

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO SOBRE EL SISMO DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966

TRABAJO DE INVESTIGACION PRESENTADO POR.
GUILLERMO ESPINOZA ROMERO
RAUL FUKUDA SUSUKI
PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

ASESORES DE TESIS:

Dr. Ing. Teófilo Vargas S,
Ing. Luis Zapata B.

PROMOCION 1966

"Si un Arquitecto Edifica una casa y no hace bien la construcción, y la casa que ha construido se hunde y causa la muerte del dueño, debe condenarse a muerte al Arquitecto."

Código de Hammurabi.
(2130-2088 a.J.C.)

A nuestros padres.

Nuestro agradecimiento al Ingeniero
Juan Sarmiento y al Dr. Ing. Ricardo
Yamashiro por sus valiosas ense-
ñanzas.

Nuestro profundo y sincero agradecimiento por la amplia y desinteresada asistencia prestada en la preparación de este Proyecto de Grado al Dr. Ing. Teófilo Vargas y al Ing. Luis Zapata B.

I N D I C E

PROLOGO

CAPITULO I Sismicidad de la Región.

CAPITULO II Características Sismológicas del Terremoto.

CAPITULO III Modelos para clasificación de daños.
Escalas utilizadas.

CAPITULO IV Características Geológicas de la Región.

CAPITULO V Clasificación de daños y dibujo de Isosistas.

CAPITULO VI Materiales y Sistemas de Construcción.

CAPITULO VII Estudio sobre algunas estructuras importantes.

CAPITULO VIII Descripción de daños.

CAPITULO IX Conclusiones y Recomendaciones.

RECONOCIMIENTO

BIBLIOGRAFIA.

P R O L O G O

El tratamiento a los problemas estructurales, originados por los sismos, ha ido evolucionando en nuestra patria, en la medida en que el tiempo y los recursos humanos así lo permitían.

Bueno es anotar, sin embargo, que esta evolución ha sido lenta en comparación con la casi totalidad de los países que por su ubicación geográfica, están obligados a darle suma importancia a esta disciplina. En consecuencia hemos estado relegados a la posición de receptores, más que contribuidores en el desarrollo de la Ingeniería Antisísmica. Tal posición aceptable en ciertos aspectos generales de las ciencias, puede venirse a menos cuando se adoptan a ciegas medidas y códigos extranjeros a problemas peruanos. Sin embargo es de justicia relieves investigaciones sísmicas precedentes.

En atención a éllo, me especialmente grato presentar el trabajo de los ex-alumnos Guillermo Espinoza R. y Raúl Fukuda, que dentro de las limitaciones que anotaba anteriormente se han esforzado para contribuir a que cuando menos un pequeño campo de la Ingeniería Estructural sea atendido con estudios hechos por nosotros mismos, y que reflejen nuestra realidad.

El problema de los efectos estructurales producidos por los sismos que nunca antes se supo con que intensidad se presentaban es tratado con el uso de las teorías del diseño estructural y la adecuada y minuciosa recopilación de datos; así mismo se han dado los primeros pasos para futuros estudios sobre microregionalizaciones.

Ing. Luis Zapata B.

CAPITULO I

SISMICIDAD DE LA REGION

La República del Perú, situada en la parte central-Occidental de América del Sur, se encuentra en el bien conocido Cinturón Sísmico del Pacífico. La región está atravesada de Norte a Sur por la Cordillera de los Andes y dividida por ésto en tres regiones: Costa, Sierra y Selva.

Por encontrarse en el Círculo de Fuego del Pacífico nuestro territorio es constantemente sacudido por terremotos. En el transcurso de los siglos se ha determinado que los epicentros de los grandes terremotos del Perú y de Chile se encuentran frente a determinadas fosas o posibles fallas en las profundidades del océano. Frente éstas áreas se tienen los testigos cristalinos arcaicos, ubicados en el Norte, los cerros de Illezca y Solar de Paita, y en el Sur los testigos de Mollendo, Camaná y Ocoña, y una parte de la costa del departamento de Ica. Frente al litoral del departamento de Piura e Ica, la costa arcaica se hundió el Pacífico dejando como atalayas las islas de Lobos de Tierra y Lobos de Afuera.

Justamente la causa de los continuos terremotos se ha visto que han ocurrido en los puntos donde se encuentran las fosas submarinas: la de Boswarta al Norte y la de Lima, Arequipa y Arica.

Existe una zona de probable falla que corre de Sur a Norte paralela a la línea de la costa; en la parte sur su recorrido es continental más o menos a 70 Kms. del perfil de la costa, coincidiendo con la llanera costanera, penetra en el Pacífico por la Península de Paracas para recorrer mar adentro, siempre paralela y a 70 Kms. de la costa coincidiendo con la fosa de Lima. Sin embargo parece que esta zona sismotéctónica tiene 2 bifurcaciones, una que comienza en Paracas, bordea la costa y mediante una inflexión penetra en el mar coincidiendo más o menos con la otra bifurcación perpendicular a la principal que convoca en Caravelí y penetra en el Pacífico. Esta bifurcación sería la prolongación de la Cordillera submarina llamada Cordillera de Nazca.

Como evidencia sísmica de la existencia de esta zona, podemos mencionar el suceso de alineamiento de sismos destructores de diferente magnitud y profundidad que varía de 300 a 60 Kms., asociado a una densidad más o menos notable de sismos débiles; la acumulación de epicentros de sismos pequeños en la zona denominada "Sistema de fallamientos de San Agustín", los mismos que se distribuyen en forma vertical y que colaboran en la descripción de la falla que pasa por Lenta y Characato. Así mismo la explosión la alta actividad sísmica que se está registrando en Ica; la existencia de la cadena submarina de Nazca y por último la traza coincide con la Fractura Circunspacífica descrita por Benioff.

(ref.1.4.)

Por lo tanto acerca del origen de la sismicidad en el Pe
rú, debemos considerarla netamente tectónica. Aun cuando en la
zona sur sean a veces volcánica dada la abundancia de los casos
de este género. En los Andes son muchas veces de tipo mixto es
decir volcánico-tectónicos con repercusiones a veces de uno so -
bre el otro, aunque casi siempre locales, no extendiéndose mucho
su campo de acción.

Efectivamente se ha demostrado que la sacudida de los vol
vanes son generalmente locales y de áreas retringidas, mientras
los grandes terremotos del Perú han atravezado áreas muy extensas
revelando su origen catastrófico. (Ref. 1.2).

En la parte central del Perú, existen posibles zonas de
falla, las cuales han sido inferidas por Huaco y Castillo debido
al alineamiento de algunos epicentros y a que en marzo de 1962
dió muestras de mucha actividad en la zona de Yungue que pasa
por Cerro de Pasco.

En la zona de la selva, que se encuentra a un nivel un
poco superior que el del mar. y es muy basta y casi plana, los
sismos practícamente no ocurren y ésta es característica también
de la zona del Brasil. Se exceptúa en el Perú la zona Nor-Orien
te, en la cual la actividad tectónica es relativamente alta. Se
tiene datos desde 1560 así como de su reciente actividad en mar
zo de 1963. Las manifestaciones exteriores se ignoran por ser
una zona cubierta por exhuberante vegetación.

La sismicidad en el Perú, es pues bastante alta, y datos estadísticos de los últimos 400 años están llenos de efectos destructivos de terremotos.

Es interesante anotar que los últimos grandes terremotos en estos tiempos han tenido un intervalo de 10 años cada uno, excepto con el último del 17 de Octubre, y han afectado las 3 ciudades principales del Perú; Lima, Cuzco y Arequipa.

A continuación presentamos por orden cronlógico los principales sismos ocurridos en la República y sus efectos más importantes y muchas veces curiosos, indicando siempre la ciudad más afectada por élla. Estos datos se han encontrado gracias a las antiguas crónicas que bien o mal relatan estos fenómenos.

1552, Junio 2.

LIMA: Daños considerables en Lima; destrucción en Arequipa; muchos viñedos quemados por las cenizas.

1553,

LIMA: El mayor temblor desde su fundación. En este año vióse en el asiento minero de Pasco un cometa.

1569,

ICA: Aproximadamente de grado X. La Villa de Valverde fue destruida, y reconstruida en su lugar la actual ciudad de Ica.

1578, Junio 17.

LIMA: Se destruyeron iglesias, residencias y el Palacio del Virrey.

1582, Enero 22.

AREQUIPA: A las 11 1/2 horas. Intensidad aproximada, grado X de Mercalli Modofocada; radio de alcance 1000 Kms. Destrucción casi total de edificios, iglesias canales de irrigación, etc. Estos canales derramaron sus aguas por la ciudad. Muchos muertos y heridos. Fue un estremecimiento de tierra sin ruido alguno.

1586, Julio 9.

LIMA: Gran parte de Lima destruida. Intensidad VIII. Más de 20 muertos. El mar subió 14 brazas y destruyó

unos 300 metros tierra adentro en el Callao. Se cayeron las torres de la Catedral. Al sismo procedió un gran ruido. Ola sísmica destructiva en Trujillo.

1587, Julio 9.

PIURA: En las primeras horas de la noche, propagándose 600 Kms por la Costa. El antiguo pueblo de Sechura fue destruido por acción de las olas del mar.

1600, Febrero 28.

AREQUIPA: Intensidad IX. Sacudimientos fuertes de una serie continua de movimientos que alcanzó un radio de 100 Kms. destruyendo las aldeas de Quinistacas y Quate, situadas al pie del cerro. Erupción de volcán Huaynaputina al SE. de Arequipa. Temblores continuos posteriores durante 1 semana .

1604, Noviembre 24.

AREQUIPA: Grado IX. Desprendimiento de rocas en los cerros; deslizamientos y grietas del suelo, donde desaparecieron corrientes de agua. Ola sísmica destruyó Pisco y Arica.

1609, Octubre 19.

LIMA: Destructivo en Lima; daños considerables en la Catedral, que tuvo que ser prácticamente reconstruida.

1618, Febreo 14.

TRUJILLO: Entre las 6 y 7 horas, Violento terremoto de grado VIII. se vió en la cierto una columna de fuego a modo de cometa que desapreció.

1619, Febrero 16.

PIURA: A las 11 1/2 horas. Destruyó algunos edificios de la costa y ocasionó deslizamientos de tierra en la sierra. El sismo afectó unos 1900 Kms. en dirección N-S, y unos 230 en dirección E-O a partir del lirural, Murieron mas 350 personas en toda la zona. 130 fueron de la ciudad de Trujillo.

1630, Noviembre 27.

LIMA: Aproximadamente de intensidad VIII de Mercalli Modificada. Destrucción moderada.

1647, Mayo 13

ICA: Grado IX. No se tienen más datos acerca de este temblor.

1650, Marzo 31.

CUZCO: A las 13 horas, fuerte movimiento que destruyó la ciudad. Se contaron hasta las últimas horas del día, hasta 400 remezones y hasta el final del año acerca de 1500. Se sintió en Lima.

1655, Noviembre 13.

LIMA: Destrucción grave de Lima, trayendo a tierra varios edificios principales, se sintió 100 leguas al Norte y Sur por la costa. y 50 leguas hacia la sierra Daños considerables y rajaduras en el suelo del Callao.

1664, Mayo 13.

ICA: A las 4 1/2 horas. Grado IX. Destrucción total. Grados fusuras en el suelo. Sólo sobrevivieron 200 habitantes. Sacudimientos por varios dias. En Pisco, a la sismica causó 70 muertos, invadiendo parte de la población.

1678, Junio 17.

LIMA: Destrucción de muchos edificios. Intensidad VIII. La sismica en Santa llevó buques de 100 Ton-bas - tante tierra adentro.

1687, Octubre 20

LIMA: Destrucción de Iglesias, Grado IX. La mayor parte de Lima en minas. El palacio del Gobernador seriamente dañado. Más de 5000 muertos en todo el territorio. La sismica en el Callao, Chancay y Pisco.

AREQUIPO: Grado IX. Destrucción casi total. Edificios en pie quedaron inhabitables.

1696, Octubre 20.

ICA: Ola sismica. tal pueblo de Pisco se hundi6 por desbarrancamiento al mar, de modo que hoy est6 ah6 la vada; el pueblo fue reconstruido tierra adentro.

1707, Setiembre 17,

CUZCO: A las 12 h. fuerte movimiento. En Cerpi, murieron 160 personas y hubo cientos de heridos. Hasta Octubre se contaron hasta 28 temblores.

1709, Octubre 24.

LIMA: Grado VII. al igual que el del 20 de Diciembre. De ese grado fueron tambi6n una serie de sacudimientos ocurridos desde el 20 de Marzo hasta el final del ano.

1715, Agosto 22.

AREQUIPA: Entre las 21 y 22 horas. intensidad aproximada grado VII de Mercalli. Quedaron algunas cosas inhabitables. Desprendimiento de piedras en las bóvedas.

1725, Enero 6.

ANCASH: A las 11 1/2 horas. Hubo derrumbes de tierra, produciendo un represamiento que inund6 el pueblo.

1725, Enero 8.

AREQUIPA: A las 8 horas. Intensidad aproximada; grado VII de Mercalli. Modificada. Radio de acción 800 Kms. Las personas no pudieron tenerse en pie. Algunos daños en los templos, casa muy dañadas. El sismo se presentó con "espantoso estruendo" y produjo una gran polvareda. Hubo ruidos y seguidos movimientos posteriores.

1732, Enero 23.

AREQUIPA: A las 18.30 horas. Grado aproximado de Mercalli. VII. Destrucción leve en Arequipa y Lima.

1746, Octubre 28.

LIMA: A las 22 1/2 horas. Grado X en Lima; Callao IX , Chancay, Jauja y Pativilca VIII; Tacna VII. En el Callao ola sísmica mató a 5000 habitantes, sobreviviendo solamente 200, además de destruir los barcos. Por desbarrancamiento de la costa se formó una nueva bahía. Los puertos de Guañape y caballas fueron destruidos por la ola. sacudimientos consecuentes se registraron en número superior a 200 en las 24 horas siguientes, y hasta febrero del año siguiente se registraron mas de 5000.

1784, Mayo 13.

AREQUIPA: A las 7 1/2 horas, se produjo un violento temblor de cerca de cuatro minutos de duración. Intensidad XI. Cerca de 300 muertos. Destrucción total. Surge mucha agua subterránea. En el mismo año, erupción del Misti que destruyó aldeas indígenas al pie del cerro.

1806, Diciembre 1°

LIMA: Fuerte movimiento con leves daños. ola sísmica en el Callao, llegó a una altura de 6 Mts. dejando varadas las embarcaciones en tierra. En todo el litoral fueron destruidos muchos edificios.

1814, Febrero 1°

PIURA: A las 05 horas. causó grandes daños en la ciudad y fue seguido por abundantes lluvias.

1819, Febrero 8.

AREQUIPA. Grado VII en la escala de intensidad de Mercalli Modificada. Duración aproximada 1 minuto, Daños leves.

1828, Marzo 30.

LIMA: A las 7.30 a.m. Grado VIII, Grandes desprendimientos de peñas cerca de San Mateo. 30 muertos en Lima Ciudades costeras al norte de Lima fueron destruidas (probablemente por ola sísmica).

1839, Junio 10 .

ICA: Grado VII de Mercalli, Arruinó varios edificios. Se repitieron cerca de 30 movimientos posteriormente

1857, Agosto 20.

PIURA: Aproximadamente a las 7 horas, Intensidad VIII de la Escala Mercalli, Modificada. Del fondo de grietas salió fango negro.

1868, Agosto 13.

AREQUIPA: A las 16 3/4 horas. Grado XI. Más de 2000 muertos. Del Misti salió humo sin erupción. La onda sísmica abarcó la costa, desde Trujillo hasta Concepción (cerca de 3000 Kms.) y destruyó y perjudicó gravemente al Callao, Arica e Iquique. Duración del movimiento apreciado en 7 u 8 minutos. Los remezones siguieron con continuidad hasta Octubre, espaciándose posteriormente.

1904, Marzo 4.

LIMA: Intensidad VIII. A las 5 1/4 horas. Recorrió de a Norte una extensión aproximada de 900 Kms, y de Lima hacia el Este 300 Kms, hasta el pueblo de Bermudes. Fué mas fuerte en Chorrillos donde causo muchas muertes y las faldas de los cerros.

1912, Julio 24.

PIURA: A las 6 3/4 horas, intensidad aproximada X de

Mercalli; duración de la sacudida aproximadamente un minuto. Area afectada 375 Kms. hacia el Norte 840 Kms. al Sur 240 Kms. al este y 55 Kms. al Oeste. hasta el mar. Destrucción parcial de los edificios no quedando ninguna cosa en buen estado. Perturbación en el suelo quedaron muertos 6 personas.

1933, Setiembre 18.

TACNA: A las 5 y 45 de la madrugada destrucción de muchos edificios incluyendo la iglesia recién construída. Murieron 18 personas y hubo 25 heridos . El movimiento se sintió en Arequipa.

1940, Mayo 24.

LIMA: A las 11 y 34 de la mañana, un violento temblor sacudió la ciudad reduciendo a escombros numerosas construcciones. Según estimaciones los grados de intensidad fueron diferentes en zona relativamente cercanas: En el Callao y Chorrillos VIII de la escala Mercalli modificada. En el Rimac y en las zonas cercanas a los cerros en la Molina entre VII y VIII; la zona antigua de Lima VII, mientras los balnearios del sur Miraflores, Oarrantia y San Isidro fueron los menos afectados con una intensidad aproximada de VI.

1946, Octubre 1°.

SIHUAS: Un intenso sismo causó grandes daños, quedando inhabitables el 98 % de las construcciones. El material empleado en ella es el adobón con techos de tejas.

1947, Noviembre 1°.

SATIPO: Este sismo particularmente intenso afectó un área aproximada de 1'300,000 Kms². la máxima aceleración en Satipo fué de 309 mm/seg². Su máxima intensidad se presentó en una zona despoblada de la selva. Pudo haber llegado a IX en la Escala Mercalli.

Causó el colapso de la casa de Comercio y un Hotel de 2 pisos con muros portantes de ladrillo.

Las construcciones de tapiales fueron completamente destruídas, mientras que las de madera resistieron bastante bien el sismo.

En San Ramón causó el colapso de un edificio antiguo de adobe de 2 pisos. Una moderna construcción de ladrillo y cemento del casino de Sub Oficiales en la Base Aérea, presentaba un desquiciamiento en las esquinas del 2do. piso.

En otros lugares causó daños variables.

1950, Mayo 21.

CUZCO: A la 1.38 p.m. fué sacudida por un violento temblor que a pesar que causó cuantiosos daños materiales, no produjo pérdidas de vida ya que la mayoría de los habitantes se encontraban esperando un partido en el Estadio. La intensidad fué estimada entre VI y VII y la duración del terremoto se calcula en 40 a 50 segundos. El área epicentral estuvo confinado al valle del Cuzco. De 4800 casas quedaron habitables tan solo 50.

1950, Diciembre 9.

ICA: Intensidad VI de la Escala Mercalli modificada. Afectó muchas casa de adobe en mal estado. Las construcciones en buen estado quedaron intactas.

1953, Diciembre 12:

TUMBES: A las 12.30 p.m. la ciudad fué sacudida por un movimiento cuya intensidad fué calculada entre VII y VIII. Tubo una duración de 30 a 40 segundos. Se sintió en la zona norte del Perú y sur del Ecuador El sismo causó 6 muertos, 20 heridos y cuantiosos daños materiales. En las ciudades de Tumbes y Corrales.

Largas grietas se produjeron en los terrenos húmedos en dirección norte y sur y otras más extensas.

corrian a lo largo del canal de irrigación, una de ellas tenia aproximadamente 50 mts. de longitud y alcanzaba en algunos trechos 30 a 40 cms. de ancho. Un tramo de la carretera panamericana construida sobre este tipo de terreno se agrietó profundamente. En la quebrada de Bocafán también aparecieron grietas lo mismo que en las playas de Puerto Pizarro, con orientación de Este a Oeste.

La magnitud del sismo fué calculada como $7 \frac{3}{4}$ (Pasadena) $7 \frac{3}{4}$ (Estrasburgo).

1958, Enero 15.

AREQUIPA: A las 14 h. 15 m. 50 s., la ciudad blanca fué sacudida por un intenso sismo de duración $1 \frac{1}{2}$ minutos aproximadamente. La magnitud fué estimada en 6.0 de la escala Gutcher-Richter y el epicentro se supone estuvo en la falla de San Agustín que atravieza la ciudad. Hubo 16 muertos en los distritos de Arequipa y 6 en la Provincia de Islay contandose muchos heridos, en el lugar denominado "Casa Rosada", el sismo provocó el colapso de 50 %. En el distrito de Tiabaya fué la zona mas afectada, 3000 familias quedaron sin albergue, por el colapso de las débiles construcciones muriendo 3 personas y quedando numerosos heridos.

El ferrocarril Mollendo-Puno, quedó interrumpido por los extensos derrumbes producidos sobre la vía. También se interrumpió la carretera panamericana desde Caravelí hasta Arequipa.

Las tuberías de desagüe se rompieron debido al agrietamiento del suelo.

1960, Enero 13.

AREQUIPA: A las 10 h. 40 m. del 13 de Enero de 1960 a 2 días del aniversario del terremoto de 1958, Arequipa fué abatida por un violento sismo. Sus efectos se sintieron hasta en Lima y Arequipa. La intensidad se estima entre VI y VII de la Escala de Mercalli modificada.

El sismo fué seguido por varias repeticiones, una de ellos tan intenso como el primero.

En Arica, el temblor agrietó paredes y causó la caída de muchas cornizas. En cuanto a Arequipa quedaron interrumpidos todos los medios de comunicación, igual que el servicio de agua y electricidad; 50 casas fueron reducidas a escombros y el 40 % de las casas quedaron averiadas.

Nuevamente fue Tiabaya la zona más afectada ya que muchas casas sufrieron el colapso causando numerosos muertos y heridos.

En general, el sismo causó 63 muertos y cerca de 200 heridos y los daños fueron mayores que los causados por el sismo de 1958 debido a que los daños se habian acumulado.

1963, Setiembre 24.

LIMA: A las 11.30 a.m. del 24 de Setiembre de 1963 la parte sur del departamento de ancash y la parte norte del departamento de Lima fueron sacudidos por un sismo, de grado VI a VII de la Escala Mercalli Modificada.

En Lima, el sismo se sintió con una intensidad cercana al grado VI M.M. y tuvo una duración mayor de 40 segundos pero prácticamente, sólo produjo alarma en la población.

Los daños ocasionados fueron mayormente en zonas rurales y fué altamente instructivo en lo que se refiere a daños sobre construcciones de adobe. También sufrieron daños algunas obras de Ingeniería Civil como canales, caminos etc.

REGISTRO DE
NUMERO DE
SISMOS
VS.
MAGNITUD

A partir de 1913 se tienen datos de: ubicación de epicentros, profundidades focales y magnitudes de los sismos más importantes ocurridos en la zona. Estos se incluyen en el mapa N° 1 que cubre un radio de 300 km. alrededor de Lima.



- Profundidad menor de 60 Km. 1913-63 ○
- Profundidad mayor de 60 Km. ●
- Sismos destructivos antes de 1913 ⊕
- Zonas de fractura ||| ||| |||
- Probables zonas de fractura - - - - -

MAPA N° 1

Epicentros de sismos en la zona del departamento de Lima y zonas cercanas

Como un primer estudio se ha preparado un gráfico donde la ordenada representa el logaritmo base 10 del número de temblores (N) de magnitud $M \pm 0.5$ y en las abscisas la magnitud M en la escala de Richter. Aproximando una recta de mínimos cuadrados en esta gráfica, se obtienen los siguientes resultados sobre la sismicidad de la zona, referidos a un periodo de 53 años sin considerar los sismos de magnitud inferior a 4 :

37	temblores con magnitud entre 4.5 y 5.5
27	temblores con magnitud entre 5.5 y 6.5
16	temblores con magnitud entre 6.5 y 7.5
4	temblores con magnitud entre 7.5 y 8.5

Los cálculos previos a la preparación de la gráfica han sido los siguientes:

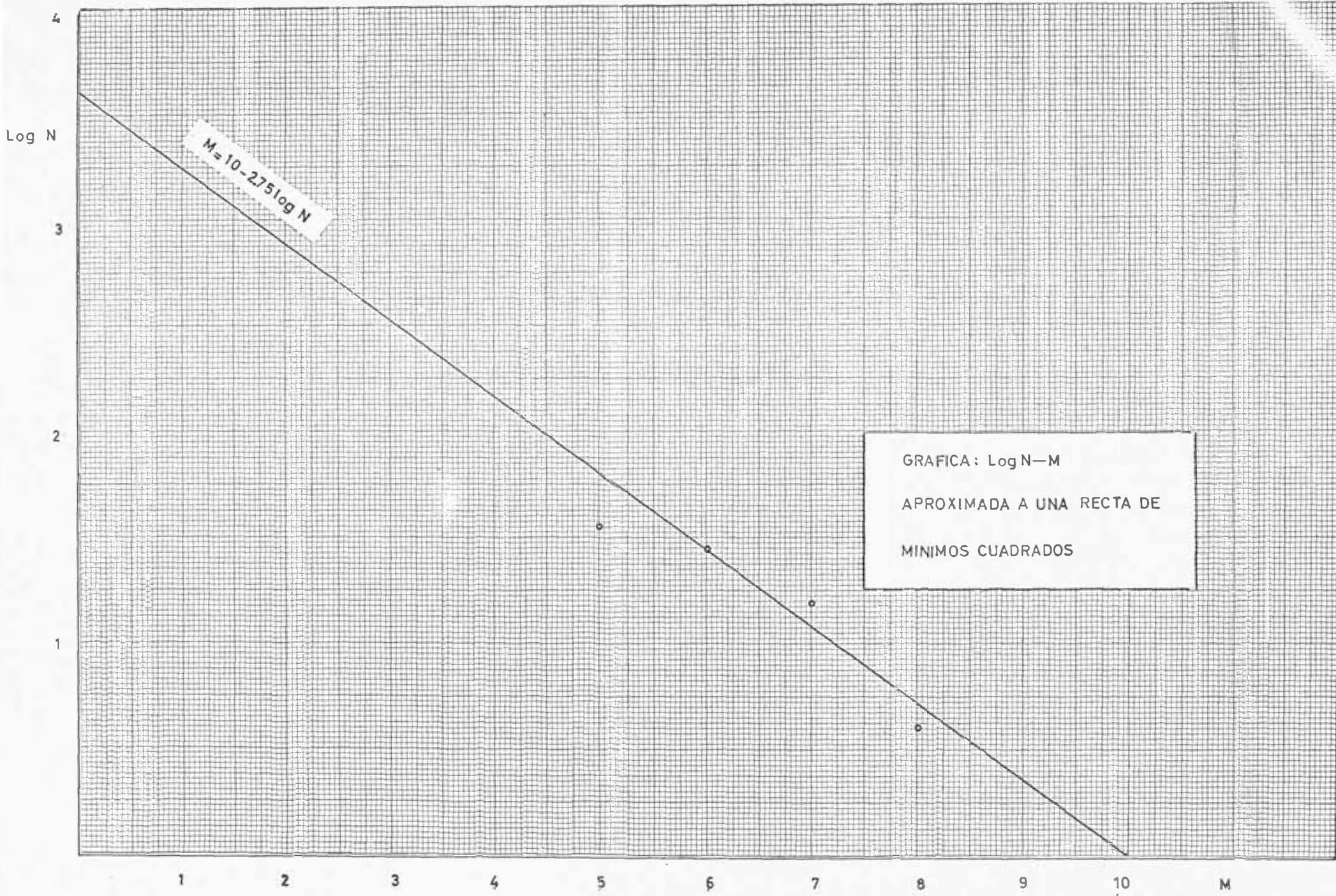
$$N = \text{número de sismos de Magnitud } M \geq 5$$

La gráfica será una recta que tendrá que cumplir la siguiente ecuación:

$$M = b_0 + b_1 \text{ Log } N$$

$$b_0 = \frac{\sum (y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b_1 = \frac{n (\sum xy) - (\sum y) (\sum x)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$



Siendo: $M = Y$ $\text{Log } N = X$ $n = 4$

M	N	Log N=X	M = y	(Log N) ² =X ²	(Log N) (M)= xy
4.6-5.5	37	1.568	5	2.458	7.840
5.6-6.5	27	1.422	6	2.047	8.586
6.6-7.5	16	1.202	7	1.442	8.407
7.6-8.5	4	0.610	8	0.362	4.816
Σ		4.802	26	6.309	29.649

$$b_0 = \frac{26 (6.309) - 4.802 (29.649)}{4 (6.309) - 4.802^2}$$

$$b_0 = \frac{164.034 - 142.374}{25.239 - 23.059} = 9.93$$

$$b_0 = 10$$

$$b_1 = \frac{4 (29.649) - 26 (4.802)}{4 (6.309) - 4.802^2}$$

$$= \frac{118.596 - 124.852}{25.239 - 23.059}$$

$$b_1 = - 2.75$$

$$M = 10 - 2.75 \text{ Log } N.$$

CAPITULO II

CARACTERISTICAS SISMOLOGICAS DEL TERREMOTO

Datos Instrumentales.-

El movimiento en Lima fué registrado por un acelerógrafo tipo Montana, propiedad del USCGS, operado por el Instituto Geofísico del Perú, colocado sobre conglomerado compacto en el centro de la ciudad.

La duración de la fase intensa del sismo fue de 16 segundos, con períodos dominantes del orden de 0.15 seg., es decir mucho más cortos de lo que se hubiera esperado en Lima.

En cuanto a la amplitud, se ha observado un máximo de 0.4 aislado entre ondas que indican aceleraciones poco inferiores a 0.2 g.

La fase intensa se caracteriza por la poca variación en las frecuencias; esto, y la proximidad entre los períodos del movimiento registrado y período libre del instrumento, hace algo dudoso los valores máximos mencionados de las aceleraciones del terreno. Tanto la intensidad observada como la aceleración registrada son sensiblemente superiores a las que dan las ecuaciones empíricas para temblores ocurridos en Estados Unidos y México en función de magnitud y distancia, lo cual puede indicar diferente comportamiento regional, o también ser

otro indicio de que la zona epicentral se extiende hasta menor distancia de Lima que lo calculado.

En la estación sismológica de Ñaña se observaron desplazamientos en los terminales de los extensómetros a consecuencias del sismo, indicando compresión en dirección NW y dilatación en dirección NE. No fue posible medir el valor de los desplazamientos, que llegaron a casi un milimetro según el Ingeniero Gonzalo Fernández, encargado de la estación. No hubo indicios de efectos premonitores en los extensómetros de Ñaña.

El sismo se registró con compresión inicial en Ñaña lo cual concuerda con los desplazamientos de los extensómetros. Un sismo premonitor de escasa magnitud se registró a las 11.12 GMT del mismo día.

Localización Instrumental y su Discusión.-

La determinación preliminar del USCGS (United States Coast & Geodetic Survey) señaló como tiempo en el origen las 21 horas 41 minutos 56.3 segundos (16 21 56.3, en tiempo local) ubicó el foco a 10.7 grados Sur, 78.7 grados Oeste, 38 Kms. de profundidad, magnitud $M = 6.3$; Berkeley calculó la magnitud $M = 7.5$ y Pasadena $M = 7 \frac{1}{2}$.

El registro instrumental presenta características especiales que exigen discutir esta determinación. El USCGS en su "Earthquake Data Report" incluye 125 lecturas de ellas 33

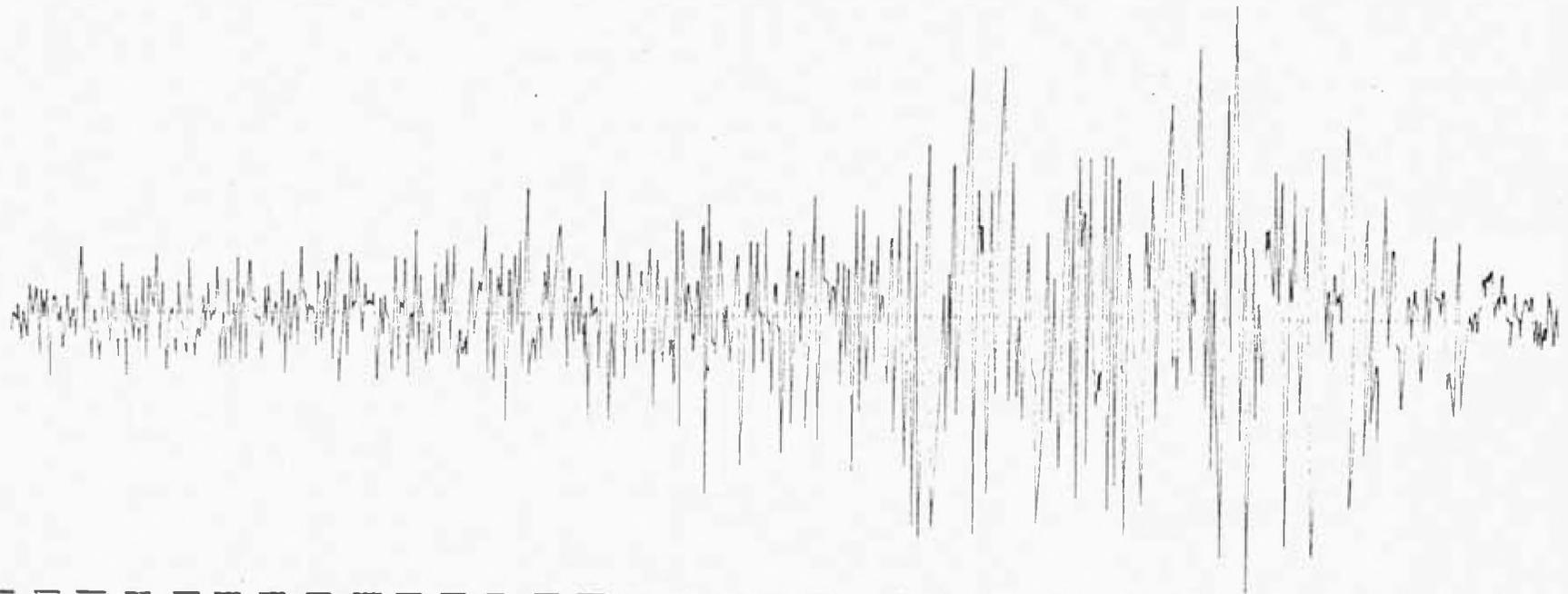
corresponden a estaciones distantes más de 100 grados (sistemáticamente se prescinde de éstas para localización del evento entre las 92 restantes 25 tenían un tiempo residual observado menos calculado mayor de 1.5 segundos, que significa que hubo que deshechar el 27 % de los datos que pudieron ser útiles para la localización, por ser el residuo excesivo; además comprende que 10 de las 12 estaciones más cercanas presentan residuo negativo y entre ellas 5 lo tienen desmesuradamente grande.

