

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“VULNERABILIDAD Y ANALISIS DE RIESGO SISMICO
EN LA CIUDAD DE HUARAZ”**

INFORME DE INGENIERIA

*Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL*

LUIS ENRIQUE ALVARADO SALAZAR

*Lima - Perú
1998*

INDICE

CAP. I INTRODUCCION.....	3
CAP. II ESTUDIO DE LA INFORMACION EXISTENTE.....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Generalidades.....	5
2.2.1 Ubicación.....	5
2.2.2 Topografía.....	6
2.2.3 Climatología.....	6
2.3 Estudios Geológicos, Geomorfológicos, Hidrogeológicos, Hidrográficos, de Suelos y Sísmico de la Ciudad de Huaraz.....	7
2.3.1. Geología General de Huaraz.....	7
2.3.1.1. Rocas Sedimentarias.....	8
2.3.1.2. Rocas Volcánicas.....	9
2.3.1.3. Depósitos Cuaternarios.....	10
2.3.1.4. Rocas Intrusivas.....	12
2.3.1.5. Estructura Geológica en relación con la Sismotectónica...	12
2.3.2. Geomorfología de Huaraz.....	13
2.3.3. Hidrogeología.....	14
2.3.4. Hidrografía.....	15
2.3.5. Efectos Sísmicos.....	15
2.3.5.1. Peligros Sísmicos.....	15
2.3.5.2. Sismología.....	18
2.3.5.3. Información Sismotectónica Regional.....	19

CAP. III VULNERABILIDAD Y ANALISIS DE RIESGO SISMICO DE LA CIUDAD DE HUARAZ

3.1	Vulnerabilidad.....	21
3.1.1.	Introducción.....	21
3.1.2.	Vulnerabilidad Sísmica.....	21
3.1.3.	Evaluación de daños en las Edificaciones del Sismo del 31 de Mayo de 1970.....	22
3.1.4.	Causas que ocasionaron los daños por tipo de estructura.....	27
3.1.5.	Metodología para la evaluación de daños.....	30
3.1.6.	Condiciones del Suelo.....	32
3.1.7.	Estimación del daño esperado para un período de tiempo.....	33
3.2	Análisis del Riesgo Sísmico.....	34
3.2.1.	El Riesgo.....	34
3.2.2.	Riesgo Sísmico.....	35

CAP. IV DISCUCION DEL ESTUDIO.....36

4.1	Factores de la Vulnerabilidad.....	36
4.2	Distribución de daños del sismo del 31 de mayo de 1970.....	38
4.3	Daño esperado en la ciudad de Huaraz.....	38
4.4	Resultados del Riesgo Sísmico.....	40

CAP. V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....41

5.1	Conclusiones.....	41
5.2	Recomendaciones.....	45
	Bibliografía.....	46
	Relación de Planos.....	48
	Fotos	
	Planos	

CAPITULO I

INTRODUCCION

Nuestro país se encuentra ubicado en la zona sísmica denominada “Cinturón Circumpacífico” que es una de las que tiene mayor actividad sísmica en la tierra. Esto, aunado con la vulnerabilidad de las ciudades por medio de factores físicos y socioeconómicos, trae como consecuencia que los daños causados por los sismos sean mayores.

Uno de los aspectos más resaltantes que hace que el grado de vulnerabilidad se eleve, es el crecimiento acelerado de la ciudad de Huaraz, las condiciones locales, el suelo donde se cimienta, el tipo de estructura y el material empleado en la construcción.

Cabe resaltar que la gran mayoría de las viviendas (actualmente el 80 % aprox.) se encuentran construidas con material de adobe y son de 2 plantas, por lo cual estas estructuras no ofrecen un buen comportamiento, incrementando con esto la vulnerabilidad de la ciudad de Huaraz.

El presente trabajo informa de manera genérica la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica (factores físicos) y el Riesgo Sísmico de la ciudad de Huaraz.

Todos los temas tratados respecto a la concepción y problemática urbana, además de los peligros naturales que amenazan la ciudad, si bien son preocupaciones de años anteriores, contienen premisas que aún siguen vigentes y que son punto de partida para lineamientos generales de políticas de desarrollo.

El presente estudio está basado en los trabajos de verificación de problemas reales, recopilación y análisis de la documentación actualizada de la zona, realizados por diferentes organismos como son INDECI, INGEMMET, CISMID-FIC-UNI, Municipalidad de Huaraz, CRYRZA, Hidrandina, PREDES y CERESIS.

El presente trabajo toma como base el sismo del 31 de Mayo de 1970, para desarrollar el estudio de vulnerabilidad y el análisis del riesgo sísmico, analizando las construcciones, la evaluación de daños y el tipo de suelo.

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA INFORMACION EXISTENTE

2.1 INTRODUCCION

El presente informe está basado en los trabajos de verificación de problemas reales, recopilación y análisis de la documentación actualizada de la zona, realizados por diferentes organismos como son INGEMMET, CISMID-FIC-UNI, Municipalidad de Huaraz, CRYRZA, Hidrandina, PREDES y CERESIS.

El presente capítulo es la recopilación de estudios realizados en Huaraz por las diferentes organizaciones mencionadas en referencia a : Geología, Geomorfología, efectos Sísmicos, Condiciones Hidrogeológicas y de las características de los Suelos.

2.2 GENERALIDADES

2.2.1 UBICACION

La ciudad de Huaraz esta situada a orillas del río Santa, en el flanco occidental de la Cordillera Blanca. La provincia de Huaraz, con 121,028 habitantes, tiene los siguientes distritos: Cochabamba, Colcabamba, Huanchay, Jangas, La Libertad, Olleros, Pampas, Pariacoto, Pira, Tarica y la capital Huaraz, que cuenta con 44,771 hab.

Huaraz se encuentra a una altura de 3050 m.s.n.m. según Bench Mark ubicado en la Plaza de Armas, con coordenadas (plano 1):

Latitud : 9° 31' 38" Sur
Longitud : 77° 31' 48" Oeste

2.2.2 TOPOGRAFIA

Las montañas son los rasgos geográficos de segundo orden que predominan en la región estudiada; al Oeste la Cordillera Negra y al Este la Cordillera Blanca, separadas de sus respectivas crestas 15 a 20 km.

Ambas cordilleras corren longitudinalmente de Sur a Nor-Oeste y están separadas geográficamente por el río Santa que corre por el fondo del valle, en la misma dirección y con un desnivel respecto a la línea de cumbres que varía desde 1500 m hasta 3600 m.

La cresta de la Cordillera Negra se encuentra entre 70 y 80 km del Océano Pacífico y entre 12 y 13 km del río Santa. Su línea de cumbres es relativamente uniforme, teniendo una variación en altitud entre 4200 m y 5000 m. La topografía de la ciudad es heterogénea, montañosa y abrupta, debido a la presencia de ríos y arroyos tributarios del Santa que discurren tanto del flanco occidental (Cordillera Blanca) como el flanco oriental (Cordillera Negra).

2.2.3 CLIMATOLOGÍA

El clima de la ciudad de Huaraz es templado, frío y seco, con temperatura media anual de 15.18 °C, variando entre una máxima media de 22.4 °C en Setiembre, y una mínima media de 8.4°C en Julio. En los meses de invierno la temperatura desciende, habiéndose registrado hasta una temperatura de 5.3°C.

2.3 ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOMORFOLOGICOS, HIDROGEOLOGICOS, HIDROLOGICOS, SUELOS Y SISMICOS DE LA CIUDAD DE HUARAZ

2.3.1 GEOLOGIA GENERAL DE HUARAZ

La ciudad de Huaraz; se ubica en el curso superior del río Santa, que corre entre dos grandes cadenas de montañas, la Cordillera Blanca al Este y la Cordillera Negra al Oeste.

La Cordillera Blanca tiene un núcleo de granodiorita terciaria y esporádicamente rocas graníticas, pizarras, areniscas y lutitas del Mesozoico reposan sobre los flancos.

La Cordillera Negra consiste mayormente de flujos y rocas volcánicas del Terciario, andesitas fraccionadas y rocas riolíticas en composición. Rocas graníticas y sedimentarias se encuentran también en muchos lugares.

El Valle del Río Santa está parcialmente lleno de material fluvio-glacial, glacial o aluvial muy disectado y espeso.

Estos materiales provienen de la erosión de morrenas y extensos mantos fluvio-glaciales que se ubican sobre los 3.500 m.s.n.m.

Los materiales fluvio-glaciales están constituidos por una mezcla de cantos y gravas angulares, así como arena y arcilla. Cada capa o estrato tiene una cierta homogeneidad local, pero de una capa a otra o en puntos distantes de una misma capa cambia bastante la composición y sus cualidades físicas; son suficientemente adhesivos para sostenerse en taludes casi verticales pero son relativamente inestables y tienden a deslizarse cuando están saturados o durante movimientos sísmicos. La geología de Huaraz y sus alrededores se presenta en el plano 2.

Las colinas inclinadas cercanas a Huaraz puede constituir un riesgo geológico para la futura expansión urbana de Huaraz, sobre todo por su potencial de fisuras y deslizamientos en éstas áreas.

Con referencia a la geología, se ha delimitado las formaciones rocosas desde el mesozoico superior (roca sedimentaria), hasta el cenozoico terciario inferior (roca volcánica). Igual sucede con el material cuaternario que subyace al volcánico, pues la ciudad de Huaraz reposa sobre potentes depósitos fluvio aluvionales y de morrenas glaciares.

Tipos de Rocas

2.3.1.1 Rocas Sedimentarias

a) Rocas de la formación Chimú

Consisten de cuarcitas, areniscas y lutitas con mantos de carbón y antracitas. Tienen un espesor de 150 m a 400 m.

Están ubicadas al Nor- Este de la ciudad de Huaraz en la parte alta de los baños Monterrey.

b) Rocas de la formación Santa

Están representadas por calizas y lutitas calcáreas de 100 a 350 m que sobreyacen a la formación Carhuaz. Las lutitas son de color gris oscuro con módulos calcáreos y algunas capas de caliza arenosa. Tanto la lutita como la caliza son generalmente ferruginosas, y dan tonos menores de intemperismos.

Estas rocas se encuentran en la parte alta de los baños de Monterrey, en el tramo comprendido entre Pacucancho y Monterrey.

c) Rocas de la formación Carhuaz

Esta formación consiste aproximadamente de 500 m de areniscas y lutitas.

