y como consecuencia las aplicaciones que esta ciencia pueda tener en el medio que rodea al ser humano. Esto se observa en la construcción de obras civiles tales como carreteras, túneles, puentes, presas, etc. o bien en la búsqueda de nuevas fuentes de energéticos y recursos naturales y en todo tipo de construcciones y descubrimientos ligados al desarrollo económico de la sociedad.

Una derivación importante de esto viene a ser el establecimiento de una nueva ciudad o la expansión de una ya establecida. Aquí el punto de vista geológico es determinante; sin embargo muchos de los asentamientos humanos actuales no han sido planeados de acuerdo a éste criterio, lo cuál ha traído consecuencias que han llegado a ser en algunos casos catastróficas.

En los capítulos posteriores se hablará sobre los factores geológicos que en cierto momento pueden limitar el desarrollo de una población, las consecuencias que traen consigo y en algunos casos las posibles medidas

a tomar para disminuir los riesgos ó evitar el peligro.

## I a.- OBJETIVOS.

Con el presente trabajo se intenta llamar la atención de todas las personas relacionadas con los planes de desarrollo urbano o la creación de nuevos centros de población, con la finalidad de resaltar la importancia de la Geología y el papel que juega dentro de los asentamientos humanos.

En nuestro país a este punto de vista rara vez se le ha dado la importancia que se merece o bien se ha subestimado su alcance.

Otro propósito es reafirmar dentro de las nuevas generaciones de geólogos y las ya existentes la idea de que la profesión abarca no sólo los campos conocidos sino muchos otros que en la actualidad se encuentran invadidos por profesionistas con bases muy diferentes a las necesarias para el ejercicio de la Geología.

Se busca entonces colocar a la Geología como elemento necesario para la elección del lugar que vaya a destinarse a nuevos asentamientos o bien a áreas de expansión urbana en las cuales los rasgos superficiales pueden estar condicionados a elementos diversos aparentemente no visibles, pero que por su naturaleza son detectables bajo un criterio apegado a las Ciencias de la Tierra.



## II.- ANTECEDENTES HISTORICOS.

Las primeras ciudades.-

En un principio el hombre habitó en las cavernas y tuvo la sensación psicológica de "envolvimiento", una manera de sentirse seguro y protegido, ' más tarde al aprender las técnicas necesarias para la domesticación de animales y la agricultura, ésta misma sensación influyó en el establecimiento ' de las primeras aldeas.

Un "espacio cerrado" y un "espacio abierto" predominaban en estas al deas; el "espacio cerrado" implicaba la sensación de "envolvimiento" además ' de privacia, vida biológica y limpieza; el espacio abierto traía consigo libertad, aventura y luz.

La yuxtaposición de estos dos espacios y la diferencia entre una ha bitación y un dominio público, fueron elementos esenciales para la aparición de la vida urbana.

El ambiente geológico fué determinante en la elección del sitio de ' asentamiento de las primeras ciudades, la cultura egipcia por ejemplo, se ' estableció en el delta del Nilo, rodeada al Este, Sur y Oeste, por un gran ' desierto y al Norte limitada por el Mar Mediterráneo. Mesopotamia se asienta sobre tierras fértiles, entre los ríos Tigris y Eufrates, aunque sujetos a ' la destrucción periódica por inundaciones. La antigua Grecia se desenvuelve sobre un terreno montañoso a diferencia de Egipto y Mesopotamia, lo cual a-- fectó el tamaño y la forma de la ciudad.

Un ejemplo representativo es la ciudad de Atenas, situada sobre un ' terreno irregular. Tres de sus límites están formados por montañas que se ' extienden a una considerable distancia del área escogida; el cuarto lado de '

la planicie está limitada por el Mar Egeo.

Hacia el centro sobresalen colinas que son remanentes de una serie de rocas sedimentarias que cubren el área. Una de las colinas sobre la cual se encuentra la Acrópolis, es relativamente plana en la cima y está rodeada por escarpes grandes excepto en el lado Oeste. Este lugar fué escogido por la existencia de pozos artesianos que emergen en el contacto calizomarga; en este contacto se infirió el plano de una falla. En el mismo lugar se advierte la existencia de cavernas de disolución que actuaban como defensa topográfica y como almacenadores de agua cuando la ciudad era sitiada.

Otros elementos que se pueden mencionar en este paraje geológico son las arcillas de Atica, unas de las más finas en el mundo; el mármol como roca de construcción es de excelente calidad. Las minas de plata 30 KM. al Sureste fueron recursos que ayudaron al desarrollo de Atenas; los rios al Oeste fueron determinantes en la agricultura y la Punta de Pireos facilitó la navegación y la pesca.

Tal vez el problema geológico más serio de Atenas fue el suministro adecuado de agua, problemas que se agravó por el crecimiento de la Ciudad.

Análisis semejantes pueden hacerse para muchas ciudades del pasado y todas con marcada influencia de las condiciones terrestres; cabe mencionar que el factor religioso estuvo en primer plano en la elección del lugar de establecimiento.

Antecedentes en América.-

El hombre llega a América a través del Estrecho de Bering después que el proceso de la glaciación une a los dos Continentes; al pasar el tiempo nuestros ancestros hacen su aparición en México y al igual que en todas

las culturas antiguas al ambiente geológico influye. La primera necesidad fue el agua, por lo cual los asentamientos se efectúan cercanos al suministro de ella, los mayas, los aztecas y todos nuestros antepasados lo hicieron así, utilizando también, por supuesto, otros parámetros terrestres. En Teotihuacan es tomado en cuenta el paisaje Geológico, en éste caso la "Calzada de los Muertos" está orientada de tal manera que al fondo aparece una elevación montañosa, la Fisiografía juega aquí un papel importante para transmitir el sentimiento de "espacio abierto".

Las primeras ciudades así establecidas utilizaron para su construcción el material más cercano al lugar de asentamiento y éste mismo material les daba una identidad propia; por ejemplo, las ruinas de Palenque están construidas a base de calizas al igual que Chichen-itzá; Teotihuacán se edificó con roca volcánica de la misma manera que la antigua Tenochitlán.

La Zona arqueológica de Comalcalco Tabasco, posee una característica especial, son las únicas pirámides en el mundo hechas de ladrillo cocido empleando como cementante conchas carbonatadas de bivalvos, la causa de esto es que en espacio circundante no existe un afloramiento cercano de rocas que pueda usarse para la construcción razón por la cual los creadores de ésta ciudad utilizaron el material más factible, las arcillas, que son abundantes en el área.

El agua, el material para la construcción y todos los demás elementos geológicos que ahora podemos analizar en los antiguos asentamientos, nos indican que el desarrollo del hombre está en relación directa con los elementos naturales sobre la tierra y de una u otra manera necesita armonizar con ellos. Los antiguos pobladores tal vez no tenían conocimientos geológicos sistematizados pero percibían que el ambiente debía tener ciertas

cualidades para el perfecto desarrollo de la comunidad; la satisfacción de las necesidades primarias fue fundamental como lo sigue siendo en la actualidad.

Teniendo como base las experiencias del pasado y conjugando los factores geológicos que tomaron parte en los primeros asentamientos se puede construir un esquema que nos muestre la factibilidad geológica de un área en particular, la posibilidad en la tierra de proveer de lo necesario a una comunidad, o bien, la cantidad de riesgo existente sobre la superficie elegida.

III. RASGOS Y PROCESOS GEOLOGICOS QUE TIENEN  
INFLUENCIA SOBRE LAS OBRAS URBANAS.

### III. a. CONSIDERACIONES GEOLOGICAS GENERALES

Existen numerosos factores geológicos que marcan las pautas para el desarrollo de una comunidad, pero si bien es cierto que algunos de ellos son de carácter totalmente negativo en el momento en que actúan existen otros que aunque no juegan un papel determinante, pueden significar por su presencia o ausencia un beneficio para el sitio de asentamiento. Así una ciudad que en su entorno cuente con bancos de materiales accesibles tendrá mayor viabilidad para su evolución que otras que no lo tengan, o bien, puede suceder que el suelo de la zona no sea apto para la construcción y entonces los cimientos de las edificaciones tengan que construirse bajo técnicas especiales. De cualquier manera éstos elementos siempre serán factibles de controlarse en caso de que resulten en perjuicio de la comunidad, con la única limitante del costo. A continuación se mencionarán varios de éstos elementos para luego proseguir con más detalle con los Riesgos Geológicos que de hecho son el tema principal de la tesis.

#### ESTRUCTURAS Y LITOLOGIA.

Dos aspectos importantes que deberán considerarse para el mejor desenvolvimiento de una ciudad son la estructura geológica y el tipo de roca circundante.

El tipo de estructura y la litología podrán determinarse mediante una exploración geológica y a la luz de las conclusiones obtenidas se establecerán los lineamientos óptimos para el desarrollo de la comunidad.

En muchos desarrollos urbanos el abastecimiento de agua puede verse

reducido a pozos profundos, los cuales funcionarán sólo si la roca es adecuada para actuar como acuífero y si la estructura regional se presenta en situación tal que haga posible la extracción económica del líquido.

Otra faceta incluye a los materiales para la construcción los cuales se terminarán de acuerdo al tipo de roca más adecuado y accesible a la zona urbana. Los edificios favorecerán al paisaje urbano si la roca seleccionada es de aspecto agradable además de ser resistente a los agentes externos, ejemplo de ésta son la cantera rosa (toba riolítica), el mármol y el basalto.

Para fines también de construcción deberán ubicarse bancos de arcillas, gravas o arenas, los cuáles tendrán restricciones especiales reconocibles bajo el criterio geológico y reafirmables mediante análisis mineralógicos y petrográficos.

Es pertinente señalar la contraparte de los bancos de material situados en los alrededores de ciudades con crecimiento demográfico amplio, ésta contraparte consiste en la contaminación del ambiente que se puede causar cuando en un momento dado los bancos queden enclavados dentro de la zona urbana; se establecerá entonces una problemática de intereses entre la necesidad de urbanizar y las necesidades de materias primas para llevar a cabo la urbanización.

#### FALLAS Y FRACTURAS.

Tratadas de una manera aislada las fallas y fracturas son identificables sobre el terreno mediante un reconocimiento geológico sistemático, partiendo de un análisis fotogeológico o por recorridos en el campo.

Las fallas a nivel regional se consideran activas geológicamente

si se han formado a partir del Mioceno, para fines ingenieriles lo son solamente si se ha detectado actividad muy reciente que pueda dañar a la vida planeada de la obra.

Ya identificadas las discontinuidades se procede a reconocer la capacidad de éstas para crear problemas sobre las construcciones y tomar así todas las medidas preventivas necesarias en caso de posibles efectos en un tiempo determinado.

Dichos efectos pueden estar representados por hundimientos del terreno, deslizamientos de laderas, licuefacción de arenas u otras evidencias.

Para un sistema de juntas sobre una masa rocosa podrá conocerse por medio de análisis de estereogramas, la posible caída de un bloque determinado y por consiguiente evitar el deslizamiento mediante las diferentes técnicas conocidas.

En conclusión, detectar una zona inestable por discontinuidad en el terreno será producto de una observación hecha bajo una metodología adecuada, la cuál no es difícil de elaborar debido al carácter identificable de las fallas y fracturas. En capítulos posteriores se establecerá la relación existente entre las fallas, el Volcanismo y la Sismicidad.

#### SUELOS EXPANSIVOS.

En zonas donde la humedad del suelo es variable los suelos expansivos llegan a significar un peligro latente para las construcciones. Esta propiedad está determinada por el contenido de arcillas minerales en los suelos, los cuáles tendrán una estructura interna especial que los hará variar de volumen al contacto del agua.



Numerosos factores influyen en la conducta de los suelos expansivos como son: a). la profundidad del nivel freático b). el cambio de humedad c). la vegetación d). la topografía e). las condiciones de drenaje f). el tipo y calidad de construcción.

La influencia del clima es determinante y controla muchas variables como el nivel freático, la humedad, la vegetación y las propiedades del suelo.

La vegetación afectará al grado de expansión de los suelos y el carácter de ésta será significativo antes y después de la construcción; en un área arbolada la vegetación producirá un patrón de succión, efectuándose un disturbio en forma de combamiento en el suelo sobre el cual descansa la construcción, por lo tanto, los árboles deben estar siempre a una distancia considerable de las nuevas edificaciones.

Las construcciones por si solas también representan un impacto ya que disminuyen la evaporación del área sobre la cual se encuentran y mientras se establece un equilibrio volumétrico, ocurren cambios que repercuten en los cimientos de la estructura.

Para la determinación del tipo de suelo sobre el que se va a construir es necesario definir las propiedades plásticas de éste lo cual se lleva a cabo mediante la obtención del límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad. El límite líquido es el contenido de humedad en por ciento de suelo seco, con el cual el suelo pasa del estado líquido al plástico; el límite plástico es el contenido de humedad en la frontera entre el estado plástico y el sólido; finalmente el índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Estos tres parámetros podrán determinarse en el laboratorio utilizando las técnicas y el instrumen-

tal adecuado.

Una vez conocidas las características expansivas de los suelos habrá dos alternativas, la primera: la estructura puede ser construida lo suficientemente masiva como para contrarrestar el cambio de volumen del suelo y la segunda: el suelo y su ambiente deben modificarse o estabilizarse para producir un cambio mínimo de volumen.

La toma de cualquiera de las dos decisiones antes mencionadas incluye las siguientes técnicas: a). reemplazar el suelo por materiales inertes b). proveer de suficiente presión a los cimientos para contrarrestar las fuerzas expansivas c). drenar el área antes de la construcción d). disminuir la densidad del suelo por compactación e). cambiar las propiedades del suelo mediante tratamientos químicos o inyecciones f). usar barrera física que prevengan el transporte de humedad, etc.

Obviamente el geotecnista encargado de la construcción, decidirá entre todas las alternativas la que mejor se adecúe para los fines que persigue.

#### EROSION DE LAS COSTAS.

De todas las áreas posibles de urbanizarse las zonas costeras son actualmente las más populares para el desarrollo de asentamientos; las industrias ahí situadas han minimizado los costos de transportación y muchas ciudades turísticas son favorecidas por las playas o balnearios naturales del lugar, pero un lado negativo de las costas lo representa siempre el carácter tan cambiante en extremo de ellas y por esto se han tomado diversas medidas para evitar o disminuir las constantes variaciones.

Las líneas costeras se ven afectadas por varios tipos de fuerzas, las cuales constituyen un proceso geomórfico que conforma la zona por medio de la erosión, transporte y depósito de materiales, la Luna y el Sol proveen de la energía para que el viento y el agua actúen sobre el terreno; los vientos son causados por cambios en la presión y temperatura de la atmósfera como también las diferentes temperaturas y presiones en la superficie terrestre causan esfuerzos diferenciales en las aguas de los océanos y las masas de aire, originando así las olas u ondas marinas.

Todos estos factores se mezclan para actuar como un todo y de ellos la erosión juega un papel importante en cuanto a crear cambios sobre los márgenes de los continentes; cuando este fenómeno actúa se busca necesariamente resolver dos situaciones: conocer el grado de tolerabilidad de la erosión y encontrar una alternativa eficaz cuando la erosión está en desbalance con los procesos deposicionales.

Este tipo de evaluación traerá consigo un estudio de la cantidad del problema para finalmente aplicar el resultado que mejor se adapte a la situación imperante; así podrán contruirse barreras físicas para evitar la erosión además de diseñar especialmente las estructuras de las construcciones y planear adecuadamente el manejo de las zonas con posible afectación. Por este tipo de necesidades ha nacido la Ingeniería Geomórfica, la cual ha auxiliado a muchas zonas costeras con resultados positivos para las comunidades y cuyas bases teóricas para el control de la erosión de las costas se pueden ampliar extensamente, describiendo parte a parte los diferentes métodos aplicables a los múltiples problemas, basándose para esto en ejemplos prácticos sobre áreas en las que ya se ha llegado a una etapa avanzada del control de la erosión. De nuevo aquí la efectividad de las medidas estará

en función de la comunicación que existe entre los encargados de abatir los efectos de la erosión y las personas que piensen construir en las zonas afectadas.