Para el cálculo de la magnitud el USCGS tuvo que prescindir de 6 entre las 21 determinaciones de amplitud, por dar magnitudes que discrepan en más de 0.5 del valor medio; las estaciones cercanas que tenían un tiempo residual negativo registraron amplitud excesivamente pequeña. Por otra parte Pasadena y Berkeley, usando ondas diferentes de P, hallan una magnitud notablemente mayor: $M = 7.5$, que corresponden a $m = 7.2$ (fórmula de Richter; $m = 2.5 + 0.63 M$), más de acuerdo con los efectos macrosísmicos.

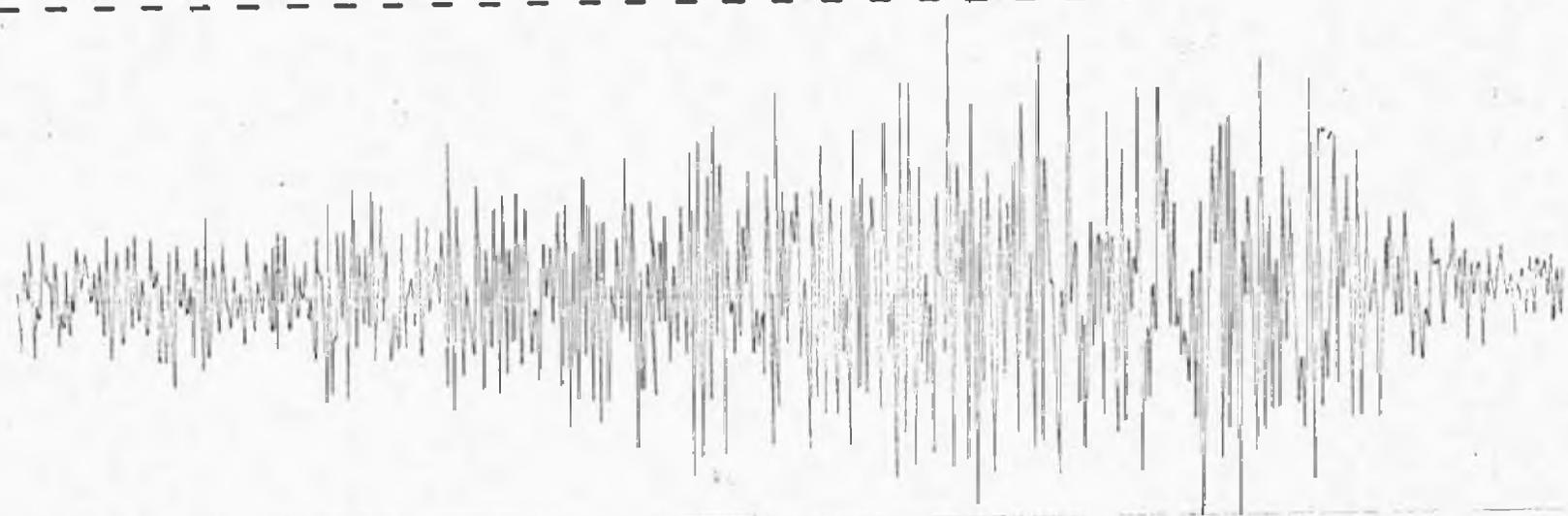
Estas anomalías sugieren que la simplificación de suponer el movimiento inicial puntual e instantáneo no es adecuado para el presente caso, por ejemplo, la estación de la Paz, LPB, registró al comienzo una vibración de período corto de carácter emergente y tan pequeña que no es presumible se

registrase a distancia mayor de quince grados, despues de dos segundos se registró un fuerte impulso en las componentes de período largo sin una señal correspondiente en las de periodo corto, que sólo algunos segundos después presentan amplitud importante.

Entre los posibles mecanismos se sugiere un movimiento a lo largo de una gran falla aproximadamente paralela a la costa, originando al Sureste de la localización calculada por el USCGS, involucrando en el comienzo masas relativamente pequeñas, propagándose hacia el NW con poca velocidad y adquiriendo mayores proporciones en las proximidades del epicentro calculado.



Acelerograma Componente N 22 W



Acelerograma Componente N 68 E

TABLA 1

DATOS DE ESTACIONES SISMICAS

- Columna 1: Abreviatura de la estación
- 2: I = comienzo brusco, E = comienzo muy gradual
- 3: C = primer movimiento hacia arriba, D = hacia abajo
- 4: Tiempo de P, movimiento inicial
- 5: Otras ondas (S) = no hay seguridad de que sean ondas S.
- 6: Tiempo de esas ondas
- 7: Período en segundo , al cual corresponde la amplitud de columna 8.
- 8: Máxima amplitud de movimiento del suelo de período corto entre las primeras ondas (en milimicrones)
- 9: Magnitud (con ondas los valores desechados como anómalos)
- 10: Distancia y grados (un grado aprox. 111 Kms.)
- 11: Azimut, medido del epicentro a la estación a partir del N.
- 12: Diferencia entre hora de registro y la que correspondería según las tablas de Jeffreys-Bullen).

NNA I	21 42 31.0					2.2	124.9	-0.5
HUA I	21 42 52.4					3.6	112.0	1.4
ARE I	21 44 02.6					9.0	130.0	--5.0"
PNS C	21 44 34.5	I 21 44 42.0	1.2	33.5	5.4"	11.4	120.1	-5.4"
LPB E	21 44 41.6		1.0	34.0	5.4"	11.8	120.5	-4.1"
ANT I	21 45 25.0		1.5	185.3	5.1"	15.1	149.6	-4.2"
CHN I	21 45 36.0					15.9	11.3	-2.9"
BOG I	21 45 40.5	I(S) 21 48 46.0				15.9	17.1	0.9
FUQ I	21 45 50.0					16.8	17.3	-1.0
BNP I	21 46 22.6	IS 21 53 16.0				19.6	357.5	-1.3
ZON E	21 46 55.7	ES 21 47 50.2				22.7	157.4	-0.3
SAN E	21 47 06.0	E(S) 21 51 51.0				23.8	163.2	-0.6
CAR I	21 47 11.5		1.9	3877.6	6.6	24.1	29.4	1.6"
SSS E	21 47 32.2					26.4	336.5	0.9
LPS I	21 47 37.5					26.9	337.1	1.1
TRN E	21 47 40.9					27.3	39.6	1.1
CON E	21 47 42.0	ES 21 52 03.0				26.5	169.8	9.9"
BAA I	21 48 04.0					30.1	145.3	-0.5
LPA I	21 48 08.6					30.6	145.1	-0.7
SJG I C	21 48 14.4		1.3	4906.4	7.1"	31.2	23.5	-0.2
SJG I	21 48 14.5		1.2	841.0	6.4	31.2	23.5	-0.1
PBJ E	21 48 21.0					31.6	328.3	2.6
MER I	21 48 31.0	ES 21 54 07.0				33.2	341.2	-1.2
TAC I D	21 49 03.0	ES 21 54 57.0				36.1	325.9	5.9"

CSC I	21 50 16.0				44.5	357.2	9.9"
CPO E	21 50 21.3		1.3	524.7	6.3	46.5	352.3 -0.6
CHC I	21 50 22.5					46.4	359.6 1.6"
FAY I	21 50 39.5	E(S)22 01	56.5			48.8	343.3 -0.3
WMO I	21 50 40.4		1.5	267.5	6.1	49.0	333.2 -0.7
GEO I	21 50 44.3	IS 21 57	48.6	1.3	1423.2	6.3	49.4 1.7 0.1
WSC E	21 50 45.6					49.5	1.6 0.3
MRG I C	21 50 49.5					50.1	338.7 -0.2
ALQ I	21 51 08.4		1.5	85.1	5.5'	52.5	331.2 0.4
TUC E	21 51 09.0					52.6	325.5 -0.1
WES I	21 51 13.7					53.3	6.8 0.2
TPO E	21 51 22.2		2.2	740.0	6.3	54.4	326.8 0.0
BNH E	21 51 29.9					55.5	6.5 0.4
OTT I C	21 51 31.0					55.9	2.5 -1.7"
GOL E	21 51 32.8	IS 21 59	36.0			55.9	335.3 -0.6
MNT I C	21 51 34.2					56.1	4.3 -0.2
EMM E	21 51 34.9					56.1	9.6 0.7
MIM I	21 51 36.5					56.4	3.2 0.4
LVN E	21 51 47.0					57.9	325.4 0.1
URO E	21 51 49.1		2.9	2320.0	6.8	58.3	332.5 -0.7
CBM I	21 51 49.3					58.2	9.5 0.6
PAS E	21 51 50.0	ES 21 59	50.0			58.3	321.7 0.3

SLC E	21 51 59.3	ES	22 00 07.9				59.7	331.2	-0.2
EUR I	21 52 07.8			1.8	208.0	6.0	60.8	327.5	0.7
PRI E	21 52 09.2						61.1	321.8	-0.2
JAS E	21 52 16.2						62.2	323.5	-0.6
SLD E	21 52 16.2			1.5	2750.0	7.2"	62.1	322.3	0.6
NHC E	21 52 18.5						62.5	322.3	-0.1
CRC E	21 52 22.0						62.7	321.9	1.9"
BKS E	21 52 23.6	ES	22 01 00.0				63.2	322.4	0.5
SFC E	21 52 26.0						63.2	322.2	2.6"
ORV I C	21 52 28.2	S	22 01 06.0				63.9	324.2	0.7
BMO E	21 52 36.7			1.7	520.8	6.3	65.4	330.8	-0.6
NEW I	21 52 52.2	S	22 01 50.0				67.8	333.4	-0.6
COR E	21 52 56.2						68.2	327.3	1.0
THT I	21 52 59.7						68.7	255.3	0.8
PPT E	21 53 00.0						68.7	255.3	1.1
EDM I	21 53 06.0						70.2	338.7	-1.3
PBC E	21 53 33.0						74.6	4.7	-0.2
SNA I	21 53 36.7			0.9	336.5	6.3	75.4	160.1	-0.7
SPA I	21 54.00.0						79.4	180.0	0.2
AVE I D	21 54 09.0						80.6	53.5	2.0"
RBA I C	21 54 13.0						81.3	53.0	2.0"
CMC E C	21 54 16.0						82.6	346.9	-0.4
IFR I	21 54 19.5						82.5	53.9	2.5"

HVO E	21 54 21.0								81.1	291.7	10.8"
SBA I	21 54 27.1								84.6	191.2	0.4
KON E	21 54 31.0								84.1	192.9	6.0"
ALM I	21 54 32.0	IS	22 05 00.0						85.6	51.4	-0.1
TOL I C	21 54 32.2	IS	22 05 26.0						85.3	48.1	1.5
RES E C	21 54 32.6								85.8	355.7	0.0
SDB I	21 54 51.5				1.1	50.3	5.7		89.4	105.0	0.0
COL I	21 54 58.2	ES	22 05 32.0	1.0	108.3	6.2			91.0	336.5	0.7
WIN I	21 55 00.0			1.9	357.1	6.4			91.2	113.1	0.3
ALE E	21 55 07.0								93.4	2.1	-1.1
STR I	21 55 19.0								95.6	41.8	0.1
BNS I C	21 55 21.0								95.6	39.3	2.0"
KRL E C	21 55 22.0	IS	22 06 25.0						96.1	41.4	0.9
WEL E	21 55 22.0								95.1	226.5	6.0"
STU E	21 55 23.5			1.5	70.8	6.0			96.6	41.7	-0.1
MAW I	21 55 25.6								97.1	166.1	-0.1
BER I	21 55 30.2								96.3	29.8	8.6"
BEG I D	21 55 30.7			1.2	41.3	5.8			97.9	87.0	0.5
ROM I	21 55 32.0	IS	22 06 33.0						98.0	45.9	2.3"
COP I	21 55 35.0	ES	22 07 13.0						99.4	35.0	-0.9
KON E	21 55 36.2								98.3	30.9	5.3"
KHC	21 55 36.5								99.5	41.7	-0.6"
PRU C	21 55 40.2	E	22 06 13.0						100.2	40.9	0.6"

LHN E	21 55 40.6				99.1	29.5	6.0"
PRE E	21 55 40.7	1.2	215.6	6.6	100.3	118.7	0.6"
UPP I	21 55 49.4				102.4	30.9	0.0"
BUL I	21 55 50.2				102.2	113.4	1.5"
WIL E	21 55 53.0				102.9	183.8	1.1"
TRO E	21 55 54.4				102.6	20.8	3.8"
TRO E	21 55 55.0				102.6	20.8	4.4"
ADK I	21 55 56.5 IS	22 07 57.5			103.2	320.9	3.4"
KIR I	21 55 57.3				103.3	22.6	3.8"
BEO E C	21 55 58.1				104.0	46.4	1.8"
NUR E	21 36 05.0				105.8	30.0	0.4"
ATH I C	21 56 08.5				106.3	53.5	1.9"
KRK E	21 56 08.9				106.5	20.1	5.9"
SOD E	21 56 10.0				105.7	22.8	5.9"
LWI I	21 56 12.0				106.7	95.6	3.4"
JER I	22 00 37.5				115.8	59.9	2.6"
RAB E	22 01 05.0	0.8	61.0		127.2	256.4	8.1"
PMG E	22 01 08.0				130.2	248.0	5.4"
MAT E	22 01 10.0				137.9	313.8	-7.0"
SAP	22 01 10.0				132.6	320.2	2.8"
GUA E	22 01 20.0				137.3	278.4	4.2"
KLG I	22 01 21.0				134.4	204.3	10.5"
OIS E	22 01 23.0				141.2	312.2	0.2"

SEK	22	01	26.5	142.8	314.6	0.7"
GUA	22	01	28.0	137.3	278.4	12.2"
WKU E	22	01	32.2	141.2	312.5	9.3"
NDI I	22	01	42.5	151.2	48.2	3.0"
POO I	22	01	43.7	152.4	70.5	2.7"
ANP C	22	01	50.0	156.0	309.6	3.9"
BAG E	22	01	54.0	160.4	288.9	2.5"
SHL I	22	01	56.0	162.7	29.9	2.2"
TAP E	22	02	10.0	156.1	309.3	23.8"
TTN E	22	02	10.0	157.6	304.8	21.8"

UN COMPUTADOR ANALOGICO MECANICO SENCILLO PARA DETERMINAR HIPOCENTROS DE SISMOS RELATIVAMENTE CERCANOS.

Para la determinación de hipocentros con estaciones relativamente cercanas, se pueden usar varios métodos que se basan, ya en la hora de llegada de la primera onda P, o en la diferencia de tiempo de llegada S-P de las dos ondas principales. El primer procedimiento supone que las estaciones que intervienen tienen buena hora absoluta con una precisión al décimo de segundo; el segundo procedimiento supone diferencia de hora que se puede obtener en un reloj ordinario con precisión mucho mayor del décimo de segundo. Lo difícil en el primer procedimiento es obtener esa precisión si no se poseen relojes extraordinariamente precisos, o se hacen correcciones diarias muy buenas si la marcha del reloj es lineal.

Ambos procedimientos suponen que el medio de propagación de las ondas es isotrópico y homogéneo, por consiguiente las velocidades que intervienen son constantes e iguales entre sí. Además es indispensable para una buena ubicación del hipocentro que las estaciones rodeen al epicentro y que si es posible sean numerosas. Esto último tiene solamente importancia para descartar aquellos datos que son dudosos y seleccionar las estaciones que faciliten una mejor determinación.

En teoría se necesitan tantas estaciones como datos por conocer: esto es, si usamos tiempo de P, necesitamos 5 estaciones para determinar las tres coordenadas del hipocentro, la hora origen y la velocidad; si usamos S-P bastan 4 estaciones pues la hora origen no la obtendremos si no nos interesa, o podemos obtenerla como segundo dato de una de las estaciones que tenga hora absoluta buena. Si suponemos que en la región que se estudia la velocidades son las mismas que aparecen en buenas tablas como las de Jeffreys y Bullen u otras entonces las estaciones necesarias bajarían a 4 y 3 respectivemente.

La precisión aumenta con la suma de los ángulos formados por las estaciones por pares y el hipocentro como vértice. Los valores de estos ángulos disminuyen con la distancia y con la profundidad.

El cálculo analítico del caso de fases P, si no es difícil es engorroso y largo, por entrar ángulos y distancias entre las estaciones.

En el caso de S-P facilita mucho el que se trate de una estación menos.

De todas maneras hay que tener en cuenta que si entran en las ecuaciones con las cuales eliminamos incógnitas, datos que son diferencia, estos pueden tener mucha influencia en el

error inherente al resultado. Por esta razón, aun analíticamente hay que seleccionar las estaciones que intervienen.

Los ordinarios es recurrir a métodos gráficos geométricos en planos a escala, donde aparecen las estaciones que intervienen, y por tanteos y aproximaciones sucesivas, se puede llegar a la determinación del Hipocentro y de la hora origen. Aun para sismos lejanos, en las grandes centros mundiales como en el United States Coast and Geodetic Survey, se usaron por muchos años estos métodos gráficos para la determinación de hipocentros, usando como es lógico un gran globo terrestre en vez de un plano.

Aun en estos casos hay que seleccionar las estaciones que intervienen.

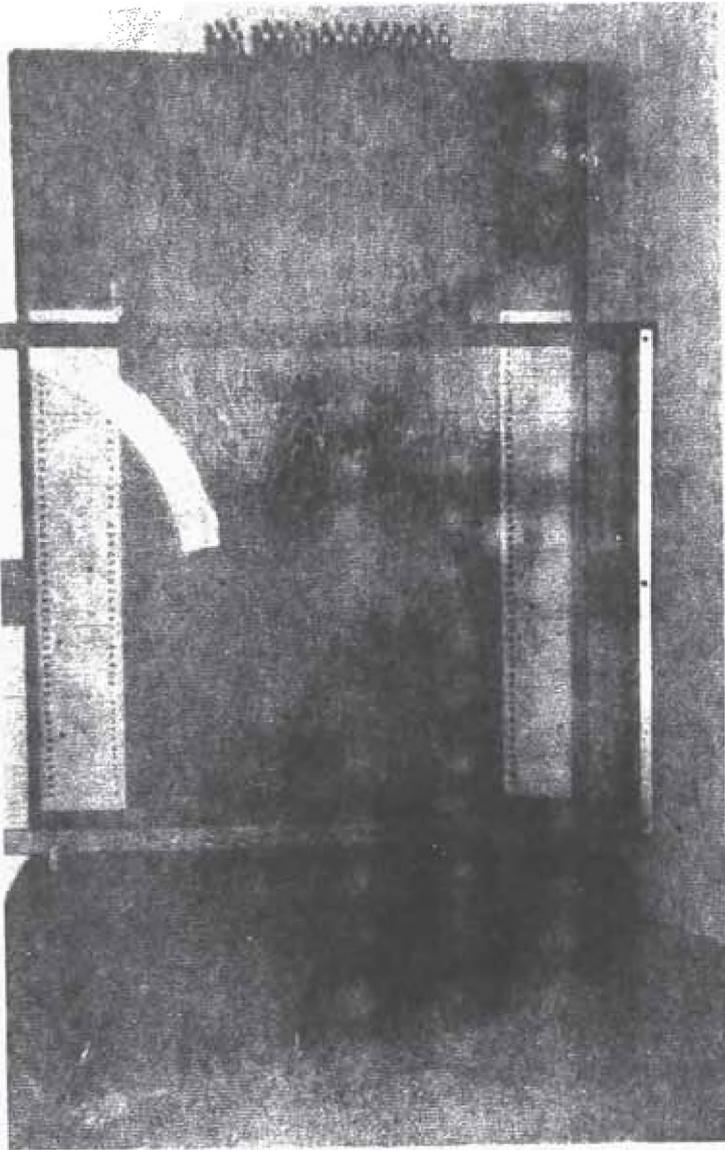
Un método expeditivo y rápido que obvia muchas de las dificultades expuestas es el Computador Analógico Mecánico que se describe a continuación. Este instrumento fué ideado en Washington 1962, con motivo de un Seminario Intensivo de Sismología para sismólogos de los Andes, por el Rev. Germán E. Saá. S. J., que participó en ese seminario, siguiendo ideas sugeridas por el Dr. I. S. Sacks, a las cuales agregó algunas propias que mejoraron el aparato.

Consiste el Computador en representar el camino de la onda sísmica desde el hipocentro hasta la estación por medio

de un hilo o cordón. Cada estación está representada en un mapa horizontal a escala, y tienen un tope en el extremo de cada hilo, que pasa por unas poleas, va a un tablero vertical donde hay una escala variable de velocidades y termina pasando por una polea alta que tiene un peso en el otro extremo.

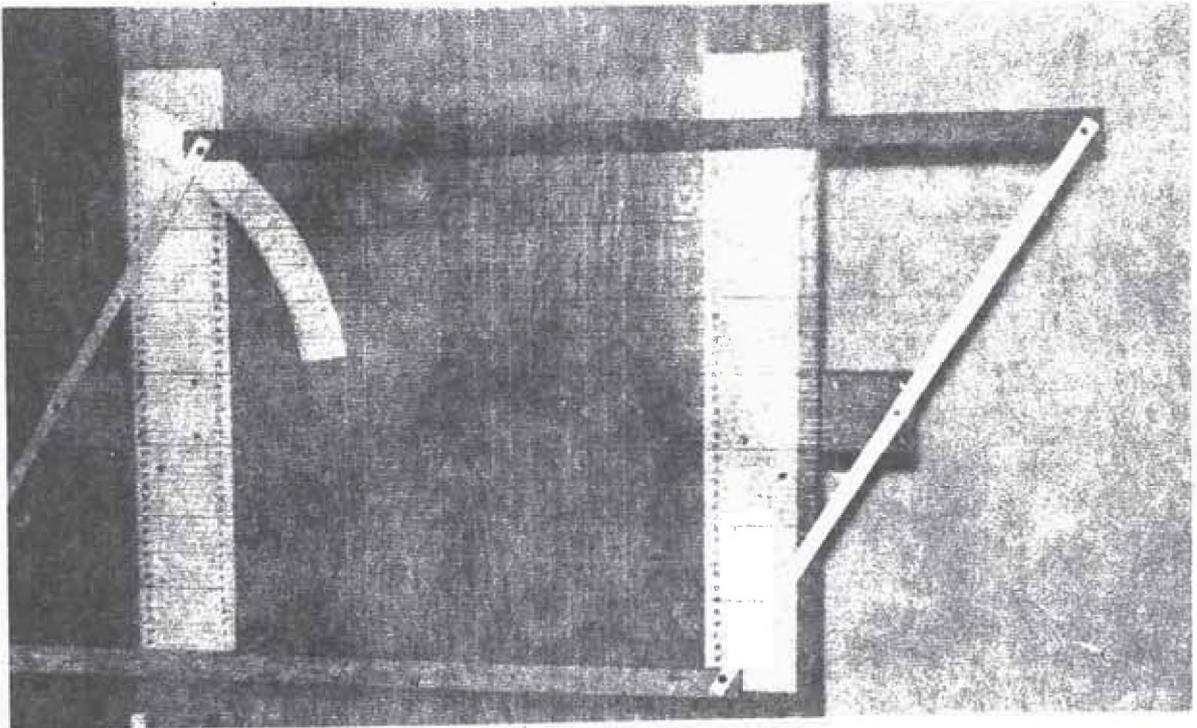
El peso hace que el hilo permanezca tirante, y que su extremo coincida con la estación. Si en la escala de velocidad variable se ha elegido la velocidad correcta, las unidades representan tiempo y su longitud espacio o camino. En el hilo correspondiente a cada estación se colocan unas marcas variables que se fijan indicando el tiempo de llegada de la onda a cada estación, o la diferencia S-P. Al tirar del extremo del hilo que coincide con la estación y llevarlo al hipocentro, el tiempo retrocederá y nos indicará la hora origen, o la diferencia cero entre S y P. Como en los hilos hemos colocado las marcas del tiempo de cada estación, es fácil, supuesta la velocidad correcta, tomar los extremos de los hilos juntos y buscar un punto en el espacio de tres dimensiones donde las marcas se pongan en línea horizontal, lo que indicaría la hora origen común y el punto donde se ubica el hipocentro.

El instrumento trabaja mejor con el mayor número de datos que se posea, cosa que no puede ocurrir con el análisis



Computador
Analógico
Mecánico

FOTOS: 1 y 2



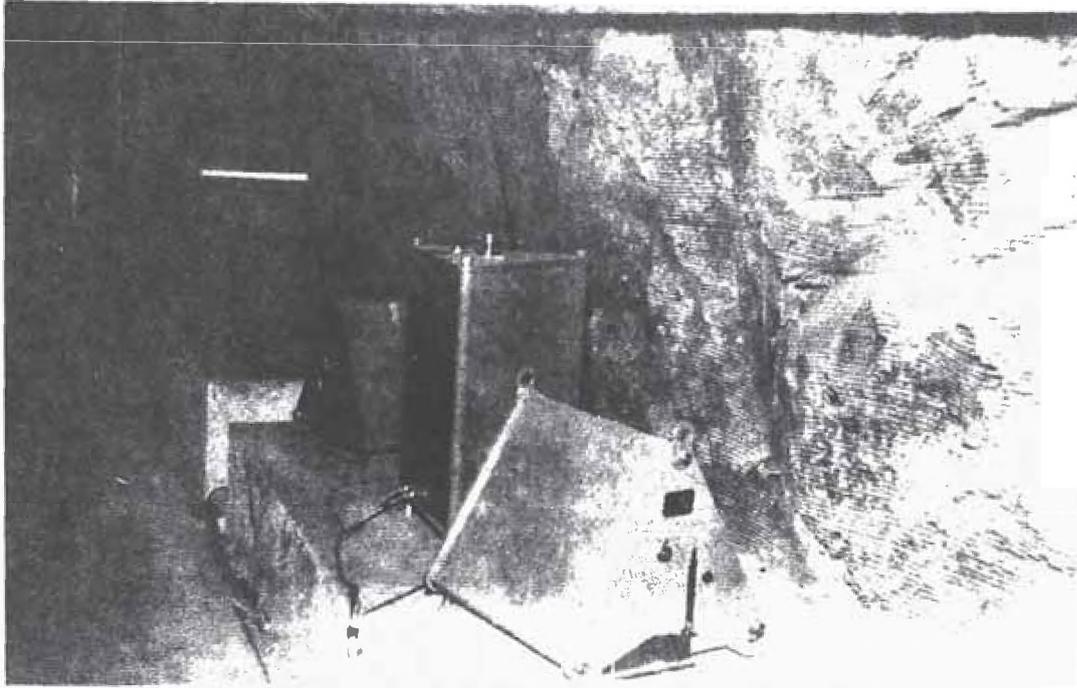


FOTO: 3.- Péndulos de período corto y largo

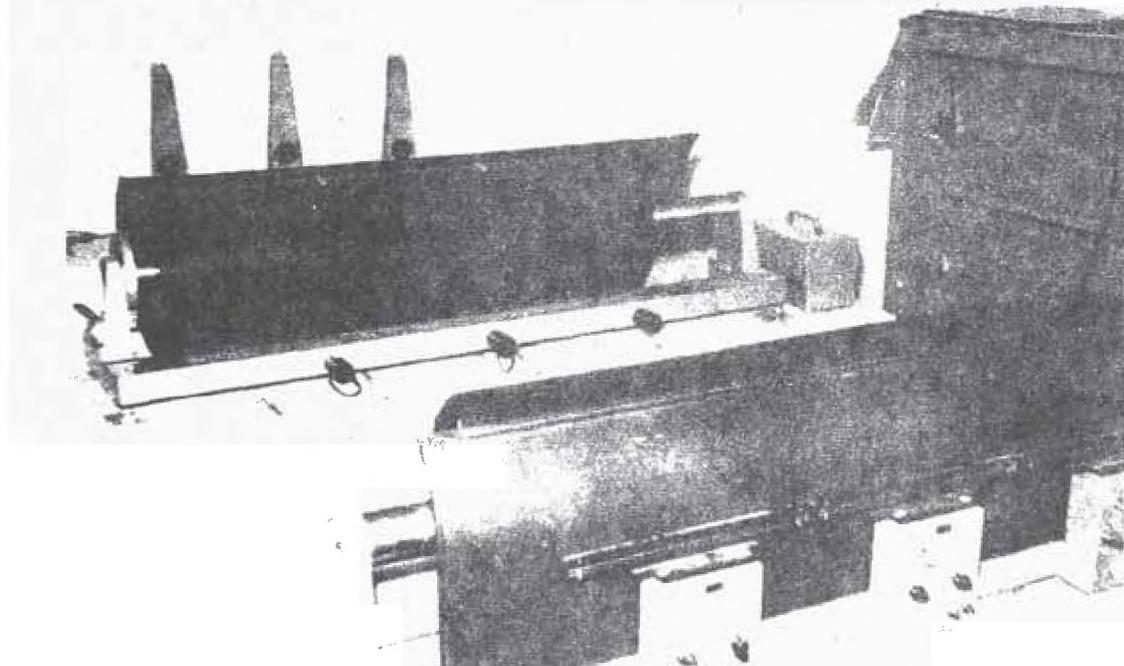


FOTO: 4.- Registro de papel fotográfico y galvanómetro.

matemático, donde el exceso de un solo dato, basta para hallar resultados incompatibles y que más bien estorba. Aquí el exceso de datos hace que sea posible darle más peso a los que por otro camino, sabemos que lo tienen y ayuda a descubrir datos erróneos o anormales, lo mismo que tendencias de alguna estación a tener variaciones en la velocidad que no se había previsto.

El mínimo de datos requeridos cuando la velocidad es conocida o estimada, es 4 para P y 3 para S-P. Es posible combinar ambos datos usando 3 P y una S-P que puede ser de una de las tres estaciones, o también dos P y dos S-P con 3 estaciones.

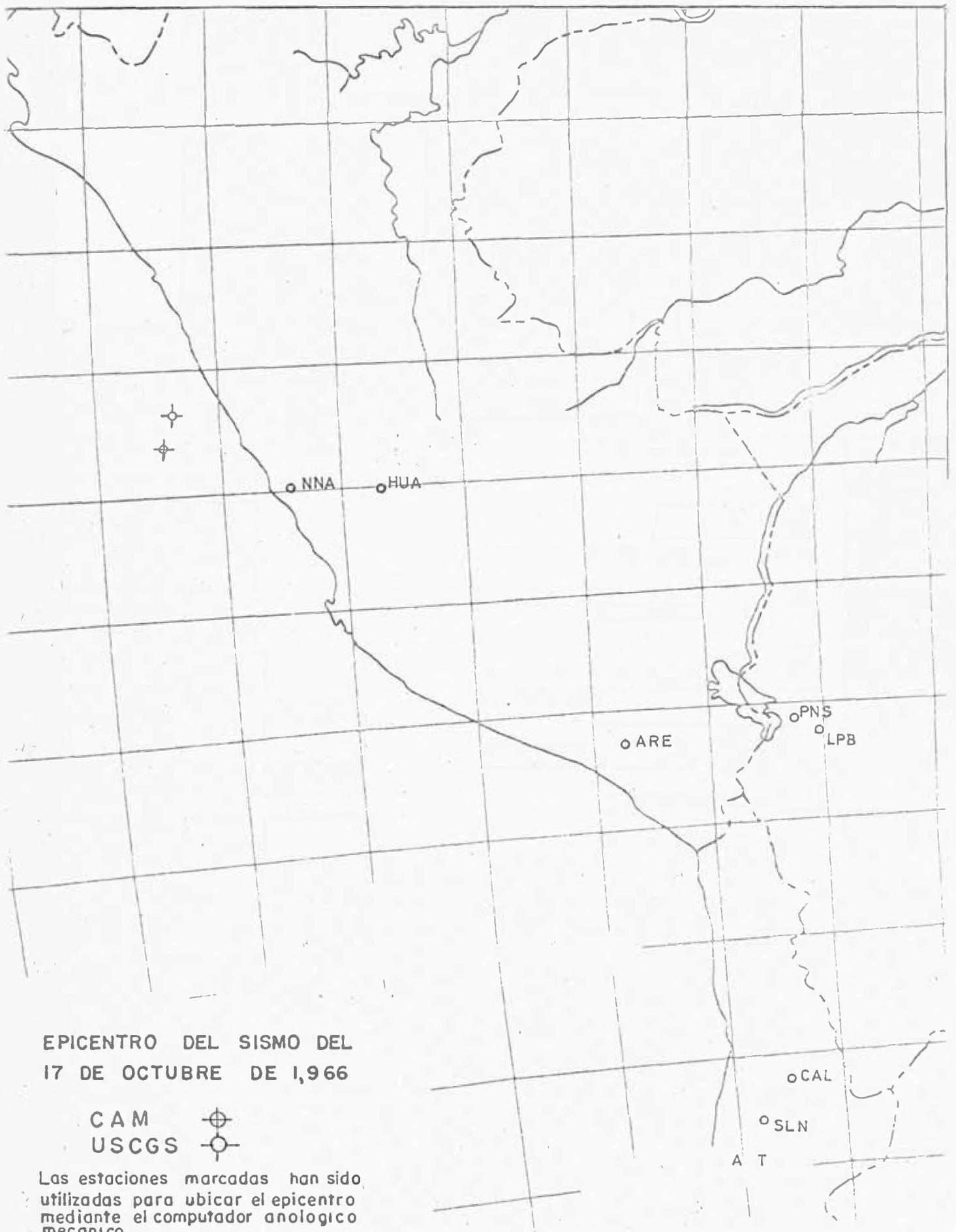
El exceso de estaciones confirman un mejor resultado y los datos P precisan mejor el azimut mientras que S - P fijan mejor la profundidad y la distancia.

En el caso particular del sismo del 17 de Octubre de 1966, no ha sido posible obtener un buen resultado con el Computador Analógico, porque las estaciones no se encuentran alrededor del epicentro, sino todas a un lado, hacia el ESE y SSE. Por otra parte no se trata de estaciones cercanas, (de distancias menores de los 200 o 300 Kms.) sino que todas menos dos (Ñaña y Huancayo) están bastante más lejanas.

Aun así se puede sacar algún partido del Computador, usando velocidades diversas según la distancias de las estaciones que intervienen.

La diferencia de tiempos de llegada de las ondas sísmicas a las estaciones nos pueden dar un criterio para elegir un hipocentro provisorio y según él hacer una tentativa de de terminación. Esta tentativa nos puede indicar de inmediato hacia donde debemos correr el hipocentro para obtener mejores resultados. Para el caso presente, se puede tentar primeramente uno de los hipocentros determinados en Lima auxiliados por los datos del acelerógrafo, que da onda S, o bien se puede usar el hipocentro determinado por Coast and Geodetic Survey que es Hora Origen, 21 h 41 m 56.3 s. Lat. 10.72 S y Long. 78.70, Profundidad 38 Kms.