La litología general son areniscas y cuarcitas en capas delgadas, con abundantes intercalaciones de lutitas. Estas son negras o grises en la parte baja de la formación, mientras que hacia el tope tienen un color rojo amarillento.

Los mayores afloramientos se encuentran igualmente al Nor-Este de Huaraz en el área de Paria y Pacucancho.

2.3.1.2 Rocas Volcánicas

Consisten en una secuencia de piroplásticos y derrames de grosor considerable que cubren áreas extensas tanto la margen derecha e izquierda del río Santa.

El cuerpo principal del volcánico Calipuy consiste en bancos medianos a potentes derrames, brechas y tufos. La mayoría del material es de composición riolítica.

Localmente en el área de Huaraz en Rataquenua se hayan bien intemperizadas formando masas caoliníticas en la parte alta de Bellavista. Los materiales fluvio-glaciales se encuentran apoyados sobre estas rocas.

Estas rocas volcánicas se encuentran expuestas en la margen izquierda del río Santa (en la carretera a Casma). También se encuentran afloramientos de pequeñas extensiones en la zona urbana de Huaraz y en la parte alta de Nicrupampa y Paria.

2.3.1.3 Depósitos Cuaternarios

a) Depósitos Fluvio - Glaciales

Se encuentran sobreyaciendo a las unidades ya descritas, alcanzando su máximo desarrollo en los alrededores de la Cordillera Blanca. Consisten de gravas, cuarcitas y areniscas (cuyas formas varían de sub angulosos a sub redondeadas), y arenas limosas poco seleccionadas; Aunque localmente se encuentran pequeños depósitos de barbas lacustres bien estratificadas como en la zona alta de Huaraz.

Localmente en la zona de Rataquenua y Nicrupampa estos depósitos descansan sobre una superficie irregular del volcánico Calipuy. Tienen un grosor aproximado de 150 m a 200 m (localizados en la parte alta de Huaraz).

Los sedimentos fluvioglaciales forman escarpas o zonas de deslizamiento que se activan en la época de lluvia, por efectos de soliflucción y la fuerte pendiente del terreno. Los depósitos se extienden a lo largo del valle de Macashca y Quilcayhuanca desde la cota 3,300 hasta los 4,000 m.s.n.m.

b) Depósitos aluvionales :

Se encuentran relleno a lo largo del río Santa en el cono de los

tributarios.

Estos depósitos están formados por materiales heterogéneos con superficies suavemente inclinadas hacia el río Santa. Consisten en bloques de rocas cristalinas de 4 m a 5 m de diámetro, angulosos, con cascajo arena gruesa y en matriz limosa.

Localmente, en la zona urbana de Huaraz, los depósitos aluvionales han sido transportados por el río Quilcay, que proviene de la parte alta de la región, como en el caso último del aluvión del 13 de diciembre de 1941.

Existe una zona de material fluvio aluvional antiguo al Este de Huaraz, en la parte alta de Huanchac.

En cambio los materiales aluvionales recientes se encuentran extendidos a lo largo del río Quilcay a unos 150 m a ambos lados del eje del río. La actual ciudad se halla edificada sobre un cono de un antiguo aluvión, transportado por los ríos Santa y Quilcay.

c) Depósitos Glaciales

Están contituidos por materiales dejados por antiguas lenguas glaciales; es decir por fragmentos rocosos sub redonderados con matriz areno - arcilloso.

d) Depósitos de Talud (escombros de pendiente)

Están constituidos por acumulaciones de fragmentos angulosos y sub angulosos al pie de las Laderas de Rataquenua, los Pinos y Huanchac. Son más abundantes hacia el sector de la cabecera del Quilcay en el flanco izquierdo.

Estos depósitos se han formado por la desintegración mecánica de las rocas volcánicas y por procesos gravitacionales de las potentes capas de los materiales fluvioglaciales que se han acumulado en las laderas de menor pendiente.

2.3.1.4 Rocas Intrusivas

Al Sur-Este de Monterrey aflora ampliamente el complejo plutónico conocido como batolito de la Cordillera Blanca.

La gran masa de batolito consiste de una granodiorita de grano grueso y está en contacto en algunas áreas con las rocas metamórficas.

2.3.1.5 Estructuras Geológicas en Relación con la Sismotectónica.

La zona en estudio presenta una tectónica muy complicada, representada por las estructuras plegadas y falladas; la dirección general de los plegamientos (anticlinales y sinclinales) es de Norte 40° Oeste.

En la falla Regional M-5, localizada en la parte occidental de la Cordillera Blanca, se observa que la traza de la falla fue cubierta por depósitos fluvioglaciales.

Una activación posterior de dicha falla, no relacionada con el sismo del 31 de mayo de 1970, ha provocado un fallamiento de los depósitos pleistocénicos siguiendo la traza regional.

Al norte de Huaraz y hacia las partes altas de los baños de Monterrey, existen pliegues de anticlinales y sinclinales en calizas y lutitas de la

formación Santa, cuyo núcleo lo constituyen las cuarcitas y lutitas de la formación Carhuaz. Los ejes de dichas estructuras tienen un rumbo aproximado de Norte 40° Oeste y son de poca difusión.

2.3.2 GEOMORFOLOGÍA DE HUARAZ

Un examen del mapa geomorfológico de la Zona Urbana que se presenta en el plano 2 demuestra la existencia de varias zonas, entre las cuales se pueden diferenciar de modo resumido las siguientes:

Una zona central que separa las áreas de las ciudades hacia el Norte y Sur compuesta de terreno aluvional de origen reciente (especialmente del aluvión de 1941).

Esta constituida mayormente por bloques de granodioritas que en tamaño superan los 5 m a 10 m de diámetro.

Terrazas del río Santa ubicadas en la parte Oeste de la ciudad a lo largo de la dirección Sur-Norte.

Cronológicamente la terraza más antigua, T1-S, se encuentra ubicada como un remanente en la parte alta del Barrio de Centenario. En el Barrio de Huarupampa se encuentran las terrazas T2-S y T3-S truncadas por el torrente río Seco y por la zona aluvional.

Zona de depósitos de arcillas y arenas, producto de un represamiento antiguo del río Santa, que ocupa la zona del Casco Urbano.

La napa es libre y convergente con un ancho de 800 m entre la Av. Villón y el Estadio Rosas Pampa. El acuífero es de muy baja permeabilidad con valores de gradientes hidráulicas entre 42/1000 en la plaza de Armas y 34/1000 en el Sector de Huarupampa. En términos generales son acuíferos de bajo rendimiento.

En el mapa de profundidades del nivel freático (plano 3) realizado en este estudio se considera dos zonas: la primera corresponde a profundidades del nivel freático desde la superficie del terreno hasta niveles menores que 1.5 m (zona central) y la segunda, donde el nivel freático se ubica entre los 1.5 m y 3 m de profundidad (Centenario, Huarupampa y Patay).

2.3.4 HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica es abundante. La ciudad se ubica en la margen derecha del río Santa y en la parte central, a orillas de su afluente el río Quilcay, que lo atraviesa de Este a Oeste, que a su vez se forma por la intersección de los ríos Paria y Auqui, en sentido de Sur a Norte, el asentamiento es atravesado por los ríos de menor caudal como él río Seco, río Casca, Cancariaco y Monterrey.

2.3.5 EFECTOS SISMICOS

2.3.5.1 PELIGROS SISMICOS

ANTECEDENTES HISTORICOS

A) SISMO DEL 31 DE MAYO DE 1970

El 31 de Mayo de 1970 ocurrió en la zona Central Norte del Perú un

violento sismo que afectó íntegramente al Departamento de Ancash y algunas provincias de los departamentos de Lima, La Libertad, Cajamarca y Huanuco, abarcando una extensión de 80,000 Km², causando la muerte de 50,000 personas y devastando casi ciudades enteras como la ciudad capital del Departamento de Ancash, Huaraz, cuyos daños fueron del 80% de las edificaciones existentes.

El terremoto fue de magnitud Ms 7.7 en la escala de Richter. Se produjo a las 3.23 pm. hora local frente a la costa norte del Perú. Sus parámetros epicentrales según el U.S.G.S. (U.S. Geological Survey) fueron:

Latitud	:	9.176 S
Longitud	:	78.823 W
Profundidad	:	43 Km
Magnitud	:	6.6 mb - 7.8 Ms
Intensidad	:	Indicada en la fig. 2.1

Según el mapa de Isosistas del sismo (fig. 2.1) la intensidad en la escala de Mercalli Modificada (MMI) se distribuyó de la siguiente manera:

Chimbote	VIII	Huallanca	VI
Casma	VIII	Chiclayo	VI
Huaraz	VII+	Lima	VI
Trujillo	VII-	Piura	V
Huarmey	VII		

Debido a su distancia epicentral, a Huaraz le correspondía una intensidad de VII, pero el centro urbano de la misma, alcanzó una intensidad de VIII debido a la amplificación sísmica causada por las condiciones locales del suelo.