**III. b. RIESGOS GEOLOGICOS**

-

Según Donald R. Coates (1981), un Riesgo Geológico es un "fenómeno asociado con procesos geológicos que al momento de actuar producen desastres que resultan en significativas pérdidas de vidas o propiedades y que a diferencia de otros fenómenos naturales son de corta duración", lo que los distingue de manifestaciones tales como suelos expansivos, erosión y sedimentación aparte de que estos últimos son susceptibles de control o predicción mediante las técnicas actuales.

Las Corrientes de Agua, los Movimientos de Masa, el Volcanismo y la Sismicidad son los cuatro fenómenos a los que denominaremos Riesgos Geológicos y es obvio, como se verá en el tratamiento de cada capítulo, que si mapeáramos toda la Tierra con ellos serían pocos los lugares a salvo de peligro. Por lo tanto, aunque existan leyes que prohíban la ocupación de algunas áreas éstas tarde o temprano serán invadidas por el hombre.

La implicación que se deriva es entonces que el ser humano tendrá que buscar cada día mejores técnicas para la prevención o predicción de los Riesgos y no desechar áreas habitables sino aprovecharlas de la mejor manera posible.

En los temas posteriores se podrá notar que algunos riesgos pueden traer consigo beneficios a la humanidad como en el caso del Volcanismo y las Corrientes de Agua, pero esto será siempre a costa de una ecología y un ambiente destruidos; los Riesgos Geológicos son entonces la más dramática evidencia del dominio de la naturaleza sobre el hombre.

### III b.1 CORRIENTES DE AGUA

Uno de los riesgos geológicos mas frecuentes que afectan a los asentamientos humanos son las corrientes de agua, lo cual es lógico, pues todos los grupos humanos se desenvuelven cerca del suministro del vital líquido.

Así, gran cantidad de poblaciones se ven amenazadas por el inminente peligro de las inundaciones o por los efectos aunados a ellas.

Los peligros potenciales que trae consigo una corriente son: inundaciones, impacto directo y la erosión o depósito de los materiales que lleva consigo influyendo para esto la velocidad y el volumen de agua que actúe. Estos efectos se pueden dividir en primarios y secundarios; los efectos primarios serían aquellas pérdidas atribuídas directamente al contacto con las corrientes de agua tales como el daño o exterminio de seres vivos, daños a las estructuras y a los edificios, desperfectos en carreteras, puentes y vías de ferrocarril, destrucción de líneas eléctricas y gasoductos, rupturas en tuberías de agua y líneas telefónicas y finalmente pérdidas en la agricultura, que en general siempre han sido del orden de millones de pesos.

Posteriormente, los efectos secundarios producen daños adicionales a los servicios, lo que sucede cuando las líneas eléctricas o de gas inician fuego y explosiones que desencadenan grandes catástrofes, o cuando las aguas se contaminan por la existencia de productos químicos nocivos cercanos al área.

Se ve entonces que los efectos primarios y secundarios pueden causar una reacción en cadena que incrementa grandemente las pérdidas físicas y materiales.

En la tabla III.1 se da una lista de las ciudades afectadas por las

T A B L A III.1\*

<u>AÑO</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>VIDAS PERDIDAS</u>	<u>CAUSA</u>
1969	India	600	Ciclón
	Taiwan	177	Tifón
1970	Martinica	50	Tormenta Tropical
	Filipinas	2,011	Tifón
	Bangladesh	300,000	Ciclón
	Rumania	200	Corrientes
1971	Filipinas	40	Tormenta Tropical
	Corea del Sur	178	Tifón
	Hong Kong	25	Tifón
1972	Perú	12	Corrientes
	Japón	115	Corrientes
	Hong Kong	87	Corrientes
	Filipinas	427	Corrientes
	India	100	Corrientes
	Nepal	105	Corrientes
	Corea del Sur	296	Corrientes
1973	Argelia	20	Corrientes
	Argentina	20	Corrientes
	Bangladesh	900	Corrientes
	Mexico	130	Corrientes
	Filipinas	54	Tifón
	Pakistán	290	Corrientes
	Sicilia	10	Corrientes



<u>AÑO</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>VIDAS PERDIDAS</u>	<u>CAUSA</u>
1973	Vietnam del Sur	60	Corrientes
	España	190	Corrientes
	Tunisia	86	Corrientes
1974	Argentina	60	Corrientes
	Australia	15	Ciclón y Corrientes
	Bangladesh	2,000	Corrientes
	Bangladesh	300	Ciclón
	Brasil	1,500	Corrientes y Mov. de Masa
	Honduras	8,000	Huracán
	India	302	Corrientes
	México	20	Corrientes
	Corea del Sur y Japon	88	Tifón
	Filipinas	149	Tormenta tropical y Corrientes
	Islas Caribes	48	Tormenta tropical
1975	Argentina	20	Corrientes
	Egipto	15	Corrientes
	India	17	Corrientes
	Pakistan	63	Corrientes
	Tailandia	131	Corrientes
	Yemen	70	Corrientes
1976	Baja California	500	Huracán
	Colombia	58	Corrientes
	Hong Kong	500	Corrientes

<u>AÑO</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>VIDAS PERDIDAS</u>	<u>CAUSA</u>
1976	Indonesia	136	Corrientes
	Japón	93	Corrientes
	México	50	Corrientes
	Pakistán	316	Corrientes
	Filipinas	215	Corrientes
	Corea del Sur	25	Corrientes
1977	Bolivia	16	Corrientes
	India	35	Corrientes
	India	8,400	Ciclón
	Grecia	26	Corrientes
	Italia	15	Corrientes
	Africa del Sur	12	Corrientes

\* Tomado del libro Environmental Geology, de Donald R. Coates. (1981)

corrientes de 1960 a 1977, así mismo se enumeran las causas y las vidas perdidas en éste fenómeno.

El volúmen de agua de una corriente es variable, y por consiguiente el nivel y la superficie que cubre en diferentes etapas también varía y esto a su vez es causado por la fluctuación en la cantidad de agua que la corriente recibe. Las fuentes tributarias pueden aportar en diferentes tiempos, diferentes cantidades de agua, lo cual está condicionado por diversos fenómenos como son el aumento o disminución de lluvias en la cabecera, los deshielos o cualquier otro factor que afecte la estabilidad de la corriente.

La cantidad de escurrimiento depende de la cantidad de infiltración lo cual varía de acuerdo a la permeabilidad, al tipo de roca, al tipo de suelo, a la cuenca de drenaje, a la pendiente del terreno y a la clase y densidad de vegetación; sucede entonces que una lluvia fuerte y torrencial puede saturar rápidamente los poros superficiales del terreno previniendo así la infiltración y dando como resultado una abundante superficie de corriente y una rápida elevación del nivel de agua; por el contrario puede pasar que la capacidad de infiltración no sea excedida y entonces el nivel de agua subirá muy poco o permanecerá estático, así la descarga y el nivel de la corriente se incrementarán gradualmente.

La sección del canal por la cuál circula el agua, el área y el gradiente del mismo serán también otros factores de los cuales dependerá la efectividad de la corriente y estas propiedades serán variables a lo largo del curso de una misma avenida.

### III b.1.1 CAUSAS QUE AFECTAN A LAS CORRIENTES DE AGUA

Aunque la mayoría de las corrientes son por efecto de lluvias torren-  
ciales y deshielos, existen también otras causas naturales determinantes y  
una serie de procesos inducidos por el ser humano que alteran el comporta-  
miento de las corrientes. A continuación se hace cita de estos.

#### Causas Naturales.

Exceso de precipitación.- Como se dijo, esta es la causa principal  
de la mayoría de las corrientes.

Deshielo.- En regiones donde nieva mucho y cuando el deshielo es ace-  
lerado por condiciones anormales, existe un incremento en las corrientes por  
la rápida saturación del terreno.

Presas de Hielo.- Esto ocurre únicamente en las regiones del Norte  
(Alaska, Canadá); los ríos congelados actúan como barrera para las corrien-  
tes fluviales normales, formando temporalmente un lago que más tarde alcanza  
un punto crítico y rompe la barrera de hielo.

Deslizamientos de laderas.- Cuando se producen deslizamientos sobre  
el cauce de un río, se forman barreras sobre la corriente, que alcanza el  
punto en que la presión sobrepasa al obstáculo e incrementan el flujo normal.

Glaciares.- Las corrientes más espectaculares sucedidas sobre la  
tierra fueron asociadas a glaciares, actualmente en Alaska se llevan a cabo  
corrientes periódicas cada año, producto del escurrimiento de ellos.

#### Causas por actividad humana.

Urbanización.- Cuando se efectúan construcciones sobre una planicie  
de inundación o sobre zonas en las que incide la precipitación, la parte de  
terreno cubierta impide la infiltración, causando con esto grandes avenidas.

Desforestación.- La destrucción de la vegetación y la tala inmoderada sobre terrenos inclinados, incrementa el tamaño y frecuencia de una corriente.

Canalización.- El confinamiento mal diseñado de un río por trabajos de ingeniería, puede producir desbordes cuando la corriente sufre un incremento en su cabecera.

Presas.- Las presas mal localizadas y los cambios ambientales que éstas producen han sido en muchos casos, la causa de grandes tragedias.

Minas.- El exceso de sedimentos, producto de una mina en actividad afecta el sistema de drenaje de una corriente, alterando un escurrimiento normal, lo que trae como consecuencia un incremento de corriente en un sector determinado.

La alteración máxima de una corriente se llevará a cabo entonces, cuando los procesos geológicos y los inducidos por el hombre entren en combinación.

### III b.1.2 ZONAS DE RIESGO. CONTROL DE CORRIENTES

La delimitación de una zona inundable puede hacerse mediante el auxilio de fotografías aéreas a una escala adecuada, así será posible predecir con aceptable confiabilidad, la superficie del terreno probable a ser cubierta por una corriente; por supuesto que se habrán tomado en cuenta de antemano todas las variables que intervengan en la zona, y además el fotointérprete deberá tener conocimiento básico sobre la materia y contar con una teoría geológica suficiente y sólida.

Al igual que para otras determinaciones, aquí es posible elaborar

una metodología sencilla que permite la ubicación del área con probabilidad de inundación. Los pasos a seguir serían los siguientes:

1).- Recopilación de Información.- En este punto inicial se tratará de conjuntar toda la información existente sobre el área para conocer los factores topográficos, geológicos, climatológicos y urbanísticos.

2).- Inspección preliminar.- Esta será una visita al campo, sobre la probable zona de riesgo, con el fin de obtener un panorama general del área.

3).- Fotointerpretación.- En esta etapa se procederá a reconocer sobre fotografías aéreas, el área visitada y mediante las características físicas de la zona establecer sus relaciones con áreas vecinas para delimitar la superficie inundable.

4).- Verificación de campo.- Este paso se llevará a cabo en el sitio de interés, tomando todos los datos de campo posibles para obtener un control más exacto de la zona.

Con este último punto se habrá terminado la etapa de estudio y su aplicación podrá llevarse a cabo sobre zonas urbanizadas o por urbanizarse.

### Técnicas Preventivas.

Se han implementado diversas técnicas para evitar los daños de una inundación y todas han logrado su propósito en mayor o menor grado. El tipo de éstas técnicas puede dividirse en dos maneras, las efectuadas por medio de barreras físicas y las que se llevan a cabo mediante la regulación de la planicie de inundación.

### Barreras Físicas.

Paredes, revestimientos y diques.- Se construyen esencialmente paralelas a la corriente para continuar el flujo del canal; sin embargo las ave-

nidas pueden causar grandes daños cuando los desarrollos urbanos se extienden hasta el límite de las barreras, con la idea de una seguridad absoluta.

Canales.- El principal propósito de éstos trabajos es canalizar el agua y transportar grandes volúmenes de ella con el consiguiente incremento de la velocidad. Esto se logra por medio de dragados sistemáticos que remueven sedimentos o partículas de diferentes clases que pueden impedir el flujo normal de un río.

Diversificación de corrientes.- Se basa en la construcción de corredores auxiliares de agua, en donde la corriente puede ser ramificada, previniendo así destrucción de comunidades.

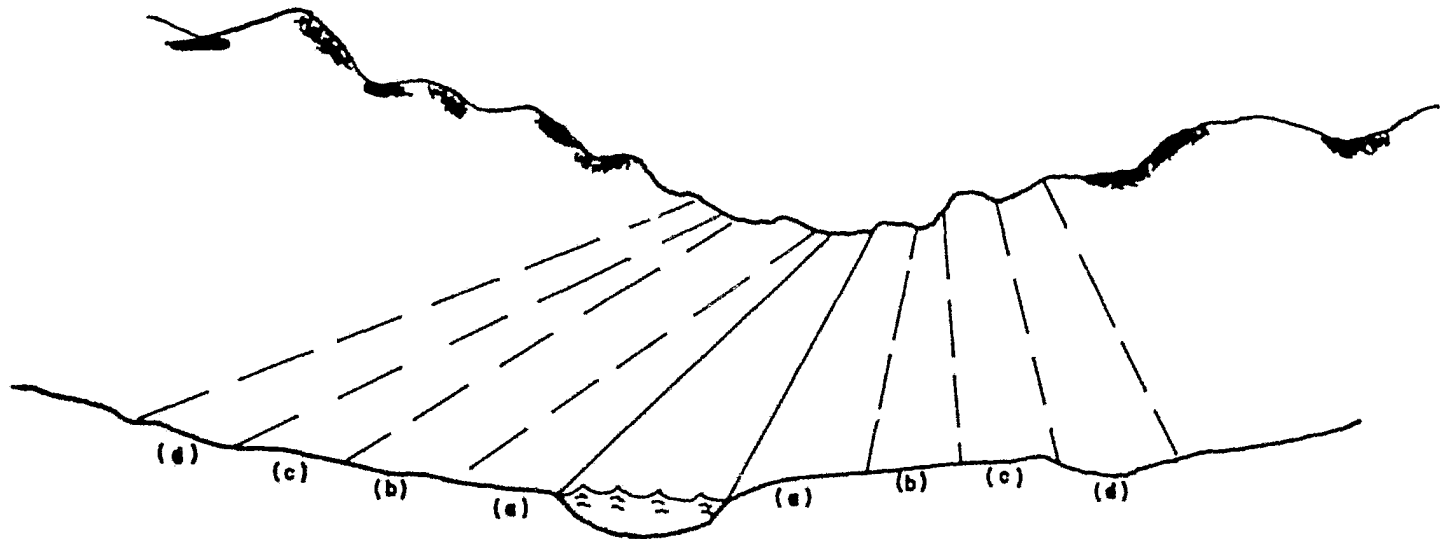
Presas.- Existen varios tipos de presas y todas con tres finalidades fundamentales: control de avenidas, almacenamiento de agua y generación de energía. De éstas unas pueden controlar totalmente el drenaje de un río y otras lo hacen parcialmente y sobre los beneficios que ellas traen han existido muchas polémicas por la influencia que tienen sobre la ecología y el medio ambiente.

#### Regulación de la planicie de inundación.

Esta técnica tiene su principio en la aptitud de los diferentes sectores de una planicie de inundación y el uso adecuado de cada una de ellas.

Habiendo delimitado ya las unidades del cauce (Planicie de inundación, terrazas, etc.) y teniendo como base un registro estadístico de las diferentes avenidas en diferentes épocas, se puede, por medio de construcciones gráficas, recomendar el uso de cada una de las partes de la zona en cuestión.