Con este hipocentro tentativo, se usaron las velocidades de la Onda P que aparecen en las tablas de Jeffreys y Bullen (J. B) que son 7.1 y 7.2 km/seg., para las estaciones cercanas ÑAÑA (NNA) y HUANCUAYO (HUA), 7,7 y 7,8 Km/seg. para las estaciones AREQUIPA (ARE), PEÑAS (PNS) y LA PAZ (LPB), y 7.9 y 8.0 km/seg. para ANTOFAGASTA (ANT), SALINAS (SLN), CALAMA (CAC). Con esas velocidades y las horas de llegada de las ondas a las estaciones el computador dió un hipocentro a Log. 78.9, y Lat. 11.3 que difiere bastante del determinado por



**EPICENTRO DEL SISMO DEL
17 DE OCTUBRE DE 1,966**

CAM 
USCGS 

Las estaciones marcadas han sido utilizadas para ubicar el epicentro mediante el computador analogico mecanico. —

Coast and Geodetic Survey, y cuya hora origen es 21 h 41 m 57.4 s. La profundidad no se puede determinar por cuanto el computador es poco sensible para este parámetro en el presente caso, en que todas las estaciones se encuentran de un solo lado. Parecería, teniendo solamente en cuenta las dos estaciones de NNA y HUA que son las cercanas, que debería ser más profundo de lo que indica USCGS.

Compárense los residuales que dan el cálculo de USCGS y el del Computador Analógico Mecánico CAM en la tabla I.

TABLA I VALORES DE LOS RESIDUALES ENTRE UNITED STATES COAST AND GEODETIC SURVEY Y EL COMPUTADOR ANALOGICO MECANICO (Sgds)

NOMENCLAT. ESTACIONES		USCGS	CAM
NNA	Ñaña	- 0.5	+ 0.3
HUA	Huancayo	1.4	0.0
ARE	Arequipa	- 5.0 *	- 3.2
PNS	Peñas (Bolivia)	- 5.4 *	- 4.2
LPB	La Paz (")	- 4.1 *	- 2.2
CAC	Calama (Chile)	. .	0.6
SLN	Salinas (Chile)	. .	1.2
ANT	Antofagasta (Chile)	-4.2 *	3.0

Es necesario anotar que United States Coast and Geodetic Survey utilizó en sus cálculos más de 100 estaciones desechando las estaciones marcadas con asteriscos en la tabla I, es decir Arequipa, Peñas, La Paz y Antofagasta, debido a que tenían residuales muy altos y solo tuvieron en cuenta las estaciones de Ñaña y Huancayo.

Con el computador analógico se han usado éstas estaciones y también las de Calama y Salinas que se pidieron especialmente por radio, obteniéndose residuales menores a los del USCGS. Seguidamente se indican las estaciones utilizadas con ubicación y altura sobre el nivel del mar, y también la hora en que se registró el sismo.

Ñaña	11°59'15"S	76°50'32"W	575 mt.s.n.m	21 42 31.0
Huancayo	12°02'18"S	75°19'22"W	3313	" 42 52.4
Arequipa	16°27'44"S	71°29'29"W	2452	" 44 02.6
Peñas	16°16'02"S	68°28'24"W	3986	" 44 34.5
La Paz	16°31'58"S	68°05'54"W	3292	" 44 41.6
Calama	22°28'47"S	69°01'34"W	2000	" 45 20.8
Salinas	23°09'14"S	69°36'40"W	800	" 45 24.3
Antofagasta	23°42'18"S	70°24'55"W	80	" 45 25.0

En la tabla II teniendo en cuenta el hipocentro dado por USCGS, se han calculado las distancias respectivas a cada

estación considerando que un grado es aproximadamente igual a 111 kilómetros. El tiempo que demoró la onda en llegar a la estación se denomina P-O , siendo P la hora en que se registró el movimiento, y O la hora origen que es 21 h 41 m 56.3 s. Por último se ha hecho la comparación de las velocidades con las que resultan de las tablas de Jeffreys y Bullen.

En la tabla III aparecen los valores de las nuevas velocidades para el hipocentro calculado mediante el computador analógico mecánico

TABLA II.- VELOCIDADES SEGUN DISTANCIAS AL HIPOCENTRO Y TIEMPO DE P-O USANDO LOS DATOS DE USCGS Y LA DE LAS TABLAS DE JEFFREY Y BULLEN (JB)

HORA ORIGEN 21 h 41 m 56.3 s						
Estaciones	Distancia		(P-O)	P-O	V	V
	Grados	Kms.	(USCGS)	(JB)	USCGS	(JB)
NNA	2.2	245	34.7	35.0	7.1	7.0
HUA	3.6	400	56.1	55.2	7.1	7.2
ARE	9.0	1000	126.3	130.6	7.9	7.7
PNS	11.4	1267	158.2	163.6	8.0	7.8
LPB	11.8	1311	165.3	169.2	7.9	7.8
CAC	14.6	1622	204.5	206.2	7.9	7.9
SLN	15.0	1667	208.0	211.2	8.0	7.9
ANT	15.1	1678	208.7	212.6	8.0	7.9

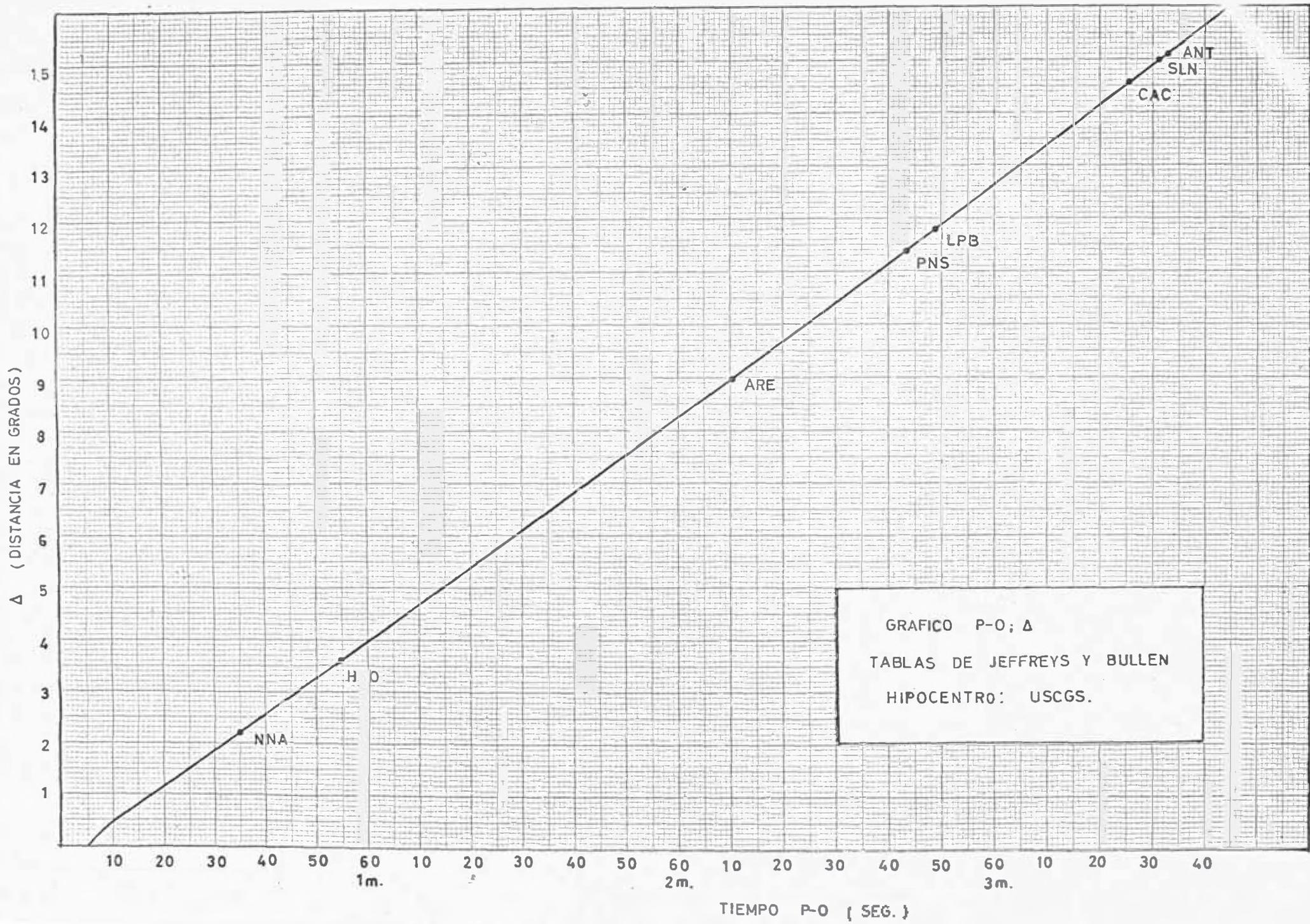


GRAFICO P-O; Δ
 TABLAS DE JEFFREYS Y BULLEN
 HIPOCENTRO: USCGS.

TIEMPO P-O (SEG.)

TABLA III VELOCIDADES SEGUN DISTANCIAS AL HIPOCENTRO Y TIEMPO DE P-O DEDUCIDO CON EL COMPUTADOR ANALOGICO MECANICO Y LA DE LAS TABLAS DE JEFFREYS Y BULLEN

Hora Origen 21 h 41 m 57.4 s						
Estaciones	Distancia		P-O	P-O	V	V
	Grados	Kms.	(CAM)	(JB)	(CAM)	(JB)
NNA	2.1	233	33.6	33.5	7.0	7.0
HUA	3.6	400	55.0	55.2	7.2	7.2
ARE	8.8	978	125.2	127.8	7.8	7.7
PNS	11.3	1256	157.1	162.1	8.0	7.7
LPB	11.6	1289	164.2	163.6	7.9	7.8
CAC	14.2	1578	203.4	200.9	7.8	7.8
SLN	14.6	1622	206.9	206.2	7.8	7.8
ANT	14.7	1633	207.6	207.6	7.9	7.9

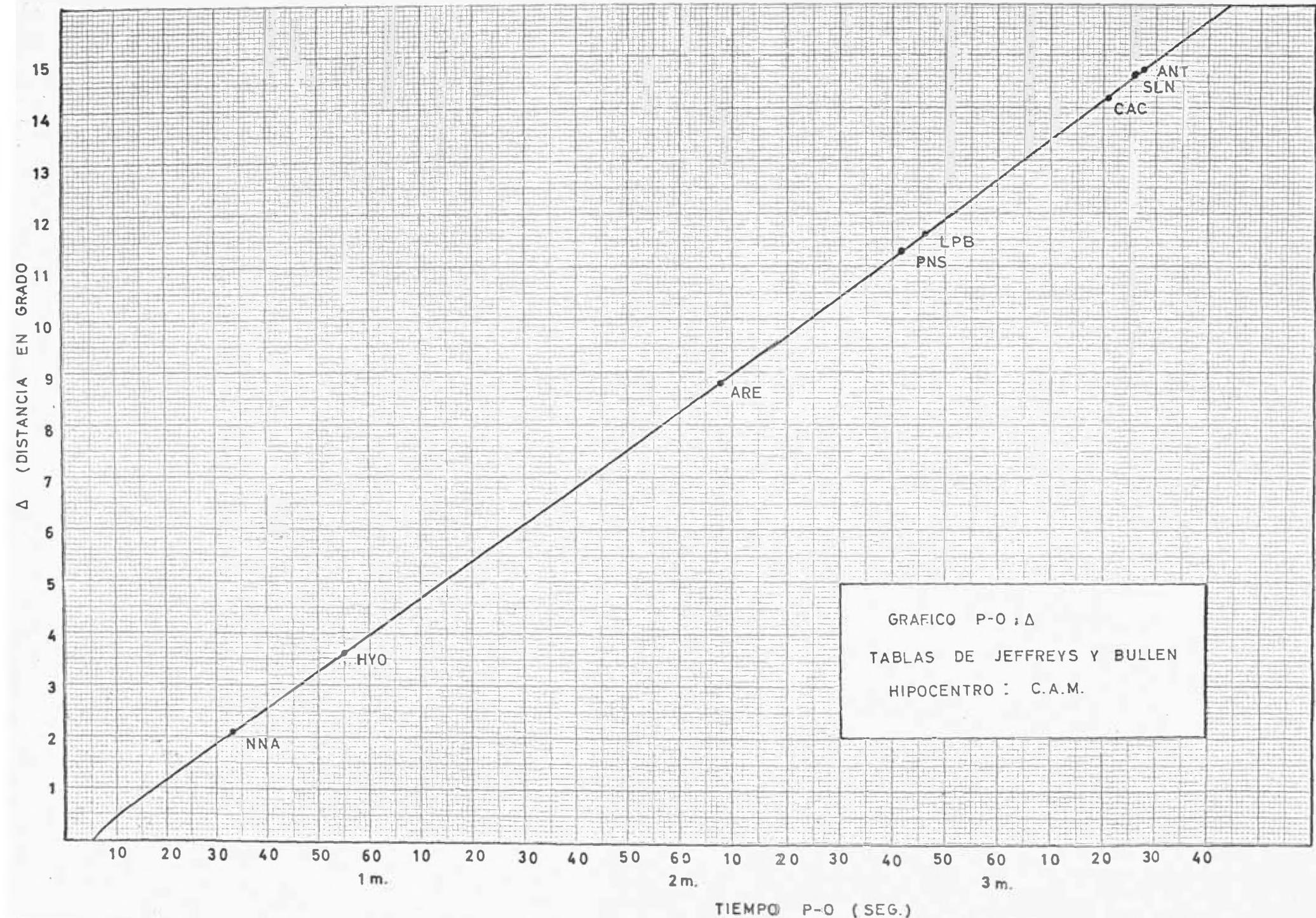


GRAFICO P-O : Δ
 TABLAS DE JEFFREYS Y BULLEN
 HIPOCENTRO : C.A.M.

ACELERÓGRAFO TIPO MONTANA.-

El acelerógrafo consiste en un cajón liviano cerrado a la luz que contiene 3 sismómetros, un termómetro registrador fotográfico, otro que controla la hora, un sistema de conexiones para operar uno o más acelerógrafos distantes y una señal.

El equipo completo se llama "acelerógrafo". Los sismómetros se denominan "acelerómetros".

A continuación se hará una breve descripción de sus partes componentes.

Los acelerómetros son péndulos de torsión, de dispositivo central está suspendido de un alambre tirante que provee la fuerza restauradora.

El espejo-lente está montado en la parte central y mediante la óptica conveniente refleja la imagen del filamento de la lámpara hacia la cámara de tal forma que cualquier movimiento del dispositivo central se registra como desplazamiento de la traza. El equipo consta de tres acelerómetros: dos horizontales, perpendiculares entre sí ($N 68^\circ E$ y $N 22^\circ W$) y una vertical. Los horizontales registran, uno el movimiento en el eje largo de la caja y el otro el movimiento transversal a ese eje. A los acelerómetros se les llama: "V" el vertical, "L" el longitudinal y "T" el transversal. Estos están amortiguados magnéticamente con imanes. "Alnico" y están dotados de unos

dínamos para variar el amortiguamiento. Un espejo fijo a cada acelerómetro da en el registro una línea de referencia.

El papel fotográfico se mueve a una velocidad de 1.217 cm/seg, y el conjunto es accionado por una batería de 12 voltios.

Una lente cilíndrica montada frente a la cámara fotográfica convierte la imagen del filamento en un punto.

El dispositivo para iniciar el funcionamiento del acelerógrafo, consiste en un péndulo sumergido en aceite para amortiguarlo que en su parte inferior tiene una placa de platino que hará contacto con el borde metálico del recipiente de aceite en caso de que el péndulo registre un movimiento, con lo cual se cierra un circuito. Dos relays y el conmutador completa el dispositivo de arranque.

CONSTANTES DEL INSTRUMENTO.-

	To (Período) libre	Amortig.	Sensibilidad cm/GAL	V Amplificación
V	0.0634	7	.01252	123
L	0.0629	7	.01252	123
T	0.0635	10	.01246	122

Distancia Optica	l Ley del péndulo
56.5 cm	0.92
57.6	0.92
56.1	0.92

NOTA: GAL es una medida de la gravedad que equivale a 1 cm/seg^2

En el Perú tenemos 3 estaciones standard: las de Ñaña y Huancayo que dependen del Instituto Geofísico del Perú y la estación de Arequipa que pertenece a la Universidad de San Agustín.

Estas tres estaciones poseen sismómetros Bernioff, tres de período corto y 3 de período largo.

A continuación damos algunas características de estas estaciones.

Ñaña: Coordenadas $11^{\circ}59'15.2'' \text{ s}$
 $76^{\circ}50'31.7'' \text{ w}$

Altitud : 575 mts. sobre el nivel del mar,

Sismómetro Benioff.

Período corto: Sismómetro 1 seg.

Galvanómetro $3/4$ seg

Amplificación 50,000

Periodo largo: Sismómetro 30 seg.

Galvanómetro 100 seg.

Amplificación 6,000

Arequipa: Coordenadas 16°27'43.5" s
 71°29'28.6" w

Altitud: 2452 mts. sobre el nivel del mar

Sismómetro Benioff

Período corto: Sismómetro 1 seg
 Galvanómetro 3/4 seg
 Amplificación 50,000

Período largo: Sismómetro 30 seg
 Galvanómetro 100 seg
 Amplificación 3,000

Huancayo: Coordenadas: 12°02'18.1 s
 75°19'21.1 w

Altitud: 3313 mts. sobre el nivel del mar

Sismómetro Benioff de 1"

2 galvanómetros 0.2 seg Amplif. 36,000
 80 seg Camp. vertical

Wenier 10 seg. de período

 Amplif. 1400 .

 Camp. horizontal

Ewing-Press tres componentes 15 s

 Período de galvanómetro 7.8 s

 Amp. 2,000

ESTACIONES SISMOLOGICAS

DTM Ó REL CARNEGIE.

En 1957, vinieron a Sud-América para aprovechar las explosiones que se hacían a campo abierto en la mina de Toquepala en el Perú y Chuquicamata en Chile que es la mina más grande de cobre en el mundo.

Conociendo exactamente la posición y el tiempo de la explosión, pudieron mediante una serie de pequeños sismógrafos obtener registros de las ondas.

Los aparatos usados son Wilsow Jamison y los datos obtenidos sobre el espesor de la corteza, las capas intermedias y las velocidades en ellas son las siguientes:

	Costa			Sierra		
	Espesor	Velocidad		Espesor	Velocidad	
1° capa	4.1 Km	5.3 Km/seg.		4.1 Km	5.3 Km/seg	
2° "	21.2 "	6.2 "		21.2 "	6.2 "	
3° "	26.4 "	6.7 "		39.6 "	6.7 "	

Bajo la tercera capa se encuentra el moho, cuya profundidad se desconoce. Su descubrimiento se debe a Mohorovich y la velocidad de la onda en ella fue calculada por el OTM en 8.0 Kms/seg. Actualmente cuenta en Sud-América con 37 estaciones ubicadas en el Perú, Chile y en Bolivia.

ESTACION SISMOLOGICA DE ÑAÑA

La estación de Ñaña se encuentra ubicada en un túnel excavado sobre roca viva. Esta estación consta de los siguientes equipos:

3 péndulos del período corto

3 péndulos de período largo

Tensómetro Benioff

Péndulo de mercurio

PENDULO DE PERIODO CORTO:

Características de operación.-

Periodo natural 1 seg. sin amortiguamiento

Sensibilidad 5×10^{-4} vol/bobina/ 15^6 m del movimiento terráqueo a 1 cm/seg, con el sismómetro críticamente amortiguado.

Magnificación: Más de 1×10^6 a 1 cm/seg cuando se esta operando un galvanómetro de 5 cm/seg con una palanca optica de 1 mt.

Detractor: Tipo: Renuencia variable

Generador constante: 1000 ± 20 v, seg/m

bobina coil a un período de 1 seg.

Amortiguamiento Electromagnético

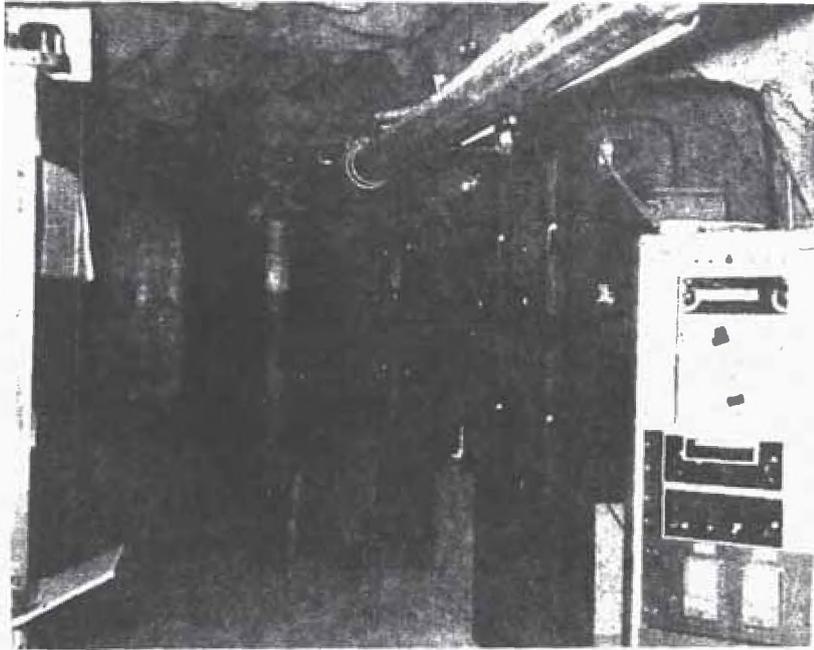


FOTO: 5.- Vista parcial del tunel de Naña

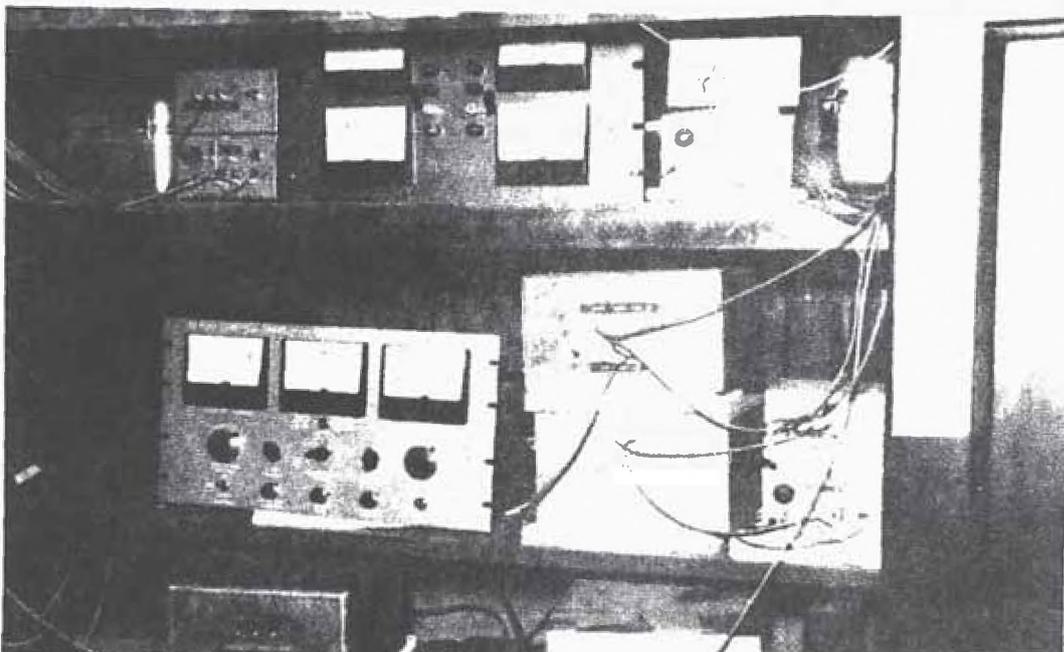


FOTO: 6.- Parte del complejo sistema electrónico

Bobinas:

Posee 8 bobinas que pueden combinarse en diferentes configuraciones para satisfacer los requerimientos de varios sistemas.

Resistencia por bobina : 125 ohms \pm 10 %

Vueltas por bobina: 1675

Tamaño del alambre: 29 AWG, alambre magnético

PESO DE LA MASA INERTE:

Vertical : 107.5 Kg \pm 1 %

Horizontal: 100.0 " \pm 1 %

RESORTE DE SOPORTE DE MASA

Longitud libre: 241.3 + 1.6 - 4.8 mm

Extensión: 63.5 \pm 1.3 mm bajo peso propio

Constante: 16.64 h/mm (95 lbs/pulg) \pm 10%.

CARACTERISTICAS FISICAS:

Horizontal

DIMENSIONES BASICAS:

Altura 559 mm

Ancho 493 "

Largo 623 "

Peso neto - 195.5 Kg.

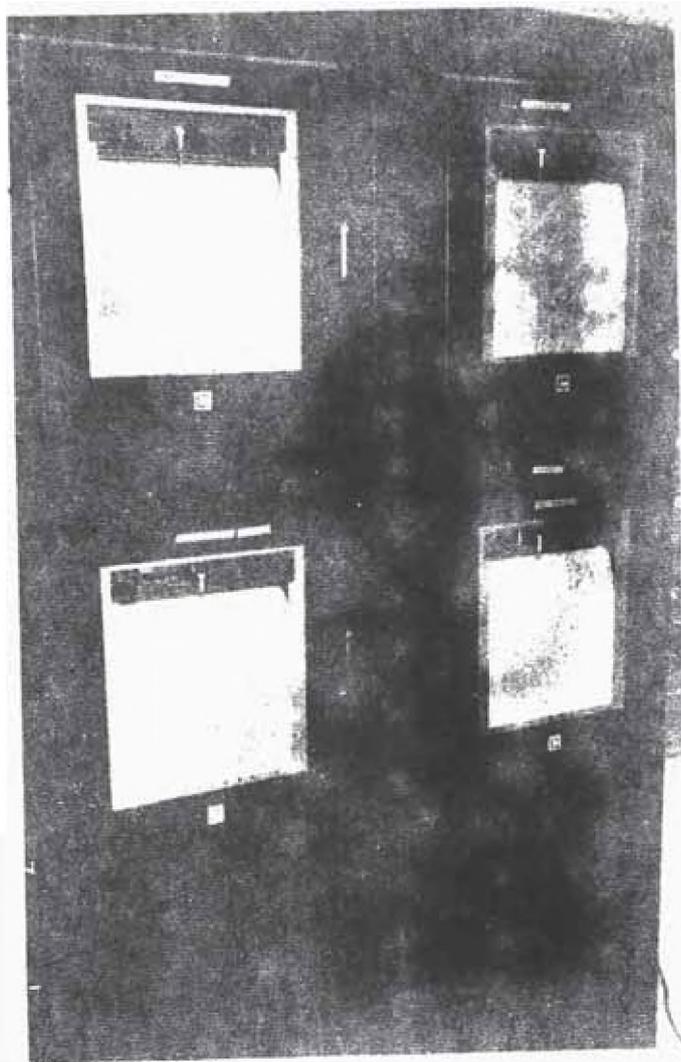


FOTO: 2

Registrador

FOTO: 3
Digitador de
5 canales



Vertical

DIMENSIONES BASICAS:

Altura	914 mm
Ancho	457 "
Largo	508 "

Peso neto - 205.1 Kg.

CONECTORES.- Una tira terminal con cuatro pares de contacto.

PENDULO DE PERIODO LARGO

CARACTERISTICAS DE OPERACION:

Período natural.- 30 seg.

Sensibilidad - 11.7 volt/mt de movimiento del suelo, a un periodo natural de 15 seg.

DETRACTOR:

Tipo.- Bobina móvil

Número de bobinas - 2

Generador constante - 105 vol-seg/m por cada bobina

Amortiguamiento - Electromagnético

BOBINAS:

Número de vueltas - 3260 cada bobina

Tamaño del alambre - 36 AWG

Potencia del motor - 3.2×10^{-2} n/amp.

Carga del magneto - 0.195 weber/m² (1950 gauss)

Peso de la masa inerte - 10 Kg.

Constante del resorte - 1.81×10^{-3} n/mm \pm 10 %

(10.3 lbs/pulg).

CARACTERISTICAS FISICAS

DIMENSIONES BASICAS:

Altura 394 mm

Ancho 305 "

Largo 610 "

Peso neto - 73 Kg.

T E N S O M E T R O

El tensómetro esencialmente consiste de un tubo de cuarzo de 25-30 mts. de largo, suspendido por alambre de piano a intervalos de 5 pies dentro de una canaleta de concreto. Un extremo del tubo esta rigidamente fijado a un pilar que está hundido en la roca. El otro extremo sostiene el conjunto del transductor que produce voltaje análogo a cualquier cambio en longitud entre los dos puntos.

Se utilizan varios tipos diferentes de transductores de tensión en diferentes sitios. La mayoría de estos son modificaciones del mismo instrumento básico. El tipo más simple es uno que utiliza principio de circuito resonantes sintonizado, de series de capacidad variable. Una plancha del condensador está montada al extremo libre del tubo de cuarzo. La segunda plancha se coloca luego por medio de alguna técnica pasa centrado periódico al pilar de referencia. Este artificio mecánico de centrado , puede consistir del carro de un microscopio de micrometro, un conjunto mecánico de reducción de brazo de palanca o un tornillo de micrometro.

Todos estos mecanismos utilizados para centrar pueden controlarse remotamente por medio de un motor eléctrico de giro lento.

Con relación a los transductores de un solo condensador, a fin

de conseguir una señal bi-polar, la salida se relaciona contra un circuito sintonizado fantasma. Una modificación de este mecanismo usa como unidad de capacidad medios prismas de ángulos de 45° plateados. Estas prismas sirven también para una función secundaria. Pueden usarse como un interferómetro Fabre Perot para calibración de primer orden del instrumento de tensión.

Otro tipo de transductor es uno que utiliza circuitería de tipo resonante de capacidad variable, sin embargo trabaja sobre el principio de empuje-jale. En este tipo, el extremo libre del cuarzo se acopla mecánicamente mediante un resorte y una superficie de soporte de zafiro a un pivote de brazo de palanca. Este pivote actúa como un condensador plano de tierra para otras dos placas de condensador colocadas a cada lado.

Las dos placas exteriores del condensador actúan como circuitería sintonizada de empuje-jale. Están mecánicamente acopladas a otro brazo de palanca que es concéntrico con relación a la placa del condensador central. También montada sobre el brazo de palanca exterior va una bobina plana achatada. Esta bobina se hace funcionar dentro del campo de un imán permanente de alta tensión de campo. La salida de este transductor se realimenta a la bobina de un amplificador operacional de alta ganancia. Cualquier señal orrónea produ

cida por el transductor y causada por un movimiento del cuarzo y por consiguiente de la plancha central, produce una corriente de realimentación que en esencia regresa el transductor a cero.

La señal que es análoga al movimiento de tensión, es el voltaje de salida presente a través del conjunto de bobina

Otro tipo de transductor de tensión es uno que es estrictamente fotográfico en su naturaleza. En algunos casos esta técnica se utiliza en conjunción con una de otros tipos anteriormente mencionados. Esta técnica consiste de un interferómetro Fabre Perot modificado, montado sobre el extremo del tubo de cuarzo. El interferómetro es excitado por una lámpara de vapor de mercurio. Los modelos resultantes, se fotografía periódicamente por medio de filtros apropiados a una cámara polaroid. La resultante es una técnica exacta de primer orden que proporciona información secular de tensión de plazo largo. En las instalaciones del Lago Isabella, California y Ñaña (Perú), la salida de voltaje análoga de los transductores de tensión se alimenta inicialmente por medio de adecuada división resistivo dentro de grabadores de papel de banda. La velocidad del papel es de 9 pulgs. por día. La señal de salida se alimenta también dentro de un filtro pasivo de red. Este filtro cumple esencialmente el mismo objeto que



FOTO: 9.- Tensómetro Bennioff de Ñaña

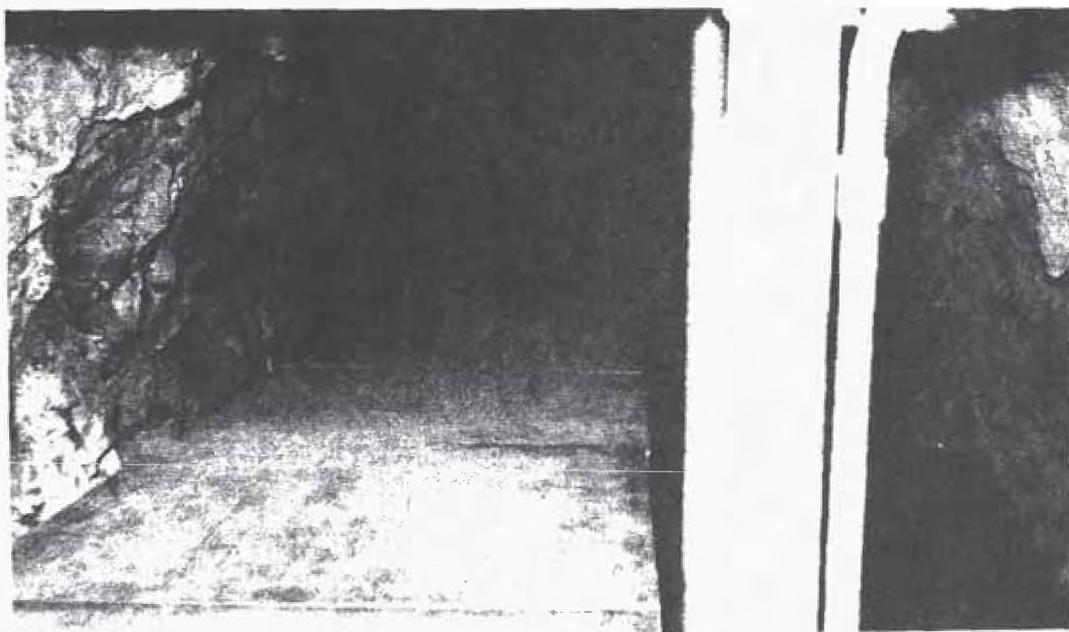


FOTO: 10.- Idem

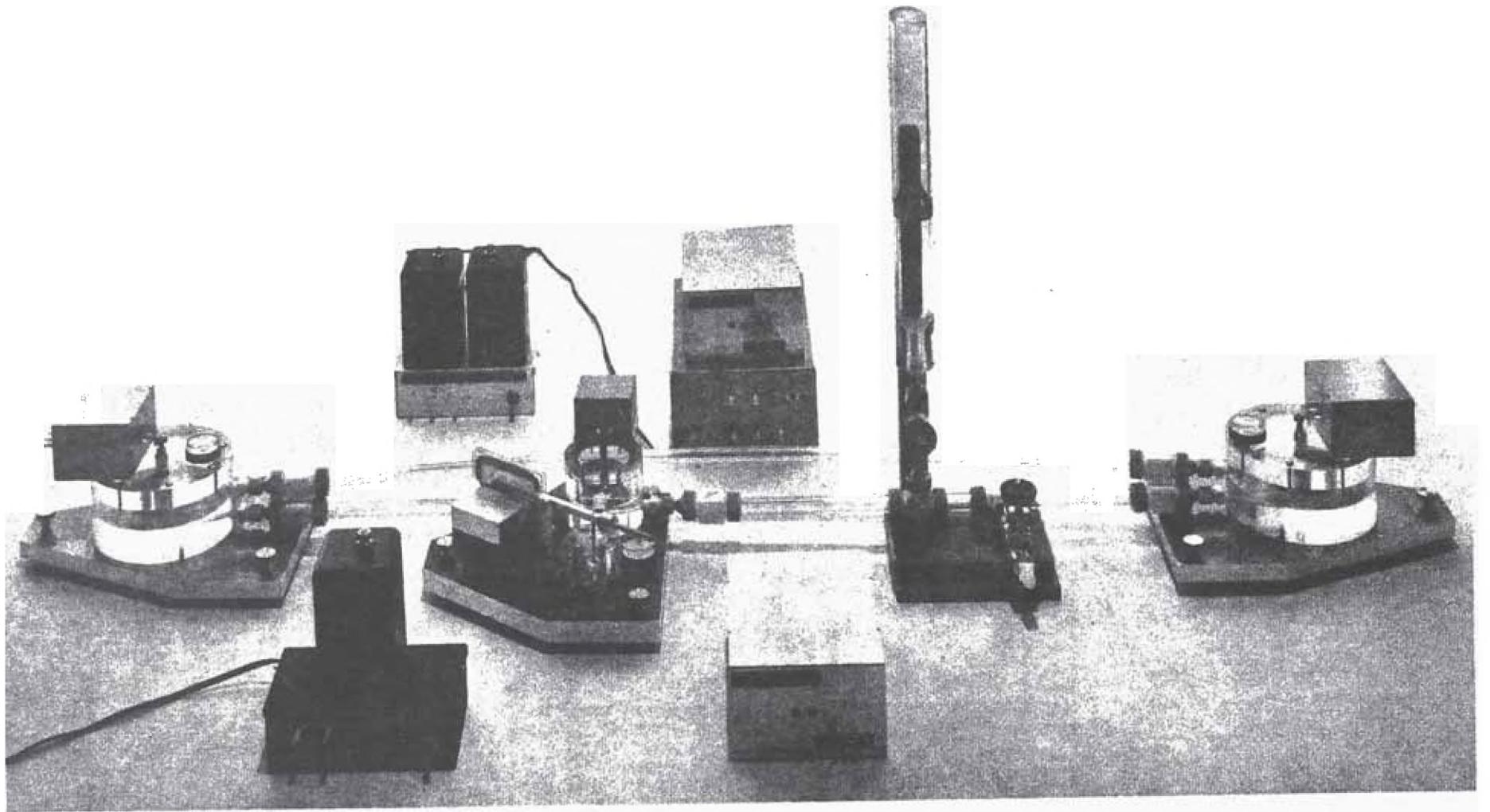


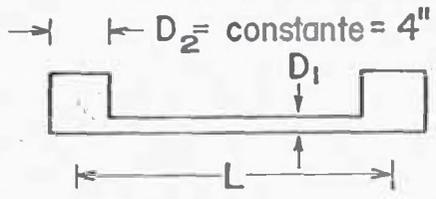
FOTO: 41

las combinaciones activas y pasivas usadas en péndulos vertical y de mercurio. La salida de este filtro se alimenta luego dentro de un amplificador de seprador de adaptación de impedancia y luego de un amplificador de ganancia. De ahí la señal se envía mediante atenuación resistiva de un grabador de papel de cinta (Foto 7) que corre a 6 pulgadas por hora y también a uno de los canales del digitador (foto 8).