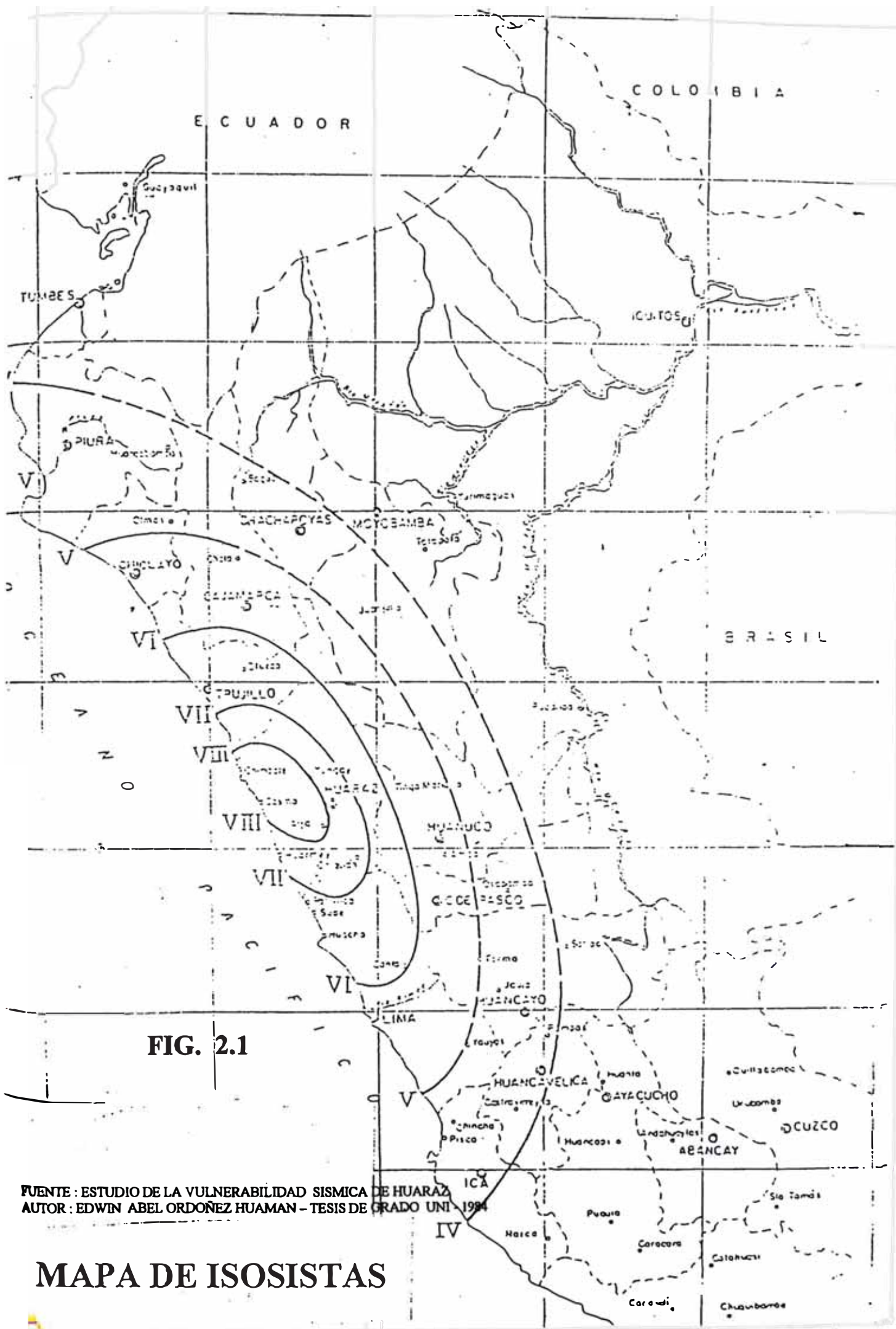


FIG. 2.1

FUENTE : ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE HUARAZ
 AUTOR : EDWIN ABEL ORDÓÑEZ HUAMAN - TESIS DE GRADO UNI - 1994

MAPA DE ISOSISTAS

Luego del sismo se realizaron estudios geológicos, los mismos que constataron que de la serie de fallas geológicas que existen en el valle del Santa, ninguna se movió durante el sismo. Aunque es evidente que estas fallas se han movido recientemente, durante los últimos 100 años.

B) HUARAZ DESPUES DEL SISMO

Efectos Físicos

Huaraz fue probablemente el centro de la zona afectada donde mayores pérdidas humanas y materiales produjo el sismo, incluido Yungay ciudad que fue arrasada íntegramente por un aluvión. Se estima que más de la tercera parte de su población pereció y la mayor parte de su estructura física quedó inservible.

El número de viviendas totalmente destruidas en Huaraz equivale al 42.8% de todas las viviendas en el área afectada.

El grado de destrucción fue altamente diferenciado a través de los distintos sectores de Huaraz. Así puede observarse que el índice de destrucción más alto tuvo lugar en la zona central y más antigua de la ciudad, donde la destrucción fue del 90%. Algo menor en una faja a lo largo de la avenida Raimondi y en el barrio de Huarupampa. El Centenario tuvo el menor índice de destrucción el cual fue del 20 %.

Sin embargo existe una coincidencia entre la antigüedad de la construcción y la zonificación de los daños. Ello permitiría deducir que la responsabilidad en la destrucción no es atribuible solamente a la consistencia de los terrenos, sino también al tipo materiales, estructuración

y antigüedad de la edificación. En efecto, el adobe no es un material que puede soportar las vibraciones de un fuerte sismo. Las construcciones de ladrillo han soportado el sismo en condiciones óptimas aún en las zonas más castigadas de la ciudad.

Algunas construcciones de concreto que han sufrido importantes daños muestran defectos de diseño o construcción que no deben confundirse con el comportamiento de este material a la acción de sismos. Por otro lado, algunos adobes más modernos parecen haber fallado por estar trabajados en forma inconveniente, con barro "sin dormir", poca paja como elemento ligante y con ingredientes muy pedregosos. La pavimentación resultó muy afectada. Los servicios de agua y desagüe no fueron afectados de manera grave; Luego de corta interrupción fueron puestos en normal funcionamiento.

2.3.5.2. SISMOLOGIA

La Sismología, dado que permite profundizar los conocimientos acerca de los sismos en general, puede lograr predecir eventos sísmicos. Evidentemente sabiendo el tiempo y el lugar, se puede tratar de minimizar los daños humanos y materiales; preparando a la población para llevar a cabo evacuaciones. Sin embargo la Sismología está aún lejos de poder lograr precisión en la predicción, supone además, que la población este muy organizada y disciplinada porque de lo contrario la predicción serviría solamente para provocar pánico y el caos.

La Sismología también sirve como base para la zonificación sísmica y microzonificación sísmica. Esta última permite determinar con cierto nivel de confianza las zonas donde se producirá mayor o menor intensidad sísmica. Esto debe ser una herramienta importante para la planificación dado que se

podría orientar el desarrollo urbano hacia zonas que presenten menor vulnerabilidad, a la vez de adecuar los reglamentos de construcción vigentes a las intensidades sísmicas que se esperan en cada área.

La mayor parte de la construcción no se hace en el sector " formal ", donde podrían regir las normas de construcción, sino que ocurre en el sector "informal" mediante la modalidad de construcción progresiva autoadministrada, lo cual no se sujeta a ninguna normalización, sino que depende del nivel económico y técnico de cada constructor.

2.3.5.3. INFORMACION SISMOTECTONICA REGIONAL

La Ciudad de Huaraz se encuentra ubicada en el valle del río Santa, formado por procesos tectónicos, entre las Cordilleras Blanca y Negra.

La Cordillera Blanca está constituida fundamentalmente por un batolito de 3 a 12 millones de años de antigüedad. Este batolito se encuentra emplazado entre dos sistemas casi paralelos de fallamiento regional que están parcialmente sísmicamente activos.

El sistema de fallamiento al Nor-Este de la Cordillera Blanca viene del Sur, desde la latitud 13° Sur paralelo al eje Andino y muestra un ancho conocido de 30 Km.

La actividad sísmica asociada a este sistema, se ubica al Norte de la Cordillera Blanca, donde comienza una flexión hacia el Oeste de todas las estructuras.

El otro sistema de fallamiento, está constituido por las escarpas de fallas en la pendiente Sur-Oeste de la Cordillera Blanca y se le conoce como

falla de la Cordillera Blanca. La longitud total es de 180 a 200 km y se distinguen tres segmentos: el segmento Norte, donde la escarpa es alta y parada y la línea de falla es simple. En la parte Central la línea de falla se ondula y forma una punta al Nor-Este de Huaraz. El segmento Sur está formado por muchas escarpas de fallas más pequeñas que corren discontinuadamente en echelón.

Históricamente, no hay registro de que haya ocurrido un terremoto fuerte a lo largo de la parte Central y Sur de la falla de la Cordillera Blanca. Sin embargo el 5 de Marzo de 1935 un sismo local violento sacudió el pueblo de Ticapampa, que se encuentra al sur de la falla de la Cordillera Blanca. Con esta evidencia se concluye que esta falla continua activa en el presente siglo y que la ocurrencia de un sismo destructor no se descarta.

CAPITULO III

VULNERABILIDAD Y ANALISIS DEL RIESGO SISMICO **DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

3.1 VULNERABILIDAD

3.1.1 INTRODUCCION

La vulnerabilidad está dada por las características físicas y socioeconómicas de la zona afectable por un fenómeno natural en este caso es el fenómeno sísmico, y la probabilidad de daños que se vayan a producir.

3.1.2 VULNERABILIDAD SISMICA

Las condiciones de vulnerabilidad sísmica se deben a

- La ciudad se ubica en zona de alta actividad sísmica.
- La forma de construcción y materiales utilizados no ofrecen resistencia sísmica.
- El suelo donde se cimienta la estructura amplifica las ondas sísmicas en el rango de frecuencias correspondientes a las edificaciones.
- Las Condiciones Locales.

Estos cuatro factores son los componentes de lo que podríamos llamar vulnerabilidad física de un asentamiento humano frente a los sismos.

Los asentamientos humanos no ubicados en zonas sísmicas ó que son contruidos con criterio antisísmico no presentan condiciones de vulnerabilidad sísmica. Evidentemente que a través de la vulnerabilidad física de los asentamientos, se afecta al hombre.

La vulnerabilidad sísmica es un proceso cada vez mas “ urbano “ dado que el modo de producción implica una fuerte y desmesurada concentración territorial de las relaciones sociales de producción. Ciudades en zonas sísmicas crecen vertiginosamente debido al modelo capitalista dependiente del crecimiento urbano industrial. Por lo tanto la población sujeta a sufrir un desastre sísmico va creciendo constantemente.

3.1.3 EVALUACION DE DAÑOS EN LAS EDIFICACIONES DEL SISMO DEL 31 DE MAYO DE 1970

La ciudad de Huaraz fue una de las zonas más afectadas por el sismo del 31 de mayo de 1970. Debido a ello se empezaron hacer estudios de microzonificación sísmica de la ciudad de Huaraz, donde uno de los principales objetivos del estudio (microzonificación sísmica, realizados por C.R.Y.R.Z.A. en Julio de 1970) fue la distribución de daños en edificaciones, la cual comprendieron los siguientes barrios :

- Centenario.
- Patay.
- San Francisco.
- La Soledad.
- Huarupampa.
- Belen.
- El Pedregal.
- Bellavista.

-Nirupampa.

En el presente acápite se presenta la evaluación de la distribución de daños en las edificaciones en Huaraz, luego de producirse el sismo del 31 de Mayo de 1970.

La metodología consistió en ubicar las zonas afectadas y asociar el grado de daño correspondiente durante el sismo, para relacionar por áreas el grado de daño y el tipo de subsuelo existente en dicha área.