La Figura 1 nos muestra una corriente en diferentes etapas y los límites alcanzados por el agua, posteriormente la Figura 2 es un esquema de

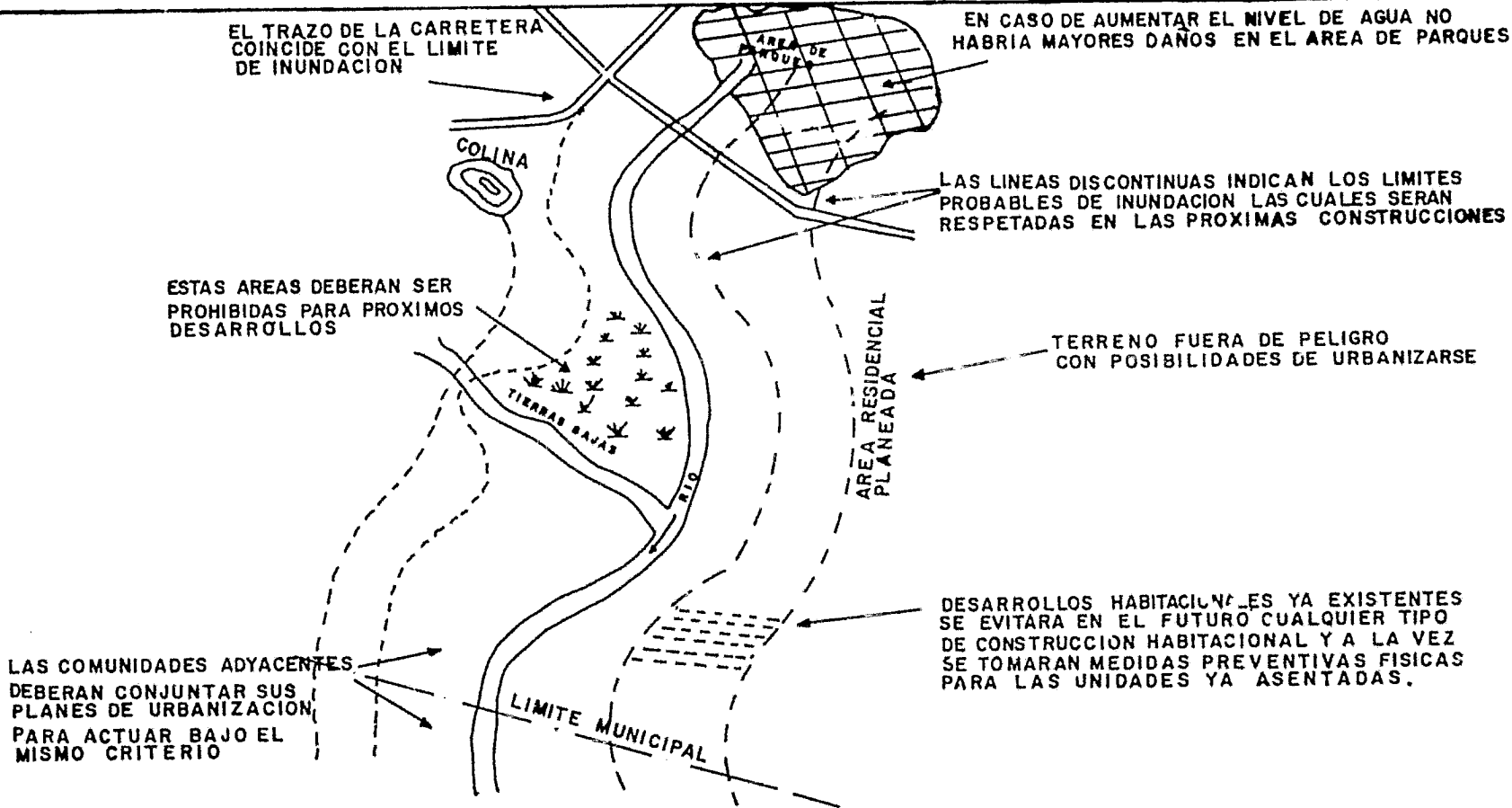


LIMITES DE INUNDACIONES NATURALES DE UNA CORRIENTE QUE EN PROMEDIO PUEDEN OCURRIR:

- (a)-(a) — UNA VEZ CADA 30 AÑOS
- (b)-(b) — UNA VEZ CADA 60 AÑOS
- (c)-(c) — UNA VEZ CADA 120 AÑOS
- (d)-(d) — UNA VEZ CADA 400 AÑOS

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
REGULACION DE LA PLANICIE	
TESIS PROFESIONAL	
AGUSTIN SOMELLERA P.	FIG. 1 1983





Tomado de Environmental Geology. D.R. Coates 1981

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA	
REGULACION DE LA PLANICIE		
TESIS PROFESIONAL		
AGUSTIN SOMELLERA P.	FIG.2	1983

aptitudes del terreno con los posibles usos de cada una de sus partes.

La zonificación presentada en éstos esquemas, es una manera de regular los desarrollos urbanos y de plantear a la comunidad una alternativa adecuada para la construcción de edificios comerciales, residenciales o recreativos. Existen muchos ejemplos de éstas situaciones resueltas a través de las técnicas mencionadas antes y se trata de análisis sobre perfectos problemas-tipo en áreas inundables y basados en éstas experiencias, se ha demostrado que el uso efectivo de los terrenos con riesgo proviene de una combinación de las técnicas de barreras físicas con las de regulación de la planicie.

Obviamente que al hacer de un análisis de éste tipo deberán contemplarse todos los factores presentes y los valores en orden de importancia, los cuales pueden variar sobre una misma planicie de inundación.

### III b.2. MOVIMIENTOS DE MASA

El presente capítulo se referirá a los procesos geomórficos que en combinación con la gravedad provocan movimientos rápidos de materiales, como resultado de un desequilibrio de las formas terrestres. Esto, incluye diferentes tipos de remoción de rocas ya sea por fallamiento, por deslizamiento o por efectos de la corriente de agua.

Los movimientos de masa pueden ocurrir bajo diferentes climas y sobre una variedad de materiales, siempre y cuando actúe una fuerza que rompa la estabilidad natural de la roca y el suelo; las tres principales causas que desatan estos movimientos son: el exceso de lluvia, la actividad sísmica y la actividad humana.

Pocos lugares están completamente a salvo de movimientos de masa, sin embargo, la probabilidad de que se lleven a cabo está ligada a factores tales como la pendiente del terreno, la consistencia de la roca, la inestabilidad del suelo, la ausencia de árboles y el alto contenido de humedad. De cualquier manera el factor determinante en la mecánica de este fenómeno es la fuerza que rompe el equilibrio de la estabilidad de la pendiente.

#### Características de Los Movimientos.

Durante un movimiento de masa el plano o zona de movimientos aparece por una falla del terreno y el material desplazado puede incluir parte de regolita y/o roca. Algunos materiales son disociados y reordenados destruyendo su continuidad original.

Debido a la variedad de movimientos y a la diferencia de tipos de material, tamaños y fragmentos y cantidad de humedad, es importante usar un sistema de clasificación que incorpore muchas de éstas características.

La masa en movimiento consiste de materiales terrestres, producto de caídas (fall), deslizamientos (slide) y flujos (flow); o bien, una combinación de éstos tres tipos dinámicos.

Las caídas, son movimientos libres, abruptos, de materiales sobre pendientes escarpadas, donde éstos no entran en contacto directo con el terreno pero pueden rodar, saltar o rebotar pendiente abajo.

En los deslizamientos el desplazamiento se lleva a cabo a lo largo de una superficie de cizallamiento definida y el material desprendido se mueve aproximadamente de una manera unitaria. Dicha superficie puede ser plana o cóncava.

Un "Slump" es un deslizamiento rotacional en el cuál los materiales comúnmente retienen coherencia y se mueven a lo largo de un plano de cizalla cóncavo y en un deslizamiento de bloques de desplazamiento se mantiene íntegro y con una orientación general. Los deslizamientos de roca ocurren cuando la roca es fragmentada durante un rápido movimiento sobre la superficie y pueden ser de millones de metros cúbicos; cuando éstos movimientos se combinan con avalanchas de roca forman el más espectacular tipo de movimientos de masa.

Una avalancha de rocas es una gran masa de roca disgregada por efecto de un movimiento rápido asociado a un flujo. Para la explicación de la mecánica de éste fenómeno existe una teoría que la relaciona con la fluidización cuando el aire es entrampado dentro del material rocoso.

Las avalanchas de escombros (debris), constituyen otro tipo de flujo que produce movimientos de materiales por tracción, lo cuál ocurre en terrenos montañosos y en climas húmedos a tropicales e invariablemente se producen como efecto de lluvias torrenciales.

Los flujos de escombros, difieren de las avalanchas de roca en que éstos, incluyen mayor cantidad de agua dentro de los materiales y por lo tanto su viscosidad es menor, permitiendo así mucha mayor distancia de transporte.

Los flujos por licuefacción ocurren en sedimentos estratificados donde el agua intersticial actúa como separador de partículas moviéndose un cuerpo entero de roca como una masa viscosa.

El término flujo terrestre, se refiere a un amplio rango de material inconsolidado que ha sufrido algún tipo de flujo. El flujo de lodos ocurre en cauces de corrientes como una mezcla de agua y sedimentos. Las avalanchas de nieve constituyen otro fenómeno gravitatorio serio para los asentamientos en zonas montañosas.

### IIIb.2.1. CAUSA DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA.

Los tres factores que influyen en la inestabilidad de una pendiente son:

Las propiedades internas de los materiales terrestres.- Esto incluye el tipo de material y el carácter de la estructura, el grado de consolidación, la potencia de los estratos de la roca, el rumbo y el echado de las discontinuidades y el tamaño y distribución de ellas.

Las características geomórficas y ambientales.- Aquí se contempla la cantidad de relieve, las formas superficiales, la orientación de la pendiente y su aspecto, la cercanía de ríos, la vegetación, las condiciones de humedad y la estación del año.

Factores externos independientes.- Estos proveen de la energía inme

diata que inicia el movimiento de masa, es decir rompen el equilibrio entre los materiales terrestres y las geoformas existentes. Los tres disturbios más comunes causantes de esto son: la excesiva precipitación, la actividad humana y los movimientos de origen sísmico.

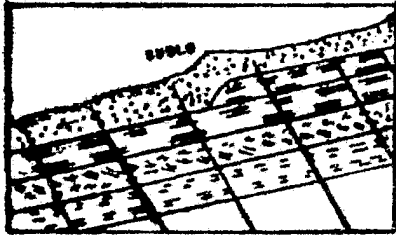
Exceso de precipitación.- La excesiva precipitación puede desplazar el aire dentro de los intersticios, incrementando la presión de poro a lo largo de la superficie de cizalla. Estas condiciones son comunes en rocas friables o cristalinas y en climas húmedos, fríos, templados o tropicales.

Actividad humana.- Debido a la expansión de la población o la urbanización y a la construcción, la superficie del terreno ha sido modificada; las nuevas técnicas de ingeniería y el movimiento de maquinaria pesada, sobre todo para la prospección petrolera, han permitido la metamorfosis de taludes y pendientes a escalas gigantescas; así la construcción de presas y la de inmensos sistemas de carreteras han propiciado movimientos de masa al cambiarse la configuración del terreno o al variar la humedad del mismo. A continuación se describen estos puntos:

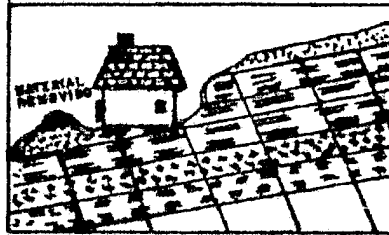
Construcción de carreteras.- Esta es una de las maneras más directas de causar movimientos de masa y ocurre cuando la roca es cortada de tal manera que se produce una inestabilidad en la pendiente.

Desarrollos urbanos sobre laderas.- Estas construcciones son riesgos cuando el terreno es impropiamente seleccionado. En Estados Unidos un gran número de construcciones han sido dañadas, por esta causa, como producto de la anulación de la continuidad del terreno al momento de la construcción (Fig. 3).

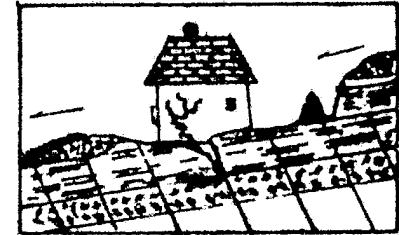
Presas y estanques.- La construcción de presas y el desarrollo de lagos artificiales crean condiciones adecuadas para un movimiento de ma-



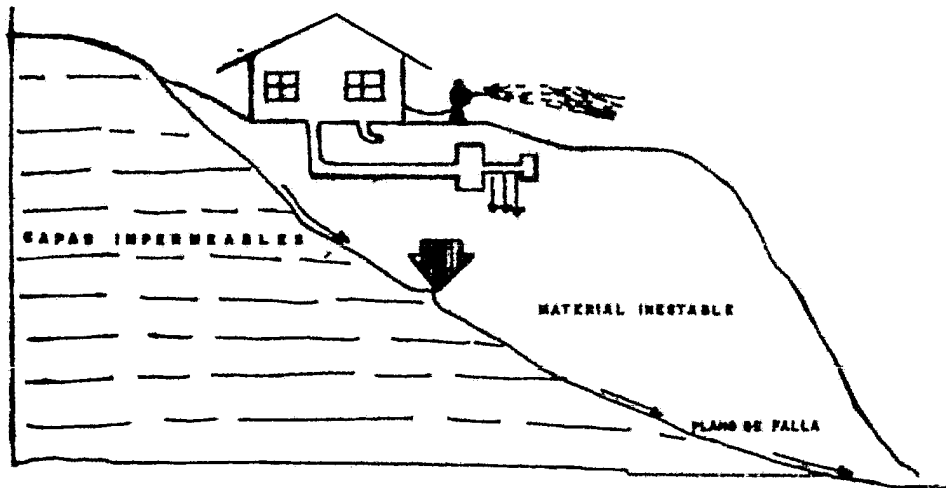
(a) TALUD NORMAL CON ESTRATOS INCLINADOS Y UN SISTEMA DE JUNTAS AFECTANDOLOS



(b) EXCAVACION TIPICA PARA NIVELAR EL TERRENO AL CONSTRUIR



(c) FALLA DE TALUD COMO RESULTADO DE UNA MALA CONSTRUCCION



(d) MANERA DE INDUCIR LOS MOVIMIENTOS DE MASA POR LA ACTIVIDAD HUMANA

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
MOVIMIENTOS DE MASA	
TESIS PROFESIONAL	
AGUSTIN SOMELLERAP	FIG. 5 . 1983

sa, debido a los cambios artificiales inducidos a los niveles naturales de agua.

Minería.- Las operaciones mineras también alimentan el mecanismo de los movimientos de masa. El material acumulado como terrero fuera de la mina, aunado a la gravedad puede producir una avalancha que afecta directamente a los asentamientos que se encuentran cercanos a la mina. Esto puede iniciarse por una tormenta fuerte, por un sismo o por cualquier otro disturbio terrestre.

Movimientos sísmicos.- Los sismos son la causa inmediata de algunos movimientos de masa y pueden producir efectos desastrosos, en un capítulo posterior se tratará el tema correspondiente a estos fenómenos.

### III. b.2.2. RECONOCIMIENTO DE AREAS CON PELIGRO DE MOVIMIENTOS DE MASA.

Un análisis sobre fotografías aéreas puede revelarnos, a grandes rasgos, zonas con riesgo de movimiento de masa y con posteriores comprobaciones, es posible crear mapas que delimiten el uso o antitud del terreno para la construcción.

En E.E.U.U. este sistema se encuentra bien conformado de tal manera que existen zonas localizadas con riesgo potencial, todo compilado por expertos geólogos, hidrólogos, geomorfólogos e investigadores de rocas.

Cada tipo de movimientos de masa tiene su propia interpretación, para esto, las zonas inestables poseen ciertas características que incluyen, cambios en los contornos de las curvas de nivel y en perfiles de pendientes, anomalías en las condiciones de humedad, cambios definidos en la vegetación, bloques caídos y cicatrices en el terreno. En lugares con riesgo,



donde ya existen unidades habitacionales, el efecto puede traducirse en diferentes variaciones como son: puertas y ventanas atoradas, cuarteaduras en los cimientos, cuarteaduras en las calles, bardas y cercas fuera de lugar, aparición lenta de rompimientos en el terreno, cuarteadura de albercas y movimientos relativo en los árboles (reptación).

Como se ve, con todos estos parámetros, el geólogo podrá elaborar un plano que englobe las características físicas del terreno y proponer las diferentes alternativas que habrán de seguirse para el mejor uso de la superficie. Todo esto dependerá de la comunicación que exista entre los geotecnistas y los arquitectos, ingenieros civiles o constructores encargados de la urbanización.

### III.b.3 SISMICIDAD

La tierra, en su constante evolución liga consigo a uno de los fenómenos naturales más destructores y catastróficos sobre la superficie; los terremotos. Durante muchos siglos la humanidad ha especulado acerca de los misteriosos y violentos movimientos de la corteza terrestre y ha incorporado estas manifestaciones a su religión y literatura, sin embargo, al pasar el tiempo el hombre ha buscado la manera de predecir los terremotos y desde hace aproximadamente dos décadas se han abierto nuevos horizontes para la comprensión del tiempo y ocurrencia de los sismos y éstos esfuerzos se ven incrementados por la urgencia de la continua urbanización del planeta.