PENDULO DE MERCURIO - (FOTO11)

Este sismómetro consiste en dos reservorios de plástico de 4" de diámetro que se encuentran separados por una distancia que varía de 0.5 a 50 mts. Un tubo largo de butilo conecta ambos reservorios. Cada reservorio tiene placas de un condensador que forma parte de un circuito electrónico que mide la variación del nivel de Hg. Se usan globos en los orificios de salida en cada tanque para evitar diferencias de presión atmosférica. El sistema es limpiado con nitrógeno y sellado para prevenir la oxidación de la superficie de Hg.

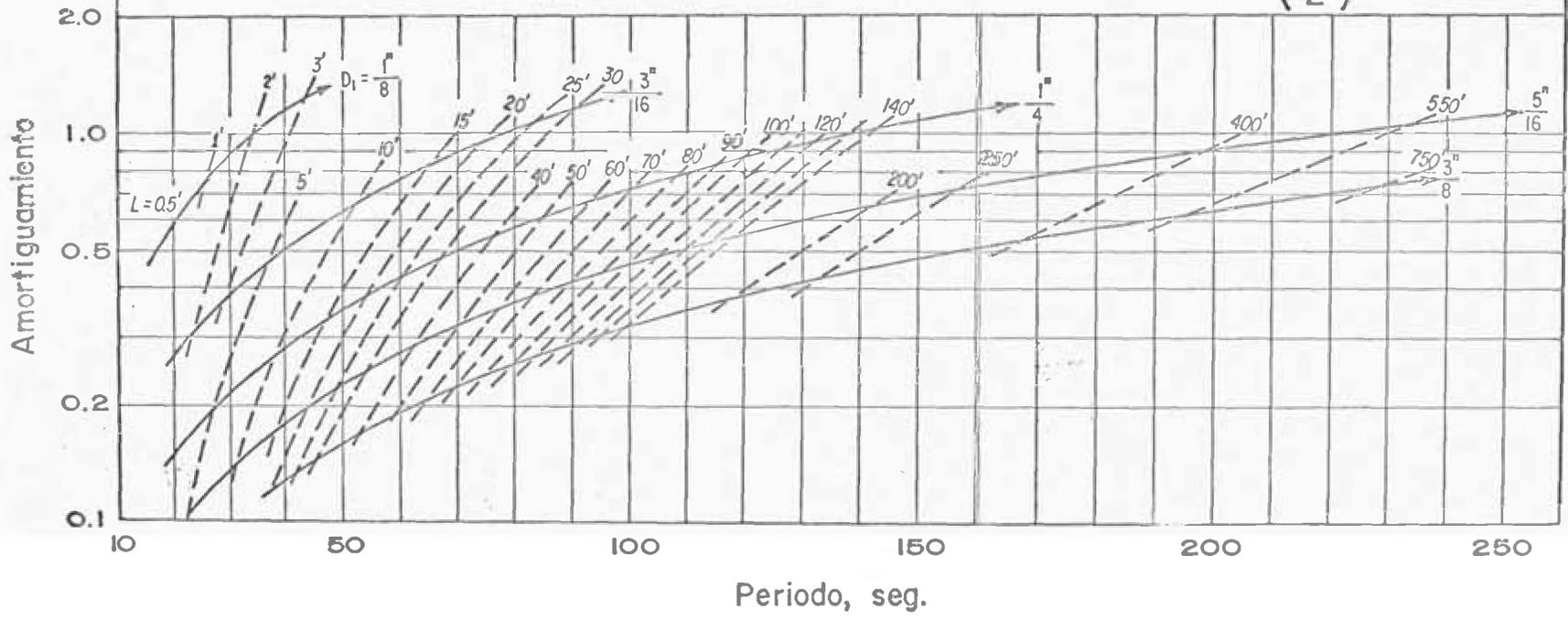
En el tubo se encuentra un sistema que provee una compensación por temperatura para minimizar las variaciones térmicas que induciráin variaciones en el volumen del líquido



CARACTERISTICAS DEL PENDULO DE MERCURIO

$$T = \frac{D_2}{D_1} \pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$$

$$h = \frac{2\mu T}{\rho \pi \left(\frac{D_1}{2}\right)^2}$$



Esto se complementa con un sistema muy sensitivo de corrección situado en el punto medio. Cualquier variación del nivel de Hg, en este punto es registrado por un transformador. La potencia es traducida por un amplificador el cual acciona un embolo parcialmente sumergido en el Hg. Este émbolo conserva el nivel de Hg, constante bajo pequeñas variaciones de temperaturas.

CAPITULO III

MODELOS PARA CLASIFICACION DE DAÑOS

ESCALAS UTILIZADAS

Después de ocurrido un sismo, debe procederse a la recopilación de información sobre los efectos que este ha causado en las edificaciones, para luego proseguir con la clasificación de las mismas, y poder someterlos a estudios, y adoptar conclusiones y recomendaciones. Así mismo, se debería proceder a recabar información sobre las sensaciones personales y también efectuar registros de ubicación y magnitud de cambios en el paisaje si los hubiera.

Con respecto al último sismo, la Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil elaboró tarjetas de observaciones. Estas tarjetas se han modificado en el presente trabajo a fin de que constituyan un modelo para clasificación de daños. Comprende la ubicación, tipo y uso de inmueble y también los daños en elementos estructurales y no estructurales. Propone finalmente un esquema del daño mas importante y una orientación aproximada del edificio. Con estas tarjetas se revisaron poco más de 300 observaciones. El formato de las tarjetas que el siguiente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TARJETA DE OBSERVACIONES

Terremoto en Lima

17 de Octubre 1967

Fecha:

Hora :

Brigada N°

Nombre del Observador:

Distrito:

Calle N°

Tipo de Construcción

Uso del Edificio

Vivienda () Oficinas (), público ()

DAÑOS OBSERVADOS:

Elementos estructurales:

Columnas:

Vigas:

Muros Portantes

Techos:

Elementos no Estructurales:

Muros de Relleno

Vidrios

Cornizas, Parapetos etc.

Haga un esquema del daño que juzgue mas importante
 (indique formas de la rajadura y partes que afecta) También
 orientación aproximada del edificio.

Lima, _____

Diversos centros de investigación han elaborado así mismo, otro modelo para estas clasificaciones y como se debía obtener mayor número de registros, se procedió al estudio de algunos de ellos con el fin de preparar un modelo un tanto mas amplio y detallado que el anterior expuesto, a fin de que se pueda obtener datos lo suficiente precisos para estudios de macro y microregionalizaciones sísmicas, de causas y formas de fallas y sus soluciones.

Entre los modelos para clasificación se estudio los preparados por el Ingeniero Alberto Vives. (de la Universidad de Chile.) Estos cuestionarios, ayudan y afrontan la recopilación de información sobre las prácticas de edificación en las zonas sísmicas del mundo. Se propone entonces seleccionar tales prácticas, sobre todo las que han demostrado su buen comportamiento durante los sismos pasados y sugieren los métodos tales, que la resistencia de los edificios en futuros sismos, sea mejor.

Los datos propuestos deben ser recogidos, incluyendo la naturaleza y extensión del daño producido por los sismos pasados, y las mejoras y adelantos en las prácticas de edificación como consecuencia de los daños observados.

Partiendo de que hay muchas variables involucradas, los cuestionarios han sido divididos en tres secciones.

- Historia sísmica de las ciudades
- Daños durante el sismo
- Características de los edificios típicos.

Se comprenderá que la encuesta propuesta no es la bastante amplia para obtener toda la información posible, y los Ingenieros Estructurales Antisismicos, contestaran lo requerido, incluyendo otras informaciones que consideren necesarias a lo largo de los objetivos ya mencionados. Por ejemplo, fotogeografías y descripciones de daños describirán mejor un conjunto, que no simplemente palabras. Esto será realmente muy bien recibido, así como también publicaciones, e informes, describiendo con mayor extensión, terremotos y sus efectos en diferentes ciudades. Pero describir los daños se pueden usar la Escala Mercalli Modificada (1931) ó el bosquejo de Escala MSK presentado recientemente a la UNESCO.

GRADACION DE DAÑOS:

Considerando los daños que presenta los elementos indicados, se definen los siguientes ESTADOS de los edificios. Esta gradación es de tipo cualitativo y considero la importancia estructural del elemento afectado.

Estado 1: Edificio Intacto:

Será el que a la inspección visual no presente daños como consecuencia del sismo.

Estado 2 : Edificio con daño en elemento no estructurales.

- 1.- Cubierto
- 2.- Cielos
- 3.- Revestimientos verticales
- 4.- Pavimentos
- 5.- Marcos de puertas y ventanas
- 6.- Artefactos Sanitarios
- 7.- Canales y Bajadas de Agua de lluvia
- 8.- Ventanales de Bloques o losetas de vidrio y celosias de cerámica ó cemento
- 9.- Escaleras de acero y/o madera
- 10- Peldaños de hormigon armado prefabricado
- 11- Instalaciones.

Estado 3 : Edificios con daños en elementos estructurales secundarios.

Elementos estructurales secundarios serán aquellos que solo soportan cargas verticales provenientes de su propio peso, y las propias de su funcionamiento, y cuya falla no afecta la estructura fundamental:

- 1.- Frontones y antetechos macizos
- 2.- Tabiques divisorios de espacios sin losa superior y que no arriostre muros
- 3.- Tabiques diversos que no rigidicen marcos de hormigon armado dispuesto en su plano.

- 4.- Estanques de agua sobre edificios
- 5.- Antepechos de balcones, pasillos, escaleras
- 6.- Porción libre de chimeneas
- 7.- Rellenos de Albañilería sin trabazon, con elementos de hormigón armado de contorno
- 8.- Cierres exteriores de edificios
- 9.- Rellenos de pisos.

Estado 4: Edificios con daños en elementos estructurales
Adicionales.

Elementos estructurales adicionales serán aquello que habiendo sido considerado como secundarios en el diseño, su comportamiento correspondió al de elementos estructurales:

- 1.- Tabiques divisorios de espacios, bajo entre pisos de hormigón armado capaces, de proporcionar rigidez adicional.
- 2.- Tabiques divisorios de espacios, sin losa superior, capaces de proporcionar sujeción transversal a los muros conectados a ella.
- 3.- Muros o tabiques divisorios capaces de proporcionar rigidez a marcos de hormigón armado dispuestas en su plano
- 4.- Chimenea y/o conductos conectados a la estructura
- 5.- Cadenetas y pilarejos de tabiques sin losa superior
- 6.- Encorazado

Estado 5 : Edificios con daños en elementos estructurales fundamentales.

Elementos estructurales serán aquellos que son indispensables para garantizar la estabilidad y la resistencia de cada una de las partes del edificio y que además han sido diseñados como tales:

- 1.- Cimientos
- 2.- Sobrecimientos
- 3.- Muros de contención que proporcionan estabilidad a las fundaciones
- 4.- Muros y machones de albañilería
- 5.- Pilares y refuerzo de cadena de albañilería
- 6.- Muros y machones de hormigón armado
- 7.- Pilares aislados de hormigón armado
- 8.- Vigas y dinteles de hormigón armado
- 9.- Losas de hormigón armado
- 10- Escaleras de hormigón armado
- 11- Estramados de pisos
- 12- Estructura de techumbre de acero o madera
- 13- Chimeneas y/o conductos que forman parte de la estructura
- 14- Marcos rígidos de hormigón armado

Estado 6 : Edificio destruido.

En atención a la magnitud del daño observado en los elementos correspondientes a los estados 4 y 5, distinguiremos los siguientes grados.

Grado 1 : Daño Leve (Hasta aproximadamente 15 % del total)

Grado 2 : Daño Mediano (aproximadamente entre 15 % y 50 % total)

Grado 3 : Daño grave (aproximadamente sobre 50 % del total)

Por tanto tendremos los siguientes estados intermedios:

Estado 4.1 : Edificios con daños leves en elementos estructurales adicionales.

Estado 4.2 : Edificios con daños medianos en elementos estructurales adicionales.

Estado 4.3 : Edificios con daños graves en elementos estructurales adicionales

Estado 5.1 : Edificios con daños leves en elementos estructurales fundamentales.

Estado 5.2 : Edificios con daños medianos en elementos estructurales fundamentales

Estado 5.3 : Edificios con daños graves en elementos estructurales fundamentales

La ocurrencia simultanea de uno o mas estado con sus Grados respectivos, dara lugar a los siguientes grupos de clasificación de edificios.

GRUPO	DESCRIPCION	ESTADOS Y GRADOS
1	Edificios intactos	1
2	Edificios con daños en elementos no estructurales	2
3	Edificios con daños en elementos no estructurales y secundarios	2 - 3
4	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios y daños leves en elementos <u>es</u> tructurales adicionales	2-3-4.1
5	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales <u>secunda</u> rios y daños medianos en elementos estructurales adicionales	2-3-4.2
6	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales <u>secunda</u> rios y daños graves en elementos <u>es</u> tructurales adicionales	2-3-4.3
7	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales <u>secunda</u> rios y daños leves en elementos <u>es</u> tructurales adicionales y <u>fundamenta</u> les.	2-3-4.5-5.1
8	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales <u>secunda</u> rios, daños medianos elementos <u>estruc</u> turales adicionales y daños leves en elementos fundamentales	2-3-4.2-5.1

GRUPO	DESCRIPCION	ESTADOS Y GRADOS
9	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios, daños graves en elementos estructurales adicionales y daños leves en elementos estructurales fundamentales	2-3-4.3-5.1
10	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios, daños leves en elementos estructurales adicionales y daños medianos en elementos estructurales fundamentales.	2-3-4.1-5.2
11	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios y daños medianos en elementos estructurales adicionales fundamentales.	2-3-4.2-5.2
12	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios, daños graves en elementos estructurales adicionales y daños medianos en elementos estructurales fundamentales .	2-3-4.5-5.2
13	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios, daños leves en elementos estructurales adicionales y daños graves en elementos fundamentales.	2-3-4.1-5.3

GRUPO	DESCRIPCION	ESTADOS Y GRADOS
14	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios, daños medianos en elementos estructurales adicionales y daños graves en elementos estructurales fundamentales.	2-3-4.2-5.3
15	Edificios con daños en elementos no estructurales, estructurales secundarios y daños graves en elementos estructurales adicionales y fundamentales.	2-3-4.3-5.3
16	Edificios destruidos	6

Para lo concerniente al registro de ubicación y cambios en la geología y topografía de la región, se tomaron los estudios preparados por M.G.Bonilla y B.H.Bailey del U. S. Geological Survey y que son presentados como "Observaciones Geológicas de los Efectos del Sismo". Consideran ellos que lo mejor es comenzar el estudio del terreno, con ayuda de fotografía aéreas de baja altura y con la observación de un area que se extienda a varios kilómetros de distancia del epicentro. En el terreno, estudiará primero los rasgos que puedan ser reparados o destruidos en unos

pocos días y horas, y se dejara lo mas permanente para después. Se compilará los datos obtenidos sobre fotos o mapas a gran escala, o se referira a puntos fijos, a coordenadas geográficas o a estaciones numeradas en los mapas. Se indicará la ruta de observación seguida, y también la clase de roca o suelo del lugar y las condiciones físicas de los mismos. Se necesitan datos referentes a los efectos en rellenos artificiales; el relleno debe describirse en forma clara y precisa, se indicara condiciones dimaticos anteriores al sismo (una semana). Indicara la duración e intensidad de lluvias en la zona, anteriores y posteriores al sismo. Los geólogos deberan observar los daños de las estructuras, ya que muchos datos de aplicación geológica pueden deducirse del desplazamiento de canales, tuneles y otras estructuras.

FALLAS:

Ubicación: Señaladas en el mapa en la forma mas precisa posible. Indique inclinación de la falla. Indique traza de la falla.

Desplazamiento : Normal, invertido, lateral derecho izquierdo o combinación? Mida el deslizamiento o el salto. Vuelva a medir después los desplazamientos para defectos movimientos posteriores. Hay evidencia de compresión o tracción?

Este desplazamiento aparente distorsionado por el arrastre o el rebote elástico?. Mida la disminución del desplazamiento con el aumento de la distancia a la falla.

Material : Roca o suelo? Que clase?

Para suelo use la clasificación unificada de suelos In situ ó transportado. Efecto del movimiento en el material. Milonita, arcilla, brecha de falla, espejos de falla

Relacionado con: Características topografías. Fallas antiguas. Zona de alteración. Otras fallas de la misma época que forman un esquema escalonado u host o graben (pilas y fosatectónica). Grietas, cordones de presión, zanjas etc?. Masa de roca competente o incompetente que han desviado la traza de la falla.

ESCARPES:

Ubicación: muéstrelo en el mapa e indique el lado que subió. Señale la altura del escarpe y la componente vertical del movimiento de la falla. Señale separación horizontal de labios y cargo del escarpe. Escarpes múltiples o pequeñas.

Disposición: Inclínación de la superficie del Escarpe; de la falla relacionada; inclinación en relación con los distintos materiales cortados.

Relación con topografía. Falla principal otra falla o deslizamiento. Otros escarpes. Graben en sus bases?.

Origen : Falla, deslizamiento, sacudon, compactación otro.

Efectos en : Drenaje, Rios, costas, etc?.

GRIETAS:

Ubicación: indíquelos en el mapa. Si son muchas, a note el espaciamiento entre ellas y el esquema (pattern). Haga un esquema. Tiene relación con pendientes escarpadas Explique.

Dimensiones: Ancho, profundidad, rellena parcialmente de aluvio o material de acarrea.

Disposición inclinación, movimiento relativo de paredes.

Material: roca, arena, limo, arcilla. En la superficie, en profundidad insitu.

Origen: falla, deslizamiento, sacudon, compactación otro. Hora de comienzo de formación de la grieta con respecto al sismo.

Distorsión de elementos lineales o planos.-

Ubicación: Indique en el mapa la magnitud de la distancia.

Clasificación: Horizontal o vertical. Relaciones con el arrastre, rebote elástico u otros procesos.

Material: Roca o suelo, Que clase, in situ?

Efectos: Cordones de presión, relación con falla activa. Costa inclinada a antiguas líneas de costa. Drenaje desviado, encharcado o distorsionado. La disminución en la estabilidad de los pendientes causa deslizamiento, corrientes de turbidez. Perturbaciones en las estructuras artificiales.

Deslizamientos de tierra.-

Ubicación: indique la ubicación y el tamaño en el mapa. Indique el escarpe principal, masa deslizada, dirección del movimiento.

Relaciones con fallas. Es un deslizamiento nuevo o es reactivación de uno anterior.

Disposición: Inclinación y orientación del declive original

Inclinación y orientación de la superficie de deslizamiento.

Material: roca o suelo. Qué clase? Use el sistema Unificado de clasificación de suelos. Los suelos cohesivos son blandos o duros. Los suelos no cohesivos son sueltos o densos. Cuál es el espesor del material deslizado. Humedo o seco. Hay vertientes?

Movimiento: Distancia recorrida. Por desplome, flujo, corriente de barro, deslizamiento, licuación o es una combinación?.

Se rompe en pocos o en muchas partes. Rotaron las partes?.

Hora del movimiento con relación con los sismos.

Clasificación: Use la clasificación del Highway Research Board.

Efectos Geológicos: Desviación u obstrucción del drenaje. Se producen escarpas y grietas. Se caen o inclinan árboles.

Efectos en estructuras: Destrucción de carreteras, puentes, represas, túneles. etc.

HUNDIMIENTOS

Ubicación: Si conoce la cantidad y los límites, indíquelos en el mapa.

Material: Suelo o Roca. De detalles como en los deslizamientos, indique el perfil del suelo (estatigrafía).

Tipo: Se producen a causa tectónica, compactación u otros procesos. Producido por colapso de caverna? Se produce un flujo vertical u horizontal de materiales en el subsuelo?

Afectan en: Topografía, drenaje. La línea de Costa, capas freáticas, vertientes campos petrolíferos, estructurales artificiales.?

Descarga de agua y de Materiales no consolidados.

Ubicación: Indíquelos en el mapa usando símbolos adecuados

Tipo: Varía el nivel del agua de los pozos, Varían o surgieron nuevos manantiales? Conos de arena, volcanes de barro, diques elásticos?.

Material: Arena, limo, arcilla, agua, otros . Procedencia del material. Profundidad de la fuente.

Tamaño: Altura, duración y tiempo del flujo con respecto al movimiento fuerte. De las dimensiones de los depósitos.

Relación con: area del hundimiento, traza de la falla, compactación natural.

Efectos varios:

Bolones: evidencia de movimiento de bolones en el suelo. Astillados debido al impacto mutuo. Arrojadados del depósito. Rodando del depósito?.

Rodaron Bolones:

Postes y Estacas: Levantados. El movimiento es absoluto o relativo? Causa ?.

Arboles: Indique la ubicación, tamaño, dirección de la caída y altura de la ruptura en los árboles quebrados por el sismo.

Glaciares: Tipo de glaciar (colgante, de valle etc.) Cambio de la ablación. Ubicación.

Corrientes de Turbinas: Hora de comienzo relacionado con la del sismo principal o con las réplicas. Tamaño, velocidad, distancia recorrida. Material y topografía en la fuente, en el terreno de depósito.

Tsunamis y Seiches: Ubicación de las costas afectadas y dirección de aproximación de las olas? altura alcanzada. Número y

frecuencia de las olas. Modificación en la morfología de la Costa. Objetos.

Transportados: material, tamaño, peso, distancia recorrida.

Actividad volcánica: Descríbala si aparentemente esta relacionada con el sismo.

Licuación: Tipo de material: arena gruesa, fina, limo, arcilla, Profundidad del nivel freático. Si es arena suelta o compacta?. Si es arcilla blanda?, mediana o dura?. Pendiente del terreno. Evidencias? (volcanes de barro, montículos de arena, sumideros fuentes sísmicas). Hay estudios previos en el area?.

Otros de los modelos sometidos a estudio fue el Modelo Ruso, que es presentado bajo el título de Informe de un Efecto de los Sismos en Estructuras. Presentamos el estudio Ruso, a fin de que se aprecie el criterio de enfoque que utilizan al hacer sus clasificaciones, cabe hacer notar que esto es de acuerdo a su tipo de construcción predominante.

Hora del sismo

Fecha:

Tipo de Estructura o Instalación

Uso:

Breve Descripción:

Edad Aproximada

Ubicación

Fecha de inspección:

1.- Daños observados

Ninguno	Severos
Leve	Destruytores
Moderado	Totales
a) Elementos No estructurales	<u>Daños</u>

agrietado caidos (as) Interior exterior

1. Estuco
2. Tejas
3. Chimeneas
4. Tabiques
5. Radieres
6. Ornamentación

b) Elementos Estructurales

grietas leves grietas severas colapso
 cimientos
 muro resistente
 estructura (pilares, cadena)

Cree Ud. que alguna de las grietas se debieron a asentamientos diferenciales de las fundaciones

Si No

c) Tipos de fundaciones :

- cimientos corridos
- zapatas corridas
- zapatas aisladas
- pilotes madera
- concreto

2.- Reparaciones efectuadas después del sismo

- ninguna daños en muros
- Pintura otras
- estuco

3.- Datos del terreno

a) Terreno bajo la estructura

- Roca suelto o blando
- Ripio
- Arena semicompacto
- Limo
- Arcilla
- Terreno orgánico(turbos) Compacto o duro
- Relleno con - - - - - Observaciones

Profundidad del agua subterránea

A la fecha del sismo - - - mts.

b) Superficies del terreno

Corto

Natural

horizontal

con pendiente suave
fuerte

Está cerca de un corte o barranco natural o artificial si no

c) Grietas en el terreno:

Ninguno Pocos Muchos
a que distancia mts.

d) Derrumbes y/o deslizamientos: si no

ninguno

afecto la estructura

cerca de la estructura

Hubo deslizamiento en areas vecinas?

e) Hundimiento ó Levantamiento:

Ninguno Local General

f) Vestigio de traslación o rotación de fundaciones.

si no

Cree Ud. que se produjeran daños debido al si no

choque de estructuras:

Habia sido dañada la estructura por otro

sismo anterior?;

leves

moderados

severos

Hubo daños por incendio despues del sismo

4.- Notas y diagramas.

Persona que hace la inspección:

Nombre:

Dirección:



Con el fin de que la Inspección pueda abarcar grandes zonas y en el menor tiempo, el Instituto Geofísico del Perú, ha implantado el llamado Card Service Program¹⁰. Este sistema consiste en que las personas mas versadas de pequeñas localidades (profesores, párracos, policias), llenan estos cuestionarios, que han sido preparados especialmente, y luego por servicio postal lo remitan a las oficinas del Instituto Geofísico. Su confección ha tenido como base, la escala de Intensidad Modificada de Mercalli, y se han utilizado para la confección de macroregionalizaciones sismicas.

El sistema es el siguiente :

Zona	Departamento	Provincia
Lugar	Hora	Duración
Nombre de la persona		

1) Efectos en Personas

- Sentido por algunas bajo muy favorables circunstancias
- Sentido por algunas personas en reposo ó en edificios altos
- Sentido por algunas personas en el interior de casas
- Sentido en el interior de los carros, casi todos sientes el movimiento en la casa
- Personas adoptan actitud de alertas
- Sentido fuera de casa (calle)
- Sentido por todos
- Muchas personas se asustan
- Dificultad para caminar
- Todas las personas salen de sus casas
- Sentido en el interior de autos en movimiento
- Dificultad para pararse
- Alarma general
- Pánico

En caso afirmativo marcar con una (X)

2) Efecto en construcciones.

- Vibración parecida al peso de un camión
- Vibración parecida al peso de un camión pesado
- Grietas en construcción tipo D V en estructuras débiles
- Daños en construcción tipo D incluyendo fisuras
- Caídas de estuco y caídas de cornizas, por soportes
- Fisuras en construcción de tipo C.

- Daños en construcción tipo C, colapso parcial
- Daños ligeros en construcción tipo B
- Caída de monumentos, torres, tanques elevados
- Destrucción de construcción tipo D
- Construcción C severamente dañada. Algunos colapsos
- Construcción B seriamente dañada
- Construcción B completamente destruido
- Algunos daños en construcciones tipo A
- Algunos puentes destruidos
- Daños serios en diques, presas,
- Destrucción Parcial de construcción tipo A
- Casi total destrucción de construcción tipo A

En caso afirmativo marcar con una (X)

Tipo de Construcción:

- A) Concreto reforzado, construcción asismica
- B) Masonry and Reinforced Concreto (Albañilería y Concreto Armado)
- C) Masonry (Albañilería sin columnas y vigas)
- D) Construcciones de adobe, pirca, quincha.

3) Otros efectos :

- Oscilación de objeto colgantes
- Ruido al romperse las ventanas
- Rotura de losas y ventanas
- Se pasan los pendulos de relojes

- Movimiento de los muebles
 - Volcamiento de objetos de baja estabilidad
 - Muebles volcados ó caidos
 - Ondas en estanques
 - El agua se enturbia
 - Arcilla y arena suben a la superficie del agua
 - Rotura de tuberías subterráneas
 - Grietas y fisuras en la superficie
-

Para las zonas en que están situadas ciudades de importancia y cuyas construcciones se ciñen a normas modernos del diseño, pero que también conservan estructuras antiguas, se ha hecho el estudio para proponer formatos. Se han basado estos estudios en los formatos anteriormente expuestos, se han tenido especial cuidado de que puede obtenerse información del estado de los diferentes elementos estructurales y no estructurales, así mismo, se registrará el motivo de la falla de estos elementos, y la solución a aplicar en cada caso.

Con estos formatos se han inspeccionado las ciudades de Huacho, Supe y Barranca. También parte de Lima, lograndose cerca de 500 registros. Los formatos son los siguientes:

I CLASIFICACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

	VIGAS					COLUMNAS					CUBERTURA					MUROS					FUNDACION					CHIMENEA					TANQUE ELEVADO				
	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V	T	P	L	M	V
INTACTA																																			
DEFORMADA																																			
AGRIETADA																																			
ROTA																																			
CAIDA																																			

NOMENCLATURA:

MAGNITUD DEL DAÑO:

T: Total

P: Parcial

Intensidad del daño:

L: Leve

M: Mediano

V: Vital

OBSERVACIONES:

CIUDAD:

SECTOR:

CALLE:

Nº

CONSTRUCCION TIPO:

USO:

II CLASIFICACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

	Cubertura Liviana		Tabiques		Enlucido cieloras		Revoque exter.		Revoque inter.		Vidrios		Instalac. Eléctric.		Instalac. Agua		Instalac. Desague		Instalac. Gas		
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	
Intacta																					
Deformada																					
Agrietada																					
Rota																					
Caida																					

Nomenclatura

Magnitud del Daño

T: Total

P: Parcial

OBSERVACIONES

Ciudad:

Sector:

Calle:

No.

Construcción Tipo:

Uso:

III CAUSAS Y SOLUCIONES

CAUSAS

ELEMENTOS ESTRUCTURAL. ELEMENTOS NO ESTRUCL.

R C I R C I

CONSTRUCTIVAS
CALIDAD DE MATERIALES

ESTRUCTURACION

CALCULO

FUNDACION

NOMENCLATURA

R: REGLAMENTO

C: COSTUMBRE

I: IGNORANCIA DEL COMPORTAMIENTO (POR SER NUEVO EL PROCESO)

T: TOTAL

P: PARCIAL

U: USUAL

D: DIFICIL

N: NUEVA (NUEVO PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO)

OBSERVACIONES

SOLUCIONES

ELEMENTOS ESTRUCTURAL. ELEMENTOS NO ESTRUCL.

T P U D N T P U D

REPARACION

TRANSFORMACION

DEMOLICION

CIUDAD

SECTOR

CALLE

N°

CONSTRUCCION TIPO

USO

Debido a que los 2 últimos juegos de formato y el propuesto, se utilizan para macro y micro regionalizaciones sísmicas, a que estas se logran con la ayuda de la escala de intensidad Mercalli Modificada y Rusa a continuación expondremos cada una de ellas.

Escala de Intensidades de Mercalli Modificada:

- I.- No es sentido por las personas
- II.- Sentido por personas en reposo, en pisos superiores o en circunstancias favorables.
- III- Sentido en el interior de las casas. Los objetos colgantes se balancean la vibración es similar al peso de vehículos livianos. No es reconocido necesariamente en el momento como un terremoto
- IV.- Los objetos colgantes se balancean. La vibración es similar al peso de vehículos pesados. Las ventanas y puertas son sacudidos. A partir de este rango las paredes y construcciones de madera crujen.
- V.- Sentido en el exterior. Los que duermen se despiertan. Los líquidos contenidos en recipientes se disturbán. Algunos se derraman. Objetos pequeños son desplazados o volteados. Las puertas se balancean, se abren, se cierran. Los cuadros se balancea. Los relojes de péndulo se detienen.

VI .- Sentido por todos. Muchos se asustan y corren al exterior. Se camina con dificultad. Los vidrios, platos y vasos se rompen. Libros y discos salen de su estante. Las pinturas de las paredes. Los muebles movidos o volteados. Mortero de baja calidad y mampostería tipo D se agrietan. Pequeñas campanas tañen. Los árboles y arbustos se cimbran y se les siente crujir.