De la estadística sobre la evaluación de daños que se muestra en la tabla 3.1 se observa que el tipo de material de edificación predominante es el adobe, con porcentajes que varían entre el 85 y 100%.

De la distribución de las edificaciones existentes, se observa una concentración de edificaciones de adobe en el Centro Urbano y el barrio Centenario, y barrios como Nirupampa, Patay y Pedregal presentan una gran dispersión de edificaciones.

El método seguido para la evaluación de daños comprendió 3 partes :

- a) Consiste en datos de las edificaciones tales como : material, uso, tipo de estructura de la edificación, tipo de cimentación, número de pisos, el área que ocupa, altura de edificación.
- b) Consiste en el resumen de daños : sus causas, sus porcentajes y los tipos de falla de cada edificación. Se tomaron datos de asentamientos, inclinaciones, así como daños de los elementos no estructurales.

c) Consiste en la información de suelo, sus características constituyentes (clasificación), la profundidad del nivel freático.

Se presenta la tabla No. 3.1 y plano 5 que nos muestra el resumen de evaluación de daños en la ciudad de Huaraz como consecuencia del sismo del 31 de mayo de 1970.

Con la información del tipo de estructuras en cada área analizada y con los estudios de Zonificación de Suelos, Geológicos, Geomorfológicos e Hidrogeomorfológicos se ha elaborado planos de riesgo, en este caso de riesgo sísmico.

En el presente informe se hace una descripción de los efectos sísmicos producidos por el terremoto del 31 de mayo de 1970, que se extendió en todo el Callejón de Huaylas, especialmente en el área urbana de Huaraz cuyos procesos de geodinámica externa se descubren como los efectos inmediatos del sismo y que son los siguientes

- a- Agrietamientos.
- b- Abovedamientos.
- c- Asentamientos.

a- Agrietamientos

Se localizaron agrietamientos tanto en la margen derecha e izquierda del río Quilcay, debiéndose ellos a las fuerzas tensionales y de gravedad.

En la margen derecha del río Quilcay, los agrietamientos se detectaron en el hotel de turistas, cimentado en material aluvional.

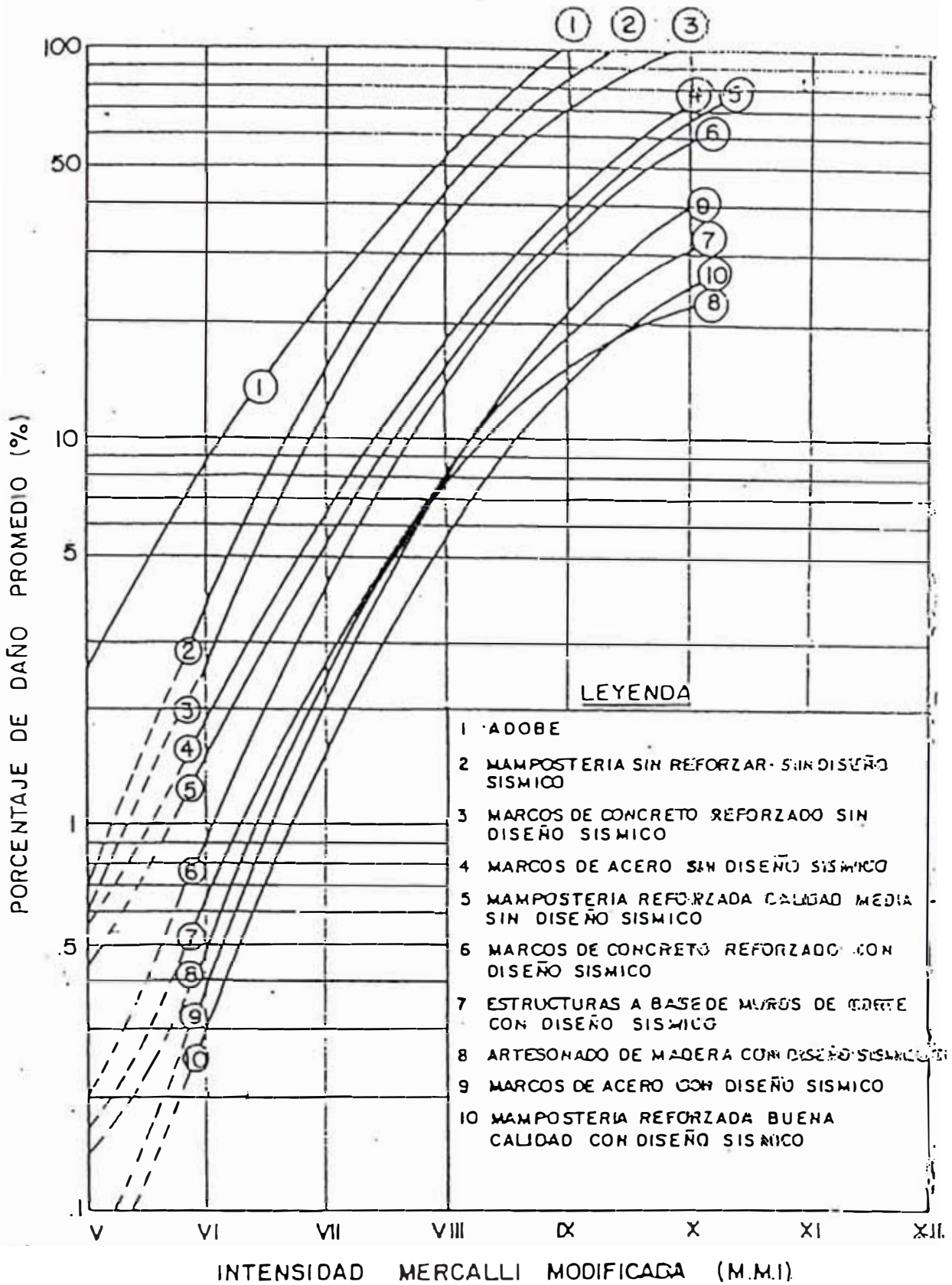


FIG. 3.1

TABLA 3.1

**RESUMEN DE EVALUACION DE DAÑOS DE LA CIUDAD DE HUARAZ
CAUSADO POR EL SISMO DEL 31 DE MAYO DE 1970**

BARRIO	N° DE Mz.	TIPO DE MATERIAL EMPLEADO			INTENSIDAD DE DAÑOS	
		ADOBE	LADRILLO C/S COLUMNA	CONCRETO ARMADO	Colapso no Reparable o Costosamente Reparable	No hay daños o fácilmente Reparable
CENTENARIO	54	85	10	5	20	80
PATAY	7	100			25	75
SAN FRANCISCO	25	95	4	1	95	5
LA SOLEDAD	34	95	4,5	0,5	60	40
HUARUPAMPA	23	85	10	5	50	50
BELEN	36	90	5	5	95	5
PEDREGAL	28	97	3		80	20
NICRUPAMPA	*	100			20	80
BELLA VISTA	*	100			80	20
SECTOR ALUVIONAL	24	95	5		50	50

Nota : Para los barrios íntegramente fallados, solamente se hizo dos o tres encuestas por manzana

* El manzane no figura en el plano de Huaraz.

fuentes : Tesis de grado Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz Autor : Cirilo Armas A. UNI - PERU 1973

Los agrietamientos formados en la zona indicada tienen forma anular, con una dirección Sur- Este y Nor-Oeste de una longitud de 200 m, con salto de 0.50 m y una cobertura de 0.20 m.

En la margen izquierda del río Quilcay, se han observado tres áreas de agrietamientos bien marcados, una al pie del cerro Rataquenua, otra en la zona baja de Huarupampa y en el centro de la ciudad.

En Rataquenua :

- El agrietamiento es circundante al cerro mencionado.
- Se han producido depósitos gravitacionales asociados a manantiales que existen en sus proximidades.
- Se proyectan con un rumbo generalizado de Norte 60° Oeste.
- Presentan desplazamiento horizontal de 0.60 m. y salto de 0.30 m.
- En el área existen hasta 5 agrietamientos con longitudes de 50 m a 100 m aprox.

En Huapampa (zona baja) :

- Los agrietamientos se han producido en el contacto de 2 terrazas del río Santa, y también están asociados a manantiales que existen en sus proximidades.
- Tienen una longitud de 250 m a 350 m.
- Se han observado aberturas de 0.10 m a 0.30 m y saltos de 0.40 m.

En el Centro de la Ciudad de Huaraz

- En el centro de la ciudad también han ocurrido agrietamientos, pero

para el análisis de la información no ha sido factible detallar, debido a que los agrietamientos fueron cubiertos por escombros.

Se detectaron grietas por sus efectos producidos en las edificaciones en las losas y resquebrajaduras en las paredes.

b- Abovedamiento

El origen de los abovedamientos se pueden relacionar a los siguientes casos :

- 1- Que se deben al paso de las ondas sísmicas.
- 2- Que se deben a la sobrecarga de las edificaciones.

Los abovedamientos han quedado como testigos del paso de las ondas sísmicas que han plegado el manto mueble.

Los abovedamientos no han ocurrido en forma aislada si no como un sistema de pequeños anticlinales y sinclinales (levantamiento y hundimiento).

Estos efectos ocurrieron en el área de Belen (área más afectada) donde se observaron levantamientos en la calzada y losas de las viviendas.

c- Asentamientos

El asentamiento en el área urbana de Huaraz sobre los materiales cuaternarios como aluvionales y fluviales se debe principalmente a tres factores

1° Abovedamiento.

Al sufrir levantamientos han tenido efectos de hundimiento o asentamientos por tratarse de una serie de ondulaciones que han sucedido en forma alternada (plegamientos), como un sistema de minúsculos anticlinales y sinclinales al paso de las ondas sísmicas.

Los abovedamientos corresponderían al cuerpo de estos anticlinales y los asentamientos a la parte cóncava de los sinclinales.

2° Presencia de Agua Subterránea.

Las oscilaciones de la napa freática han sido causa de los asentamientos, debido a que han provocado pequeños vacíos en el sub suelo.

3° Compactación Superficial.

En este caso la onda sísmica produce compactación en materiales poco consolidados los cuales se han compactado de acuerdo a sus diferentes características de densidades. En estas consideraciones ciertos horizontes han sufrido disminución en su volumen sumándose a este fenómeno la sobrecarga de las columnas y las paredes, los cuales han sufrido asentamiento. Es diferenciable en las losas, que al no tener esta sobrecarga no han sufrido asentamiento.