La investigación de todas las facetas de los terremotos es vital porque marca en muchos casos el diseño a seguir para las construcciones de obras de gran importancia como son presas, puentes, etc.; así, sismos controlados pueden llegar a determinar la roca en el subsuelo además de revelar importantes recursos naturales. En contraparte, esto no abate los resultados desastrosos, que anualmente producen los terremotos, por ejemplo, en el año de 1976, en China murieron 655,000 gentes a causa de un gran movimiento terrestre y si bien es cierto que nuestra habilidad para predecir los terremotos es altamente cuestionable, existe la posibilidad de localizar zonas con alto riesgo de sismicidad y prevenir a los habitantes del peligro a que están expuestos.

#### III.b.3.1. PROPIEDADES FISICAS DE LOS TERREMOTOS.

Un terremoto es un fenómeno por el cuál se producen desplazamientos'

en la corteza o en el manto superior a consecuencia de determinadas fuerzas internas. Examinando un mapa con registro de epicentros de todo el mundo resulta evidente que la mayoría de los terremotos tienen lugar a lo largo de dorsales oceánicas, fallas transformantes, arcos de islas y fajas orogénicas como los Andes y la región Alpino-Himalaya, contrastando con tan sólo unos pocos dispersos en las vastas regiones rodeadas por estos cinturones sísmicos; esto es explicable por la teoría de la Tectónica de Placas. Sin embargo, el que la mayoría de los focos se localicen en esos puntos no quiere decir que sus efectos dejen de sentirse en varios kilómetros a la redonda, pues los diferentes tipos de vibraciones u ondas que emite un sismo, le permite viajar por diferentes medios.

Las ondas sísmicas se manifiestan produciendo cambios en los materiales de la superficie, en la topografía y en cuerpos de agua y pueden detectarse por medio de un sismógrafo.

Hay dos tipos principales de vibraciones: las ondas superficiales que son transmitidas a lo largo del terreno y las ondas materiales (body waves) que viajan sobre materiales terrestres profundos. Los movimientos más fuertes se producen por las ondas superficiales y por consiguiente causan daños mayores.

Las ondas materiales se dividen a su vez en dos tipos: compresionales y cizallantes. El movimiento de las partículas producido por las ondas compresionales ocurre en la dirección del impulso de la energía, por lo tanto viajan a gran velocidad y arriban antes que todas a la superficie; también se les llama ondas primarias u ondas P. Las ondas cizallantes u ondas secundarias, desplazan al material en ángulo recto a su dirección de viaje y son denominadas ondas transversales.

Estos tipos de ondas son registradas en el sismograma e interpretándolas debidamente podemos obtener información acerca de la severidad, el epicentro y la profundidad del foco de un sismo; por consiguiente, el primer indicio será dado por la llegada de las ondas de compresión seguidas por las ondas cizallantes y al final las ondas superficiales.

Evidentemente la severidad de un terremoto se medirá en términos de su magnitud o intensidad y para esto existen determinadas escalas. La magnitud está expresada por la escala Richter, que es una medida absoluta de la amplitud de las ondas sísmicas y depende de la cantidad de energía liberada. La intensidad, usualmente se expresa por la escala modificada de Mercalli, que cataloga de una manera relativa los efectos de un terremoto de acuerdo al grado de estremecimiento percibido y a los daños producidos por éste.

Así pues, el foco o hipocentro de un terremoto será el punto de la Tierra donde se origina la energía del fenómeno y la profundidad focal es la distancia del foco a la superficie del terreno por encima de él; este punto superficial se denomina epicentro.

Los sismos con profundidad focal hasta 60 Km. se clasifican como someros y son los que mayor daño producen al ser humano; con profundidad entre 60 y 300 Km. son intermedios y de 300 a 700 Km. se denominan terremotos profundos.

### III.b.3.2. CAUSAS HUMANAS EN LOS TERREMOTOS.

Nuestra habilidad para producir terremotos se ha acelerado dramaticamente durante el siglo XX, poseemos una variedad de formas para producirlos, algunas inadvertidas y otras planeadas de antemano y aún cuando se trate de

ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI.(INTENSIDAD).

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1.- Instrumental         | Detectado sólo por los sismógrafos .   |
| 2.- Débil                | Notado sólo por personas muy <u>sensiti</u><br><u>vas</u> .  |
| 3.- Ligero               | Semejante a las vibraciones causadas<br>por el tráfico pesado.   |
| 4.- Moderado.            | Percibido por peatones y transeúntes;<br>objetos fuera de lugar.   |
| 5.- Medianamente fuerte. | Las personas que duermen son desper-<br>tadas por las vibraciones; las <u>cam</u><br><u>pas</u> de las iglesias suenan por si <u>so</u><br><u>las</u> .  |
| 6.- Fuerte.              | Los árboles se mueven algunos obje--<br>tos son dañados al caer.   |
| 7.- Muy fuerte           | Alarma general; cuarteaduras de <u>pare</u><br><u>des</u> , etc.   |
| 8.- Destructivo.         | Las chimeneas se caen; algunos daños<br>a los edificios.   |
| 9.- Ruinoso              | Aparecen algunas fallas en el terre-<br>no; colapso en las construcciones.   |
| 10.- Desastroso          | Fallas francas del terreno; muchos '<br>edificios destruidos; algunos movi--<br>mientos de masa.   |
| 11.- Muy desastroso.     | Pocos edificios permanecen sin caer-<br>se; puentes y vías de ferrocarril '<br>destruidos; agua, gas, electricidad,<br>teléfono, etc. fuera de servicio. |
| 12.- Catastrófico        | Total destrucción y ruinas. Ningún '<br>edificio en pie.   |

obtener resultados benéficos, el peligro no deja de estar presente.

Presas y estanques.- Existe una conexión entre los estanques artificiales y los sismos, en este plano se han llegado a medir movimientos significativos hasta el 6.4 en la escala de Mercalli, esto en función de la profundidad del estanque y la rapidez con que suba el nivel del agua.

Inyección de agua.- Se produce un sismo cuando se bombean fluidos dentro de las rocas a profundidad. Esta práctica se llevó por un tiempo en Los Estados Unidos, pero fué erradicada por los efectos que causaba.

Otras maneras de inducir terremotos.- Ondas sísmicas inadvertidas se producen durante algunas operaciones de minería; la excavación de roca causa un reajuste de presiones en la vecindad de la nueva oquedad; los experimentos nucleares pueden producir terremotos de magnitud suficiente como para ser registrada por un sismografo a varios kilometros de distancia.

El tráfico pesado sobre las carreteras produce movimientos detectables por un receptor cercano; operaciones como construcción de carreteras, túneles u otro tipo de excavación, causan actividad sísmica local.

### III.b.3.3. EFECTOS DE UN TERREMOTO.

Un terremoto puede causar destrucción de propiedades, muerte y daños irreparables a la ecología y al ambiente. Los efectos pueden ser clasificados como primarios cuando la vibración causa la destrucción y secundarios cuando el sismo inicia otros procesos como movimientos de masa Tsunamis e incendios.

El movimiento de las ondas sísmicas sobre el terreno produce discontinuidades sobre la corteza, subsidencias del terreno, movimientos a lo lar-

go de fallas y desarrollo de nuevas fracturas en la masa rocosa; estos fenómenos pueden traer consigo otros eventos que son invariablemente más destructores que el temblor inicial. Sin embargo, existen muchas concepciones erróneas cerca de los terremotos, como por ejemplo, la idea de que la tierra se abre para tragarse materialmente a edificios y comunidades enteras y posteriormente se cierra sin dejar vestigios de vida.

Es cierto que pueden ocurrir pequeñas aberturas sobre el terreno e inclusive durante cierto tipo de movimientos masa como la licuefacción pueden llevarse a cabo grandes subsidencias, pero la verdad es que esto se llevará a cabo única y exclusivamente en terrenos con determinadas condiciones y propiedades físicas definidas.

Los terremotos afectan directamente a las zonas urbanizadas causando daños físicos, psicológicos, pérdidas de vida, destrucción de propiedades, pérdidas económicas y cambios ecológicos y ambientales; la mayoría de las muertes con causadas por colapso en las estructuras o por incrustaciones de fragmentos de vidrio u otro material, inundaciones, sepultamiento de comunidades bajo corrientes de lodo y avalanchas, fallamiento de presas, fuego y humo, además de reactivos tóxicos y químicos contaminantes del ambiente.

Todos estos dependerán de la magnitud del terremoto, del tiempo de ocurrencia, de la estabilidad geológica del terreno, de la vulnerabilidad de las estructuras y de la densidad de población.

En la tabla III.2. se enlistan algunas de las mayores catástrofes causadas por los terremotos, así mismo se menciona la localidad donde ocurrió el sismo y el número de muertes causadas por este fenómeno.

## T A B L A III.2\*

## CATASTROFES CAUSADAS POR TERREMOTOS (DEL AÑO 856 A 1970)

<u>AÑO</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>MUERTES</u>
856	Grecia	45,000
1038	China	23,000
1057	China	25,000
1268	Asia Menor	60,000
1290	China	100,000
1293	Japon	30,000
1531	Portugal	30,000
1556	China	830,000
1667	Caucasia	80,000
1693	Italia	60,000
1737	India	300,000
1755	Persia	40,000
1755	Portugal	60,000
1759	Libano	30,000
1783	Italia	50,000
1797	Ecuador	41,000
1811	E.U.A.	
1819	India	1,543
1822	Asia Menor	22,000
1828	Japon	30,000
1868	Peru y Ecuador	25,000
1875	Venezuela y Colombia	16,000
1866	E.U.A.	60
1896	Japon	22,000
1897	India	1,542
1905	India	1,542



<u>AÑO</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>MUERTES</u>
1906	India	20,000
1906	E.U.A.	700
1906	Chile	1,500
1908	Italia	75,000
1915	Italia	29,970
1920	China	180,000
1923	Japón	143,000
1932	China	70,000
1935	Pakistan	60,000
1939	Chile	30,000
1939	Turquía	73,000
2946	Turquía	1,300
1944	Japón	2,000
1948	Japón	5,131
1949	Ecuador	6,000
1950	India	1,500
1953	Turquía	1,200
1954	Alegria	1,657
1956	Afganistan	2,000
1957	Irán	4,500
1957	Mongolia	1,200
1960	Moroclo	12,000
1960	Chile	5,700
1962	Irán	10,000
1963	Yugoslavia	1,100
1964	Alaska	131
1965	Chile	400
1966	Turquía	2,529
1967	Venezuela	236
1968	Iran	11,588
1970	Turquia	1,086
1970	Perú	66,794

\* Tomado del libro Environmental Geology. Donald R. Coates (1981)

#### III.b.3.4. PREDICCIÓN Y CONTROL DE TERREMOTOS.

Hace 20 años la posibilidad de predecir un terremoto era sólo un sueño de los sismólogos, pero los eventos de los pasados 15 años sirvieron para proveer de muchos conocimientos y, bajo algunas condiciones, ciertos tipos de terremotos pueden anticiparse con moderada veracidad, sin embargo, predecir todos los sismos esta en función de la cantidad de observaciones que se hagan sobre las variaciones de la conducta de ellos.

Eventos antecedentes a un terremoto.-

Estos eventos pueden ser clasificados bajo cuatro tipos; cambios en la sismicidad, cambios fisicoquímicos, cambios en las formas terrestres y cambios en la conducta de animales.

Cambios en la sismicidad.- Se manifiestan por cambios en las velocidades de las ondas P y S. Esto ocurre en cierto tipo de terremotos y no es un fenómeno universal. Otro parámetro es el cambio en el número y frecuencia de los microsismos.

Cambios Físico-Químico - Se producen cambios en la resistividad eléctrica y esto depende de la cantidad de agua que contiene la roca. Cuando la roca está saturada hay una reducción en la resistividad y esto sucede por la apertura de pequeñas fracturas registrándose así el decremento. Esto marca el inicio de un evento sísmico.

Otros cambios físico-químico se manifiestan en la variación de los niveles de agua en los manantiales y en la emisión de gas radón, gas inerte emitido en las zonas de falla en áreas sísmicas; esta última característica no siempre es exacta para todos los sismos.

Cambios en las formas terrestres.- Estos son probablemente los hechos más comunes precursores de un terremoto.

En Japón, en 1960 ocurrió un sismo de magnitud 6 M y 6 meses antes se registraron variaciones en el terreno mediante aparatos especializados; de igual manera en Estados Unidos se han detectado esfuerzos precedentes a los fenómenos sísmicos.

Cambios de conducta en los animales.- En China se ha desarrollado muy seriamente el arte de observar conductas inusuales en animales, que pueden ser señal de un terremoto. Sobre esto hay amplia documentación; como ejemplo tomamos el movimiento sísmico sucedido en el invierno de 1975 en una población China que destruyó completamente la ciudad, pero poca gente murió porque la mayoría fueron evacuados. En este caso, las víboras dieron la primera señal, cuando en plena época de invierno salieron de sus refugios a la superficie cubierta de nieve.

Conjugando los eventos precursores, tal vez la última victoria sobre la naturaleza será el control completo de los peligros producidos por un terremoto. Un método adecuado sería el control de los pequeños eventos iniciales para evitar la acumulación de esfuerzos, ya sea por medio del bombeo de lubricantes para disminuir la fricción o bien efectuando una serie de detonaciones nucleares a lo largo de las fallas, sobre la base de que un intenso microfracturamiento absorbe los esfuerzos reduciendo la zona a un simple desplazamiento corto.

Todo esto puede ser posible, pero la realidad es que se obtendría el control tan solo de una parte y la actividad sísmica se propaga sobre áreas extensas.

### III.b.3.5. USO Y PLANEACION.

Los ingredientes básicos para un programa del uso de la superficie terrestre, consisten en una información completa al público de los peligros potenciales que encierran determinadas zonas, manejando esquemas y datos precisos mediante reportes y mapas que describan y enmarquen áreas con riesgo.

Las medidas más efectivas serán la educación y la legislación, esto por supuesto después de haber hecho un estudio detallado y extenso para localizar y mapear, con todas sus características, los lugares propensos a un fenómeno de tipo sísmico en un futuro cercano; por consiguiente, cuando sea posible, nuevas construcciones serán prohibidas en lugares con cierta inestabilidad superficial y si ya hay estructuras construidas, éstas deberán ser protegidas reforzando los cimientos o dándoles cualquier otro tratamiento adecuado con materiales de probada resistencia.

Mediante el mapeo por zonas es posible detectar áreas a las que se debe dar mayor énfasis, determinando todas sus características litológicas, estructurales y estratigráficas para obtener así una imagen real del terreno y destinarlo a obras que no traigan consigo un riesgo mayor.

La labor del geólogo será importante para determinar las medidas pertinentes y el tipo de obras que deben construirse sobre las diferentes clases del terreno, entregando para esto a quién lo solicite un informe completo y detallado, con planos y mapas anexos que indiquen la aptitud del área escogida.