VII.- Dificultad para pararse. Sentido por choferes de vehículos motorizados. Los muebles se rompen. Se daña la mampostería tipo D y se producen rajaduras. Las chimeneas poco resistente caen. Caídos de yeso, desprendimiento de ladrillo, piedra, losas, cornisas, muros sin amarre y ornamentos arquitectónicos. Algunas grietas en mampostería tipo C. Se forman olas en los lagos y tanques de agua. El agua se enturbia con lodo. Pequeños deslizamientos y hundimientos de arena o grave, las campanas grandes, tañen. Los canales de concreto para irrigación son dañados.

VIII- La conducción de vehículos motorizados se dificulta. Daño en mampostería tipo C, colapso parcial. Algunos daños en mampostería tipo B, nada en el tipo A. Caída del estucado y algunos muros de albañilería. Caída de chimeneas Torres, tanques elevados. Las casa de madera movida de

su cimentación, si no han sido volteadas. Paredes caídas. Los pilotes deteriorados se rompen las ramas de los árboles son arrancadas. Cambio en el flujo o temperatura de fuentes o manantiales.

IX.- Pánico general. Albañilería tipo D destruido; tipo C gravemente dañada, a veces en colapso total; tipo B severamente dañado. Daño general en las fundaciones, las estructuras si no han colapsado, se han soltado de sus cimientos. Estructuras destrozadas. Serio daño en tuberías subterráneas. Notables grietas en el suelo.

X.- La mayoría de las construcciones destruidas desde sus cimientos. Estructuras modernos y puentes destruidos. Daños serios en malecones, represas y diques. Grandes deslizamientos de tierra. El agua se sale de su ribera en canales, rios largos etc. La arena y fango son trasladadas a las playas y terrenos llanos. Los rieles se doblan ligeramente.

XI.- Los rieles se doblan considerablemente. Las líneas de tuberías subterránea completamente fuera de servicio.

XII.- Daños muy cerca al total. Grandes masas de rocas desplazadas. Los objetos son lanzadas hacia arriba.

CALIDAD DE LA ALBAÑILERIA :

- Tipo A: Buena mano de obra, mortero y diseño especialmente lateral y bien amarrado mediante acero, concreto etc. diseñado para resistir fuerzas laterales.
- Tipo B: Buena mano de obra y mortero, reforzado pero no diseñado en detalle para resistir fuerza laterales.
- Tipo C: Mano de obra y mortero ordinario, no tan debil como para fallar por poco amarre en las esquinas, pero no diseñado para resistir fuerzas laterales.
- Tipo D: Material poco resistente como el adobe; mortero pobre baja calidad de mano de obra. Sin resistencia para fuerzas horizontales.

Escala Sísmica de Intensidades-Versión MSK 1964

S.V. Medvedev (Moscú) W.Spronheues (Seña) y V Karnik
(Praga)

1.1 Introducción

1.2 Clasificaciones

I Definiciones de cantidad

Algunos, pocos (as); alrededor de 5 %

 muchos (as): alrededor de 50 %

 La mayoría: alrededor de 75 %

II. Clasificación de daños en edificios

Clase 1. Daños leves: Grietas finas en el estuco, caída de pequeños de trozos de estuco.

Clase 2. Daños moderados: Grietas pequeñas en muros, caída de trozos mayores de estuco, corrimiento de tejas, grietas en chimeneas, caen partes de chimeneas.

Clase 3. Daños severos: Grietas grandes y profundas en muros, caída de chimeneas.

Clase 4. Daños destructores: Separaciones en muros, parte de los edificios pueden derrumbarse, elementos estructurales separados pierden su cohesión, derrumbe de relleno de entromador y muros internos.

Clase 5. Daño total: Colapso total de edificios

III. Tipo de estructuras: (excluye estructuras antisismicos

Tipo A: Casos de pirca, construcciones rurales, casas de adobe o barro.

Tipo B: Construcciones de ladrillo sin reforzar, edificios pre-fabricados y de bloques macizos, tabiquerías pesados edificios de piedra labrada.

Tipo C: Edificio reforzado, estructura de madera bien diseñada

IV. Disposición de la Escala.

- a) Personas y su ambiente
- b) Estructuras
- c) Naturaleza

1.3 Grados de intensidad

I. Imperceptible :

- a) La intensidad de la vibración está bajo el límite de perceptibilidad humana.

II. Apenas perceptible: (muy leve)

- a) La vibración es sentida solo por personas en reposo, especialmente en los pisos superiores de edificios.

III. Débil, observado solo parcialmente:

- a) Sentido por pocas personas en el interior de los edificios; en el interior sólo en circunstancias favorables. La vibración es similar al paso de un camión liviano. Observadores atentos pueden notar una pequeña oscilación de los objetos colgantes, un poco mas notorio en los pisos superiores de edificios.

IV. Observado en escala moderado.

- a) Sentido por muchas personas en el interior, por pocos en el exterior de los edificios. Algunas personas despiertan, pero casi nadie se asusta. La vibración es similar al paso de un camión pesado. Vibración de puer

tas ventanas y vajillas. Crujido de pisos y muros. Los muebles comienzan a balancear. Los objetos colgantes oscilan débilmente. Los líquidos en envases abiertos se agitan levemente. El movimiento es perceptible dentro de los vehículos detenidos.

V. Las personas despiertan:

- a) Sentido por la mayoría en el interior, por muchas personas en el exterior. Muchas personas despiertan. Pocos corren al exterior. Los animales se inquietan los edificios vibran notoriamente. Objetos colgantes oscilan notablemente. Los cuadros chocan contra paredes o se desvían de posición. Los relojes de péndulo se detiene ocasionalmente. Objetos inestables pueden volcarse o girar. Puertas y ventanas abiertas se agitan y golpean. Los líquidos se derraman en pequeña cantidad de envases repletos. La vibración parece análoga a la que se produce por un objeto pesado que cayera dentro del edificio.
- b) Pueden producirse daños leves (clase 1) en algunos edificios Tipo A.
- c) A veces se notan cambios en el flujo de los vertientes.

VI. Las personas se asustan :

- a) Sentido por la mayoría, tanto en el interior como en

el interior como en el exterior. Muchas personas se asustan en el edificio y corren al exterior.

Unos pocos pierden el control, los animales domésticos corren de sus establos. En algunos casos pueden quebrarse la vajilla y cristalería, y pueden caer libros. Es posible que los muebles pesados se muevan y pueden sonar campanas pequeñas.

- b) Daños de clase 1 en algunos edificios de Tipo B y en muchos de tipo A. Algunos edificios de tipo A sufren daños de clase 2.
- c) En algunos casos pueden presentarse grietas de hasta 1 cms. de ancho en terrenos húmedos; deslizamientos ocasionales en regiones montañosas; si observan cambios en el flujo de los vertientes y en el nivel de las aguas de los pozos.

VII. Daños en los edificios:

- a) La mayoría de las personas se asustan y corre hacia el exterior. Muchas encuentran dificultad en sostenerse de pie. La vibración es sentida por personas manejando vehículos. Suenan incluso campana grandes.
- b) Se provocan daños de clase 1 en muchos edificios de tipo C; daños de clase 2 en muchos edificios de tipo B; daños de clase 3 en muchos edificios de tipo A; y de clase 4 en algunos de tipo A.

En casos aislados se producen deslizamientos de terraplenes con gran pendiente; grietas en las carreteras ; daños en las uniones de tuberías; grietas en muros de piedra.

- c) Se forman olas en la superficie del agua y se enturbian debido al lodo del fondo. Cambios en el flujo de las vertientes en el nivel de agua de los pozos. En algunos casos los vertientes dejan de correr o vertientes secos vuelven a manar. En casos aislados se deslizan partes de las riberas de arena ó grave.

VIII. Destrucción de edificios.

- a) Susto y pánico, incluso los conductores de vehículos se disturban. Se quiebra una que otra rama y caen de los árboles. Se mueven incluso los muebles pesados y algunos de vuelcan. Las lámparas se dañan parcialmente.
- b) Muchos edificios tipo C sufren daños clase 2, y algunos de clase 3, muchos edificios de tipo B sufren daños de clase 3, y algunos de clase 4, muchos edificios de tipo A sufren daños de clase 4 y algunos de clase 5. Rotura ocasional de las uniones de tuberías, los monumentos y estatuas se mueven y giran. Las lápidas se vuelcan y caen. Los muros de piedra se derrumban.

c) Derrumbes pequeñas en cuevas y terraplenes con pendientes fuerte; grietas en el terreno hasta de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua en los lagos. Aparecen nuevas lagunas. Las vertientes dejan de correr y vertientes secas vuelven a manar. En muchos casos se producen cambios en el flujo y nivel de las aguas.

IX. Daños generales en edificios:

- a) Pánico general; daños considerables en los muebles. Los animales corren despavoridos y "gritan".
- b) Muchos edificios de tipo C sufren daños de clase 3, algunos de clase 4; muchos edificios de tipo B sufren de clase 4, algunos de clase 5, muchos edificios de tipo A sufren daños de clase 5. Caen columnas y monumentos. Daños considerables en los estanques. Las tuberías subterráneas se rompen parcialmente. En casos aislados se tuercen las líneas ferroviarias y se dañan las carreteras.
- c) En terreno plano se observan comunmente inundaciones de agua lodo y arena. Grietas en el terreno de hasta 10 cms. y aun mayores en riberas pendientes; aparecen gran cantidad de grietas menores en el terreno; desprendimiento de rocas, numerosos deslizamientos y hundimiento de suelo. Se observan grandes olas sobre el agua.

Los vertientes dejan de correr, y vertientes secas vuelven a manar.

X. Destrucción general de edificios:

- b) Muchos edificios del tipo C sufren daños de clase 4 , algunos de clase 5; muchos edificios de tipo B muestran daños de clase 5; la mayoría de los edificios de tipo A sufre destrucción de clase 5. Los diques y represas sufren daños críticos y se observan daños severos en los puentes. Las líneas ferroviarias se tuercen levemente. Las tuberías subterráneas se tuercen y quiebran. Se observan ondulaciones en el pavimento de la carretera.
- c) Se observan grietas en el terreno de hasta varios decímetros, a veces de hasta de 1 mt. de ancho. Se producen grietas anchas a lo largo de la rivera de los cursos de agua. El terreno suelto se desliza a lo largo de pendientes pronunciadas. Se pueden producir deslizamientos considerables en riberas y costas abruptas. Se producen cambios del nivel de agua en los pozos; en area costaneras desplazamientos de arena y lodo; el agua de los rios, lagos, canales, etc. se derrama sobre el terreno vecino. Aparecen nuevos lagos.

XI. Catastrofe :

- b) Daños severos incluso en edificios bien contruidos puentes, represas y lineas ferroviarias; las carreteras quedan inservibles, las tuberías subterranas se destruyen.
- c) Daños considerables en el terreno debido a las grandes grietas y fisuras, como también a desplazamientos horizontales y verticales; numerosos derrumbes y desprendimientos de rocas.

Es preciso investigar cuidadosamente los efectos del sismo para determinar su intensidad.

XII. Cambios en el paisaje :

- b) Graves daños o destrucción de casi todas las estructuras ubicadas sobre o bajo el nivel del suelo.
- c) Cambia radicalmente la perspectiva del paisaje. Se observan abundantes grietas en el terreno, acompañada de extensos desplazamientos verticales y horizontales. Desprendimientos de rocas y deslizamiento de las riberas sobre grandes extensiones, se producen "tacos" en los rios, aparecen cascadas y los rios cambian de curso. Es preciso investigar cuidadosamente los efectos del sismo para determinar su intensidad.

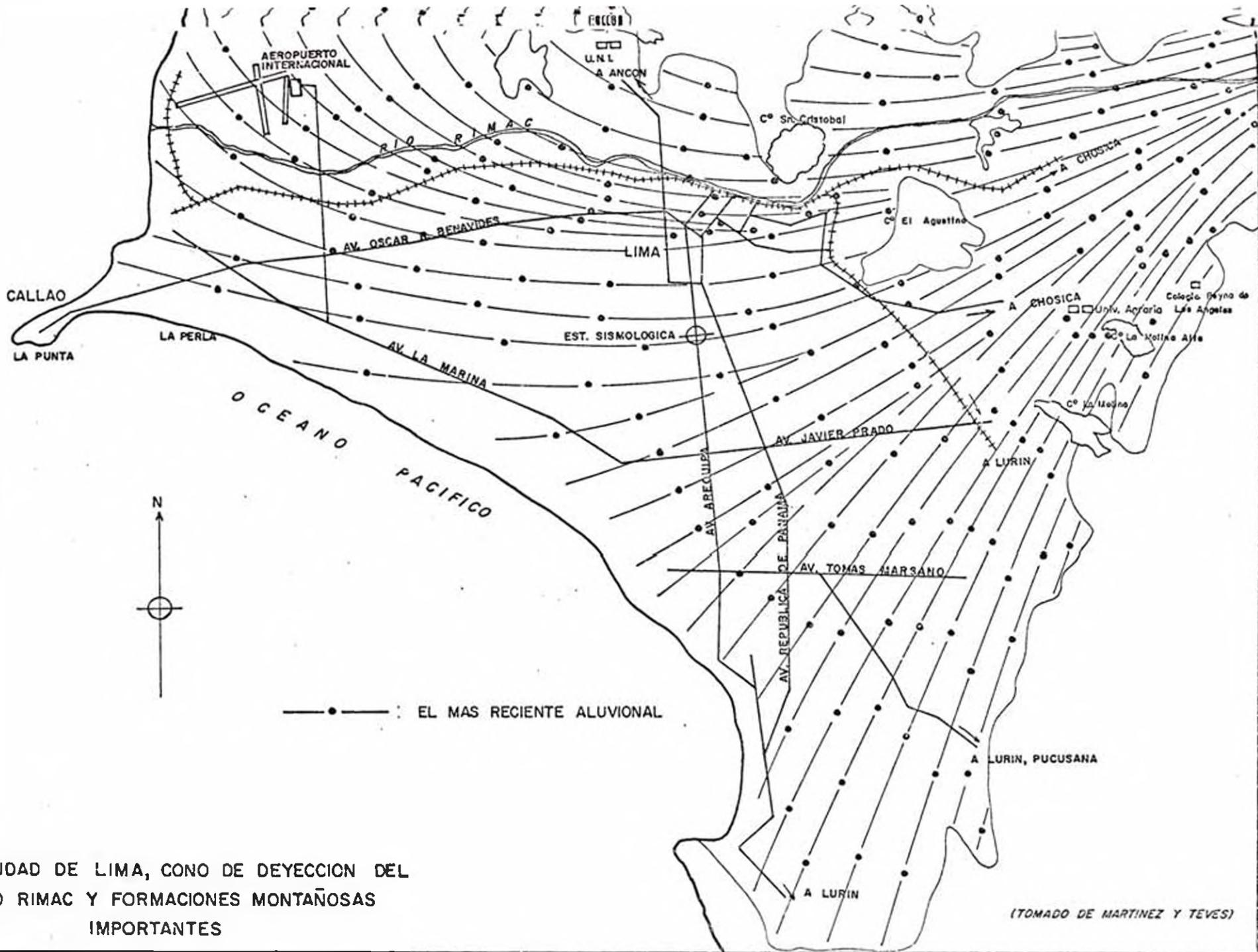
CAPITULO IV

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA REGION

El abanico deyectivo del valle del río Rimac, empieza en Chosica (vértice) y se extiende desde Chorrillos (Morro Solar), hasta la vecindades del río Chillón (Hda. Bocanegra, cerca al Aereopuerto Internacional), habiendo los sedimentos arrastrados por el río, inundado el ancho como de una a otra margen (Mapa 1).

Existe una abundante acumulación de sedimentos fluviales y fluvio-aluvionales en todo el abanico, que en sectores logra pasar los 700 metros de potencia, según recientes estudios geofísicos.

El conglomerado en el valle del Rimac es pues, poderoso y tambien continuo, sin embargo la distribución de los lentes de arcilla, arena, canturrales, etc, es muy heterogenea. El conglomerado en referencia se propaga transversalmente en todo el valle y constituye el cuerpo principal de los sedimentos. Este se muestra en su mejor forma en los cortes naturales desde Chorrillos al Callao, formando en la región sur, acantilados casi verticales mayores de 60 metros de altura sobre la misma playa. Se han originado en algunos lugares de la margen del río, terrazas del tipo fluvio-aluvional, como es Santa Clara, Vitarte y Ate.



En el Callao los depósitos lenticulares que forman el subsuelo, aumentan de potencia en la parte occidental, debido a la inclinación que tuvo el fondo del océano en el período de crecimiento del cono. El muestreo de las superficies submarina ha revelado que el fondo de la bahía está constituido por un lecho arcillo-arenoso compresible, con la excepción de la Punta y el Camotal, donde se encuentra conglomerado, también existe una planicie de arena en el extremo sur de la Isla de San Lorenzo y frente a la Isla Fronton, extendiéndose hasta encontrarse con los canturrales de la Prolongación submarina del Camotal. La arcilla penetra con una potencia máxima variable de 7 metros, disminuyendo a la altura del Nor-este del muelle Darsena, a medida que se va acercando al litoral, conservando un espesor mínimo de 2.5 metros. Los sondeos han demostrado que a un metro de profundidad, la arcilla se encuentra completamente saturada en su estado de plasticidad. Prospecciones a partir de los 20 metros, indicaron que en el suelo va aumentando su resistencia. El conglomerado superficial en el camotal, está constituido por rodados de dimensiones variables, que van desde unos pocos milímetros hasta los 30 cms.

Este estudio confirma que el fondo de la bahía no es sino la prolongación del cono de deyección del Rimac. Los perfiles del suelo de esta zona, concuerdan con los diferen-

tes sondeos efectuados, deduciendo de ellos, que la arcilla desciende sobre un lecho de conglomerado y que este lecho presentan una inclinación suave y continua.

Investigaciones efectuadas han demostrado que el conglomerado sufre desplazamientos relativos debido a la acción del mar, que en tiempos anteriores ha atacado el cono deyectivo, socavandolo y formando el barranco que es extendido desde el Morro Solar hasta el Callao. Los materiales caídos al mar, y sujetos a su acción son arrastrados hacia las zonas de las Islas de San Lorenzo y Fronton, este hecho explica la formación de la Punta y su prolongación submarina como también su tendencia de aumentar de espesor.

El Morro Solar, en el otro extremo, está formado de rocas muy duras, las cuarcitas.

En este sector los acantilados alcanzan las mayores alturas y en el terreno se infiere que la erosión marina ha sido favorecida por las estructuras geológicas. Los acantilados coinciden frecuentemente con planos de falla que determina la morfología del litoral. En muchos casos las fracturas que han sido rellenadas por diques de andecitas hoy se encuentran como canales, debido a la erosión sobre la roca andecítica.

Al este de la ciudad de Lima se registra la presencia de cadenas de cerros de mediana altura de roca ignea y

metamorfica tales como El Agustino, San Cristobal, Amancaes , Arrastre etc.

En la zona norte el area se encuentra cortada por dos sistemas de fallas, una longitudinal y otra transversal. El sistema longitudinal de falla, es paralelo y sigue una orientación N-S y buza al Este con un plano de falla de ángulo alto. Entre las fallas de este sistema tenemos:

Falla de Ventanilla.- situada en la parte occidental, sobre ella está construida la carretera al balneario de Ventanilla y separa a dos cadenas de cerros. Es una falla cubierta que se evidencia por la repetición de la formación Punete Inga.

Falla de Puente Piedra.- Está localizada en la parte oriental con respecto a la anterior. Tiene un efecto importante al este del cerro punta Baja, donde el bloque del este ha cambiado el rumbo y buzamiento de los estratos. Por este punto pasa un eje del anticlinal de Lima. Cabe anotar que el terreno de esta zona ha sido pantanozo hasta hace menos 30 años, luego el nivel freático ha ido descendiendo, y actualmente se hallan en promedio a unos 7 metros, según informe del Instituto Nacional de Investigación y Fomento Minero; el suelo es permeable y consta de depósitos cuaternarios y fluvial y eólico. El sistema transversal de falla, tiene rumbo NO-SE, siendo el bloque SE el levantado.

Son visibles por representar fa las cruzadas.

CAPITULO V

CLASIFICACION DE DAÑOS

Y DIBUJO DE ISOSISTAS

Para la clasificación de daños de las edificaciones, se ha tenido en cuenta dos factores, la intensidad del daño y el tipo de estructura.

Respecto a la intensidad del daño se han considerado 5 clases, que se describen a continuación y que se han adoptado de la escala MSK.

Clase 1 : DAÑOS LEVES

Grietas finas en el estuco y caída de pequeñas trozos de estuco

Clase 2 : DAÑOS MODERADOS

Grietas pequeñas en muros, caída de trozos mayores de estuco, corrimiento de tejas, grietas en chimeneas, caen partes de chimeneas.

Clase 3 : DAÑOS SEVEROS

Grietas grandes y profundos en muros, caída de chimeneas.

Clase 4 : DAÑOS DESTRUCTORES

Separaciones en muros, partes de los edificios pueden derrumbarse, elementos estructurales separados pierden cohesión, derrumbe de relleno de entramados y muros internos

Clase 5 : DAÑO TOTAL

Colapso total del edificio.

La clasificación del daño se complementa con una clasificación del tipo de estructura, en la que se tiene en cuenta la calidad de la albañilería y la mano de obra, y también el diseño del edificio.

En la Escala Mercalli Modificada, se han agrupado la estructura en cuatro tipos, las mismas que se han adoptado en este estudio.

Tipos de estructuras.

- Tipo A : Material poco resistente como el adobe y la quincha, mortero pobre y baja calidad de mano de obra. Sin resistencia para fuerzas laterales.
- Tipo B : Mano de obra y mortero ordinario no tan débil como para fallar por poco amarre en las esquinas. Pero no diseñado para resistir fuerzas laterales.
- Tipo C : Buena mano de obra y mortero, de completo reforzado, pero no diseñado en detalles para resistir fuerzas laterales.
- Tipo D : Buena mano de obra y mortero. Diseño antisísmico ,
- Estructuras especiales: Cascarones tanques elevados etc.

Según estas dos clasificaciones, toda estructura estudiada se ha designado en los formatos con la letra correspondiente.

diente al tipo de edificación, seguida del número que corresponde a la intensidad del daño asignado.

En el caso de una estructura de adobe que es el usual en el Perú que haya sufrido daños destructores según la clasificación adoptada, se ha designado como A-4.

De esta manera se han clasificado cerca de 800 edificaciones en Lima y unas 200 de Huacho, Supe, Huaura y Barranca. De ellas se han tomado 150 formatos para agruparlos en un 2º volumen, para dar así una idea más precisa de la forma de llevarlos.

DIBUJO DE ISOSISTAS

ISOSISTAS PARA LIMA

Las estructuras clasificadas según lo expuesto anteriormente se llevarán a un plano guía de la ciudad de Lima utilizando la siguiente nomenclatura.

		Intensidad del daño				
		1	2	3	4	5
ESTRUCTURA TIPO	A					
	B					
	C					
	D					

En las zonas del Callao, las construcciones del Cercado y del distrito del Rimac, y así mismo en el área de Chorriillos se registraron porcentajes de daños, que los ubican en el grado VII de la Escala M. S. K. de intensidades. Debido a fenómenos geológicos (zona de contacto), la llamada "Casuarina" y parte de la Molina presenta este mismo grado.

Los distritos de Miraflores, San Isidro, Lima, Breña y Magdalena presentan daños de intensidad de grado VI. Estos distritos se hallan ubicados en zonas de conglomerado de más de 50 mts. de potencia.

Es de notar que Barrios Marginales, a pesar de estar ubicados en zonas de contacto y tener construcciones de no muy buena calidad, como Comas y El Agustino, no presentan en general daños de intensidad mayor del grado VI.

En el sector de los acantilados de Barranco y en uno que otro tramo del litoral, ocurrieron pequeños deslizamientos que si bien no produjeron consecuencias, dejan ver la necesidad de establecer una franja de seguridad que limite las construcciones.

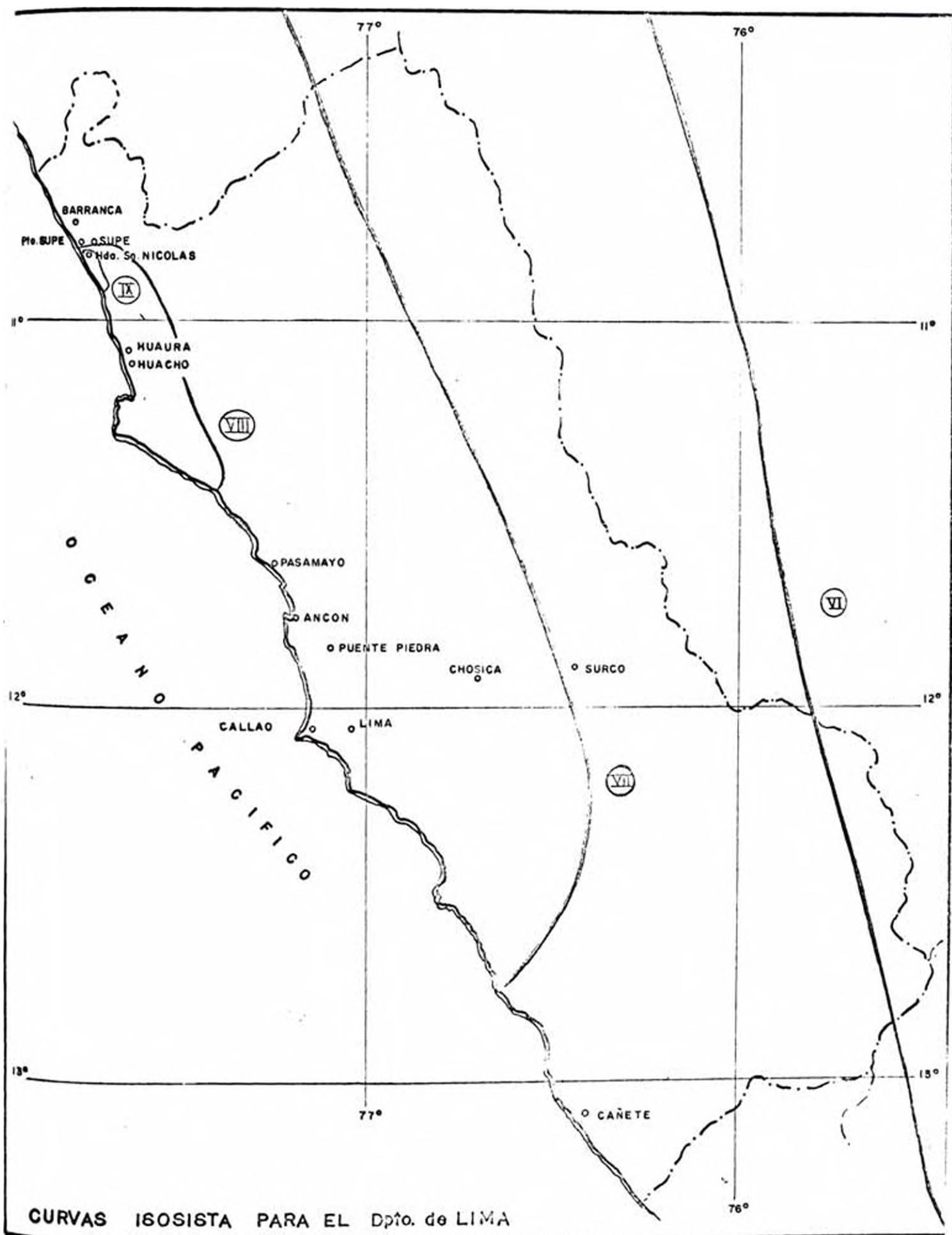
Este sector registró grado VI.

Como puede observarse, a pesar de tener toda la ciudad de Lima, un área no muy grande, hubo zonas que acusaron diversos grados de intensidad. De los tres sectores que más han sufrido cabe anotar como característica que el Callao tiene

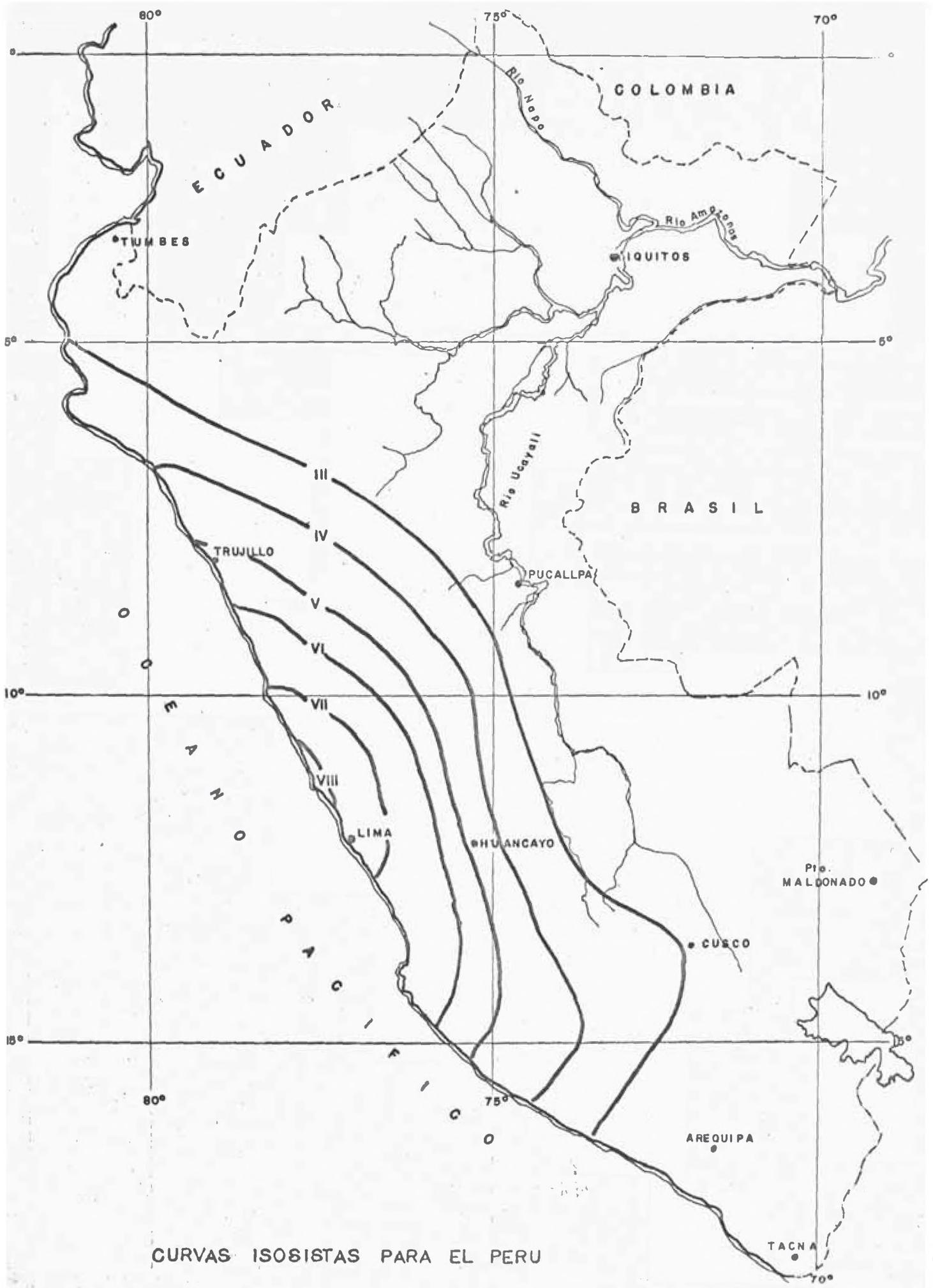
un subsuelo constituido principalmente por cantos rodados pequeños con el nivel freático a muy poca profundidad; Rimac, es tá sobre depósitos aluviales a la orilla del río Rimac; Chorrillos recibe su nombre de los pequeños manantiales que brotan de su subsuelo a lo largo del acantilado.

En lo que se refiere a isosista para el Departamento de Lima y para el Perú en especial, es necesario anotar que no ha sido posible procesar el límite del área de percepción que en su mayor parte cruza tierras despobladas pero se sabe que no se sintió en el extremo norte del Perú, ni en Arequipa Sur del Perú; tampoco se han podido precisar en este mapa para el Perú notables contrastes de intensidad en distancias muy pequeñas (solo se ha hecho en el Departamento de Lima), como en el caso de la Hacienda San Nicolás en la que la intensidad al canzó a IX, distante 3 Kms. de la población de Supe, levanta da eb la ladera de una loma, donde la intensidad no paso de VIII.

En la Hacienda San Nicolás (entre el Km. 165 y 169 de la Carretera Panamericana Norte) se han observado efectos geológicos de cierta consideración. La destrucción de las casas levantadas en el llano fue casi total, se ha tenido que arrasar lo que quedo y se deberá levantar la nueva población en la colina cercana. Esto indica que unos pocos kilómetros cuadrados la intensidad alcanzó grado IX.



CURVAS ISOSISTA PARA EL Dpto. de LIMA



CURVAS ISOSISTAS PARA EL PERU

El terreno es aluvial, con el nivel freático a 3 mts. de profundidad, se asienta al parecer sobre una falla que corre a lo largo del río Supe y por debajo del relleno cuaternario se prolongaría hasta el mar, orientada hacia la zona del epicentro.

El grado VIII, se registró en una reducida zona que abarca a la anterior y comprende las poblaciones de Huacho y Huaura con una población de 100,000 habitantes, donde ocurrieron la mayoría de las pérdidas humanas y una tercera parte de las pérdidas materiales. Aquí el primer movimiento, aseguran que se sintió verticalmente.

Se sintió el grado VII en la Costa desde algunos Kms. al Sur de Lima, hasta Huarmey, hacia el interior la intensidad disminuye más rápidamente que en la dirección paralela de la costa; a ello contribuye probablemente dos factores: La extensión de la zona epicentral y la atenuación de las ondas sísmicas en dirección perpendicular a los Andes. Esto ha sido comprobado por la expedición Carnegie 1967.

Puente de Piedra ha sufrido la destrucción de unas 300 casas; en general de adobe y quincha. Sin duda la intensidad en esta zona ha sido algo superior a las circundantes, el suelo es permeable y consta de depósitos cuaternarios fluvial y colico.

Tsunami :

Los siguientes datos mareográficos fueron proporcionados por el servicio Hidrográfico de la Marina.

Callao (La Punta) Hora inicial 17.32 hora local (22.32 G.M.T)
Período de la oscilación 15 minutos. Movimiento inicial positivo. Amplitud máxima (máxima a mínimo) 4.6 m. Elevación máxima sobre la marea extrapolada \pm 2.55 mt.

Chimbote y San Juan . En ambos puntos la ola inicial fué positiva y se inició a las 17.48 hora local (22.48 G.M.T.)

La amplitud máxima en Chimbote fué de 11.05 mts. siendo de \pm 4.3 mts. La elevación máxima sobre la marea proyectada En San Juan las amplitudes fueron mucho menores.