3.1.4. CAUSAS QUE OCASIONARON LOS DAÑOS POR TIPO DE ESTRUCTURA

Las estructuras en la ciudad de Huaraz varían desde el Adobe, Ladrillo sin Columnas, Ladrillo con Columnas y Concreto Armado, Se describe las características de las estructuras y las causas principales de los colapsos sufridos en ellas.

VIVIENDAS DE ADOBE

- La preparación del adobe no fue la adecuada, por la deficiente dosificación del barro usado; como consecuencia los adobes son poco resistentes.
- Aberturas grandes en los muros de las fachadas.
- Falta de simetría en planta de la distribución de muros.
- Falta de arriostre de los muros en las esquinas.
- No se colocaba mezcla de barro en las juntas verticales.
- Amarre imperfecto de los adobes al levantar el muro.
- Las edificaciones no poseían vigas collares, ni contrafuertes en los muros.
- Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos.
- Poca o ninguna protección de los muros contra su debilitamiento por la erosión.

VIVIENDAS DE LADRILLO SIN COLUMNAS

- Gran porcentaje de aberturas en las fachadas.
- La mala calidad de la albañilería (mortero y ladrillo).
- Empotrar en los muros tubos, cajas de luz, etc. de tamaño apreciable.
- Distintas calidades de mano de obra y materiales han hecho que los

comportamientos sean diferentes, tal es el caso las viviendas de una sola planta de un mismo tipo y ubicadas en la misma zona.

- No confinamiento de los muros.

CONSTRUCCIONES EN CONCRETO ARMADO (LADRILLO CON COLUMNAS Y APORTICADAS)

- Forma inadecuada de la estructura para resistir sismos por la distribución antisimétrica de masas y rigideces, lo que produce una considerable torsión y trae como consecuencia concentración de los esfuerzos en los elementos de la zona flexible alejados del centro de corte.
- En las columnas rectangulares hay una gran rigidez en una dirección, pero muy débiles en la dirección transversal.
- Utilización de materiales de diferentes propiedades elásticas, en la misma edificación.
- Excesiva rigidez en las columnas (efecto de columna corta), por ejemplo los alféizares disminuye la altura libre de las columnas, produciéndose la concentración de la fuerza sísmica y por consiguiente mayores daños.
- El impacto entre dos estructuras contiguas, ocurre por el diferente modo de vibración de cada una de las estructuras y al no haber una junta de separación apropiada, trajo mayores daños a las estructuras.
- Juntas en lugares inapropiados (por ejemplo en la unión del fondo de viga con la cabeza de la columna).

3.1.5 METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE DAÑOS

Eliminar la vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales plantea la necesidad de buscar un nuevo modo de producción y por consiguiente un nuevo urbanismo, entendiendo este último como mecanismo regulador del modo de producción.

En los últimos años se han desarrollados metodologías para la estimación de daños en las edificaciones. Las metodologías de predicción de daños pueden ser clasificados en dos grupos mayores: métodos "empíricos" y métodos "teóricos"; ambos métodos tienen serias limitaciones.

Los métodos empíricos (Sauter et al 1978, 1980) reúnen y correlacionan la información de intensidad sísmica con la información de daños. Están basados sobre observaciones estadísticas de daños en edificaciones de sismos pasados. El método usualmente correlaciona la razón de daños con un parámetro de intensidad de movimiento, tal como la escala Mercalli Modificada MMI, para un sistema estructural dado (Fig 3.1). Estos métodos usualmente son adecuados para estimar daños regionales.

Los métodos teóricos (Whitman et al, 1973 y 1975) son basados en modelos matemáticos que utilizan las características dinámicas de la estructura que se investiga. La ventaja de estos métodos es que correlacionan factores físicos usados por ingenieros en diseño sísmico con la identificación de las estructuras. Estos métodos son adecuados para implementar las bases del diseño sísmico de las estructuras, según la estrategia de seguridad utilizada.

En el presente capítulo se aplica la metodología empírica propuesta por Sauter et al, 1978, 1980, para estimar las pérdidas que van a ocurrir en edificaciones de adobe, para un tiempo de exposición sísmica de 1, 25 y 50 años. Esto es, determinar mediante informaciones estadísticas pasadas la cantidad de edificaciones de adobe que colapsarán por efectos sísmicos en un período de tiempo especificado (Fig 3.2).

Esta metodología podría también ser aplicada en la estimación de pérdidas en otros tipos de edificaciones, tales como albañilería y concreto armado.

Los daños en las edificaciones se describen por una serie de estados. Cada estado de daño se define cualitativamente por el grado de daño estructural y no estructural y por el valor representativo del costo de reparación, expresado como razón o porcentaje de valor de la edificación, dado sobre un rango de intensidades sísmicas MMI esperadas para un período de tiempo dado.

Las informaciones disponibles del sismo de 1970 en Huaraz, reducen a dos los estados de daños en las edificaciones de adobe: los que sufrieron colapsos y los que sufrieron pequeñas fallas reparables.

Esta metodología considera solo un valor esperado de daño (razón de daño) sobre un rango de intensidades sísmicas MMI esperada para un período de tiempo dado.

La información disponible sobre evaluación de daños del sismo de 1970, en Huaraz, está asociada a las intensidades VII y VIII MMI, según el mapa de isosistas presentado anteriormente. La información estadística sobre la evaluación de daños se presentó en el capítulo anterior y se ha graficado en

La dispersión observada en la fig. 3.2 se debe a factores que modifican el grado de daño esperado. Los factores relevantes son los referentes a las condiciones de suelo y el estado de las edificaciones.

Los factores que consideran el suelo y la edificación se les ha denominado factor de zona, así tenemos que en algunos barrios se considera como factor de zona igual a 1 y en otros donde se observó mayor destrucción se tomó como factor de zona 3 ó 4.

3.1.6 CONDICIONES DEL SUELO

Los efectos sísmicos en el relieve urbano de Huaraz fueron estudiados sobre un área de 6.8 Km² aproximadamente. Los diversos tipos de fallas del terreno que se produjeron por efecto del sismo del 31 de Mayo de 1970, fueron:

Agrietamientos causados por las fuerzas tensionales de gravedad.

Abovedamientos debidos al paso de las ondas sísmicas y a la sobrecarga de las edificaciones, provocando asentamientos y levantamientos.

Asentamientos causados por abovedamientos, presencia de agua subterránea muy superficial y compactación diferencial.

Se realizaron estudios gravimétricos en Huaraz con la finalidad de determinar la profundidad del basamento rocoso. La ciudad de Huaraz sobreyace a sedimentos recientes, característicos de las ciudades que se ubican en el Callejón de Huaylas.

Las profundidades del basamento rocoso encontradas son variables desde 0 a 120 m. Las más superficiales corresponden a los sectores de Pedregal, San Francisco y Nicrupampa, en cambio las más profundas

corresponden al Casco Urbano.

En términos generales las condiciones del subsuelo se pueden resumir en los siguientes:

Estratos de suelos de gran potencia que amplifican las ondas sísmicas de la roca base.

La composición del subsuelo de Huaraz es muy variada.

Presencia muy superficial de la napa freática.

Debido a su reciente formación el subsuelo de Huaraz se encuentra en estado no consolidado.

3.1.7. ESTIMACION DEL DAÑO ESPERADO PARA UN PERIODO

Según la metodología propuesta por Sauter et al (1978 y 1980), la estimación del daño esperado en un tipo de edificación para un determinado período de exposición sísmica, se obtiene de la siguiente manera:

$$E.D. = \sum_{i=VI}^{i=IX} P(MMI=i) \cdot DR_i \cdot S_i$$

donde:

P(MMI=i): Probabilidad de ocurrencia de un sismo de MMI; igual a $P(MMI=i+1) * P(MMI \geq i)$.

DR Razón de daño para MMI=i, según Sauter y Shah (1978)

S Factor de zona considerado

En la Tabla 3.2 se presenta las probabilidades de ocurrencias de un sismo de intensidad MMI y las razones de daño propuestas por Sauter y Shah (1978) para diferentes intensidades sísmicas.