### III b.4. VOLCANISMO

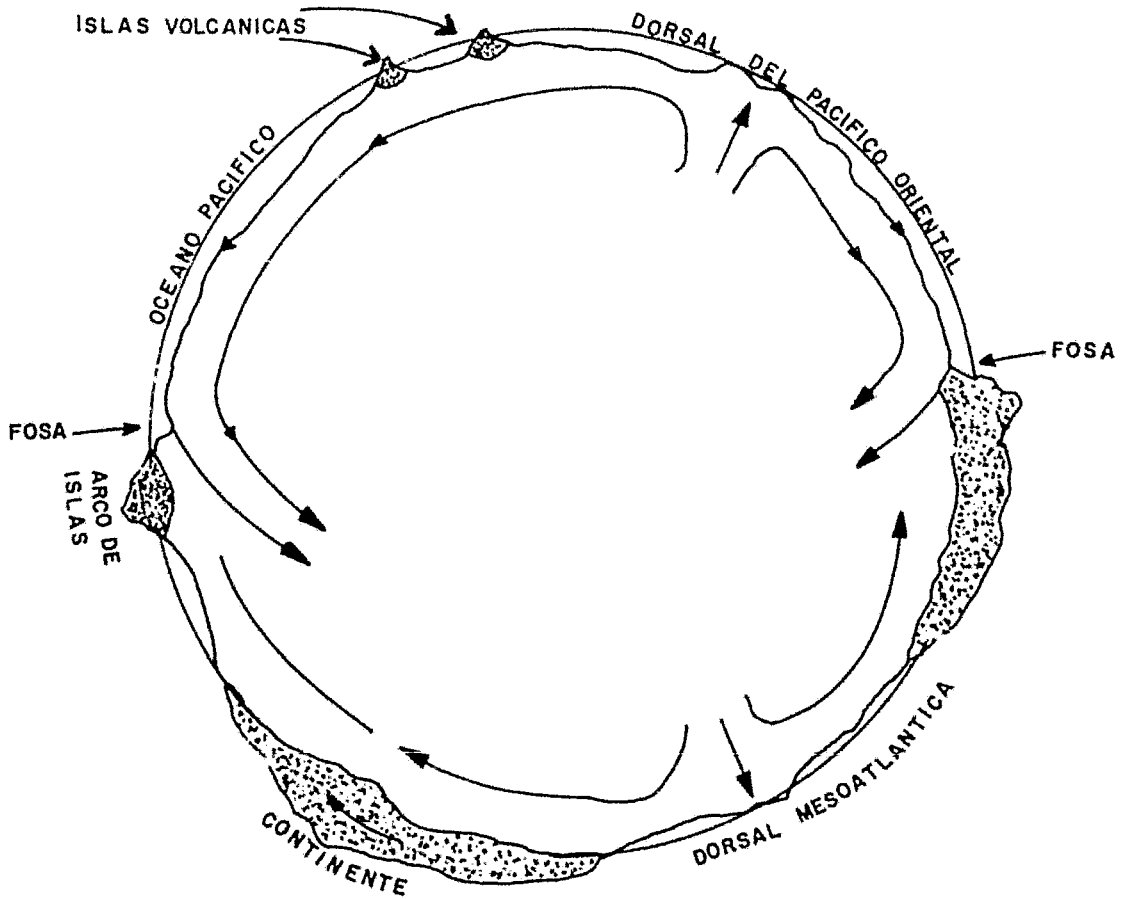
El término volcanismo se deriva del latín Vulcano dios romano del fuego. Los volcanes tienen su origen en fuerzas que se llevan a cabo a niveles terrestres, acompañados siempre de eventos sísmicos. El volcanismo en sí, es el movimiento de roca líquida y aún cuando ésta actividad puede ser violenta, el record de las pérdidas es menor que de otros fenómenos geológicos.

Los efectos de un volcán no se restringen solamente al entorno en que actúan sino que se extienden a áreas lejanas de éste, contaminando la atmósfera o dejándose sentir bajo los efectos de tsunamis; éstos y otros daños producidos son generalmente imposibles de prevenir, debido también a la imposibilidad de predecir una erupción volcánica.

#### III b.4.1. CLASIFICACION Y DISTRIBUCION DE VOLCANES.

Los volcanes son colinas o montañas construidas por la expulsión de material sólido o fluido proveniente del interior de la tierra y pueden estar compuestos de lava o material piroclástico. Hay cerca de 850 volcanes activos en el mundo, tres cuartas partes de ellos sobre el cinturón circumpacífico.

Muchos volcanes se localizan cerca de los límites de placas litosféricas, y cuando éstas son placas divergentes, las extrusiones basálticas son dominantes, en cambio, donde dos placas convergen, las rocas de tipo intermedio o ácido son características, esto es típico en la vecindad de las trincheras oceánicas o zonas de subducción. En este último caso los volcanes se



U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

CORTE ESQUEMATICO DE LA TIERRA

TESIS PROFESIONAL

AGUSTIN SOMELLERAP. FIG. 1983

alinean a un extremo cercano de la fosa, formando lo que se denomina arco de islas (por ejemplo Japón y las Aleutianas), o bien originan cadenas montañosas sobre el continente.

Las emisiones volcánicas localizadas bajo una placa litosférica en movimiento pueden originar lo que se conoce como un Hot-Spot, que da como resultado una línea de volcanes extintos, siendo los más antiguos los más alejados de la actual emisión; las Islas Hawaii son un ejemplo de esto.

Por sus características físicas y dinámicas los volcanes pueden clasificarse de la siguiente manera: de acuerdo a su período de actividad, a su tipo de actividad y a su tipo de formas creadas.

1.- Período de actividad.- Un volcán se clasifica como activo si ha tenido erupciones durante los registros humanos, de otra manera pueden ser inactivos, dormidos o extintos.

2.- Tipo de actividad. En base al dinamismo de la erupción y de la naturaleza de los materiales emitidos, los volcanólogos han creado la siguiente clasificación de erupciones volcánicas.

Erupción Hawaiana. Se caracteriza por la abundancia de lavas basálticas fluidas que son emitidas a través de un cráter central.

El enorme cono creado posee pendientes poco pronunciadas y en un momento dado puede colapsarse dando lugar a estructuras en rifts, donde aparecen cráteres secundarios que también emiten lava.

Erupción Islandica. Las lavas también son fluidas y provienen de fisuras del terreno, más que de un conducto central.

Erupción Estromboliana. Se manifiesta por la alternancia de fases efusivas y explosivas, que posteriormente forman los estratovolcanes. La estructura volcánica que resulta de esta es un cono con un cráter simple adre-

más de conos adventicios alrededor del aparato.

Erupción Vesuviana. Para este tipo de actividad los intervalos de erupción ocurren por espacio de varios años y las erupciones son extremadamente violentas. El tipo de lava emitido es altamente viscoso y el más violento tipo de erupción Vesuviana se clasifica como Pliniana.

Erupción Peliana. Esta erupción es la más destructiva de todas y se caracteriza por la emisión de "nubes ardientes", las cuales se forman cuando la presión del gas forma abruptamente una fisura en la base de la lava viscosa, emergiendo así una avalancha de gases, lava pulverizada y bloques de todos tamaños a temperaturas de cientos de grados. Esta gran nube desciende sobre los taludes del volcán a más de 100 km. por hora y destruye todo lo que encuentra a su paso.

Los depósitos producidos por estas nubes son de un gran espesor y constituye una roca denominada ignimbrita.

Erupción de Fisura. Constituyen las erupciones Islándicas; las lavas basálticas fluidas predominan y son emitidas a través de grandes fisuras y por consiguiente cubren áreas considerables. La actividad explosiva engendra docenas de pequeños conos y este tipo de erupción se acompaña por fracturas del terreno que pueden denominarse como un volcanismo "abortado".

Erupción Vulcaniana. Se caracteriza por la emisión explosiva de cenizas, bombas y bloques provenientes del cráter. Durante la explosión los materiales son mayormente sólidos y las emisiones de lava son raras, con excepción de pequeños flujos que forman obsidiana o vidrio volcánico.

Erupción Ultravulcaniana. Se caracteriza por una gran abundancia de gases en el magma, así enormes presiones se acumulan y producen una violenta explosión. Esta actividad pasa solamente por un período de erupción que cor



ta abruptamente el terreno y expelle violentamente cenizas, bombas y bloques.

Los flujos de lava no existen y esta paroxismal actividad engendra varios cráteres que se denominan en conjunto "caldera de explosión".

Erupción Dómica. En ciertos volcanes el magma expulsado es muy ácido y excesivamente viscoso por lo que no puede salir de una manera franca a la superficie, lo que forma una especie de domo o espina. Los flujos cortos de esta erupción se localizan generalmente al pie del domo formado.

Erupción de Colapso. Esta erupción forma lo que se llama calderas de colapso, debido a que erupciones sucesivas forman una gran depresión sobre la superficie. El estado final de esta actividad se caracteriza por la emisión de magma en el fondo de la caldera que a la vez produce pequeños edificios volcánicos.

Erupción Submarina. Cuando una erupción se lleva a cabo a más de 2000 m. bajo el mar, la presión del agua amortigua el efecto de la erupción pero cuando la erupción es cercana a la superficie, la lava, a más de 1000° C de temperatura produce una reacción exotérmica con el agua que provoca una explosión violenta.

En este tipo de erupción se desarrollan las pilolavas o lavas almohadilladas y cuando se forma una pequeña isla ésta tiende a desaparecer en poco tiempo debido a la erosión y los movimientos verticales del piso oceánico.

3.- Formas topográficas creadas. Este es un sistema simple de clasificación basada en el período de actividad de los volcanes, pero debido a lo incierto de estos períodos, se considera que el tipo de clasificación no es adecuado para dar un carácter determinativo a un volcán.

Así, no se consideran suficientes estas características topográficas para encuadrar a un volcán dentro de un marco confiable de predicción - -'

por lo que se omitirá una descripción detallada de ellos en esta parte.

### III b.4.2. CATEGORÍAS DE VOLCANES.

Topográficamente podemos separar a los volcanes en 4 categorías.

Conos cineríticos.- Compuestos por acumulaciones de material piroclástico alrededor de un conducto central. Estos volcanes pueden formarse muy rápidamente.

Volcanes en Escudo.- En este tipo de volcanes las laderas están constituidas mayormente de lavas basálticas, con pendientes de 2 a 10 , presentando en muchos casos, una gran caldera.

Volcanes compuestos o estratovolcanes.- Son típicamente simétricos, compuestos de una alternancia de lavas y piroclastos, la actividad de estos volcanes es la más peligrosa de todas.

Domos Volcánicos.- Estos tienen resultado cuando una magma ácido extremadamente viscoso es forzado a salir a la superficie acumulándose alrededor del conducto de salida, lo que le da al volcán una forma característica.

Los tipos de volcanes pueden tener una variación amplia y no todos necesariamente caerán dentro de alguna de las clasificaciones antes dadas.

### II b.4.3. IMPACTO EN LA SOCIEDAD.

Aproximadamente 200,000 gentes murieron en los pasados 500 años por causa del volcanismo, esto sin incluir las muertes indirectas por efecto de los tsunamis; en 1978 alrededor de 40 de 850 volcanes activos del mundo hicieron erupción y sólo una muerte fué atribuida al volcanismo, aunque de

cualquier manera hubo daños al ambiente y a las propiedades. A pesar de esto, en la actualidad millones de personas residen en áreas donde la actividad volcánica puede estar presente, lo cual indica la urgencia de tomar medidas preventivas para abatir el riesgo latente en éstos lugares.

#### Beneficios.-

A pesar de la violencia y el obvio peligro desatado por el volcanismo los beneficios que trae consigo este fenómeno, también son palpables.

La emisión de gases producidas en el pasado geológico por actividad volcánica formaron la atmósfera y la hidrósfera, en la actualidad las rocas formadas también por erupciones pasadas son uno de los mejores materiales para la construcción. Los terrenos volcánicos han producido suelos excepcionalmente fértiles, especialmente cuando se trata de partículas finas, las cuáles pasan a formar parte de los nutrientes de las plantas; el paisaje se ve favorecido por los volcanes nevados y estos a su vez son usados como parques recreativos.

La obsidiana fué utilizada por los primeros hombres para fabricar cuchillos y puntas de proyectiles y las lavas actualmente se utilizan como agregados o rocas de construcción.

Por otra parte, una variedad de minerales se asocian con el volcanismo como son los sulfuros y otros metales; los diamantes se forman en cuellos volcánicos, la bentonita es una arcilla importante formada también por volcanismo y finalmente las fuentes potenciales de energía geotérmica se localizan sobre zonas relacionadas con aparatos volcánicos.

TABLA III.3 \*

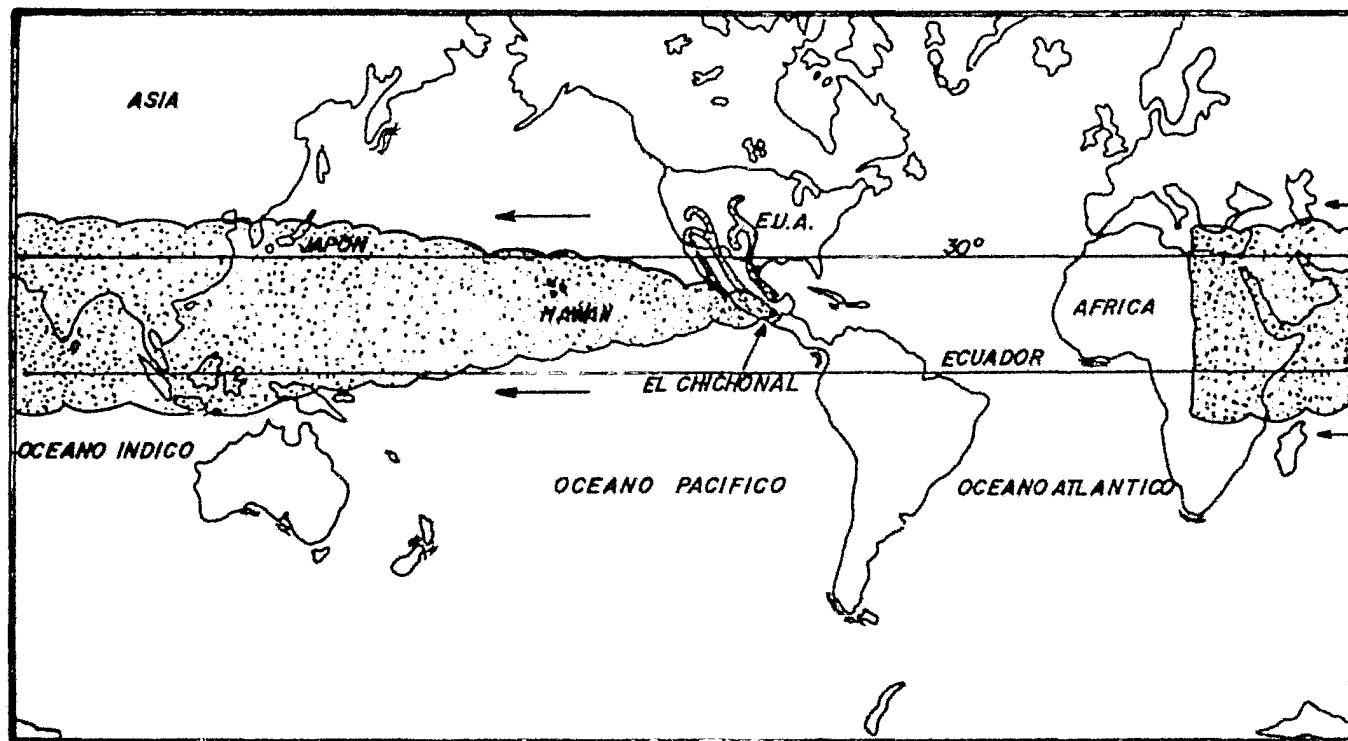
DESASTRES MUNDIALES DE IMPORTANCIA CAUSADOS POR EL VOLCANISMO

NOMBRE DEL VOLCAN, LUGAR Y FECHA DE LA ACTIVIDAD.	EFECTOS MAYORES
Santorini, Islas del Mediterráneo 1500 A.C.	Destrucción de ciudades sobre la isla de Thera y efectos devastadores en terrenos adyacentes y áreas costeras.
Vesuvio, Italia, 79 D.C.	Mas de 2,000 muertes y las ciudades de Pompeya y Herculano arrasadas.
Monte Etna, Sicilia, 1669	2,000 muertes y 30 comunidades devastadas.
Skaptar Jokull, Islandia, 1783	Influyó en la muerte de más de 10,000 gentes, muchas de ellas por hambre.
Tamboro, Indonesia, 1815	Murieron 12 por efectos directos y mas de 70,000 por hambre.
Krakatoa, Indonesia, 1883	36 000 muertes, la mayoría como resultado de un Tsunami.
Monte Pelée, Martinica, 1902	Murieron 30,000 gentes, sólo 2 sobrevivieron.
La Soufrieré, San Vicente, 1902	2,000 muertes.
Kelut, Indonesia, 1909	5,500 muertes
Taal, Filipinas, 1911	1,300 muertes
Monte Lamington, Papua, 1951	6,000 muertes
Monte Agung, Bali 1963	1,500 muertes
Taal, Filipinas, 1965	500 muertes
Herkla, Islandia, 1970	Los gases emitidos victimaron miles de ovejas.

Niragongo, Zaire, 1971	70 muertes
Monte Santa Helena, Washington, ' 1980	Alrededor de 70 muertes y mas de 2 billones de dólares en daños.
** Volcán Chichonal, Chiapas, 1982	Mas de 150 muertes y millones de pesos en pérdidas.