En los mareógrafos de Matarani y Talara no hay registro perceptible.

La ola mas alta fué la septima, que se produjo alrededor de las 7.30 p.m. (00.30 G.M.T.) Los efectos máximos fueron en Bahía Tortugas y Casma, debido a la forma de las bahías respectivas y de la escasa berma existente. Hubo inundación del orden de los 10 pies sobre el nivel medio en ambos lugares.

CAPITULO VI

MATERIALES Y SISTEMAS DE CONSTRUCCION

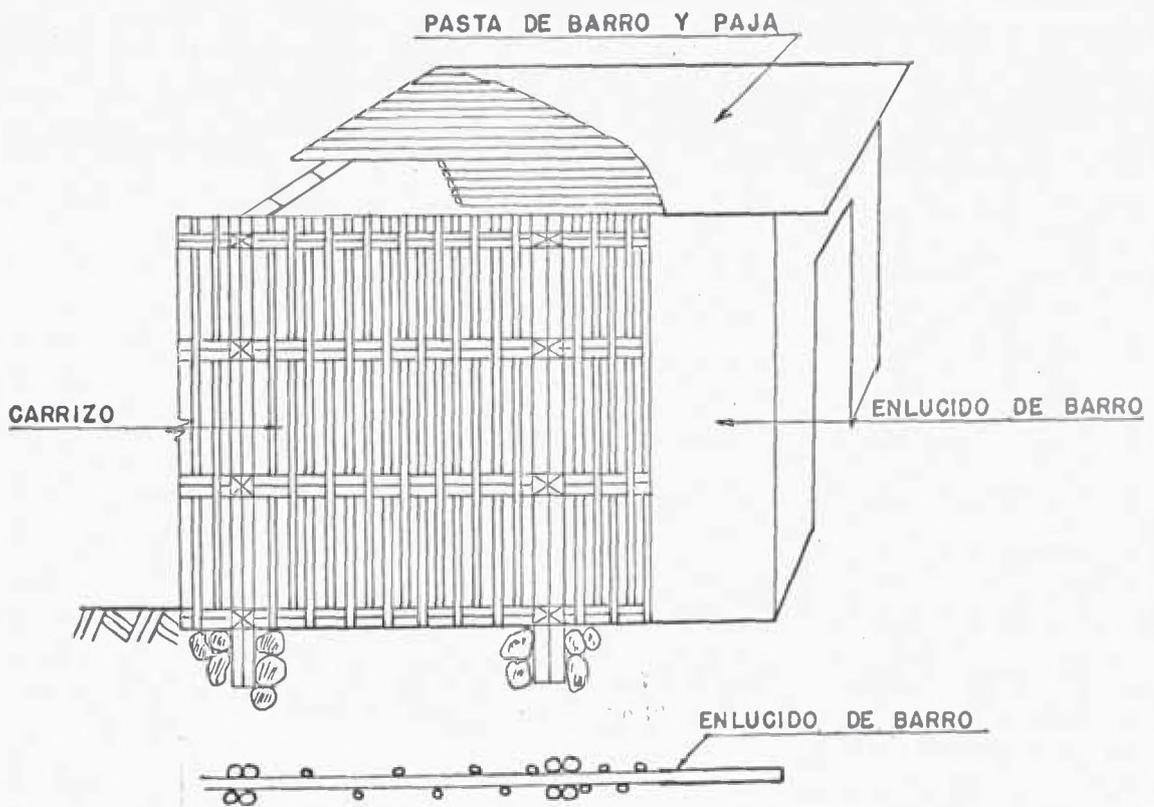
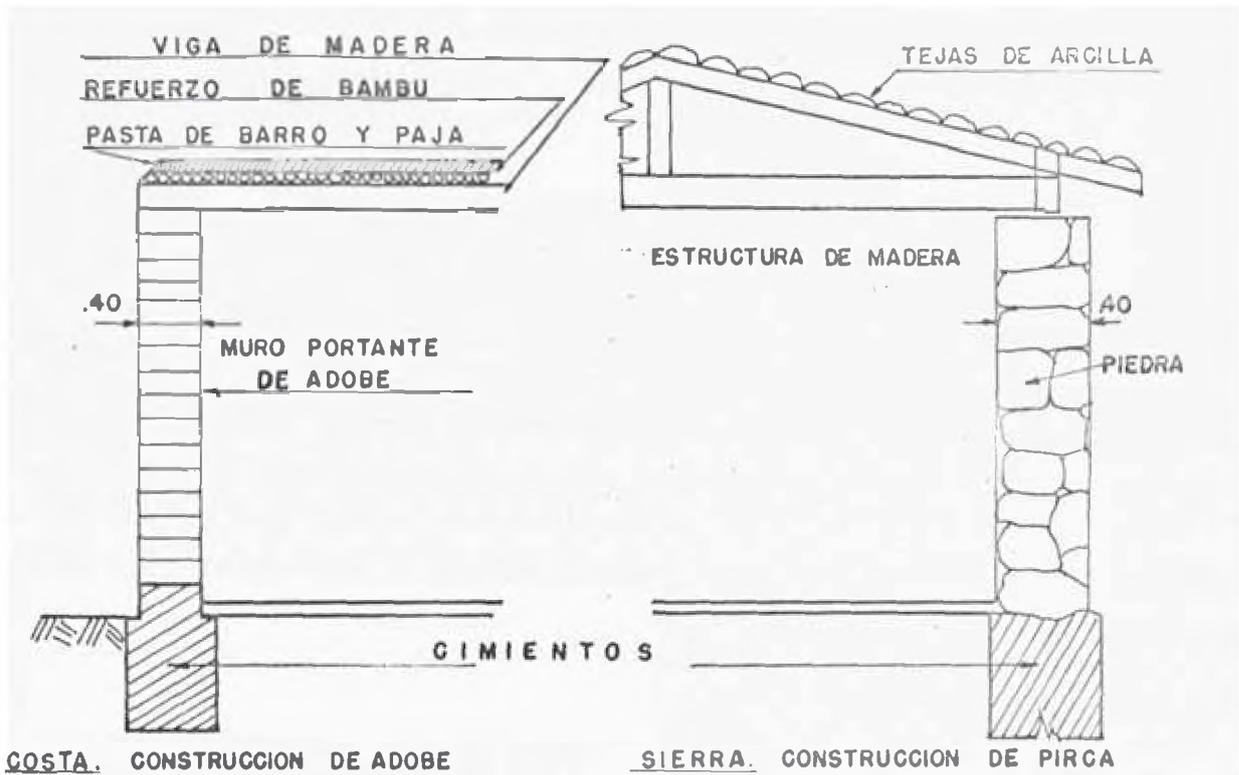
De acuerdo al medio ambiente (clima), disponibilidad de materiales y ubicación de las construcciones existen aquí diferentes sistemas constructivos.

Generalmente, en ciudades importantes el sistema de por titos de concreto es usado en edificios de más de 5 pisos , mientras que muros portantes y losas aligeradas de c.a. son utilizados en edificaciones para viviendas. Para fábricas y es tr ucturas de grandes luces, se prefieren los perfiles de acero

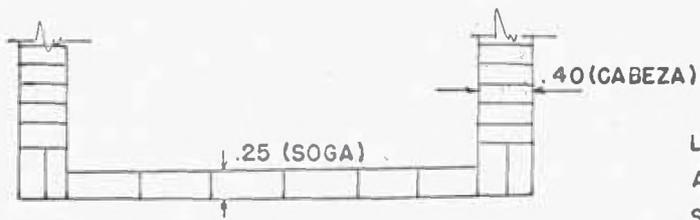
Así, las construcciones y sus materiales, en general, de las áreas urbanas y rurales podemos clasificarlas en:

TIPO A: Construcciones de quincha y adobe: este tipo de edifi caciones se ejecuta principalmente en áreas rurales de la Costa, para viviendas familiares de personas de escasos recursos económicos. (Mayor parte de Huacho, Huaura, Supe, Barranca etc) Los materiales principales de este tipo son el adobe y la quin cha.

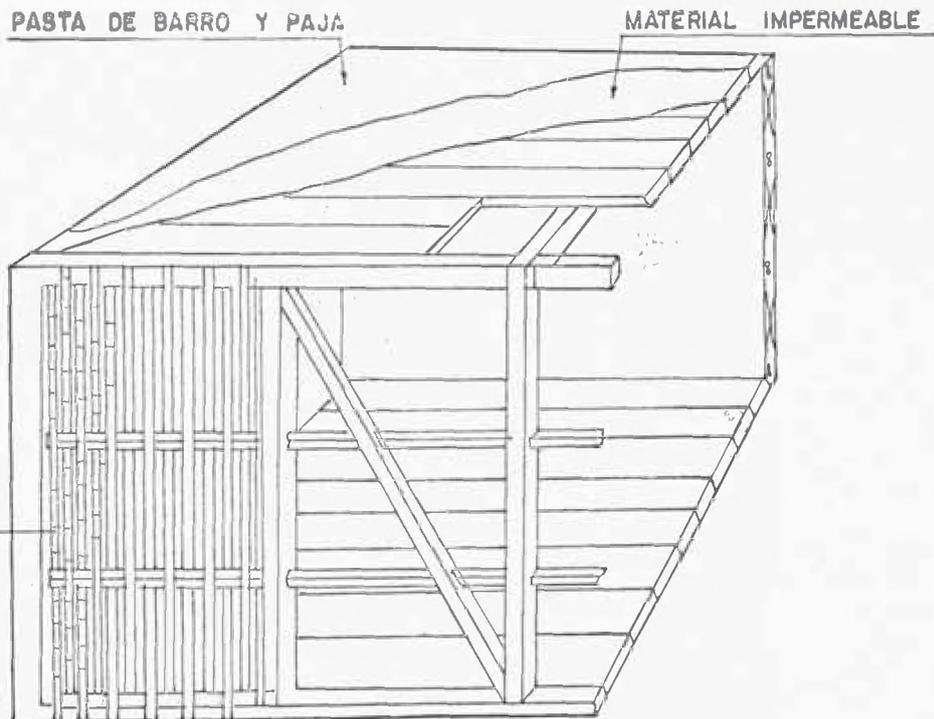
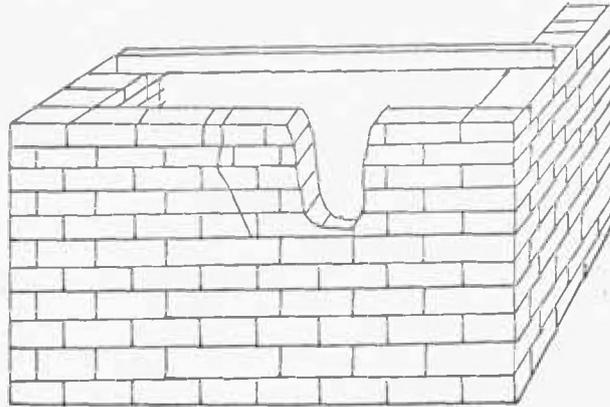
El adobe consiste en un block rectangular, hecho de ba rro y paja, moldeado en cajones de madera y puesto a secar al sol. Es utilizado para muros. La quincha es de dos clases: "Caña brava", la cual es altamente resistente, pesado y com -



CONSTRUCCION TIPO "A"



LAS EDIFICACIONES DE ADOBE SON CONSTRUIDAS SIN VIGA COLLAR POR LO QUE GRAN PARTE DE LOS DAÑOS SON DEBIDOS A LOS MOMENTOS DE FLEXION.



CONSTRUCCION DE QUINCHA CON REFUERZO DE MADERA

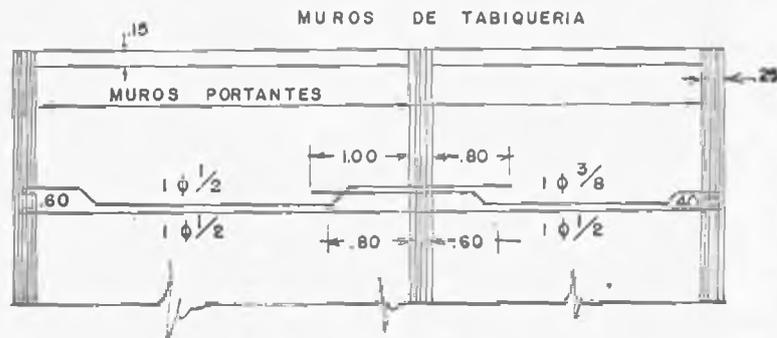
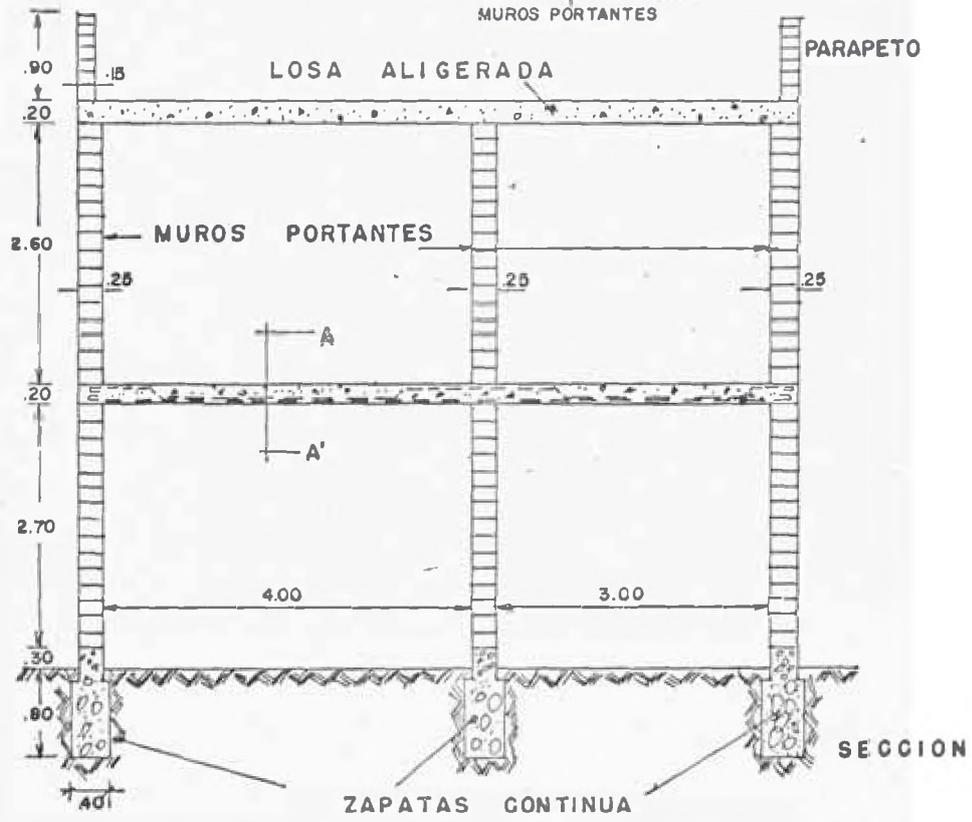
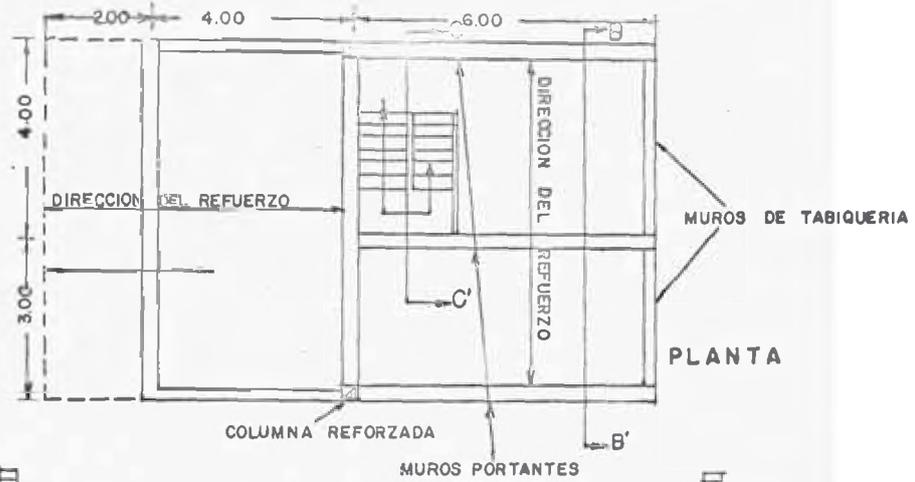
CONSTRUCCION TIPO "A"

pacta y el "carrizó" el cual es menos resistente y pesado que el primero debido a los vacíos entre sus nudos. Con estas dos variedades, se hace una malla vertical la cual es reforzada con listones de madera o ramas al propósito, y luego empastadas con barro para formar tabiques. El techo, es hecho a veces de madera o de quincha reforzada con ramas, y luego también cubiertas con barro, pero sin protección.

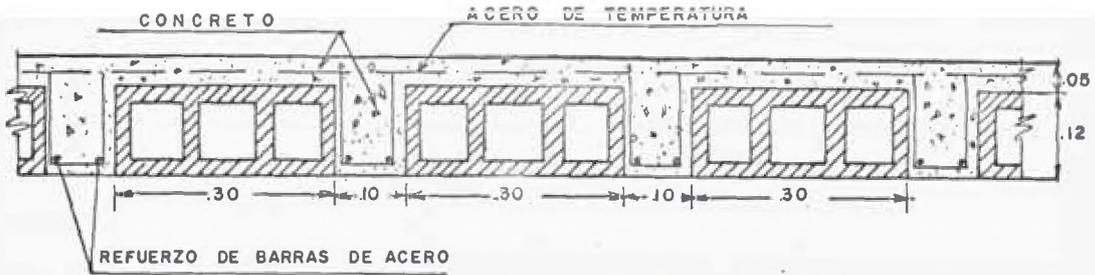
Estas construcciones de adobe han sido usadas por cientos de años en el Perú (Ruinas de Chan Chan, Pasamayo, Pachacamac tec.) Cabe destacar que un alto porcentaje de las construcciones de Lima, pertenecen a este tipo.

su forma de uso se puede apreciar en los cuadros 1 y 2. Como es de suponer, en esta clase de construcciones se registran muy a menudo, deficiencias en los sistemas de amarre, elaboración de adobes y ejecución de paredes, y problemas con su cimentación, que sufre erosión debido a la acción de las sales del terreno en que se asienta y la humedad.

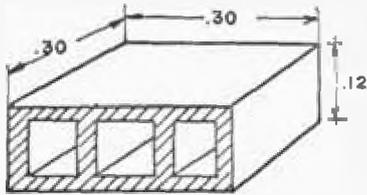
TIPO B : Muros portantes y concreto armado: se caracteriza por tener mano de obra y mortero ordinario, no tan débil que los muros portantes fallen por poco amarre en las esquinas, en la que comúnmente hay columnas. Como techo, una losa aligerada se coloca en los muros portantes a la vez que sirve de arriostre a estos. Esta losa, son de un espesor promedio de 20 cms



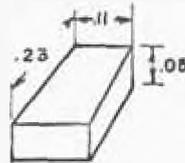
CONSTRUCCION TIPO "B"



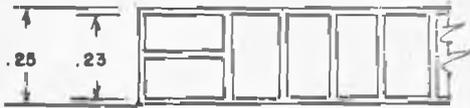
SECCION DE LOSA ALIGERADA



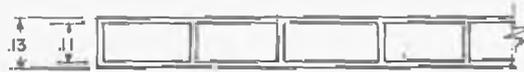
LADRILLO USADO EN ALIGERADO



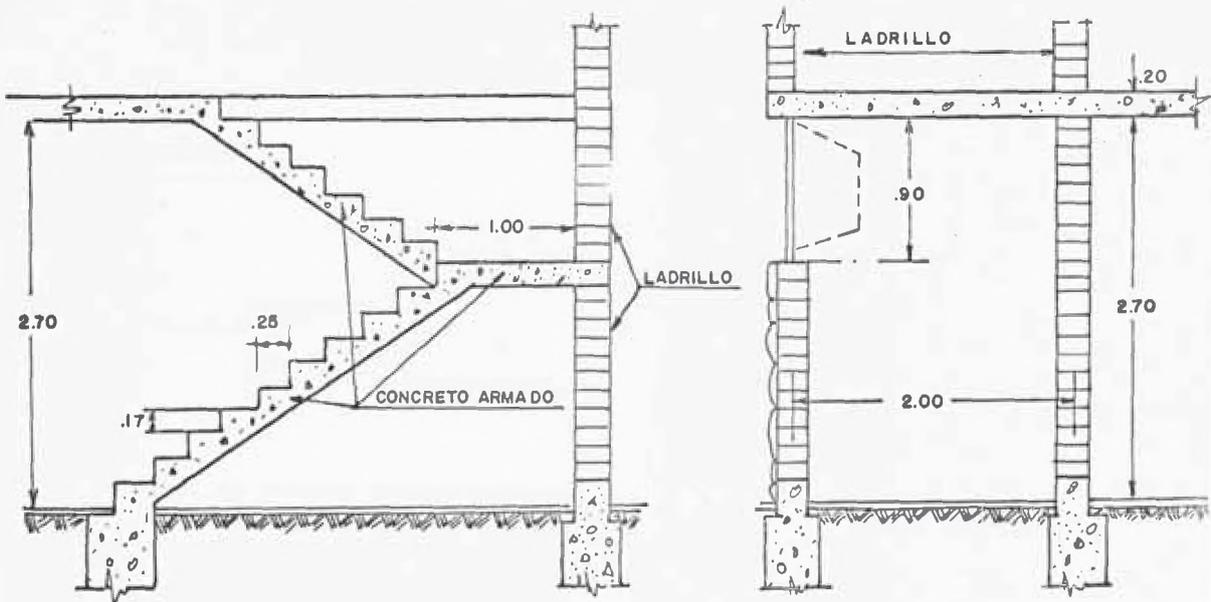
LADRILLO USADO EN MURO



PLANTA DE MURO PORTANTE



PLANTA DE MURO DE TABIQUERIA



SECCIONES TRANSVERSALES

CONSTRUCCION TIPO "B"

y una luz máxima de 6 mts. Este tipo tiene gran aceptación para las nuevas urbanizaciones, comprende por lo general 1 o 2 plantas, pudiendo llegar hasta 5.

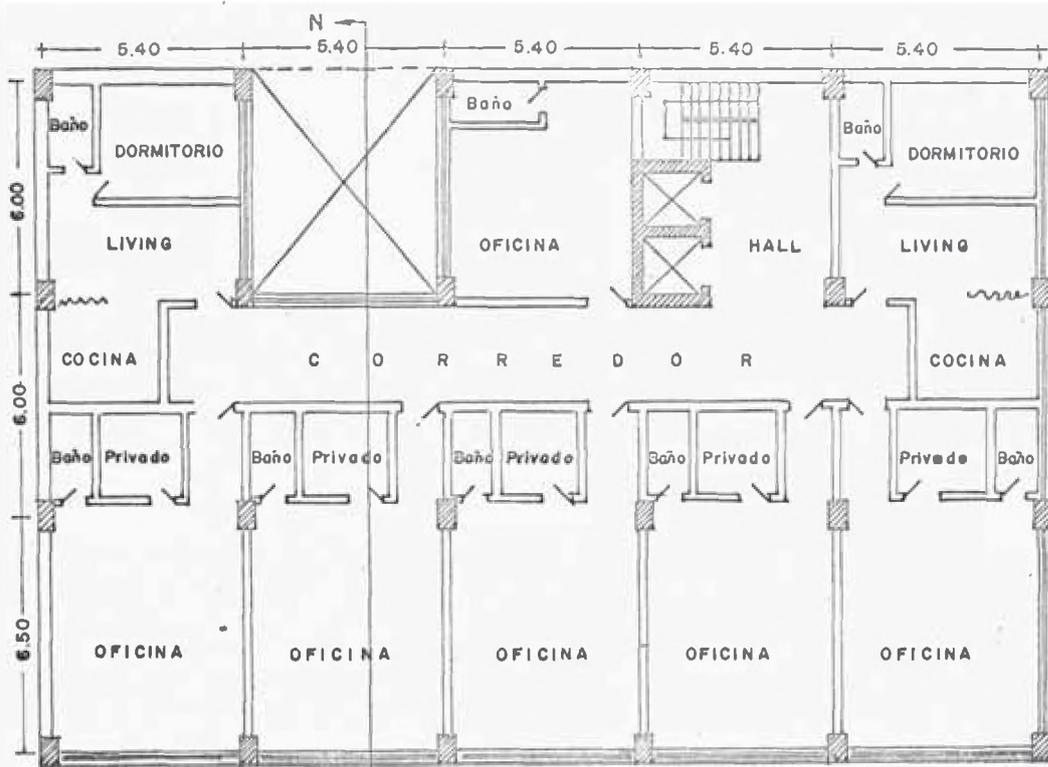
Se ha empezado a usar elementos pre-fabricados en la ejecución de viviendas de este tipo.

Su forma de uso puede apreciarse en figs. 3 y 4.

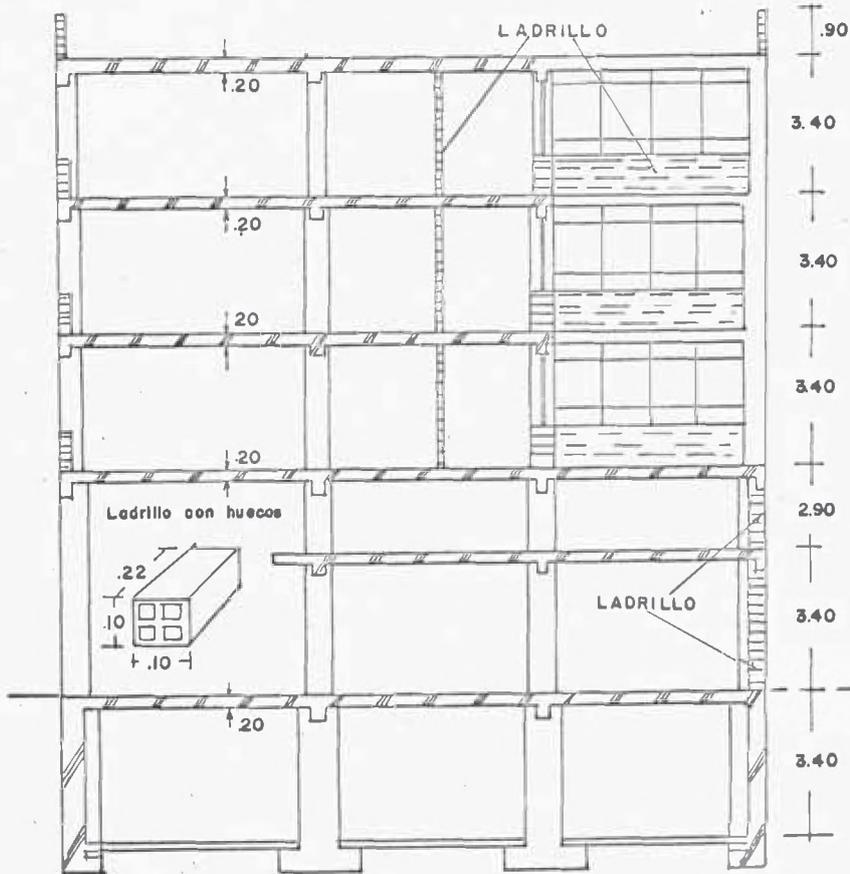
No son diseñados para fuerzas laterales.

TIPO C: Construcciones aporricados: estas edificaciones tienen buena mano de obra y mortero; reforzada pero no diseñado en detalle para resistir fuerzas laterales. Muy usada en edificación de mas de cinco pisos. La estructura esta constituida por pórticos de concreto armado o acero. Se trabaja aqui con concretos de $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, por norma general y excepcionalmente con concretos de 240 y 280 Kg/cm^2 . El acero usado es de 2,800 Kg/cm^2 . Dentro de este tipo también puede considerarse las estructuras de madera bien diseñadas. Los gráficos (Fig. 5) muestran este tipo de construcción.

TIPO D : Estructuras Especiales (Construcciones asismicas, cascarones , tanques elevados etc.) Ultimamente se ha procedido al diseño para fuerzas laterales de tanques de agua y edificios elevados. La situación en cuanto a reglamentos y códigos de cálculo y de construcción ha sido bastante anarquica hasta 1963, fecha en que se promulgó el Reglamento de Construc



N PLANTA TIPICA



SECCION VERTICAL N-N

CONSTRUCCION TIPO "C"

ciones de la Municipalidad de Lima, que sigue de cerca las disposiciones del reglamento del American Concrete Institute (ACI). En el reglamento de la Municipalidad de Lima, se establece que respecto a cálculos antisísmicos, se deben seguir las disposiciones del Uniform. Building Code. Con anterioridad a 1963 teóricamente se podía adoptar cualquier reglamento de algún país de técnica avanzada, siendo las más usadas las normas DIN, ACI, o el Reglamento Inglés. Cabe anotar que existe desconocimiento de las características estáticas y dinámicas del suelo, tampoco se han efectuado micronegionalizaciones ni espectros de diseño; aspectos que son absolutamente indispensables para la confección de reglamentos nacionales que reflejen las verdaderas condiciones locales.

CAPITULO VII

ESTUDIO SOBRE ALGUNAS ESTRUCTURAS IMPORTANTES

COLEGIO REYNA DE LOS ANGELES - LA PLANICIE:

El Colegio Reyna de Los Angeles, objeto de este estudio se halla ubicado al Sur-Oeste de la ciudad más allá de la Universidad Agraria de La Molina. Se considera que esta zona fue estremecida con una intensidad grado VII, de la escala de Mercalli Modificada empero el sismo causó graves daños al colegio. Este se encuentra ubicado en la ladera de un cerro, en donde el suelo está compuesto por arena transportadas, parcialmente compactada, y que tiene cantos angulosos de roca. El Colegio consta de cuatro pabellones, el primero a nivel mas bajo, es de un solo piso, siguen los dos pabellones centrales, cada uno de dos pisos, (aulas de clase) (Foto 1), y el cuarto pabellón que es edificio administrativo consta de dos pisos.

Los únicos pabellones que sufrieron perjuicios debido al sismo son los dos centrales.

La falla principal fue la de las columnas en la parte superior del primer piso, particularmente cuando el extremo inferior de las mismas, se hallaban aprisionados por muros que se interrumpen 60 cms. antes de llegar a las vigas dando lugar al sistema de ventanas alargadas superiores, y por lo tanto se hallaban restringidas para deformación lateral.

VII-2

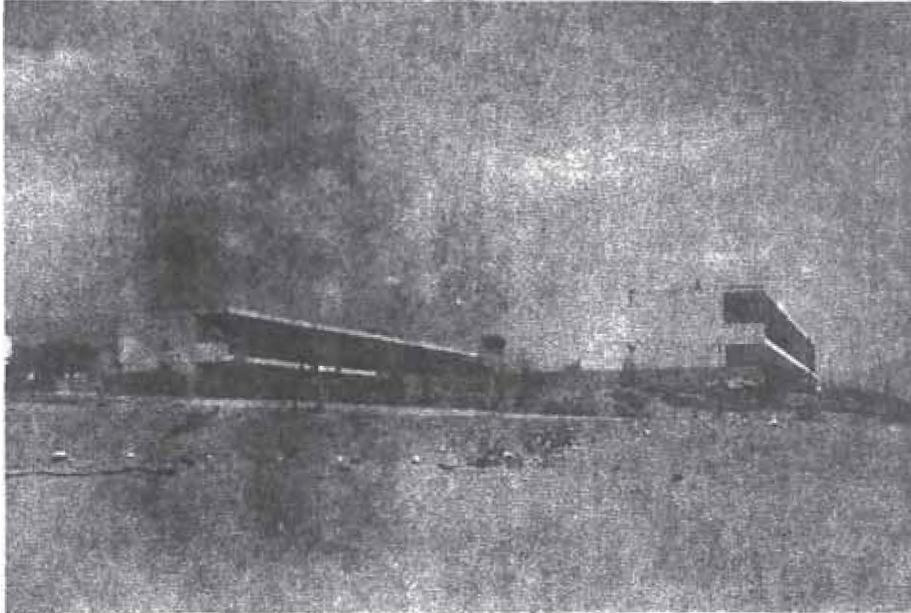


FOTO: 1 Vista general de Pebellones de aulas

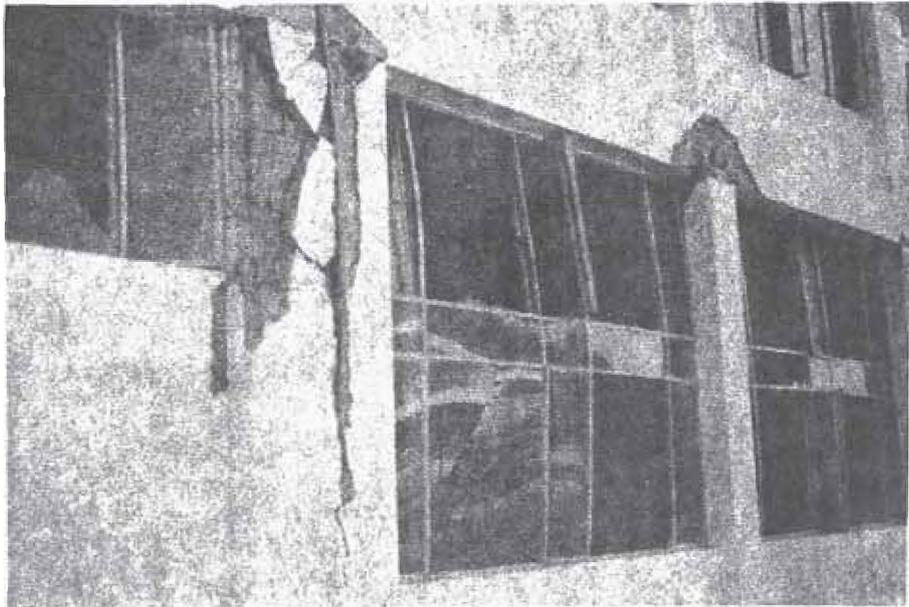
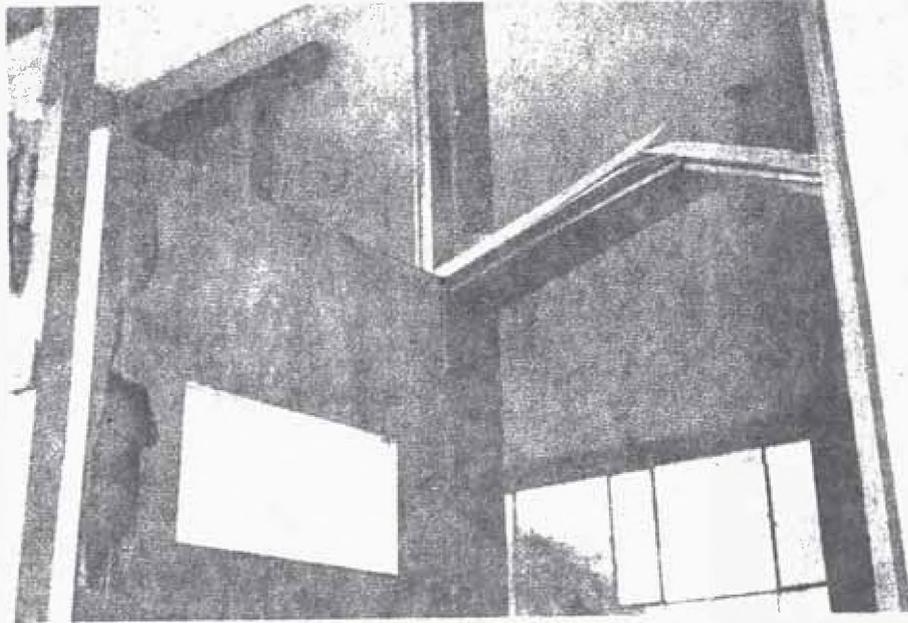


FOTO: 2. De ormacion de marcos

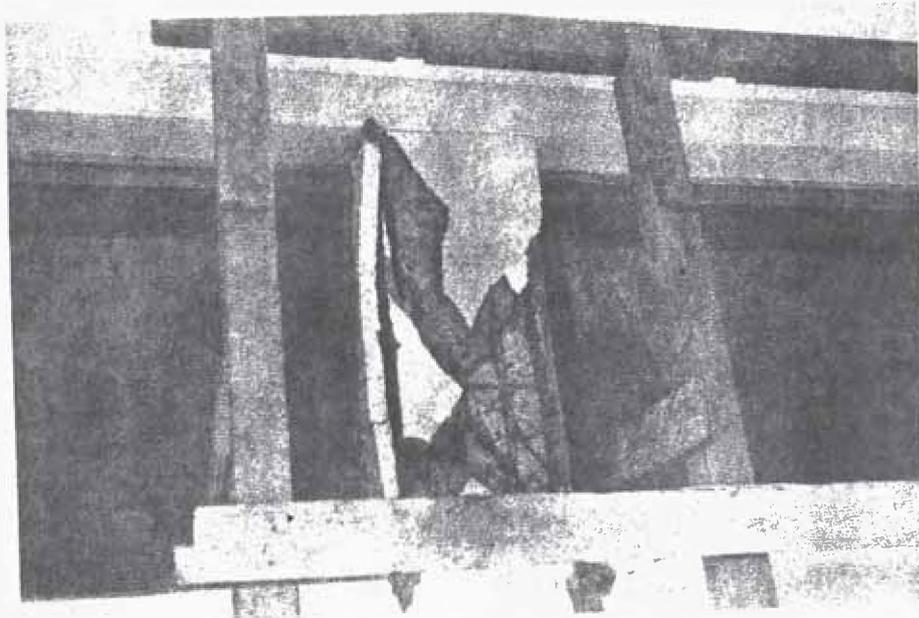
Al estar sometida las columnas a las diversas fuerzas generadas por el sismo, salió a relucir la gran disparidad en rigidez en la dirección longitudinal de los cuerpos de aula. Como la rigidez en cortante de las columnas es inversamente proporcional al cubo de su longitud, resulta que las columnas restringidas para deformación lateral, son alrededor de 40 veces más rígidas, que las que abarcan toda la altura del entre piso (fila de columnas opuestas a las anteriores).