· PORCENTAJES DE DAÑOS VS. INTENSIDAD SISMICA PARA EDIFICACIONES DE ADOBE

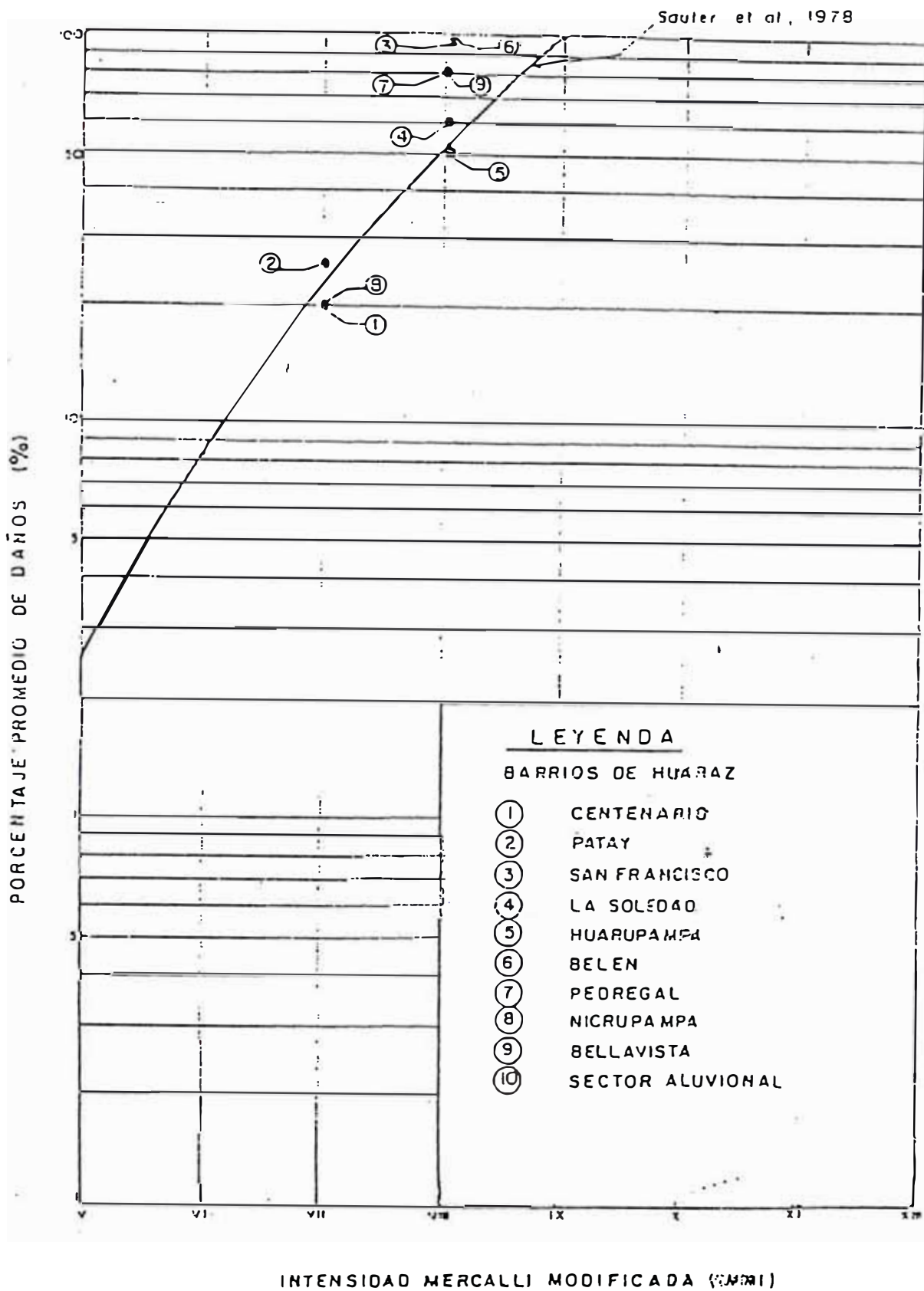


FIG. 3.2

TABLA 3.2

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE SISMOS DE INTENSIDAD MMI = I EN LA CIUDAD DE HUARAZ PARA UN DETERMINADO PERIODO Y RAZON DE DAÑOS ESPERADA

MMI	1 AÑO	25 AÑOS	50 AÑOS	RAZON DE DAÑO
IV	0,15700	0,00000	0,00000	0,000
V	0,57800	0,00005	0,00000	0,025
VI	0,22570	0,36650	0,13470	0,085
VII	0,03547	0,54152	0,69070	0,220
VIII	0,00361	0,08609	0,16390	0,520
IX	0,00022	0,00527	0,01046	1,000

3.2 ANALISIS DEL RIESGO SISMICO

3.2.1. EL RIESGO

El riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos. Medidas estructurales, como la intervención de la vulnerabilidad de las edificaciones y medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo pueden mitigar las consecuencias de un evento sísmico sobre una región o población. Para esto es necesario evaluar el escenario probable de efectos directos e indirectos de la región expuesta con el fin de definir el nivel de riesgo existente y las medidas para su mitigación, la eficiencia de las mismas y su orden de prioridades.

En la terminología técnica, actualmente se distinguen dos conceptos cualitativamente diferentes pero en ocasiones equivocadamente considerados como sinónimos:

La Amenaza o Peligro definida como una probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un sitio específico y en un período determinado. Representada por un peligro latente asociado con la ocurrencia de un fenómeno físico (factor de riesgo externo) que puede causar efectos adversos en los elementos expuestos.

El Riesgo definido como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias socioeconómicas en un sitio específico y dentro de un período de tiempo determinado. El riesgo puede reducirse o mitigarse puesto que no

solo depende de la amenaza sino, también, de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, la cual es en general modificable.

3.2.2. RIESGO SISMICO

Es de amplio conocimiento que el Perú se encuentra ubicado en una zona de gran sismicidad y por lo tanto está expuesto al peligro que esta condición representa.

El cálculo del peligro sísmico se realiza con la finalidad de predecir probabilísticamente las posibles aceleraciones, velocidades y desplazamientos que podrían ocurrir en un lugar determinado, considerando los datos de sismos pasados y las características tectónicas asociadas a la actividad sísmica.

En este capítulo se presentan los resultados de aceleración esperadas en términos probabilísticos, obtenidos con los parámetros de recurrencia del proyecto Ecosis-UNI (1983) tabla 3.5 y 3.6, Casaverde y Vargas (1982) tabla 3.4.

CAPITULO VI

DISCUSION DEL ESTUDIO

4.1 FACTORES DE LA VULNERABILIDAD

La Vulnerabilidad de la ciudad de Huaraz se debe principalmente a los siguientes factores

- a) - La ciudad se ubica en zona de alta actividad sísmica.
- b) - Las Condiciones Locales.
- c) - La forma de construcción y materiales utilizados, que no ofrecen resistencia sísmica.
- d) - El suelo donde se asienta la ciudad de Huaraz.

a)- Según la norma E.030 para el Diseño Sismoresistente, del reglamento nacional de construcciones (sección 2.1), La ciudad de Huaraz se encuentra localizada en la Zona 3, la cual caracteriza a las zonas de alta sismicidad, en la que ocurren desde sismos leves (menores a una intensidad de VI MMI) a sismos catastróficos (sismos con intensidades de grado X o mas MMI).

b)- Las condiciones locales comprenden el medio donde se asienta la ciudad, que está dado por sus características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas e hidrogeológicas.

Geológicamente la ciudad de Huaraz y sus alrededores se encuentra asentada en depósitos de origen volcánico y acumulaciones de material cuaternario.

En una revisión del plano geomorfológico del área urbana (plano 2) se puede diferenciar que la zona central de la ciudad de Huaraz se encuentra compuesta de material aluvional de origen reciente (originado especialmente del aluvión de diciembre de 1941), el cual se debe mencionar que está en proceso de consolidación, lo que lo hace propenso al asentamiento de las estructuras en la zona.

El nivel freático en el centro de la ciudad (Belen, San Francisco y La Soledad) es poco profundo, menor que 1.50 m. Al Norte en los barrios de Centenario, Patay y Nicrupampa el nivel freático se encuentra a 2.50 m. En el barrio del Pedregal el nivel freático se localizó a 3.50 m.

Cabe indicar que en la zona central, en la cual la napa freática se halla desde la superficie del terreno hasta una profundidad de 1.50 m, los suelos son de grano fino donde ocurre el fenómeno de capilaridad, aumentando la presión de poros y disminuyendo el esfuerzo de corte del suelo.

Fue precisamente la zona central, compuesta de los barrios de Belen, San Francisco y La Soledad, donde hubo el mayor porcentaje de daños.

c)- Sobre la forma de construcción y los materiales empleados Cabe resaltar que la gran mayoría de las viviendas actualmente (80 % aprox.) se encuentran construidas con material de adobe y son de 2 plantas, por la cual estas estructuras no ofrecen un buen comportamiento estructural, incrementando con esto la vulnerabilidad de la ciudad de Huaraz.

d)- La Ciudad de Huaraz presenta las condiciones de suelo más desfavorable debido a que presenta estratigrafía irregular, suelos blandos con poca capacidad portante que varía de 0.50 kg/cm² en el Centro Urbano a

valores de 2.5 kg/cm² en los barrios como Centenario, Patay y Huarupampa.

4.2 DISTRIBUCION DE DAÑOS DEL SISMO DEL 31 DE MAYO DE 1970

Adoptando como referencia la evaluación de daños del sismo del 31 de mayo de 1970 que afectó a la ciudad de Huaraz: se ha realizado la estadística sobre la distribución de daños que se muestra en la tabla 3.1 se observa que el tipo de material de edificación predominante es el adobe, con porcentajes que varían entre el 85 y 100%.

De la distribución de las edificaciones existentes, se observa una concentración de edificaciones de adobe en el Centro Urbano y el barrio Centenario, y barrios como Nicrupampa, Patay y Pedregal presentan una gran dispersión de edificaciones (adobe, ladrillo y concreto).

4.3 DAÑO ESPERADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ

La figura 3.2 muestra La gráfica porcentaje de daño VS. Intensidad sísmica en las edificaciones de adobe (Sauter et al, 1978). La dispersión observada en la fig. 3.2 se debe a factores que modifican el grado de daño esperado. Los factores relevantes son los referentes a las condiciones de suelo y el estado de las edificaciones.

Los factores que consideran el suelo y la edificación se les ha denominado factor de zona, así tenemos que en algunos barrios se considera como factor de zona igual a 1 y en otros donde se observó mayor destrucción se tomó como factor de zona 3 ó 4.

Del resumen de evaluación de daños de la ciudad de Huaraz causado por el sismo del 31 de mayo de 1970 y la estimación de daño

esperado (%) (según la metodología propuesta por Sauter et al, 1978, ver ítem 3.1.7) para un período de 1, 25 y 50 años, para los distintos barrios de la ciudad de Huaraz, se obtiene:

TABLA 3.3

ESTIMACION DEL DAÑO ESPERADO PARA UN PERIODO EN LA CIUDAD DE HUARAZ

BARRIO	DAÑO CAUSADO POR EL SISMO DE 1970 EN HUARAZ	FACTOR DE ZONA	ESTIMACION DE DAÑO (%)		
			1 AÑO	25 AÑOS	50 AÑOS
Centenario	20	1	4.4	20	25.9
Patay	25	1	4.4	20	25.9
San Francisco	95	4	17.6	80	100
La Soledad	60	3	13.2	60	77.8
Huarupampa	50	3	13.2	60	77.8
Belen	95	4	17.6	80	100
Pedregal	80	4	17.6	80	100
Nicrupampa	20	1	4.4	20	25.9
Bellavista	80	4	17.6	80	100
S. Aluvional	50	3	13.2	60	77.8

TABLA 3.4

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE SISMOS $P (MMI \geq i)$

VS. INTENSIDAD

INTENSIDAD	TIEMPO DE EXPOSICION SISMICA		
	1 AÑO	25 AÑOS	50 AÑOS
IV	1,00000	1,00000	1,00000
V	0,84300	1,00000	1,00000
VI	0,26500	0,99950	1,00000
VII	0,03930	0,63300	0,86530
VIII	0,00383	0,09148	0,17460
IX	0,00022	0,00539	0,01070
X	0,00000	0,00012	0,00024

4.4 RESULTADOS DEL RIESGO SISMICO

Como se pueda apreciar en la tabla 3.4, la intensidad varía de IV – X MMI, esperando la ciudad de Huaraz en el año 1 y para todos los años un sismo de intensidad IV MMI como mínimo y una probabilidad del 0.022 % que ocurra un sismo de intensidad de IX MMI. Para un período de exposición sísmica de 50 años existe la probabilidad del 1.07 % de que ocurra un sismo de intensidad de IX MMI

El riesgo sísmico para la ciudad de Huaraz es evaluado usando el programa de cómputo RISK, el programa determina el valor esperado anual y el riesgo sísmico anual, para intensidades especificadas, de manera inversa determinada la intensidad asociada a riesgo anuales especificados.