\* Tomado de 'Environmental Geology' de Donald R. Coates, 1981. p. 265

\*\* Tomado de la Revista Time, Julio 5, 1983 p.48.



ALCANCE DE LAS GENIZAS EMITIDAS POR EL VOLCAN "CHICHONAL"  
 EL CONO DE GENIZAS SE SITUA APROXIMADAMENTE ENTRE EL  
 ECUADOR Y 30° NORTE

TESIS PROFESIONAL : A. SOMELLERA P.

#### III b.4.4. CASO HISTORICO.

El 28 de marzo de 1982, el volcán Chichonal, situado en el Estado de Chiapas, entró en una actividad violenta que pudo percibirse a más de 100 km de lugar; con anterioridad el volcán había sido catalogado por los expertos' como activo debido a las características que presentaba.

A pesar de que la zona circundante inmediata no era un área urbana ' franca, las vidas perdidas y las propiedades dañadas no dejaron de ser menos, las cenizas volcánicas cubrieron la superficie y sepultaron materialmente ca sas, templos y escuelas, arrasando con casi toda la ecología del area.

Antes de la erupción, las fotografías aéreas, mostraban perfectamen- te delineado el cono volcánico, lo cuál daba idea de su juventud; poco tiem- po atrás se habían observado fumarolas provenientes del cráter y una serie de microsismos ocurrieron y fueron detectados tiempo antes de la estruendosa' explosión (comunicación verbal, Residencia Chicoasen, C.F.E.).

Posteriormente a la actividad vinieron efectos secundarios que cam-- biaron por varios días el ritmo normal de vida de los habitantes de las ciu-- dades cercanas del sitio, éstos efectos fueron los siguientes:

Cambios en el clima.- Por mucho tiempo la ceniza suspendida en la at mósfera alteró el paso de la luz solar, que se tradujo en una variación de ' la temperatura ambiente.

Interrupción de las vías de comunicación.- Las carreteras quedaron ' \_ totalmente cubiertas de una capa de 20 a 30 cm, de cenizas y las líneas aé-- reas suspendieron sus vuelos para evitar daños en las turbinas de las aerona ves.

Afecciones físicas.- Alteraciones de tipo respiratorio y cutáneo se'

presentaron en muchos de los habitantes de la zona.

4.- Azolve de drenaje. \_ Las cenizas arrastradas por la lluvia posteriormente a la erupción, se depositaron en las tuberías, azolvando en parte a la red de drenaje; de la misma manera los sistemas naturales de drenaje se alteraron creando represas y estanques que más tarde inundaron a los terrenos adyacentes.

Además de los efectos anteriores el impacto psicológico de un fenómeno inesperado causó desacierto y temor entre los habitantes, que en muchos casos repercutió en un desbalance de la conducta habitual.

A la fecha de escribir el presente trabajo el volcán permanece en una calma relativa y su tipo de actividad se ha catalogado como Pliniana.

#### III b.4.5. EVALUACION Y PREDICION.

Un juicio confiable sobre una posible erupción, debe hacerse sobre la base del estudio de la geología y del registro histórico y estadístico del volcán, ya que muchos de ellos tienden a repetir su historia pasada; así, pueden crearse mapas que indiquen el riesgo potencial en localidades cercanas al aparato, previniendo con esto a los habitantes de la zona.

Dichos mapas requerirán el radio de alcance de las lavas, cenizas y piroclastos, tomando en cuenta el grado de explosividad del volcán, la topografía del terreno y todas las características geológicas del volcán con su entorno. Con esto, los nuevos asentamientos tendrán un marco adecuado para edificar las construcciones y tomar las medidas necesarias ante una zona vulnerable e incierta.

Existen una variedad de eventos intimamente ligados al volcanismo



TABLA III.4

TIPO DE ERUPCION	CARACTERISTICAS DE LA ERUPCION	POSIBLES EFECTOS SOBRE LOS ASENTAMIENTOS	OBSERVACIONES
HAWAIIANA	Se caracteriza por la abundancia de lavas fluidas (básicas), emitidas por un conducto central.	Debido a la fluidez de las lavas, estas pueden escurrir pendientes abajo y afectar a las comunidades cercanas al aparato volcánico.	Si se cataloga a un volcán como activo, el radio de acción de una futura erupción podrá determinarse si se conoce el alcance de la última erupción; asimismo, con la composición de las rocas emitidas anteriormente, se podrá suponer la violencia con que la erupción se llevará a cabo.
ISLANDICA	Se caracteriza por la emisión de lavas fluidas (básicas) a través de fisuras del terreno.	Al igual que en la erupción hawaiana, las lavas son fluidas y si escurren pendiente abajo pueden afectar a los asentamientos situados cerca del aparato.	Estos datos ayudarán a mapear el área con riesgo, para posteriormente legislar la zona.
STROMBOLIANA	Se caracteriza por la alternancia de fases explosivas y emisión de lavas fluidas.	Este tipo de erupción es peligrosa por las fases explosivas que posee, lo que trae consigo lluvias de fragmentos volcánicos (bombas) y cenizas. El alcance de estos fragmentos se restringe al entorno cercano del aparato.	
VESUVIANA	Erupciones violentas que se originan cuando la lava emitida, de tipo viscoso (ácido) forma un tapón en el conducto de salida.	El impacto de la explosión, debido a las altas presiones de los gases, arroja grandes cantidades de material volcánico con un radio de alcance amplio.	
PELIANA	Las erupciones se caracterizan por ser mucho más violentas que la vesuviana debido a la composición mucho más viscosa (ácida) del magma. Las "nubes ardientes" son características de esta erupción.	Tal vez este tipo de erupción sea el más peligroso para los asentamientos humanos. Las "nubes ardientes", constituidas por gases, partículas pequeñas de lava y bloques de todos tamaños a temperaturas muy altas, viajan pendiente abajo arrastrando todo lo que encuentran a su paso.	

que preceden a una erupción, éstos fenómenos pueden detectarse por medio de instrumentos adecuados y con una observación sistemática de todas las variaciones en el comportamiento del volcán, estas variaciones pueden ser:

a) Cambios en las características de fumarolas, manantiales y lagos en los cráteres. Microsismos periódicos y continuos.

b) Cambios en la orientación del campo magnético terrestre.

c) Incremento en la temperatura de puntos geotérmicos específicos del área, algunos detectables por películas infrarroja.

d) Alteración en las corrientes eléctricas locales.

e) Conducta errática de animales.

Estas variaciones serán las que marquen la probable actividad de un volcán, sin embargo, pocos han recibido un estudio detallado antes de la erupción, lo cual sería un medio casi seguro para predecir el fenómeno y así tomar las medidas adecuadas para evitar pérdidas de vidas y propiedades.

De cualquier manera, muchos volcanes pueden dar falsas alarmas, pero aún así los asentamientos en los alrededores deben ser informados del inminente peligro a que están expuestos.

Las medidas preventivas, el adecuado uso de la tierra y la regulación de los asentamientos son las mejores aproximaciones para reducir el riesgo de las actividades volcánicas.

#### IV.- ENSAYO SOBRE UNA CIUDAD

En este capítulo se hará un ensayo geológico=urbano sobre una ciudad de la República Mexicana, relacionando para esto el mayor número de factores geológicos presentes en el área con el desarrollo general de la comunidad. Con este análisis no se pretende hacer una investigación exhaustiva sino tan solo englobar de una manera general los rasgos visibles o inferidos de la zona, conectados con las Ciencias de la Tierra y así marcar las pautas para futuras investigaciones, las cuales pueden hacerse tan extensas y detalladas como sea necesario.

El ensayo se efectuará sobre la ciudad de Monterrey, N.L., por considerarla como uno de los polos de desarrollo actuales, aunque el tipo de observaciones que aquí se hagan pueden aplicarse de la misma manera para cualquier otra ciudad de nuestro país.

La ciudad de Monterrey, N.L. se ubica en las estribaciones de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, definido por E. Raisz y más exactamente sobre la Sub-Provincia de las Sierras Altas, entre los paralelos 25° 40' y 25° 34' N y los meridianos 100° 15' y 100° 25' W.

La Sierra en su conjunto se encuentra plegada y afallada como producto de los eventos tectónicos que tuvieron lugar a fines del Cretácico y principios del Terciario, lo que imprime al área características propias que la distinguen de otras zonas. Esto se evidencia por los pliegues recumbentes y de tipo de caja y por los profundos cañones que cortan perpendicularmente a los rasgos estructurales (Cañon de la Huasteca).

La ciudad de Monterrey se encuentra asentada sobre depósitos cretácicos y recientes de origen marino, lacustre y fluvial a 530 m.s.n.m. y la morfología que presenta es la de un valle limitado al Sur por la Sierra Madre Oriental franca, al Sureste por el Cerro de la Silla y al Noroeste por el Cerro de las Mitras. Estas elevaciones montañosas han sido determinantes para dar la forma actual a la ciudad, cuyos límites se extienden de acuerdo a la configuración de la planicie sobre la que se asienta.

Los rasgos morfológicos dentro del área de desarrollo son producto de los ciclos erosivos y de depósito que se llevaron a cabo a través del tiempo geológico y aunque la ciudad se desenvuelve en su mayoría sobre las partes más bajas, el acelerado crecimiento urbano se ha propagado hasta ocupar algunas zonas elevadas sobre rocas arcillo-calcareas.

Un rasgo importante lo constituye el cauce del Rio Santa Catarina, actualmente seco, que atravieza parte de la ciudad de Este a Oeste y de cuyo aprovechamiento nos ocuparemos más adelante.

## RASGOS ESTRUCTURALES Y LITOLOGIA.

Los rasgos estructurales presentes en el área, de Monterrey, como se dijo, son producto de la tectónica que imperó a finales del Cretácico y principios del Terciario, lo que creó zonas de debilidad y plegamientos en las rocas, las cuales reaccionaron individualmente, deformándose de acuerdo a su competencia y composición litológica.

Los pliegues anticlinales y sinclinales han sido de mucha importancia para la localización de pozos profundos, de los que actualmente se abastece gran parte de la ciudad y sus industrias. En este punto también han influido la composición de las rocas que combinada con los plegamientos han sido determinantes en la exploración de los acuíferos del área. Este tipo de pozos se observan a todo lo largo de una parte del río Santa Catarina, a partir del Cañón de la Huasteca, río arriba, o bien dentro de la ciudad, en la carretera a Chipinque, en uno de los flancos del Anticlinal de Loma Larga.

Con respecto al tipo de rocas circundante, los bancos de material son de suma importancia para la industria de la construcción; en este caso las calizas cretácicas son explotadas sistemáticamente y utilizadas para fabricar materiales de los cuales se abastece la ciudad. Estos bancos son observables en el Anticlinal de las Mitras o bien sobre el Anticlinal de Topo Chico y como se mencionó en el capítulo correspondiente, los bancos de material pueden en cierto momento contaminar el ambiente urbano y en la ciudad de Monterrey así ha sucedido; el ruido de las explosiones, el polvo y las vibraciones producidas por ellas rompen continuamente la tranquilidad de algunas colonias situadas cerca de las canteras. (Col. Colinas de San Jerónimo)

## FALLAS Y FRACTURAS.

La ciudad de Monterrey dentro de lo que comprende la zona urbana y el área poblada en general, no sufre de la afección de alguna discontinuidad regional o local que ponga en peligro a los habitantes y a las construcciones. Esto es obvio si se piensa que la ciudad se asienta sobre un terreno tectónicamente estable y aunque las fotografías aéreas y los recorridos de campo nos muestren fallas regionales, estas carecen relativamente de validez para el estudio, pues quedan fuera del área franca de la ciudad y además se consideran inactivas desde el punto de vista geológico y geotécnico.

Se considera entonces que la ciudad de Monterrey no está sujeta a procesos dinámicos regionales que puedan traducirse en riesgos alarmantes para la comunidad.

Con respecto a las fracturas, si se analizan como sistemas y con carácter más puntual, en un momento dado pueden producir movimientos de masa siempre y cuando rompan su equilibrio. Las zonas inestables podrán delimitarse como se muestra mas adelante, en el capítulo correspondiente.

## SUELOS EXPANSIVOS.

El problema de los suelos expansivos está presente en algunas partes de la ciudad de Monterrey y afecta sobre todo a las construcciones localizadas en las partes mas bajas o cerca de los antiguos arroyos, donde el suelo es mayormente de carácter orgánico. Dentro de las medidas que se han tomado para contrarestar la expansividad parece ser que la que mejor se adecúa es la de mezclar el suelo con componentes inertes, que disminuyen en alto grado la inestabilidad del suelo.

Es notorio que hacia las partes de la ciudad donde existen este tipo de suelos (Col. Alta Vista, Col. Florida, etc.) la vegetación es mas abundante y alta, lo que puede afectar en gran forma a las construcciones cercanas por el efecto de combamiento en el suelo. Se recomienda entonces tomar algunas de las precauciones que se mencionan en el capítulo correspondiente refiriendonos al tema.



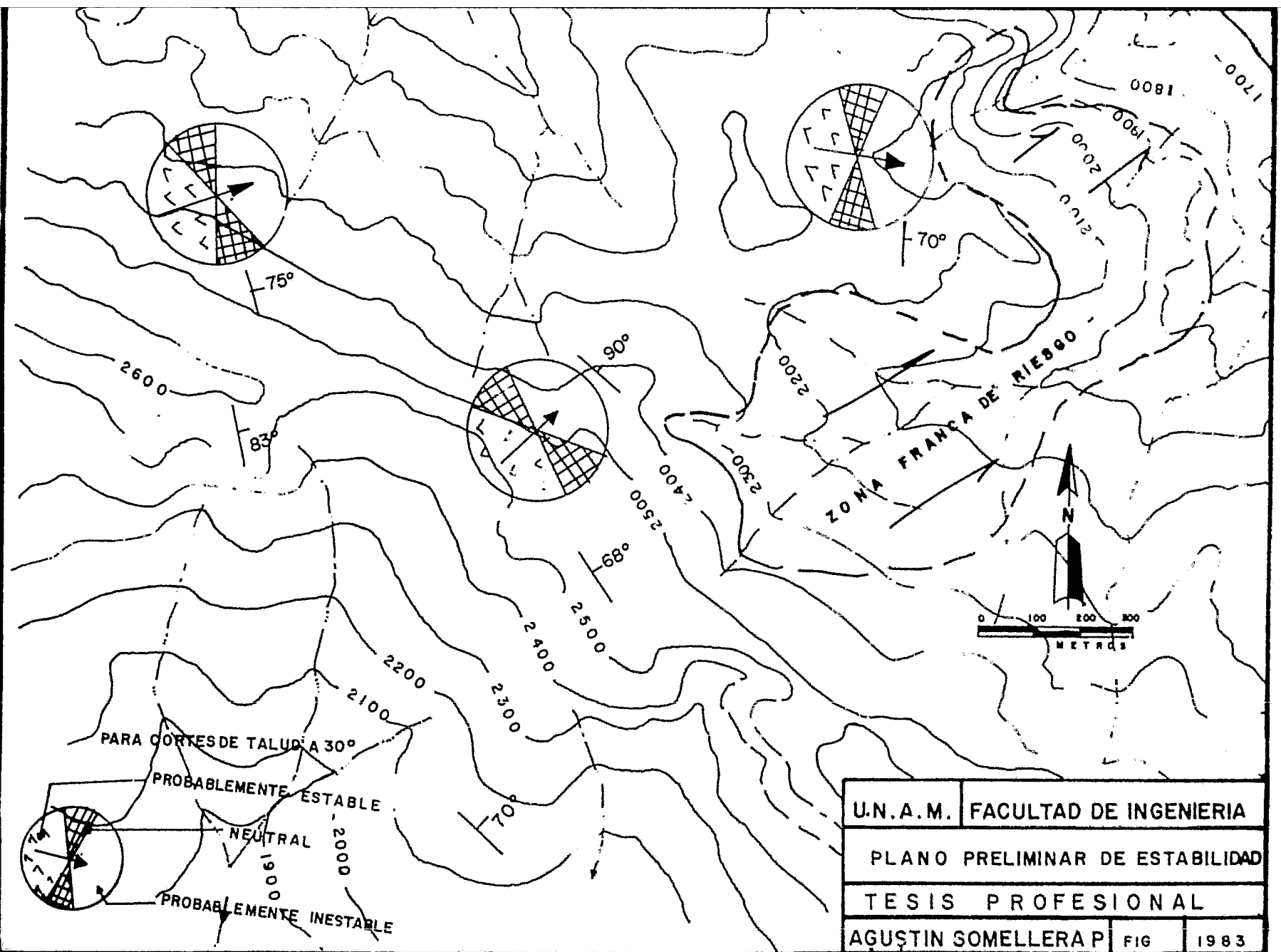
## MOVIMIENTOS DE MASA

Uno de los problemas que padece Monterrey, N.L. relacionado con los movimientos de masa es el de los flujos de lodo, causados por las lluvias torrenciales que en ciertas épocas del año se abaten sobre la ciudad. Este fenómeno se observa sobre todo en los asentamientos efectuados sobre las laderas de los cerros o colinas, en los cuales no se han tomado las medidas preventivas necesarias para evitar, cuando menos en parte, el peligro existente.