A esto hay que añadir el problema fundamental de que dado la corta altura de las columnas (las restringidas) la relación entre cortante y momento en sus extremos, es muy elevada; todo esto trajo por consecuencia que las secciones libres de estas columnas, cedieron en parte, ya que el resto de las columnas (aprisionada entre muros) era muy rígida. Se causó desde luego, la deformación de los marcos de las puertas y ventanas y el vidrio saltó en varias de ellas (Fot. 2 , 3) Los muros ornamentales de ladrillo se destruyeron se agrietó casi toda la tabiquería, y se cayó el revestimiento de las columnas. Es interesante anotar que la falla frágil del piso inferior debe haber ocurrido, al principio del movimiento, pues logró evitar las fallas del piso superior, impidiendo la transmisión de aceleraciones sísmicas importantes.

VII-4



FOTOF: 4-5 - Vista desde el interior



FOTOF: 4-5 - Vista de las columnas cortas

Como las columnas de una estructura están calculadas casi siempre, dentro de los límites de seguridad para cargas verticales, las oscilaciones horizontales son las que causan grave daño a las estructuras pues ésto es precisamente lo que da lugar a los esfuerzos de corte. En el caso que nos referimos, esta fuerza horizontal produjo mayores momentos de flexión y las columnas chicas absorbieron más de éstos. Las Figs. 5 y 4 muestra el tipo de daños ocurridos en columnas cortas.

Lo que sucedió fuera de la disparidad de rigideces en la dirección longitudinal de los cuerpos de aula, fue que existió una falta de coordinación entre la parte arquitectónica y la parte estructural del edificio. Esta hipótesis se ve soportada por asimetría existentes en los dos pabellones dañados, y que no existían en los otros dos. Los muros transversales de los pabellones solo están completas en los extremos y las restantes, están cortados por closets que se extienden desde el piso hasta el techo. En los gráficos en corte y planta de los pabellones de aulas, que se presentan, se puede apreciar la disposidad de rigideces y las asimetrías existentes.

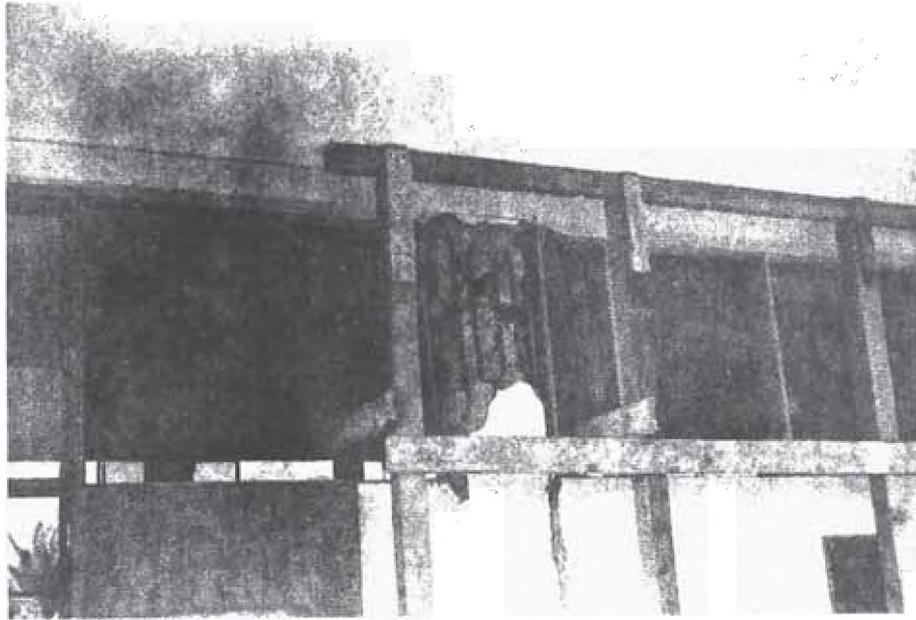
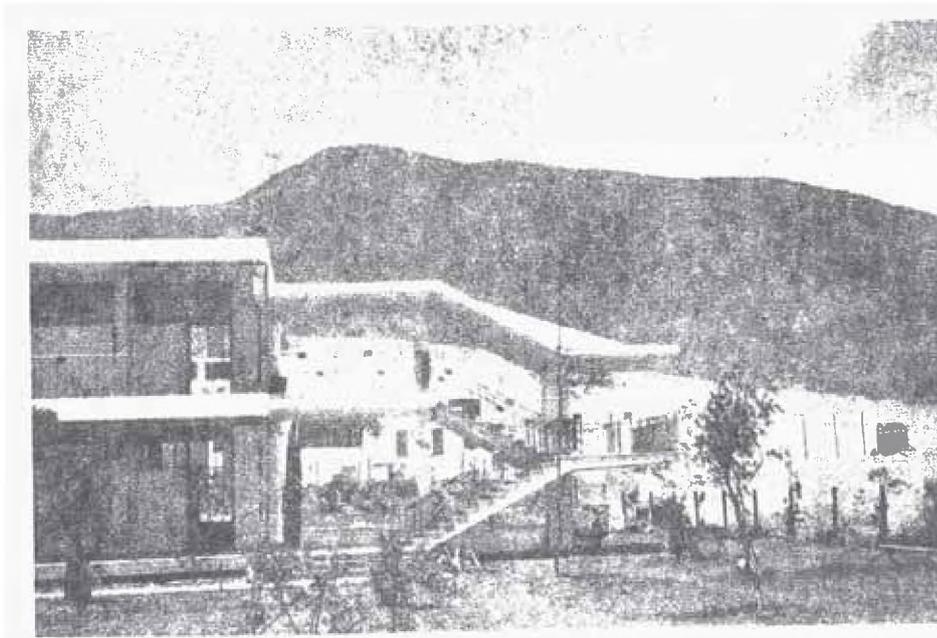


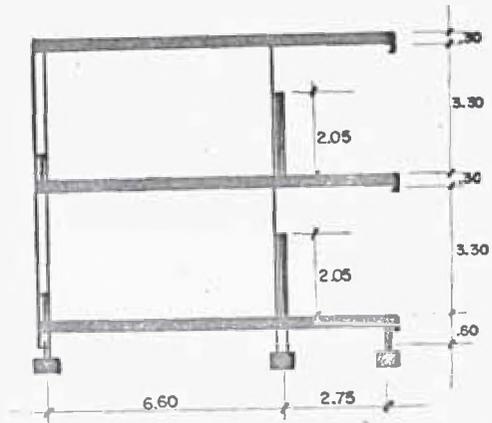
FOTO: 5.- Detalle de columna tallada



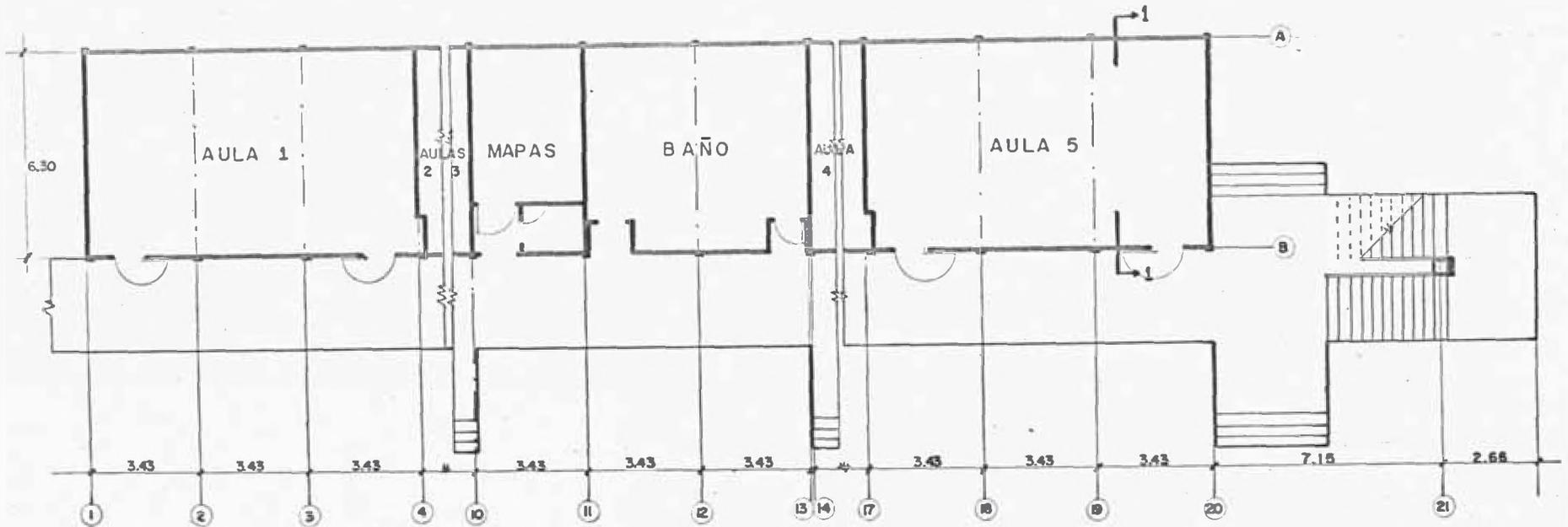
Edificio en el extremo de
Parcela.

COLEGIO "REINA DE LOS ANGELES"

PABELLON DE AULAS



CORTE 1-1



PLANTA

Solamente en un extremo de cada una de los pabellones hay escaleras dispuestas en forma de zig-zag (Fig. 6), que se comporta a manera de un reticulado indeformable. O sea que hubo arriostramiento horizontal de dos tipos; el primero debido a la diferencia de vibración de los muros transversales y el segundo por un sistema de reticulado, fijo inelástico, constituido por las escaleras.

Urbanización "Caja de Depósitos - Huacho."

Esta urbanización esta ubicada en la ciudad de Huacho Capital de la Provincia de Chancay, sobre un suelo favorable desde el punto de vista sísmico, por que es un suelo denso con poco contenido de humedad. Esta obra esta constiuida por tres blocks, que comprenden 53 viviendas, de concreto ar mado de dos pisos, sustentadas por muros portantes. Los blocks de las fotos 7 y 8 se encuentran ubicados en forma perpendicular.

Hay que reconocer que lo que prima en este tipo de construcciones es la economía lo cual da derecho a diseñarla con la mínima seguridad requerida, pero en la estructuración y construcción de esta, se ha cometido una serie de errores que ha hecho que quede inservible bajo la acción del sismo, no quedando otra solución que su demolición total.



FOTO: 7.- Vista parcial de la Urbanización

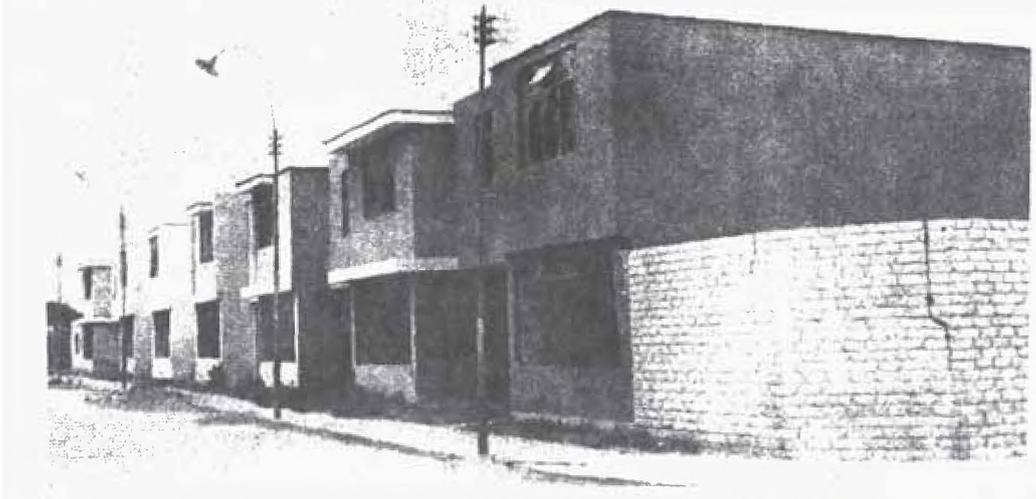


FOTO: 8.- Vista parcial de la Urbanización

Como fallas, en la estructuración se puede anotar la insuficiencia de las columnas de amarre los cuales no se hallaban bien estribadas y algunas de ellas al encontrarse restringidas en su parte interior han fallado por corte en su parte superior, y se han desprendido sus muros. Fot. 9 y 10 esta insuficiencia de columnas ha originado que se produzcan fallas por corte en los muros Fot. 11 y 12.

Algunos muros portantes y cercos fueron incapaces de resistir el empuje sísmico, fallando por flexión y esto debido principalmente a la falta de arriostre y muy baja adherencia del mortero al ladrillo (Fot. 13 y 14). A causa de los asentamientos diferenciales producidos, que se sumaron a los ya existentes antes del sismo, por la mala cimentación, se registraron deformaciones en las ventanas y marcos de puertas (Fot. 15 y 16).

Las escaleras de cada departamento, eran un elemento sumamente rígido en sí, pero su empotramiento con los muros de apoyo, fué bastante deficiente por lo que al desligarse y acusar diferentes modos de vibración, se produjeron grietas y caídas de material en la zona de contacto entre escalera y muro (Fot. 17 y 18).

Es imprescindible tener en cuenta que en edificios levantados uno al lado del otro, o las porciones de edificios separados por juntas, deben construirse con un espacio

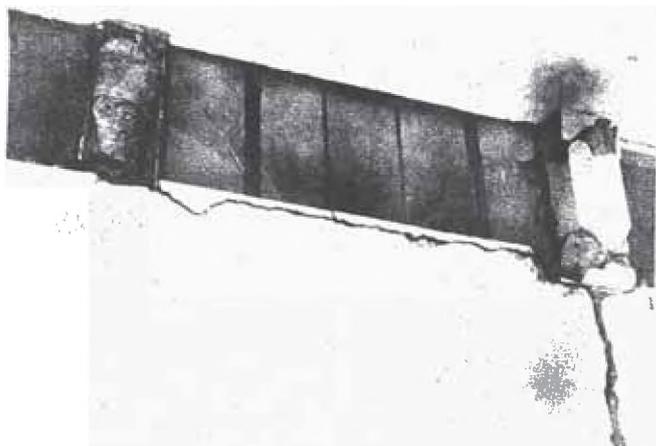


FOTO: 9

Daños en elemen
tos estructurales

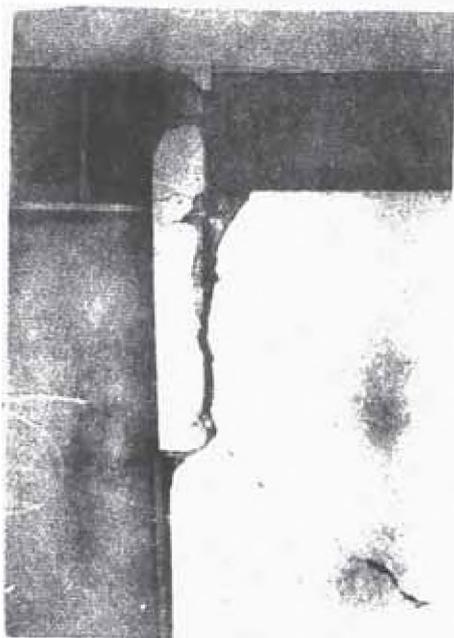


FOTO: 10

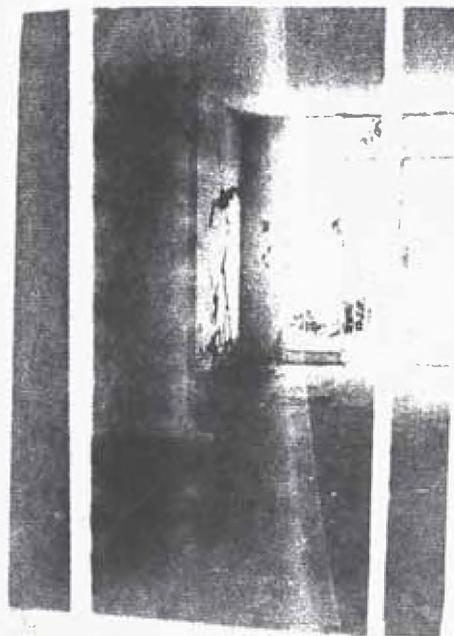


FOTO: 11

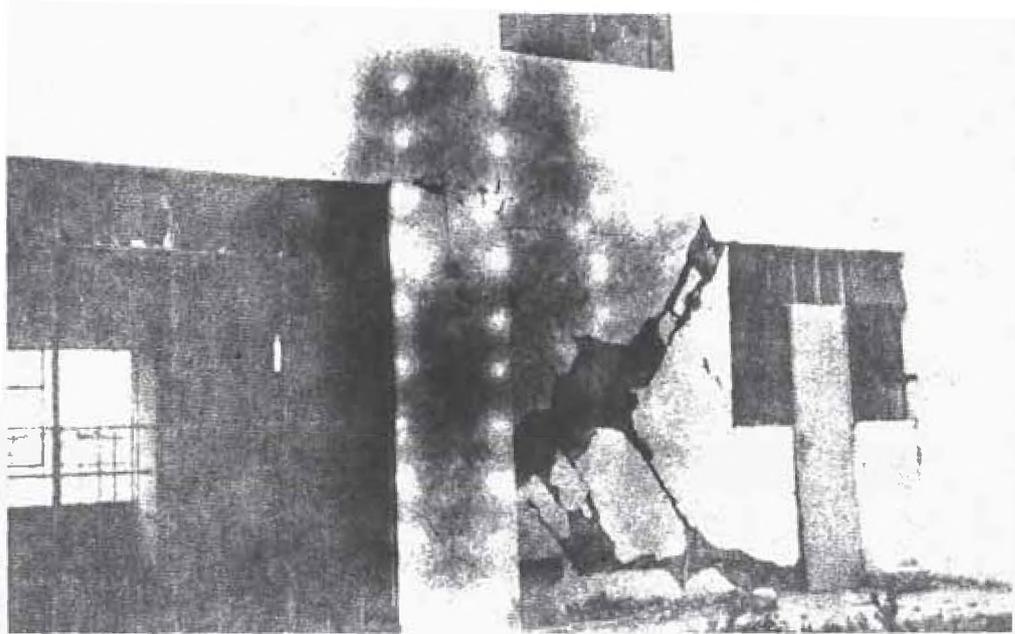
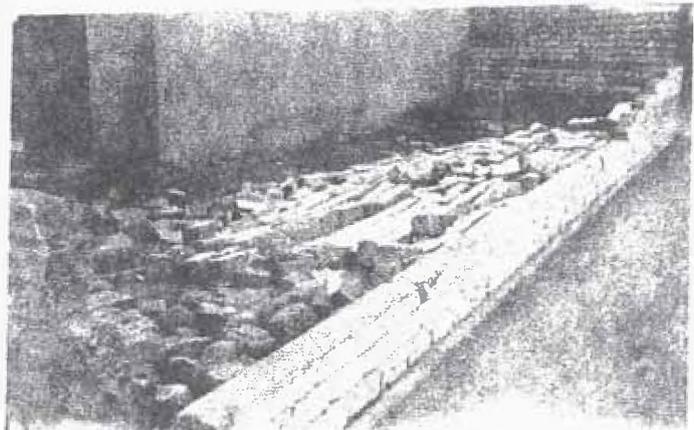
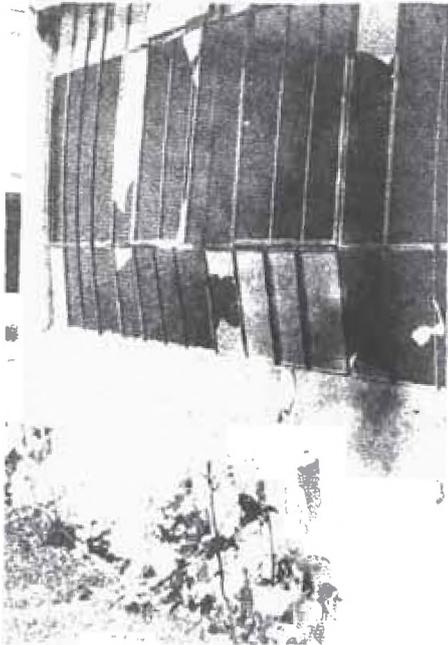


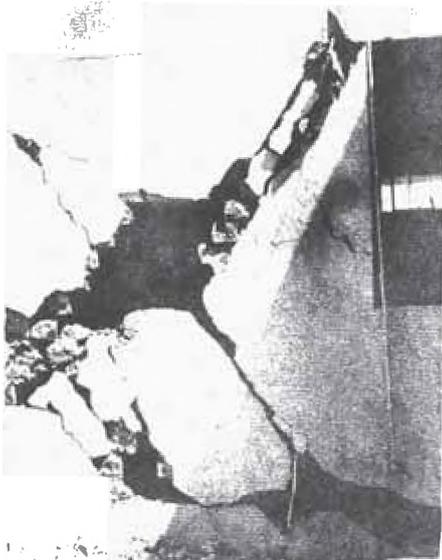
FOTO: 12.- Vista parcial de fachada posterior de una vivienda



1 y 2. Fachada de muro portante "c g" co.



FOTOS: 15 y 16
Deformaciones de puer-
tas y ventanas



FOTOS: 17 y 18
Grietas y caída de ma-
terial escalera y muro

miento adecuado entre ellos, para que al ocurrir un sismo vi
bren sin interferencia, evitando daños por colisión. En el
caso de viviendas que tratamos no se ha respetado esta consideración,
produciendose fallas en algunas paredes no medianeras.

En forma general no se registraron mas que daños le-
ves en la segunda planta de la vivienda, esto debido a que
su sobrecarga era casi nula, ya que la fuerza sismica se
distribuye en forma decreciente a lo alto del edificio.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA :

Las edificaciones que comprenden, están situadas en terrenos constituidos por arena gruesa gravosa, que forma parte del distrito del Rimac al N-E. de la ciudad (Km 3 a Canta). Colinda este campus, con una cadena de cerros de mediana altitud, conformados en su mayor parte por rocas sedimentarias.

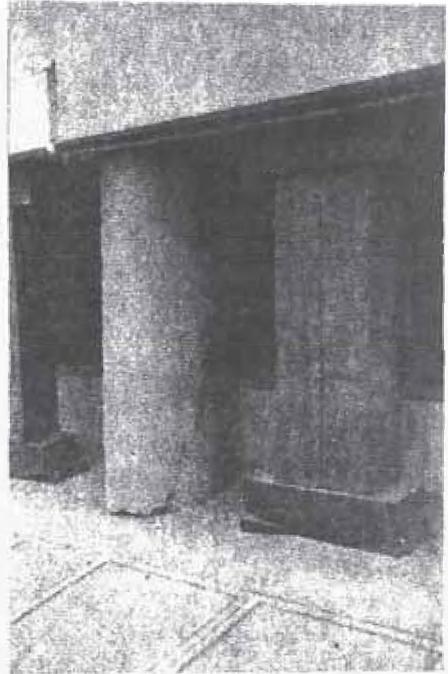
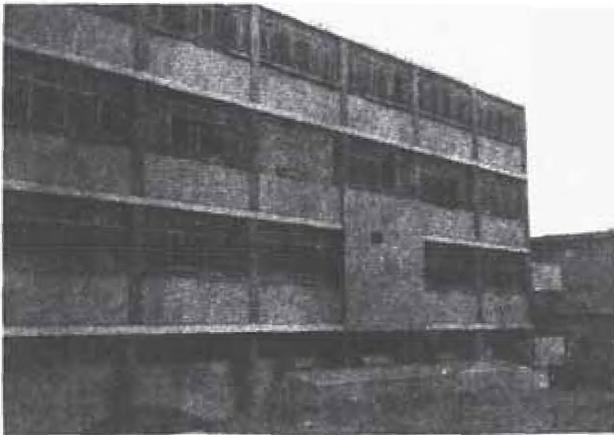
En algunos de sus edificios ocurrieron severas grietas y otros tipos de daños.

Parece que estos daños estuvieron relacionados en su mayoría, no precisamente a fallas en el diseño, si no mas bien debido a errores en su construcción. El llamado Pabellón Central, edificio de administración, es una antigua construcción de tres pisos, más sótano, de forma alargada en planta (alrededor de 60 metros), de concreto armado y gruesos muros portantes de ladrillos, pero no presentan juntas de separación. Muchas paredes sufrieron grietas de números y tamaños considerables, que con inclinación de 45°, alcanzaban de piso a techo, aunque mayormente no se registraron daños estructurales.

En la Facultad de Ingeniería Civil, uno de sus nuevos edificios de pórticos de concreto armado, de cuatro pisos fué severamente dañado, tanto en su tabiquería, como la

estructura misma. Las columnas de sus once pórticos, de la primera planta son de sección circular, y algunas de ellas se encuentran embebidas parcialmente en una pesada caja de concreto, con lo cual se incrementa su rigidez en cortante y torsión. Existe así mismo un núcleo de tabiques próximos a estas columnas que agraban la situación, dando lugar a la existencia de asimetrías importantes, que a su vez parecen haber ocasionado giros importantes en su planta. Ante la acción del sismo, las columnas restringidas quedaron expuestas a fuerzas cortantes y torsiones elevadas en comparación con el resto. Esto se ve influido en que el factor de seguridad importante y en especial de torsión, era inferior al de flexión lo que trajo por consecuencia las fallas de corte y flexión como se puede observar en las vistas adjuntas (19,20) El resto de columnas de este edificio, aun las más alejadas del centro de torsión, no presentaron daños.

Otra edificación contigua a la anterior, compuesta de cuatro pisos de pórticos de concreto armado de dos cru - jías y con planta rectangular, sufrió daños en su tabiquería y algunas columnas. Esto debido mayormente a que tenía dos filas de columnas libres para su desplazamiento lateral y una la del centro, restringida por muros colocados perpendicularmente al plano de las crujiás, muro que terminaba aproximadamente 60 cms. de la viga de amarre del techo, dejando es



FOTOS: 19 y 20.- Falla de columnas cortas en la Facultad de Ingeniería Civil.

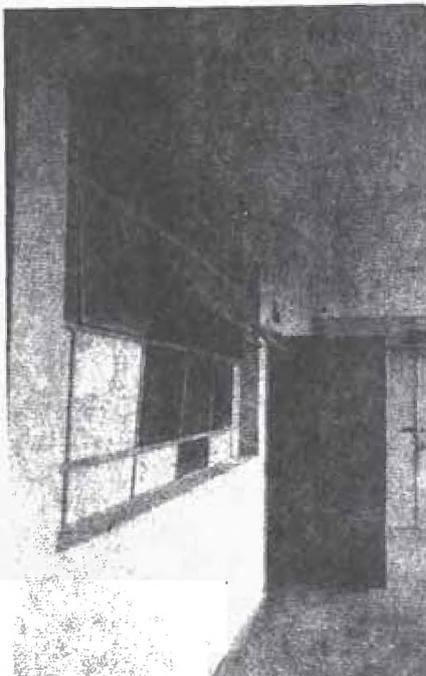


FOTO: 21

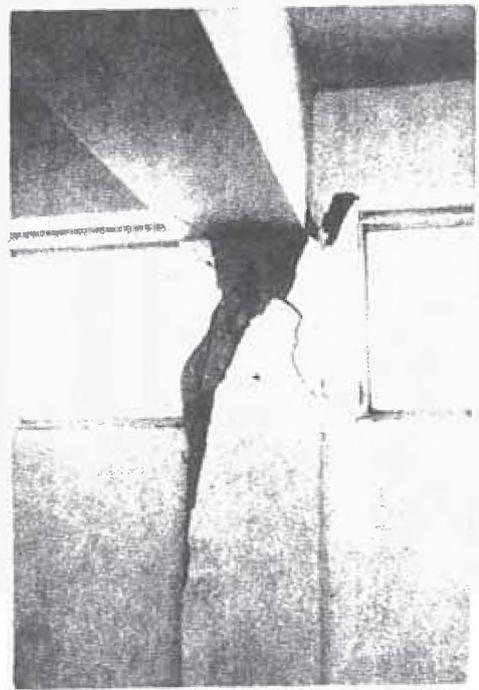


FOTO: 22

pacio para ventales. Este tipo de estructuración muy común en edificios escolares, tiene su comportamiento característico, ya estudiado anteriormente, causando los efectos que pueden observar en las vistas 21, 22, 23 al recibir las solicitudes sísmicas.

Este edificio, ubicado en forma perpendicular, en planta, al anterior, estaba unido a éste, por un conjunto de escaleras, las cuales presentan fallas en sus juntas, pues no se tuvo precauciones para permitir, su comportamiento independiente de las construcciones o su comportamiento ductil si es que no se hubiera podido obligarseles estructuralmente (24).

Otro edificio de esta misma facultad de cuatro pisos de pórticos de concreto armado presenta en su piso inferior muretes adosados a los extremos superiores de las columnas, tal como se muestra en la foto 25- 26. El agrietamiento en tensión diagonal que se observa, fue el daño mas importante que sufrió la estructura.

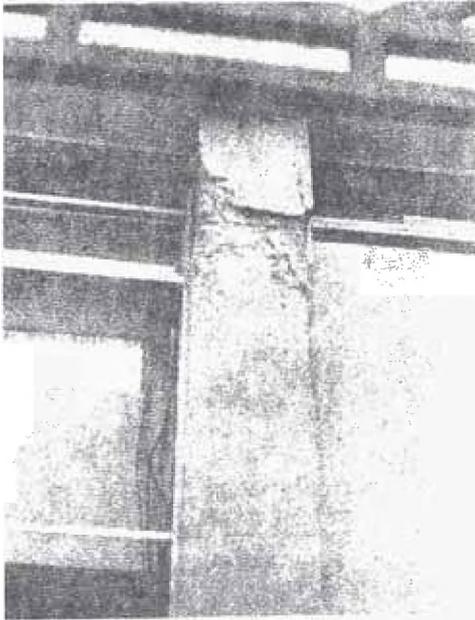


FOTO 23.- Fuga en parte superior columna

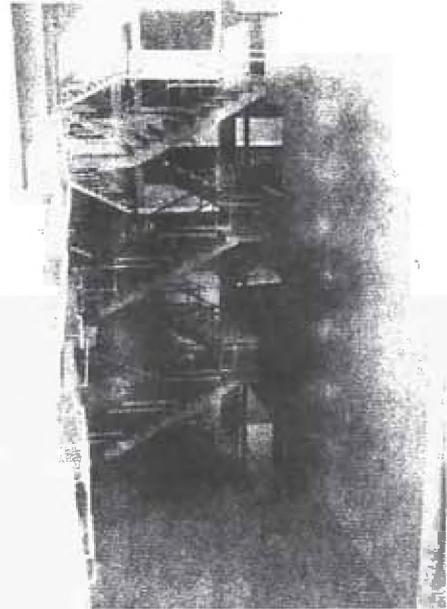


FOTO 24.- Piora en unión de escalera y estructura



FOTO 25

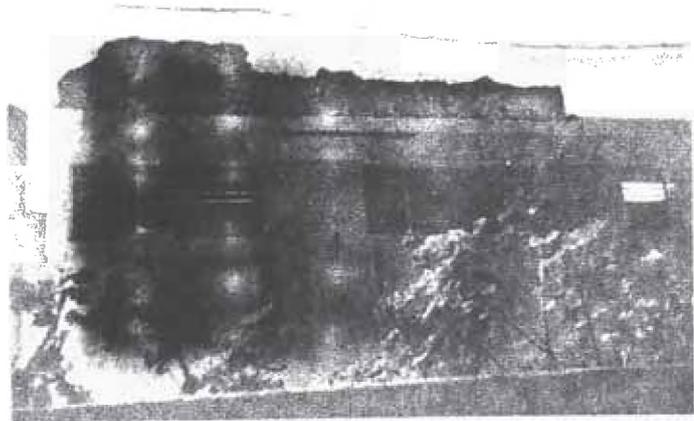


FOTO 26.- Fragmento de tubería adosada a columna

COLEGIO FLAVIO XHAMPAR DE HUACHO :

Este edificio se halla ubicado en la ciudad de Huacho a 125 Kms. al norte de Lima. El suelo es una arena fina arcillosa y limosa, seca y probablemente a una considerable distancia del nivel freático, ya que la ciudad está casi a 100 pies (33 mts.) encima del nivel del mar y del río. El subsuelo es posiblemente conglomerado.