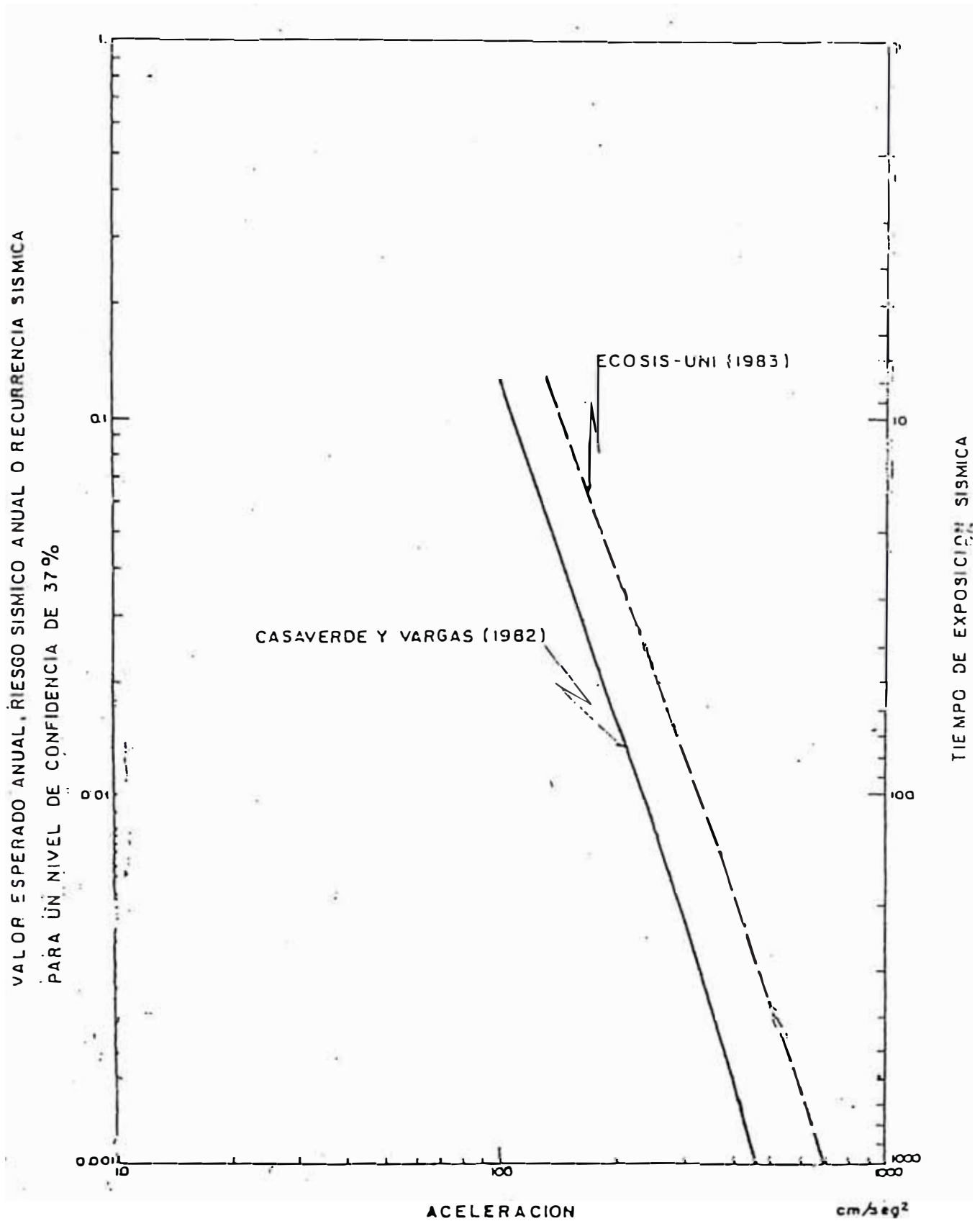
La salida del programa RISK que se presenta en las Fig. 3.5 y 3.6 (desarrollado por el Proyecto Ecosis-UNI) muestra los resultados de riesgo sísmico anual para aceleraciones de 100, 200, 1000 cm/seg² y las aceleraciones asociadas a riesgo anuales de 0.1, 0.05, 0.0333, 0.02, 0.01, 0.005 y 0.001. En la fig. 3.4 se utiliza los parámetros de recurrencia de Casaverde y Vargas (1982).

La gráfica del valor esperado anual asociado a una aceleración dada, se muestra en la Fig. 3.6.

Con los valores obtenidos en el cómputo se han trazado las curvas de riesgo sísmico para períodos de tiempo de 1, 25 y 100 años, que se presentan en la Fig. 3.7.(Proyecto Ecosis-UNI)

La recurrencia sísmica con un nivel de confianza del 90% es ploteada en la Fig. 3.8.

VALOR ESPERADO ANUAL Y RECURRENCIA SISMICA
PARA UN NIVEL DE CONFIDENCIA DE 37%



HUARAZ (77.57° W, 9.53° S)

FIG. 3.3

RIESGO SISMICO DE HUARAZ PARA UN TIEMPO DE EXPOSICION DE 1 AÑOS

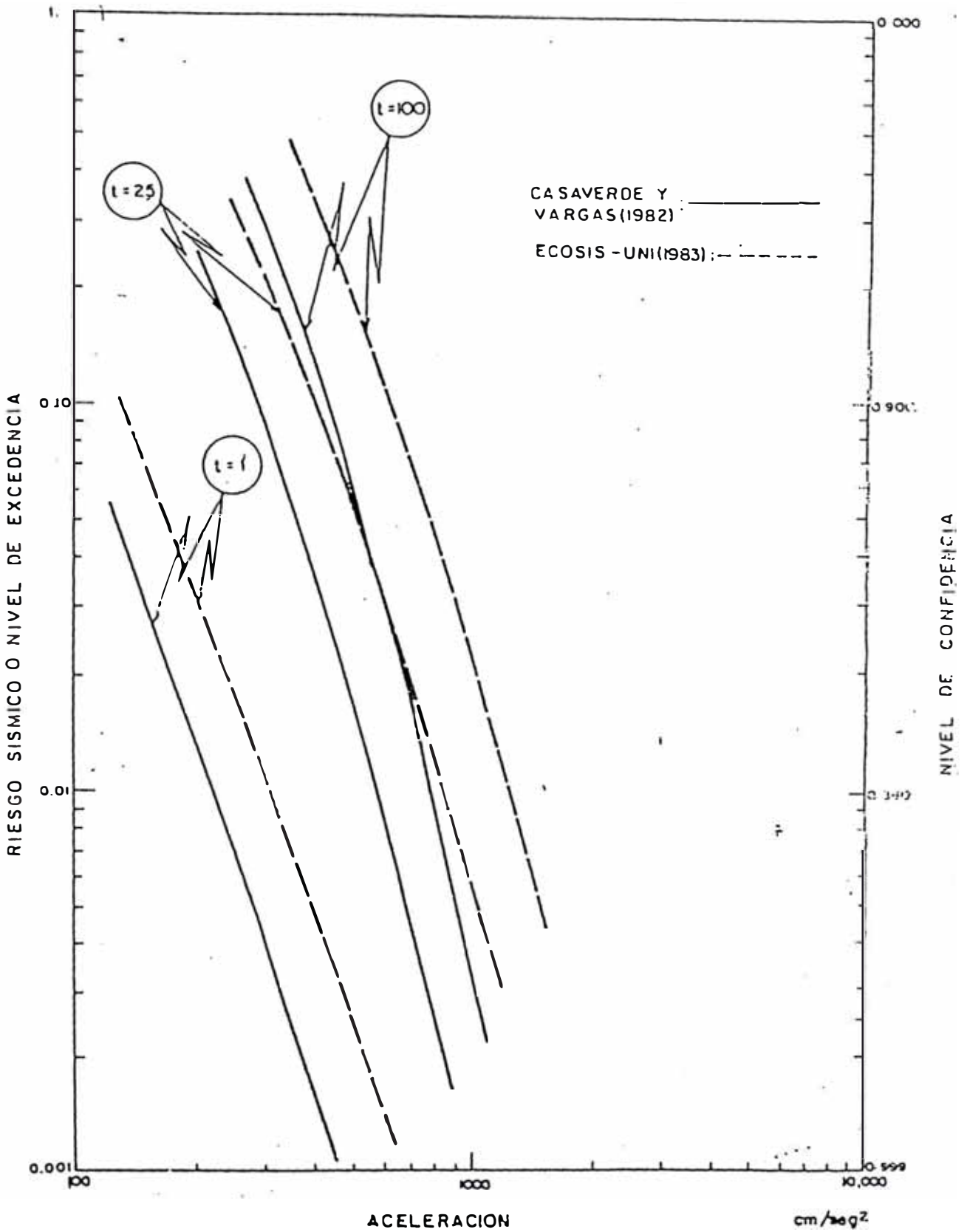


FIG. 3.4

HUARAZ (77.57° W, 9.53° S)