Como ejemplo podemos citar los asentamientos que se encuentran en uno de los flancos del Anticlinal de Loma Larga, hacia el Sur de la ciudad. En este sitio las casas se construyen sobre lutitas de Cretácico Superior y estas rocas por poseer un caracter arcilloso y disgregable, además de encontrarse sobre una ladera, aunadas a las lluvias producen los flujos de lodo que inciden sobre las construcciones del lugar. Por otro lado, los estratos en este sitio poseen una inclinación que en un momento dado puede influir para producir un deslizamiento de roca, en combinación con el fracturamiento.

Una manera de controlar estos asentamientos sería localizando las zonas con riesgo de movimientos para crear planos preliminares de estabilidad del terreno, como el mostrado en la figura anexa y posteriormente elaborar un plano general de la ciudad con todas las posibles áreas con probabilidad de movimientos de masa. Esto se puede lograr partiendo de un análisis foto-geológico de la ciudad con fotos aéreas a diferentes escalas para luego inspeccionar el terreno con fines de conocer la litología y tomar muestras del terreno en caso de ser necesario. Así, contando ya con un plano base será más fácil suponer el tipo de medidas a tomar para cada sitio en particular de la Ciudad de Monterrey, la cual día a día ve transformada su superficie

por el incesante crecimiento urbano.



U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO PRELIMINAR DE ESTABILIDAD	
TESIS PROFESIONAL	
AGUSTIN SOMELLERA P	FIG 1983

## CORRIENTES DE AGUA

La corriente mas importante de la Ciudad de Monterrey la constituye el rio Santa Catarina, de cauce intermitente. Este rio se origina dentro de la Sierra Madre Oriental, para unirse finalmente a las aguas del Rio Bravo, al Noreste de la República.

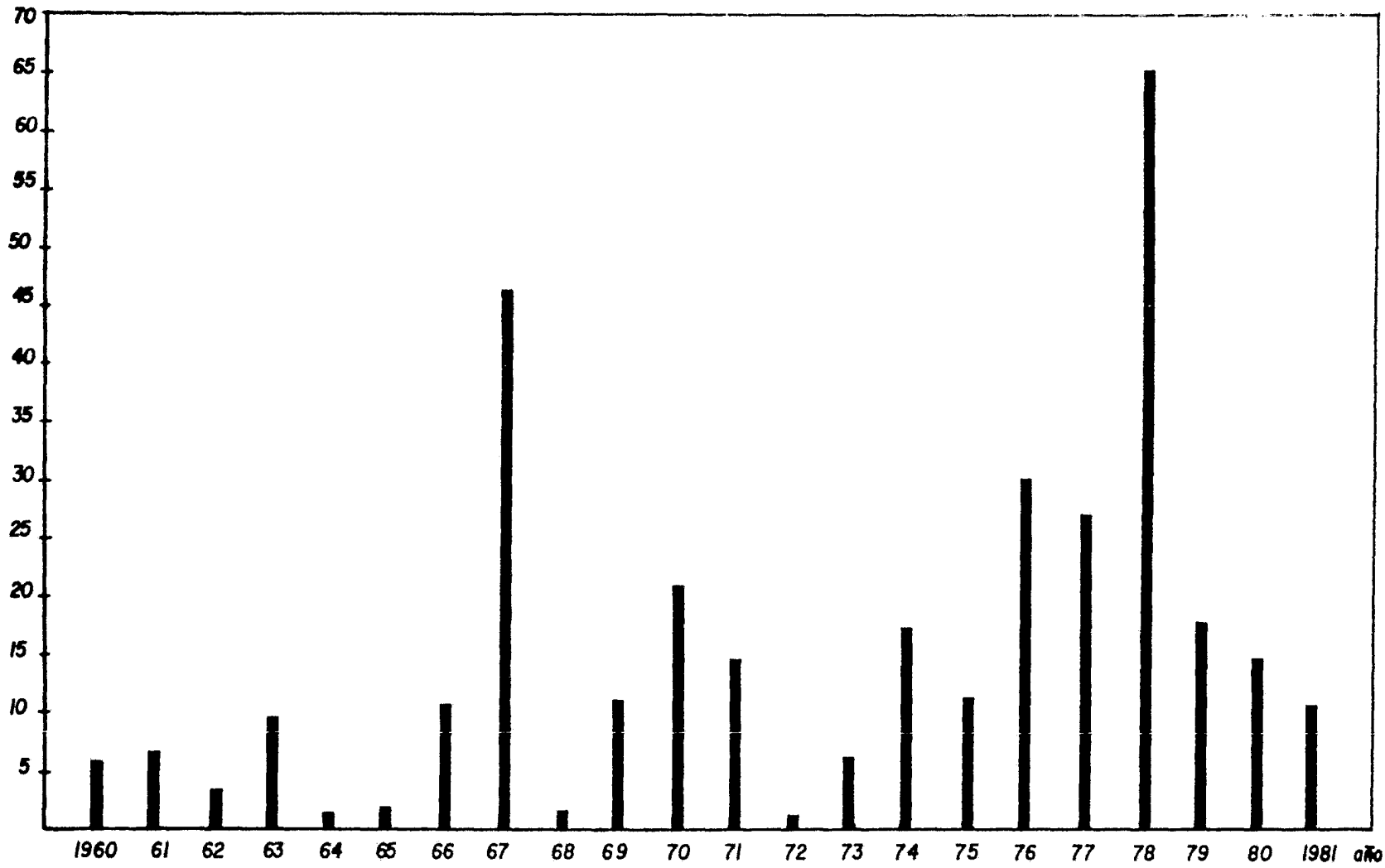
En un pasado las avenidas del rio representaron un verdadero problema por las periódicas inundaciones que traía consigo pero actualmente, debido a la acelerada urbanización y al crecimiento industrial de la ciudad, el nivel del rio se ha abatido hasta quedar materialmente seco, excepto algunas avenidas en las épocas de lluvias, que por las condiciones en que se presentan (canales azolvados, asentamientos en su cauce, etc.) pueden, según su caudal, ser significativas para el desarrollo de la ciudad.

Si se toma en cuenta que las corrientes tienen un periodo de retorno es adecuado suponer entonces que el rio puede traer en un momento dado agua suficiente como para representar un problema a las obras que se hayan efectuado cercanas a su cauce, y es aquí donde deben tomarse las medidas que se mencionan en el capítulo III b.1.

Como se dijo, estas medidas pueden ser ya sea por medio de barreras físicas o mediante la regulación de la planicie de inundación o bien una combinación de las dos. Para que esto se lleve a cabo será necesario, en primer lugar, contar con un registro de las avenidas máximas y mínimas, los años en que han ocurrido y los niveles que han alcanzado. Aparentemente no es fácil conjuntar los datos necesarios, pero puede realizarse algo aproximado integrando las informaciones que las diferentes dependencias han tomado en la ciudad de Monterrey, con fines de extracción de agua o por la elabora-

$m^3 \times 10^6$

TESIS PROFESIONAL. A. SOMELLERA P.



GRAFICA DE PRECIPITACIONES MAXIMAS OCURRIDAS DE 1960 a 1981  
AREA MONTERREY

ción de obras hidráulicas. La gráfica anexa nos muestra datos de este tipo y aquí se observan las precipitaciones que han ocurrido del año 1960 a 1981, sobre una parte del Rio Santa Catarina, en base a siete estaciones climatológicas.

Así mismo resalta en este registro que las máximas precipitaciones han ocurrido en los años 1967 y 1978, lo que significa que en estos períodos el río aumentó su nivel y probablemente inundó las zonas adyacentes a su cauce, por encontrarse inhabilitado para contener una corriente o bien por modificaciones hechas por la mano del hombre. Para estos mismos períodos otros arroyos que cruzan a la ciudad también causaron problemas en las partes cercanas de su cauce y los sistemas de drenaje urbano no tuvieron la capacidad inmediata para absorber el exceso de agua.

Con base en la misma gráfica, se pueden construir una serie de variogramas, con el fin de obtener el período de recurrencia de las máximas precipitaciones de todo el registro; estos variogramas nos mostrarán el análisis para diferentes intervalos de tiempo y mediante parámetros estadísticos se determinarán los años futuros probables en que incidirán las máximas precipitaciones. Los niveles alcanzados en el pasado por estas lluvias servirán para elaborar un esquema como el mostrado en la fig. 2 del cap. III, b.1 y posteriormente se formará un plano de aptitud del terreno con todas las recomendaciones pertinentes para las áreas propuestas a urbanizarse.

Como se nota, la veracidad de las conclusiones dependerá mucho de los datos estadísticos con que se cuente.

Con respecto a la regulación de la planicie, la técnica ya ha sido aplicada en parte de la ciudad de Monterrey, en la planicie del Rio Sta. Catarina; desde hace algún tiempo, una parte del cauce antiguo ha sido habilita-

da con zonas de parques, áreas recreativas y terrenos para espectáculos temporales. Así en caso de que el río tenga una avenida esporádica por alguna de las causas mencionadas en el capítulo correspondiente, los niveles alcanzados no afectarán de una manera alarmante a las construcciones ahí efectuadas.

Por otra parte, la técnica de canalización de corrientes se efectúa actualmente con el Arroyo Topo Chico, en la porción norte de la ciudad.

Lo ideal sería, para complementar las técnicas antes mencionadas, usar como se dijo, un plano de regulación de asentamientos, registrar adecuadamente la tierra y utilizarla únicamente para lo que sirve, desechando el mínimo que se pueda. No obstante, esto es relativo, pero dependerá mucho del presupuesto con que cuente el estado y del interés de las autoridades por conservar un equilibrio adecuado del ambiente.

## VOLCANISMO Y SISMICIDAD

Dado que la situación fisiográfica y tectónica de Monterrey no implican actualmente una inestabilidad cortical, los eventos volcánicos y sísmicos en el área son nulos o cuando menos hasta ahora no se han detectado. Esto se evidencia por la constitución de la Sierra Madre Oriental en la zona y por la ausencia de focos sísmicos. Se considera entonces a la ciudad y su entorno - como una zona asísmica y exenta de volcanismo, lo cual se apoya en la teoría de la Tectónica de Placas para esta área, pues no existe alguna convergencia o divergencia de placas que puedan producir algún evento continuo de movimientos o extrusiones como sucede en la Sierra Madre Occidental.

En este año (1982) se registró una perturbación de la corteza al Sur de la ciudad de Saltillo, Coah. supuestamente producida por un sismo, lo que alarmó a los habitantes del lugar. Hasta el momento no se cuenta con información seria sobre el caso, pero es seguro que este fenómeno no implicó un foco sísmico en el subsuelo sino que lo más probable es que haya sido efecto de un colapso superficial de alguna parte del terreno, es decir un movimiento de masa conectado más bien a fuerzas externas que a manifestaciones internas.

Por otro lado, la teoría de una Mega-Shear es todavía improbable e incierta para el área de Monterrey y si así fuera, faltaría aún comprobar su actividad sobre el terreno.





POLVOS PRODUCIDOS POR LA EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES.  
LA ZONA AFECTADA CORRESPONDE AL AREA RESIDENCIAL DE SAN JERONIMO.



OTRA VISTA DEL MISMO BANCO.



BANCOS DE MATERIALES SOBRE EL ANTICLINAL DE LAS MITRAS.  
(PARTE CENTRAL DERECHA). NOTESE COMO LOS BANCOS HAN QUE  
DADO SITUADOS DENTRO DE LA ZONA URBANA.



UN ACERCAMIENTO DE LOS MISMOS BANCOS.



AL FONDO, ASENTAMIENTOS LOCALIZADOS SOBRE EL ANTICLINAL DE LOMA LARGA. NOTESE LA GRAN CANTIDAD DE VIVIENDAS SITUADAS EN LAS LADERAS.



OTRA VISTA SOBRE EL MISMO ANTICLINAL (PARTE CENTRAL DERECHA DE LA FOTO)



AREA DE PARQUES SOBRE EL CAUCE DEL RIO STA. CATARINA. EN LA PARTE DERECHA SUPERIOR SE OBSERVAN LOS ASENTAMIENTOS SITUADOS SOBRE EL ANTICLINAL DE LOMA LARGA.



OTRA VISTA DEL AREA DE PARQUES. AL FONDO DEL "CERRO DE LA SILLA."



PARTE DEL CAUCE ACTUAL DEL RIO STA. CATARINA. EL CAUCE A PESAR DE ENCONTRARSE ACTUALMENTE SECO REPRESENTA UN RIESGO PARA LOS ASENTAMIENTOS AHI SITUADOS.

En base a la situación superficial del área de Monterrey y sus alrededores, se hicieron una serie de planos preliminares con las diferentes condiciones topográficas, geológicas y edafológicas de la zona, utilizando para estas cartas ya elaboradas por la D.G.G.T. Nal.

Se partió de la base topográfica y posteriormente se vaciaron los datos geológicos y edafológicos, los cuales nos muestran respectivamente los diferentes tipos de roca y suelo del lugar.

Si se observa el plano topográfico, se nota como la ciudad se ha extendido hasta ocupar zonas elevadas y asimismo a los bancos de material que han quedado dentro de la zona urbana, por lo que se hace necesaria su reubicación hacia lugares donde exista el mismo tipo de roca que el que actualmente se explota.







El plano geológico nos muestra los diferentes tipos de roca y el periodo de formación de estas, lo cual es útil para la ubicación de bancos de materiales y para la detección de posibles problemas en base a la composición de la roca, la inclinación de las capas y las discontinuidades del terreno.

El plano edafológico nos delimita los diferentes tipos de suelo, que de acuerdo a su composición enmarcan las diferentes medidas que deben de tomarse para posibles efectos sobre las construcciones.

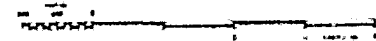
Finalmente se elaboró una tabla esquemática que engloba los diversos problemas inherentes a los suelos y a las rocas así como también algunas indicaciones pertinentes relacionadas con la prevención de los efectos negativos.



**SIMBOLOGIA**

- CALLES O AVENIDAS 
- VIA FERROCARRIL 
- BANCOS DE MATERIALES 
- CORRIENTES INTERMITENTES 
- CORRIENTE PERENNE 
- CURVA DE NIVEL  1000

ESCALA



EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 100 M.

**NOTA**

ESTE PLANO SE ELABORO EN BASE A LAS CARTAS  
614 C 25 Y 614 C 26 DE LA ACTUAL OGTHAL 1977

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO TOPOGRAFICO AREA MONTERREY	
TESIS PROFESIONAL	
1983	A. SOWELLERA P.