RECURRENCIA SISMICA DE HUARAZ PARA UN NIVEL DE CONFIANZA DE 90%

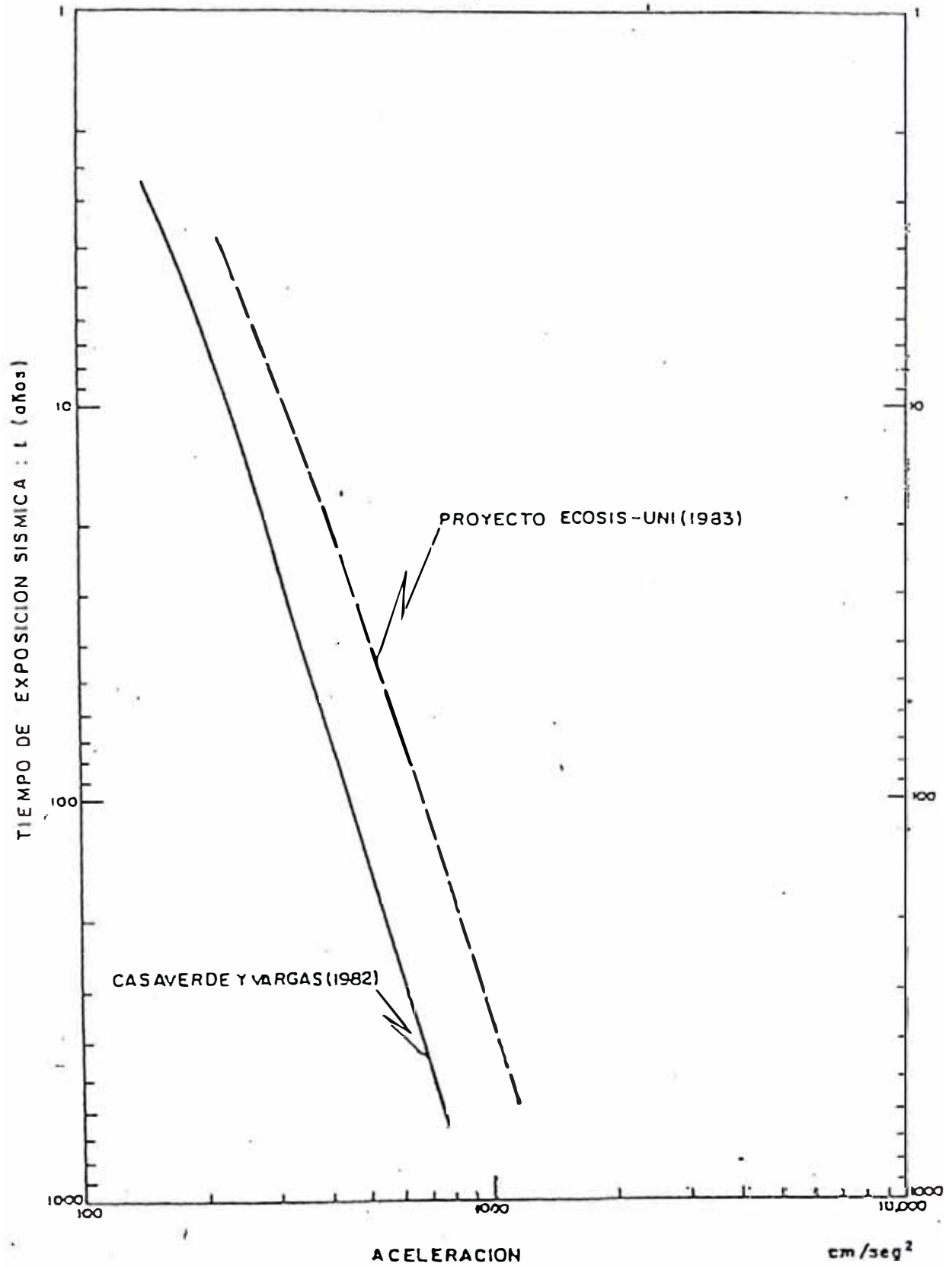


FIG. 3.5

HUARAZ (77.57° W, 9.53° S)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a)- Referente al estudio de la información existente :
- La falla geológica regional de la Cordillera Blanca no fue activada y no generó movimientos secundarios.
 - La ciudad de Huaraz se encuentra compuesta de material aluvional de origen reciente (originado especialmente del aluvión de diciembre de 1941), y se encuentra en proceso de consolidación.
 - Las condiciones hidrogeológicas son desfavorables, la napa freática se halla desde la superficie del terreno hasta una profundidad de 1.50 m . Los suelos son de grano fino donde ocurre el fenómeno de capilaridad, aumentando la presión de poros disminuyendo el esfuerzo de corte del suelo.
 - Las condiciones de suelo son desfavorables, la capacidad portante del suelo varia de 0.50 kg/cm² en la zona central a valores de 2.5 kg/cm² en barrios como Centenario, Patay y Huarupampa.

b)- Referente al sismo de 1970 :

- El sismo que afecto a la ciudad de Huaraz el 31 de mayo de 1970 fue de una intensidad de VII a VIII MMI. Debido a su distancia epicentral, a Huaraz le correspondía una intensidad de VII MMI, pero en el centro urbano de la misma alcanzó una intensidad de VIII MMI, debido a la amplificación sísmica causada por las condiciones locales del suelo.

- Sobre los daños que se produjeron en las edificaciones de adobe, estos variaron entre el 20 % y el 95 % durante el sismo de 1970. El mayor daño causado se produjo en la zona céntrica de la ciudad que afectó a los barrios de Belen, La Soledad y San Francisco. Los menores daños causados se registraron en los barrios de Centenario, Patay y Huarupampa.

- El sismo causó los efectos de :

- a- Agrietamientos.
- b- Abovedamientos.
- c- Asentamientos.
- d- Compactación Diferencial.

La onda sísmica produce compactación en materiales poco consolidados.

c) Referente al tipo de estructura :

- La gran mayoría de las viviendas actualmente (80 % aprox.) se encuentran construidas con adobe y son de 2 plantas. Estas estructuras no ofrecen un buen comportamiento estructural,

incrementando con esto la vulnerabilidad de la ciudad de Huaraz.

- Las estructuras en la ciudad de Huaraz varían desde el Adobe, Ladrillo sin Columnas, Ladrillo con Columnas y Concreto Armado,
- Se puede concluir que las fallas en las edificaciones se concentran mayormente en las construidas con adobe y ladrillo sin columna (no confinada), debiéndose principalmente a la mala estructuración, mala calidad de los materiales usados y falta de criterio de estructuración sísmoresistente.

d)- Referente a la Vulnerabilidad :

- La información disponible del sismo de 1970 en Huaraz reduce a los estados de daños en las edificaciones de adobe distinguiéndose dos tipos : los que sufrieron colapsos y los que sufrieron pequeñas fallas reparables.
- Las razones de daño varían de acuerdo a las condiciones que se presenta suelo, tipo de material de construcción y estado de la estructura.
- El valor probable del potencial de pérdidas, equivale al número de edificaciones que se perderían en un período de exposición determinado por la sismicidad de la región, las condiciones del suelo y el estado de las edificaciones.

E)- Referente al riesgo sísmico :

- La Cordillera Blanca se encuentra emplazada entre dos sistemas casi

paralelos de fallamiento regional que están parcialmente sísmicamente activos.

El sistema de fallamiento al Nor-Este de la Cordillera Blanca viene del Sur, desde la latitud 13° Sur paralelo al eje Andino y muestra un largo de conocido de 30 Kms.

El otro sistema de fallamiento se le conoce como falla de la Cordillera Blanca. La longitud total es de 180 a 200 km se ubica al Nor-Este de Huaraz.

Históricamente, no hay registro de que haya ocurrido un terremoto fuerte a lo largo de la parte Central y Sur de la falla de la Cordillera Blanca. Sin embargo el 5 de Marzo de 1935 un sismo local violento sacudió el pueblo de Ticapampa, que se encuentra al Sur de la falla de la Cordillera Blanca, con esta evidencia se concluye que esta falla continua activa en el presente siglo y que la ocurrencia de un sismo destructor no se descarta.

Los sismos mas importantes se han producido en la costa y se estima como promedios intensidades de VII a VIII MMI.

La metodología indicada puede ser usada para la para la evaluación del riesgo sísmico en términos de aceleraciones, intensidades, velocidades ó desplazamientos.

La utilización de términos probabilísticos en riesgo sísmico permite interpretar de manera real el peligro sísmico esperado en la ciudad de Huaraz.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda no construir edificaciones en el perímetro de la zona aluvional.

En el casco urbano la napa freática está bastante cercana a la superficie natural del terreno, razón por la cual el grado de destrucción de las edificaciones fue mayor, por lo que se recomienda tener en cuenta el mayor riesgo sísmico considerado para esta zona.

Se recomienda realizar estudios complementarios para modelar el sistema de fallas de la Cordillera Blanca y determinar la influencia del riesgo sísmico.

Debido a la falta de criterio sísmico en la estructuración y diseño, aparte de que los materiales usados son de mala calidad es necesario mejorar el control de obra en toda el área de Huaraz, introduciendo el criterio sismo-resistente en la estructuración y diseño.

No se recomienda la construcción de edificaciones de adobe en la ciudad de Huaraz, debido al mal comportamiento estructural y las condiciones desfavorables de los suelos en la cual se cimienta.

BIBLIOGRAFIA

ESTUDIO DE ZONIFICACION DE HUARAZ – INDEPENDENCIA 1996 – 2000.

Municipalidad Provincial de Huaraz. Dirección General de Acondicionamiento y Desarrollo.

INGENIERIA SOCIAL. SOLUCIONES PARA AREA DE RIESGO.

Ing. Luciano Spiandorin. Conferencia Internacional sobre Desastres Naturales. Huaraz 1985.

TERMINOLOGIA EMPLEADA EN LA ADMINISTRACION DE LOS DESASTRES DE LA NATURALEZA

Gral. De Brigada EP. Carlos Tafur Ganoza. Jefe del INDECI. Conferencia Internacional sobre Desastres Naturales. Huaraz 1985.

URBANIZACION Y VULNERABILIDAD SISMICA EN LIMA

Andrew Maskrey. Editorial PREDES 1986

MICROZONIFICACION SISMICA APLICADA AL PLANEAMIENTO URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

Julio Kuroiwa. CISMID. 1991

ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE HUARAZ.

Edwin Abel Ordoñez Huaman. Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil. UNI. 1984

PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES. I CONFERENCIA NACIONAL PARA PRESIDENTES DE COMITES DE DEFENSA CIVIL. HUACHO 1995.

REVISTA "PREVENCION" Nro. 9 Año 4

Editorial PREDES 1997

REVISTA "DEFENSA CIVIL".

INDECI. Nro. 3 Año 1 . 1995 y Nro. 4 Año II. 1996

**INFORME DEL PERU PARA LA CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE REDUCCION
DE DESASTRES NATURALES 1990 – 2000.**

INDECI 1994

MICROZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE HUARAZ.

**Cirilo Grimaldo Armas Aguirre. Tesis para optar titulo profesional de Ingeniero Civil.
UNI. 1973.**