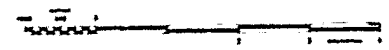


LEYENDA

ERA TERCIARIO CUATERNARIO PERIGOO	Qol	Capulines aluviales Arcillas gruesas y arenas
	Qcg	Conglomerado Fragmentos redondeados calcareos gruesos cementados por matriz
	Tds	Brecha sedimentaria Fragmentos calcareos y arcillosos angulosos y subangulosos cementados por matriz
MESOZOICA CRETACICO	Kcu	Litios Rocas arcillosas arenificadas laminadas
	Kcz-M	Calizas y lutitas Alternancia de lutitas y lutitas en estratos medianos y dispersos
	Kcc	Calizas Rocas calcareas en estratos gruesos y masivos
	Kcz-L	Calizas y lutitas
	Kcz-P	Calizas Pizcos calcareas en estratos medianos y gruesos
JURASICO	Kcu-or	Lutitas y arenosas Alternancia de rocas arcillosas y rocas de lutitas arenosas
	Jcc	Calizas con abundantes vetas de dolomita

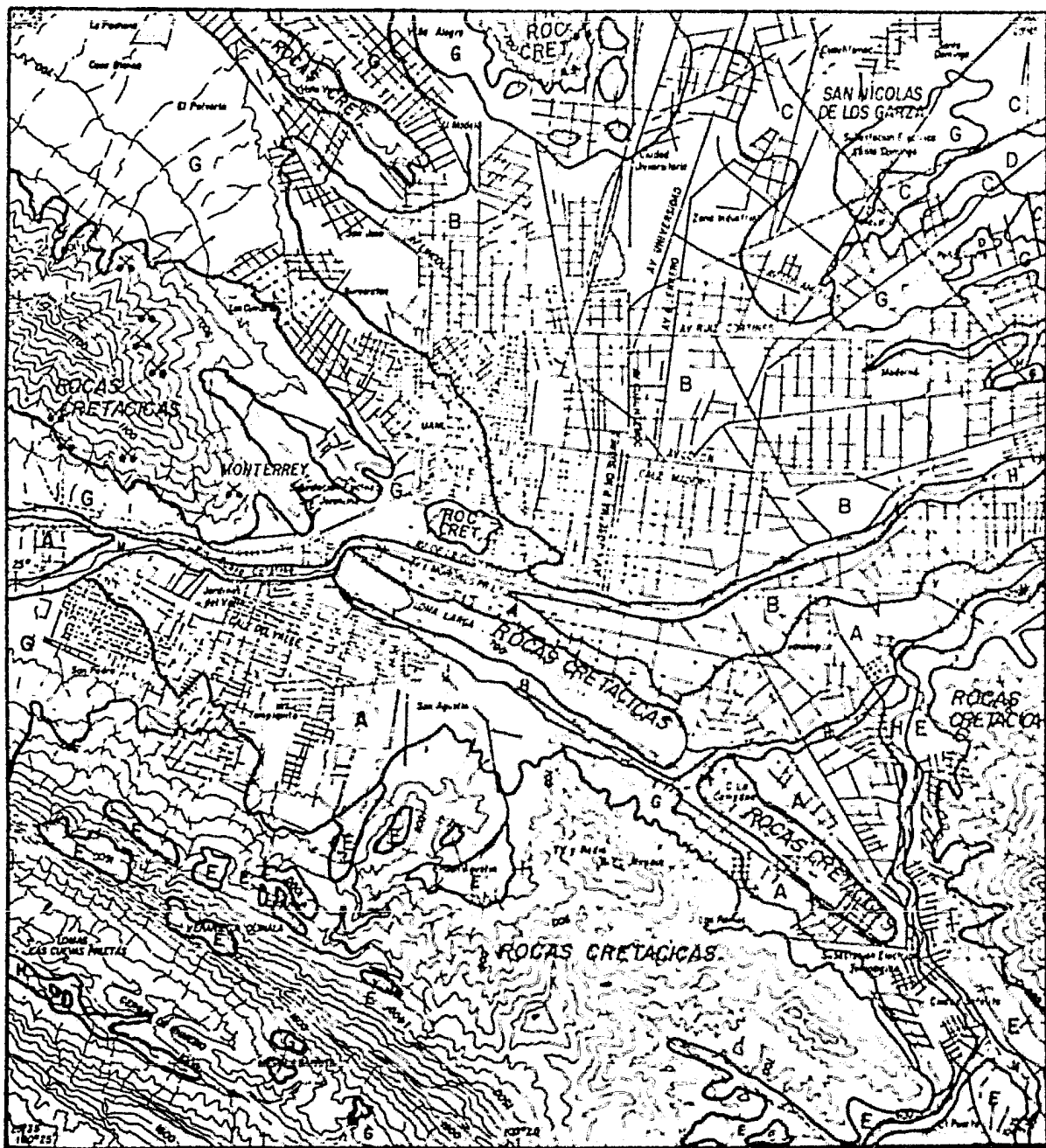
- Contacto Geologico
- Fensa y eschodo
- Anticlinali Borcanti
- Anticlinali recumbente
- Fractura
- Banca de Material

ESCALA



UNAM	FAC DE INGENIERIA
PLANO GEOLOGICO AREA MONTERREY	
TESIS PROFESIONAL	
1983	A. SOWELLERA P.





**NOTA**

ESTE PLANO SE ELABORO EN BASE A LAS CARTAS  
6:4 C 25 Y 6:4 C 26 DE LA ACTUAL COSENA 1977

**LEYENDA**

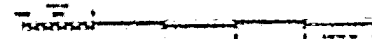
**SUELOS ARVICUOS (Textura fina)**

- A - SUELOS ARVICUOS por arcillas y limos, en ocasiones más ricos en hierro y grava. La topografía es de tipo de valle ancho.
- B - SUELOS ARVICUOS con mayor contenido de limo y mayor productividad que A. La topografía también es ancha.
- C - SUELOS ARVICUOS de tipo de arcilla en áreas más altas que A y B. Suelo con poca vegetación baja.
- D - SUELOS ARVICUOS con gran contenido de carbón de betón y no arcilla orgánica.

**SUELOS GRAVOSOS (Textura gruesa)**

- E - SUELOS GRAVOSOS NO CEMENTADOS - SUELOS compuestos por grava y fragmentos de pedregales de roca molida con arena y limo, en proporción de 3:1 de las arenas a pedregales. El suelo mejor control de la fragmentación con arena y el suelo de arena se encuentra suelto y disperso.
- F - SUELOS GRAVOSOS CEMENTADOS - Estos suelos poseen los mismos caracteres que los de E y F, pero a diferencia de éstos los materiales de E se encuentran unidos por un cemento calcáreo.
- H - PLANICIES DE ALUVIDOS - SUELOS compuestos por grava y arena en áreas más molida con arena y arcilla. Estos suelos se encuentran sobre la planicie de inundación de los ríos o arroyos.

**ESCALA**



EQUIDISTANCIA EN LAS CURVAS DE NIVEL: 100 m.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
<b>PLANO EDAFOLOGICO AREA MONTERREY</b>	
TESIS PROFESIONAL	
1983	A. SOMELLERA P.

ESQUEMA GENERAL. AREA DE MONTERREY

Tipo de roca Deposito o suelo	Características principales de la roca, depósito o suelo.	Problemas para la construcción y los asentamientos humanos.	Algunas medidas preventivas.
ROCAS ARCILLOSAS (Klu)	Muy disgregables, fáciles de atacar por el intemperismo.	Bajo la acción de la lluvia se forman corrientes de lodo y movimientos de masa. Inestabilidad en las construcciones si la inclinación de las rocas no es favorable o si existen discontinuidades en el terreno.	Drenar eficazmente el área; estabilizar el terreno, mediante muros de contención, anclas u otras técnicas.
ROCAS CALCAREAS (Kcz, Kcz-lu, Kcz-lut, Kcz-luts)	Rocas generalmente estables en condiciones normales.	Cuando existe un sistema de juntas que afecta al macizo rocoso, una tormenta fuerte puede romper el equilibrio y provocar movimientos de masa que afectan a las construcciones situadas cerca o sobre el terreno inestable.	Localizar las zonas en donde este tipo de roca esté expuesto a deslizarse. Utilizar anclas o cualquier otra técnica que evite el deslizamiento.
ABANICOS ALUVIALES a) No cementados	Mezcla heterogénea de gravas, arenas y arcillas, situadas al pie de los cerros o montañas, generalmente inestables por la poca cohesión que poseen.	Corrientes de lodo y deslizamientos bajo la acción de tormentas o por la actividad humana. Problemas para las cimentaciones de las construcciones.	Drenar eficazmente el área. Utilizar pilotes u otras técnicas para las futuras construcciones.
b) Cementados	El material constituyente es semejante al del tipo anterior, con la diferencia que aquí existe mayor cohesión debido al caliche que actúa como cementante.	Movimientos de masa por discontinuidades del terreno, aunque con menor probabilidad que los del tipo anterior.	Determinar la composición del material. Detectar posibles deslizamientos por discontinuidades u otras causas.

<p>SUELOS ARCILLOSOS</p>	<p>Suelos que se contraen o expanden con la variación del contenido de agua. Variación del volúmen bajo la acción prolongada de un peso determinado. Dificultad en el ma- nejo físico del suelo.</p>	<p>Desestabilización en los cimien- tos de las construcciones, que se manifiesta en grietas, en pisos y paredes, grietas y hundimientos ' en calles y aceras.</p>	<p>Determinar las propiedades físicas del suelo, evitar ' la extracción prolongada ' de agua de pozos sobre este material. Utilizar materiales que ' contrarresten la inestabi- lidad del suelo.</p>
<p>DEPOSITOS FLUVIA- LES (PLANICIES DE INUNDACION)</p>	<p>Gravas redondeadas, arcillas y ' arenas sobre cauces de rios y a- rrroyos o en zonas adyacentes a ' ellos.</p>	<p>Impactos de corrientes en épocas ' de avenidas; inundaciones.</p>	<p>Regulación de la planicie; utilizar barreras físicas ' tales como canalización o ' ramificaciones.</p>

## RECOMENDACIONES PARA EL AREA DE MONTERREY

- La zona urbana de Monterrey se asienta sobre rocas y suelos de composición variable, sobre todo hacia sus extremos, por lo que se hace necesario conjuntar un estudio geológico detallado del área, con la finalidad de delimitar con todas sus características, las diferentes unidades rocosas, las inclinaciones de las caás, las discontinuidades del terreno, los rasgos estructurales, etc., y así obtener un inventario de las condiciones físicas del actual y futuro desarrollo urbano,
- Con respecto a los bancos de material (pedreras), si se ha decidido reubicarlos, se recomienda hacerlo en lugares en que la contaminación sea nula o mínima y para esto es necesario tomar en cuenta que el ruido, las vibraciones y el polvo son los principales efectos negativos; el problema del ruido y las vibraciones puede abatirse alejando los bancos de la zona urbana, pero el problema del polvo es constante si al momento de las explosiones el viento sopla hacia las áreas urbanizadas. Se recomienda entonces que cada banco de material cuente con un dispositivo que indique la dirección de los vientos con el fin de escoger el momento adecuado para dichas explosiones y asimismo ubicar dichos bancos en puntos en que la topografía actúe como barrera natural para evitar el pago del polvo hacia la ciudad.
- En las áreas en que la ciudad se asienta sobre suelos arcillosos, es recomendable no extraer agua en cantidades considerables; antes de efectuar un pozo o cualquier obra con fines de extracción, es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas de las arcillas y mas aún si el suelo soporta un pe-

so considerable. Con esto se pueden evitar disturbios superficiales que ' afectarían gravemente a las construcciones.

- Es recomendable incluir dentro de los planes urbanísticos futuros del municipio, la reubicación de algunos asentamientos situados sobre rocas Cretácicas, sobre todo los que no cuentan con las medidas preventivas necesarias ni con los servicios municipales suficientes (Loma Larga, Cerro de la Campana, etc.). La reubicación deberá hacerse sobre terrenos en los que la ' introducción de los servicios sea más factible y por consiguiente menos costosa. Al mismo tiempo, la probabilidad de riesgo geológicos sobre estos terrenos deberá ser mínima.

# SIMBOLOGIA



CIUDAD DE MONTERREY



BANCO DE MATERIAL



VIENTOS VESPERTINOS  
(GRAN PARTE DEL AÑO)



VIENTOS MATUTINOS  
(GRAN PARTE DEL AÑO)



ZONA PROPUESTA  
PARA REUBICACION

RELACION DE LOS VIENTOS Y DIRECCION DE VIAJE DE LOS POLVOS PROVENIENTES DE LOS BANCOS DE MATERIALES (PEDRERAS) EN EL AREA DE MONTERREY.

NOTA: EN LAS ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACION SE HA TOMADO EN CUENTA LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO, QUE ACTUA COMO BARRERA NATURAL PARA CONTENER LOS POLVOS.

UNAM	FAC. DE INGENIERIA
BANCOS DE MATERIALES Y CONTAMINACION AREA MONTERREY	
TESIS PROFESIONAL	
1983	A. SOMELLERA P.

## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- La Geología juega un papel importante en relación con el desarrollo adecuado de los diversos asentamientos humanos, lo cual es palpable desde los inicios de la humanidad.
- Los Riesgos Geológicos constituyen una fuerza destructora potencial que de no detectarse a tiempo pueden afectar grandemente a vidas y propiedades.
- Los planes de desarrollo urbano se consideran incompletos o inadecuados si no contienen un estudio geológico de la zona y el entorno propuesto para la construcción.
- Sobre la superficie terrestre existe algún área que sea inútil en su totalidad; en mayor o menor grado todas las zonas son aprovechables si se usan para lo que son aptas y esto estará en función de las técnicas con que se cuente.
- Debido al gran número de ríos de nuestro país, debe ponerse mayor atención a las pérdidas causadas por las inundaciones, es decir, es necesaria la aplicación de las diferentes técnicas para prevenir los efectos de las corrientes de agua en las zonas agrícolas y en las zonas urbanas.
- Las fotografías aéreas, a diferentes escalas, constituyen un elemento importante para la localización y ubicación de las zonas con riesgo, sobre todo en las áreas con peligro de movimientos de masa o inundaciones.
- El volcanismo y la sismicidad se consideran los dos riesgos geológicos más violentos y para ambos, como para todos los riesgos, es posible elaborar programas de prevención que bien pueden disminuir el número de pérdidas físicas y materiales.

## RECOMENDACIONES

- Cuando se ha detectado una zona con riesgo aparte de tomar las medidas preventivas necesarias, se recomienda la toma sistemática de datos según



el tipo de riesgo que se trate, de tal manera que en un futuro puedan utilizarse para el control y predicción de ellos mismos.

- Los bancos de material situados dentro o cerca de las zonas urbanas, deben contar, cuando menos, con un dispositivo que indique la dirección del viento, lo cual es efectivo para programar de una manera adecuada las explosiones y así evitar, cuando menos, la invasión del polvo sobre las áreas urbanizadas.
- Las leyes regulatorias de la superficie, tratarán de desechar el mínimo ' de las zonas con riesgo, clausurando para la construcción tan sólo las ' áreas que en realidad no sean posibles de usarse para estos fines, sin em bargo, estas mismas áreas pueden ser útiles para otro tipo de necesidades permanentes o temporales.
- Debe legislarse la regulación de la superficie mediante planos que marquen la aptitud del terreno y al mismo tiempo deben tomarse las medidas preven tivas necesarias para los asentamientos situados en las zonas con riesgo.
- Debe existir una comunicación más estrecha entre urbanistas y geólogos.
- Los estudios geológicos deben de ser incorporados dentro de los planes de desarrollo urbano de centros de población.

## BIBLIOGRAFIA

- American Geological Institute - 1976 - Dictionary of Geological Terms - Anchor Books Edition.
- Coates D.R. - 1981 - Environmental Geology - John Wiley and Sons.
- Coates D.R. - 1976 - Urban Geomorphology - Geological Society of America.
- C.F.E. - 1982 - Informe REGNL - 01 P.H. Monterrey - Res. de Est. Geotécnicos de N.L.
- C.F.E. - 1982 - Informe Hidrológico P.H. Monterrey - Res. de Est. Geohidrológicos.
- D.G.G.T.Nal. - Cartas Geológicas y Edafológicas, ESC. 1: 50 000, G14C25 y G14C26.
- Fac. de Ingeniería, U.N.A.M. - 1982 - Apuntes sobre el Curso de Mecánica ' de Rocas aplicada a la Minería y a la Construcción - División de Educ. Con tínua.
- Krafft Maurice - 1975 - Volcano - Harry N. Abrams Inc. Publishers.
- Leveson D. - 1980 - Geology and the Urban Environment - Oxford University Press.
- Press / Siever - 1978 - Earth - W.H. Freeman and Company.
- Raisz E. - 1964 - Landforms of México - Office of Naval Research.
- S.A.H.O.P. - 1978 - Plan Nacional de Desarrollo Urbano, Versión abreviada.
- S.R.H. - 1961 - Mecánica de Suelos. Instructivo de Ensayo de Suelos.
- Uyeda S. - 1980 - La Nueva Concepción de la Tierra. Ed Blume, Madrid.
- Whitten D.G.A. and Brooks J.R.V. - 1975 - A Dictionary of Geology - Penguin Books Ltd.