El Colegio consta de dos pabellones ubicados perpendicularmente. El pabellón más grande está compuesto de dos pisos, el otro solo de uno, habiendo sido este lugar administrativo, y el mayor para las aulas.

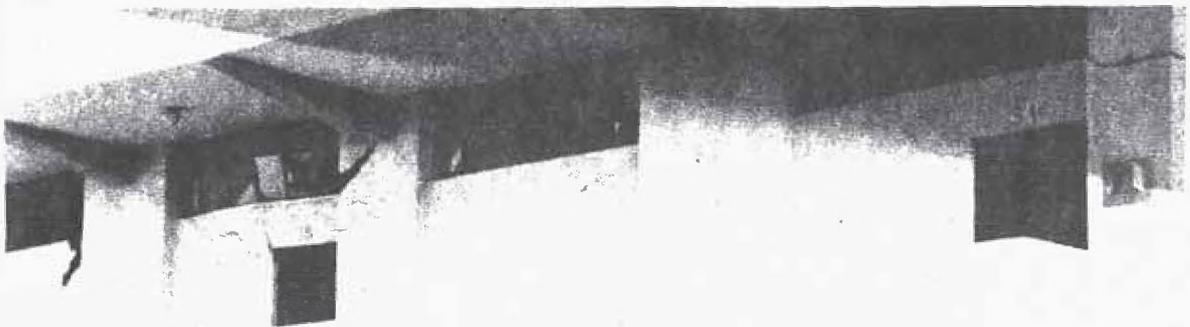
La destrucción que han sufrido es completa, aunque no puede decirse que hubo un colapso total (Fot. 27, 28).

Aquí también al igual que el Colegio Reyna de los Angeles se presenta el problema de disparidad de rigideces en la dirección longitudinal de los cuerpos de aula. Existió una fila de columna que se hallaba restringida al desplazamiento lateral por un muro que terminaba 50 cm. antes de llegar a los trabe y otra fila de columnas que abarca toda la altura de entre piso (Fot. 29, Fot. 30).

A pesar de que el edificio tiene una longitud de más de 80 Mts. sólo había una junta de separación, y en general, esta edificación adolece de falla de diseño y construcción.



FOTO: 27.- Vista general Colegio Flavio Xhamar



FOTOS: 28 y 29.- Vistas parciales del Pabellón de aulas.

Asi por ejemplo, siendo columnas principales igualmente solicitadas tenemos, que había algunas, con 6 fierros de 3/4" y estribo de 1/4" cada 30 cms., la cual ha sido sometida a esfuerzo de torsión (Fot.31) y otros con solo 3 fierros de igual diámetro, distribuidos en forma asimétrica. (Fot.32). El material de esta columna es un mal concreto, y parece que la parte que se observa, fué vaciada cuando la mezcla de la parte inferior, ha habia fraguado, y no se logró suficiente adherencia.

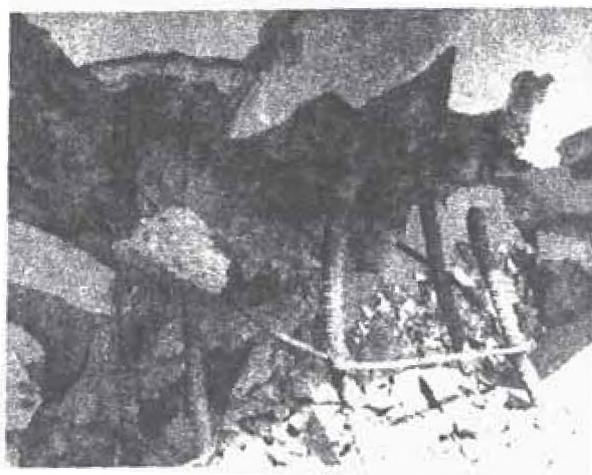
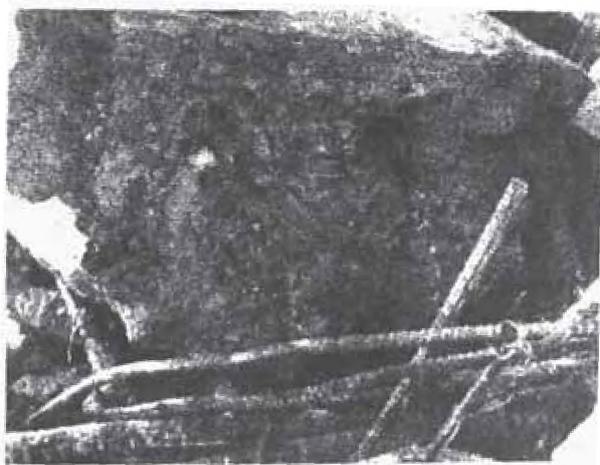
Existe asimismo otra columna sin ningún refuerzo de fierro, la cual no se puede apreciar (Fot.33) en los restos del extremo de la viga derrumbada. También pueden observarse columnas con solo dos fierros (Fot.34).

En el aspecto de techos. igualmente existieron errores de cálculo y construcción. Predominó una gran heterogeneidad en materiales usados. En un mismo techo, se utilizaron ladrillos de diferentes dimensiones y material (ladrillo de barro cocido de 6 huecos, y ladrillos de dos huecos de un mortero pobrísimo, de arena muy gruesa, fabricado in situ).

Asi mismo algunos viguetas del aligerado del primer piso no tuvieron area de acero (Fot.35) y otros tienen solamente un fierro de 1/2 notandose la ausencia del fierro ne-



FOTO: 30.- Parte extrema del Pabellón de aulas y tanque elevado.



FOTOS: 31 y 32.- Detalle de elementos estructurales.



FOTO: 33



FOTO: 35



CIC: 24

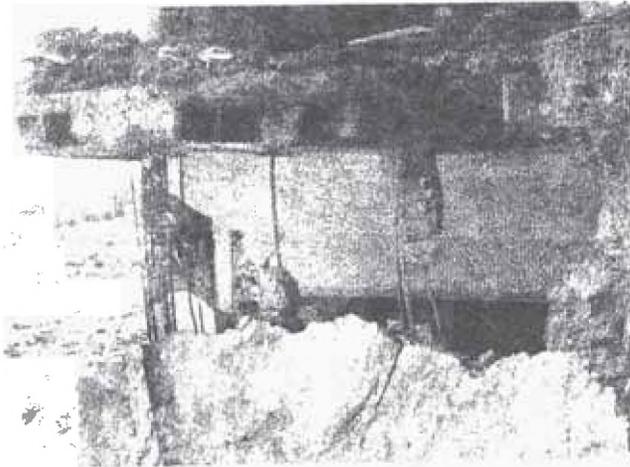


FOTO: 36

gativo (Fot. 36). La fractura observada (Fot. 37) se produjo debido a que uno de sus apoyos del extremo cedió (pórtico mientras la pared portante que se observa, la cual está en sogá, no falló.

Así mismo algunas viguetas del 2do. aligerado, presentan la falta de separación entre los fierros que contienen, la cual ha originado que su unión con el concreto no sea íntima. (Fot. 38).

En cuanto se refieren a las mezclas utilizadas, tenemos que fué en el mayor de los casos muy pobre. Algunas columnas tiene fragmento de rocas medianas angulares, en vez de piedra chancada. El mortero utilizado para asentarse ha sido elaborado con arena de mar (Fot. 39) y debido a la orientación del edificio (pabellón de dos plantas) con respecto a la dirección del sismo, al deformarse los pórticos muchos muros de tabiquerías han sufrido rajaduras y grietas grandes de piso a techo con inclinación de 45°.

El pabellón de una planta si resistió en mejores condiciones. En este caso la dirección de los pórticos coincidía con la del sismo (en el otro pabellón fue a los pórticos). Hubo además aquí, una mejor estructura y una casi total ausencia de sobre carga (el 2do. piso aun no se se empezaba a construir) (Fot. 40). La estructura que servía de soporte a un tanque elevado, colapso totalmente. Esta estructura tenía así mismo errores de diseño y construcción (Fot.30).



FIGURE 10

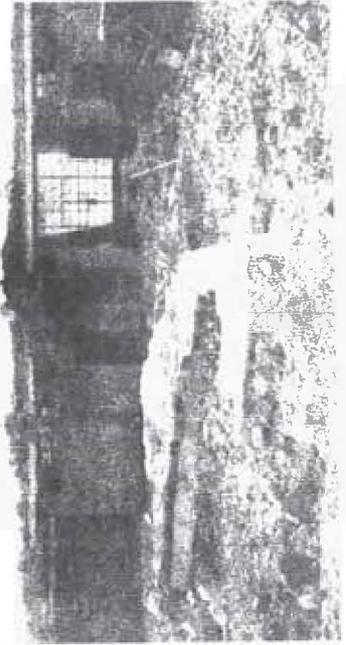


FIGURE 11

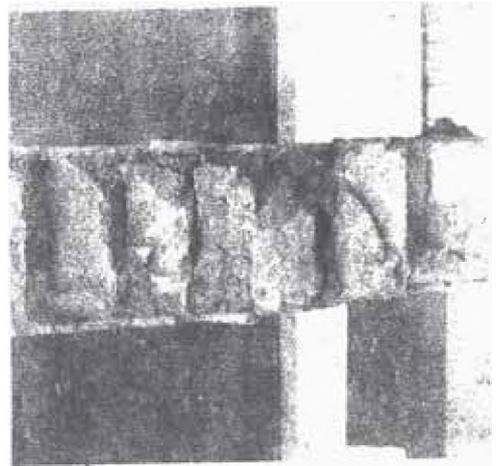


FIGURE 12

UNIDAD VECINAL DE RIMAC :

Este es un conjunto de edificaciones de tres y cuatro pisos de concreto armado, ubicado en el distrito del Rimac. Este distrito se encuentra al N.E de la ciudad de Lima.

Su topografía, es llana, pero se halla al lado de cerros de roca ignea (granito, granodiorito, etc). Esta parte de la ciudad sufrió considerables daños en el terremoto de 1940. Pero en la actualidad se llevan a cabo modernas construcciones de cemento y ladrillo.

Lo que más sufrió en ese distrito por el sismo son precisamente algunos de estos bloques del conjunto. Estos eran de 90 metros de largo por 10 metros de ancho y 3 pisos de concreto armado construido con paredes de ladrillo, los cuales llegan hasta una altura de hasta 60 cms. antes del techo. Tres pesadas escaleras de concreto unen los tres pisos y se hallan ubicados a dosados a lo largo de la fachada. Si tienen juntas de dilatación cada 30 metros. Los daños que se produjeron fueron grietas diagonales y horizontales en la tabiquería del primer piso y en las esquinas de la edificación. Además pequeñas grietas alrededor de ventanás, puertas y escaleras en varios otros puntos.

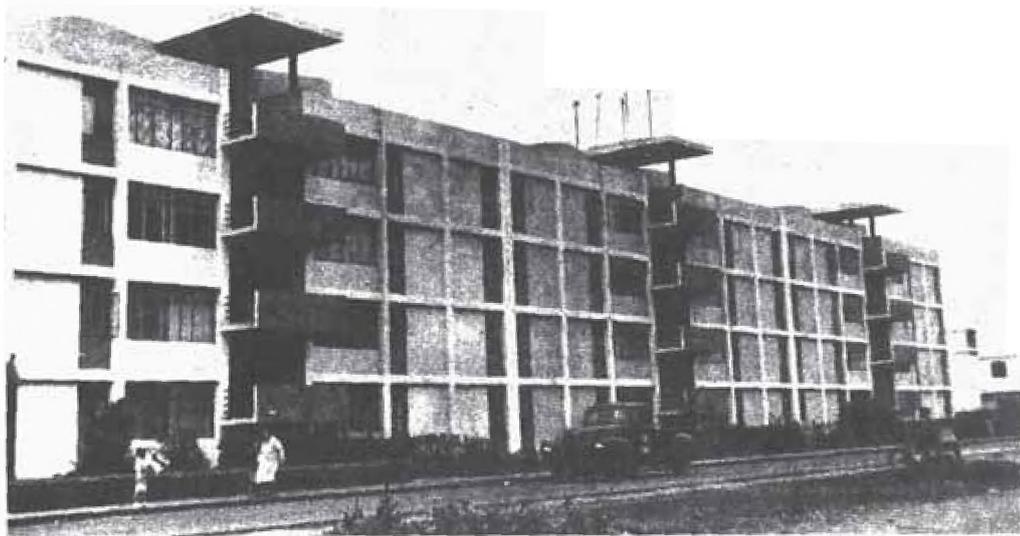


FOTO: 41.- Vista general de edificaciones de 4 pisos.

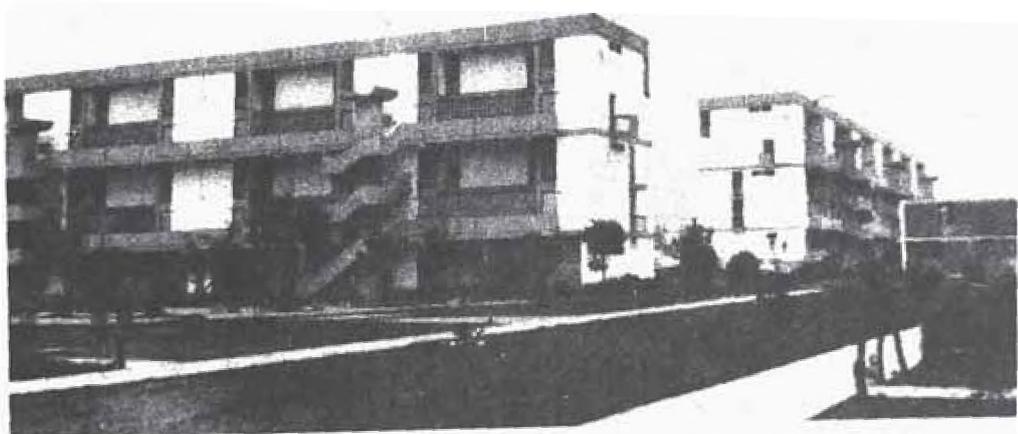


FOTO: 42.- Vista general de edificaciones de 3 pisos.

En el mismo conjunto otras 20 edificaciones similares a esta fueron dañadas en la misma forma e intensidad.

Sin embargo cerca de otras veinte edificaciones ubicadas al azahar dentro de este conjunto resultaron comparativamente ilesas las cuales tenían paredes de piso a techo, sus escaleras se encontraban en el interior e igualmente tenían dos juntas a cada tercio.

Numerosas edificaciones de uno y dos pisos en este conjunto, y muchas otras mas, y alrededor del distrito presentaron muy leves daños (de concreto y ladrillo).

Aparentemente se comportaron tan bien en general como otras edificaciones similares en la ciudad de Lima.

Quizas la razón del buen comportamiento en esta area, durante este terremoto, comparada con el pobre, del terremoto de 1940, se debe al hecho de que la mayoría de las edificaciones son construcciones relativamente nuevas y presumiblemente mejores.

Cabe destacar que los edificios que tenían escaleras en el exterior adosadas a ellos han sufrido mayores daños que aquella que las tenían ubicadas en el interior ya que la asimetría en el primer caso es mucho mayor que en la segunda originando efectos de torsión. (Fot. 41 y 42)

CAPITULO VIII

DESCRIPCION DE DAÑOS

El área abarcado por el sismo, fue extensa, comprendiendo un gran volumen en edificaciones de diferentes tipos de construcciones, esto ha permitido evaluar el comportamiento de las estructuras y la calidad de ejecución y diseño. La forma de apreciar el comportamiento de las estructuras afectados es, através de los daños y el estado en que quedan. Las secciones dañadas son aquellas en que las fuerzas excedieron la capacidad de resistencia del elemento, por un esfuerzo mayor al previsto o por tener la sección una resistencia menos a la considerada en el diseño. La morfología de los daños y la distribución de estos, permite establecer el funcionamiento de la estructura y determinar las causas de la falla.

Procederemos ahora a la descripción de daños por zonas.

Barranca

Distancia del epicentro:	97	Kms.
Distancia de Lima:	168	"
Situación:	10.78° S	
	77.80° O	

En esta ciudad, donde la mayoría de las construcciones son del tipo "quincha", no llegaron a un 5% las edifica-

ciones con daños medianos. A excepción de un techo de madera de una escuela, de antigua construcción, que se cayó, lo mismo que unos muros del Hospital de Beneficencia, no se registró daños importantes. Este lugar tuvo una intensidad de grado VI en S.M.K.

SUPE:

Distancia del epicentro:	103	Kms
Distancia de Lima:	160	"

Situación: 10.3° S

77.76° O

Esta zona comprende el Puerto de Supe (Foto 1) y el pueblo del mismo nombre.

El Puerto sufrió un maretazo, llegando el agua, hasta más de 200 metros de su límite de la playa, volteando em barcaciones pequeñas como chalanas, lanchas etc., (Foto 2). El edificio de la Capitania General del Puerto, de concreto armado, ha sufrido daños vitales (foto 3). Viejas edificaciones de madera y viviendas sufrieron grietas, pocas colapsaron. Foto (4) Las residencias para ingenieros, de concreto ar mado, ubicadas en la colina que domina el puerto no sufrieron daños. El pueblo de Supe, en sí, presentó en forma gene ral solo grietas y roturas de algunos elementos de sus edifi caciones. En muy contados casos hubo colapsos parciales o

FOTO: 1
Puerto Supe
Sector Indus
trial.

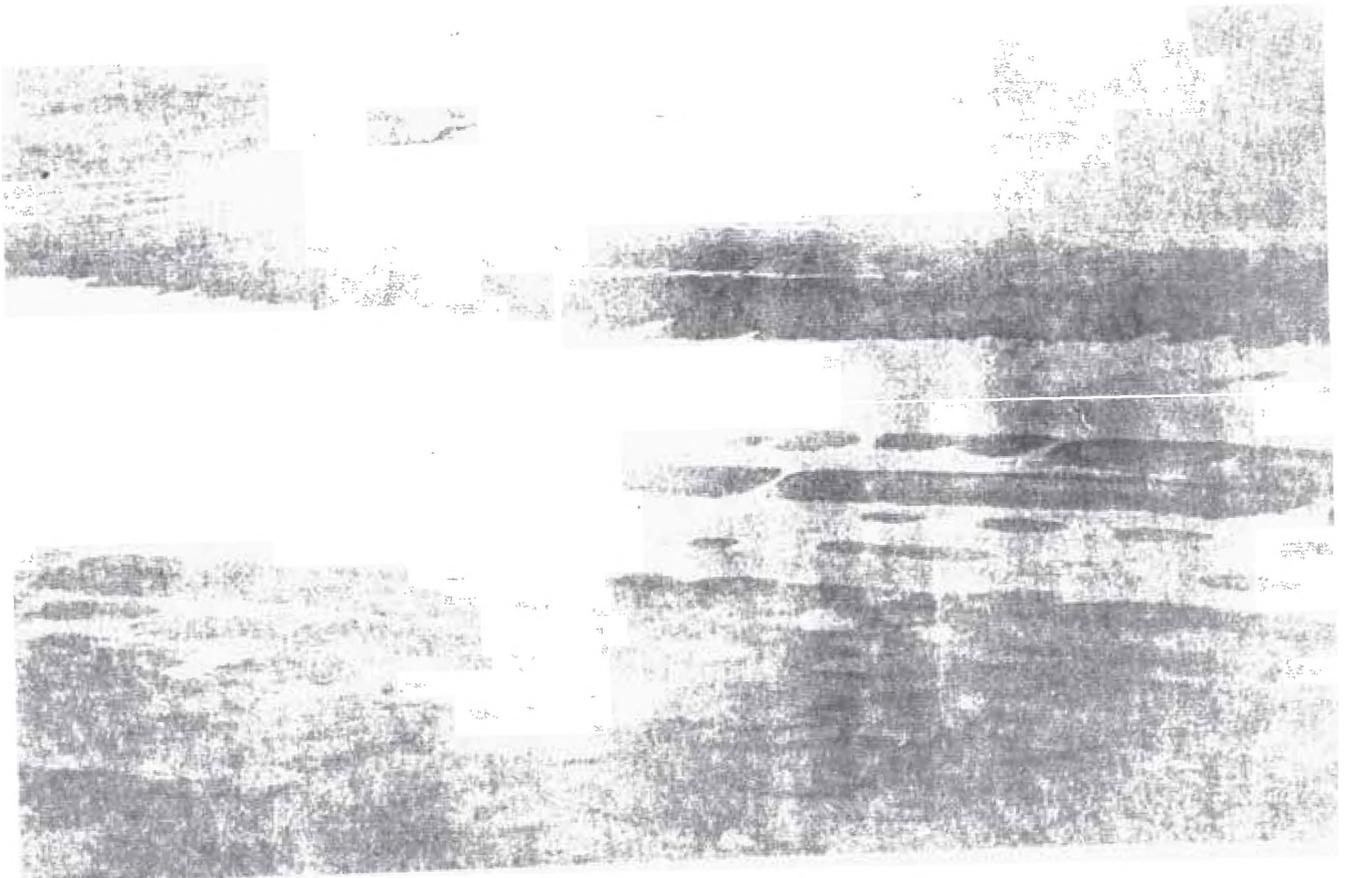
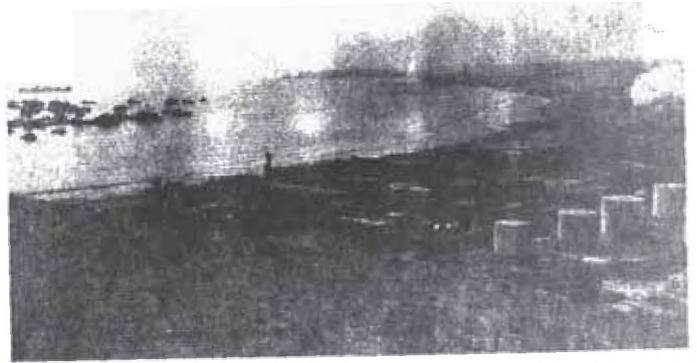


FOTO: 2. Tsunami en Puerto Supe.

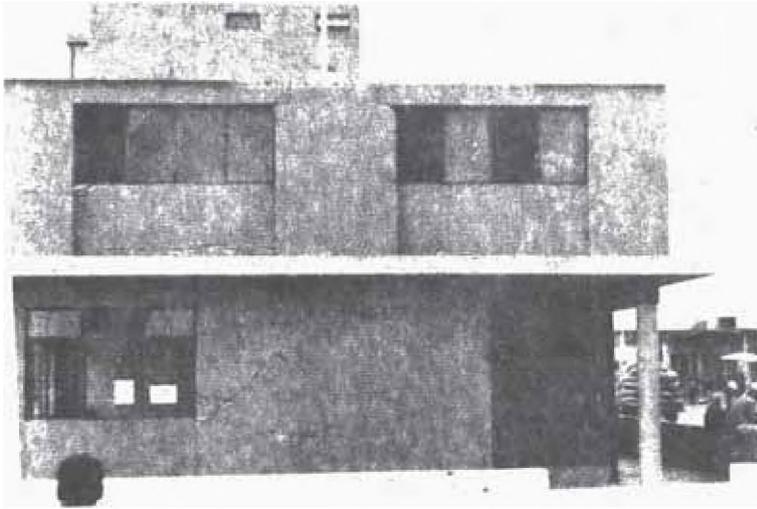


FOTO: 3
Capitania General
de Pto. Supe.

FOTO: 4
Edificio de
las Empresas
Eléctricas.



FOTO: 5
Catedral de Supe.

totales. El edificio de la catedral, presentó caídas de estuco y grietas, pero reparables (foto 5).

HUAURA:

Distancia del epicentro: 118 Kms.

Distancia de Lima: 130 ¹³

Población: 2,200 hb.

Situación: Latitud 11° 10 Sur

Longitud 77 66° Oeste

Esta zona fue una de las mas afectadas por el sismo. Se tuvo que más del 60 % de la localidad han sido virtualmente destruidos. La mayoría de las Iglesias del distrito no han podido soportar el sismo (fotos 6, 7,) a excepción de la iglesia ubicada sobre un cerro de andesita que no ha sufrido mayores daños. (foto 8). Muchas paredes que no han colapsado han perdido su verticalidad, así quedó la pared del histórico balcon de Huaura (foto 6) y la segunda planta del cine Avenida; (foto 9) esto ocurrió por falta de arriostre. El puesto del Guardia Civil del distrito, fué completamente destruido. Se registraron daños medianos en la fábrica de gaseosas "Viso". cabe destacar que la parte de la población que menos sufrió, fue la que se encontraba en el cerro de andesita. El suelo del resto del poblado, a penas de no tener su napa freatica superficial, (es parte de la terraza del rio Huaura), falló, quizás esto sea un

1971-3



FOTO: 6



FOTO: 7

VIII-7



FOTO: 8

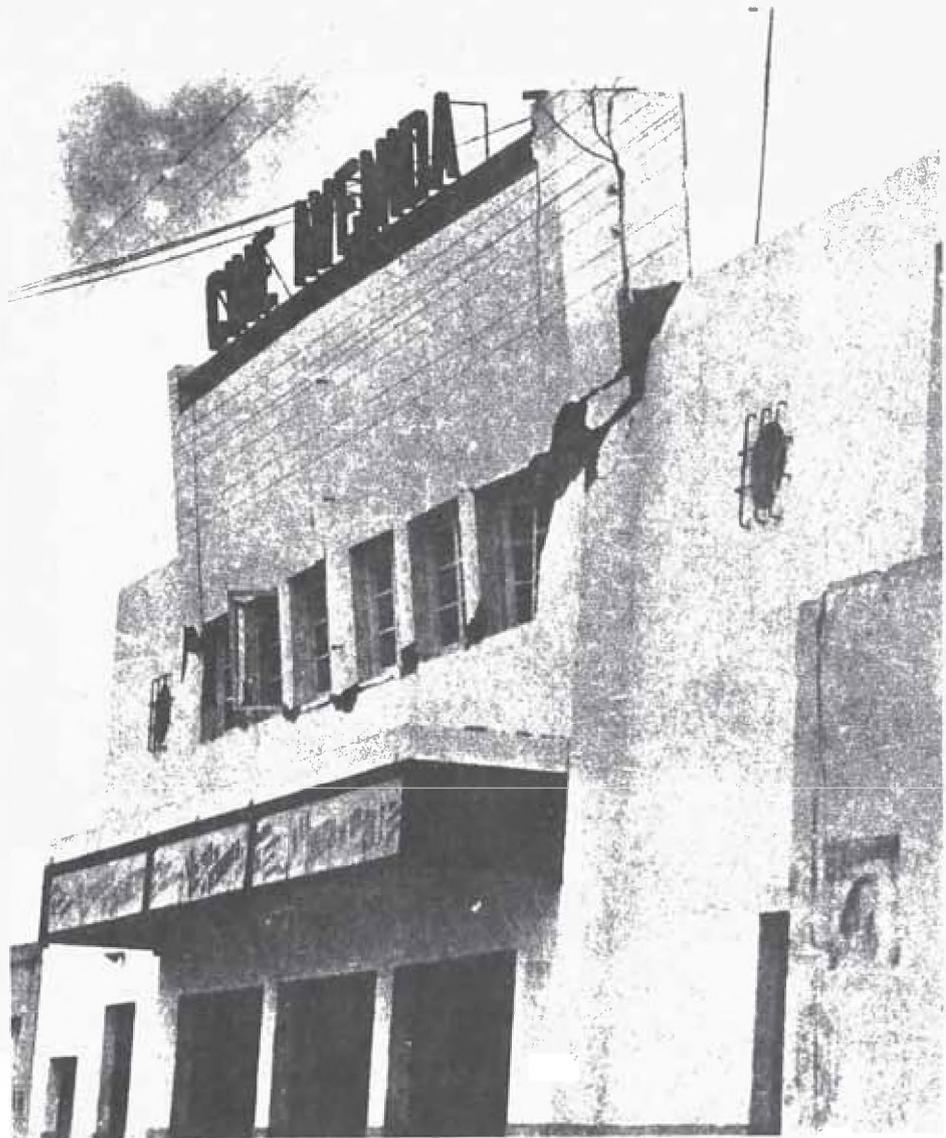


FOTO: 9

factor principal de la intensidad de los daños.

HUACHO:

Distancia del epicentro: 119 Kms.

Distancia de Lima: 125 "

Situación: 11.15° S

77.65° O

En esta ciudad, existen edificaciones de pórticos de concreto armado de 5 pisos, de muros portantes de ladrillos, y de quincha que son precisamente los que más sufrieron. (foto 10). La Catedral que fué concluida en el siglo pasado con muros de adobe y una cubierta ligera soportada sobre arcos de madera, colapsó. Aunque las fachadas anterior y posterior permanecieron en pie, se desplomaron los muros laterales, (foto 11) que aparte de los efectos del sismo, estaban sujetos al empuje de los arcos de madera, los que por otra parte no proporcionaron ninguna restricción importante en el extremo superior de los muros. Otra Iglesia, construida con los mismos materiales, y que se encontraban cerca del mar, si bien conservó casi intacta su cobertura, perdió su fachada (foto 12).

Alto porcentaje de edificaciones de dos plantas, de madera y quincha sufrieron daños irreparables (foto 13 - 17) Muros de cercos, de diferente altura y espesores, tanto de



FOTO: 10.- Ciudad de Huacho.

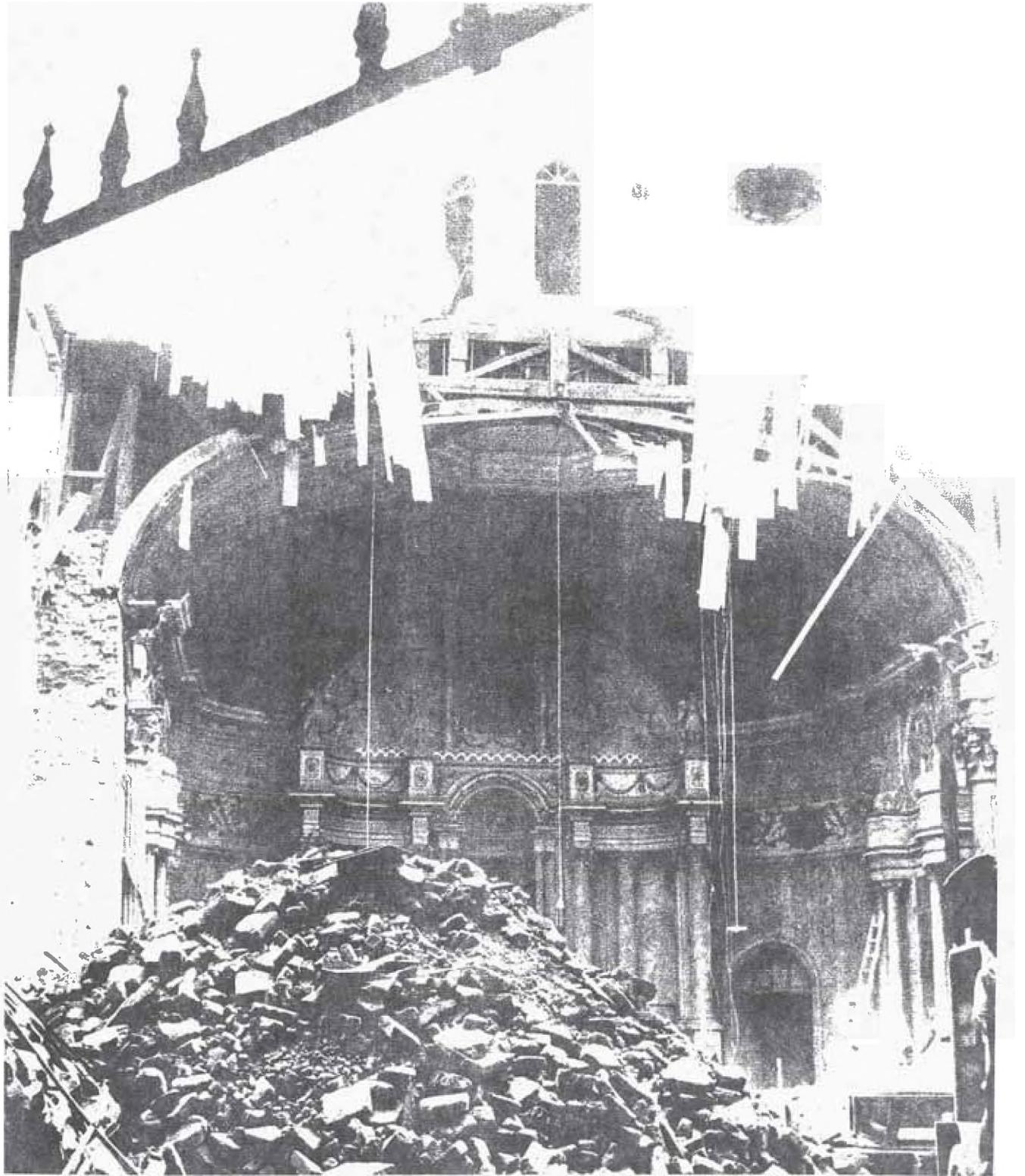


FOTO: 11.- Derrumbe parcial de la Catedral de Huacho.

VIII-11

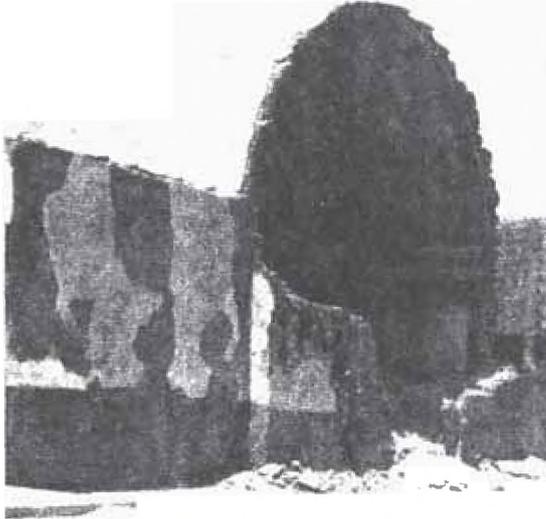


FOTO: 12.-
Iglesia de Huacho



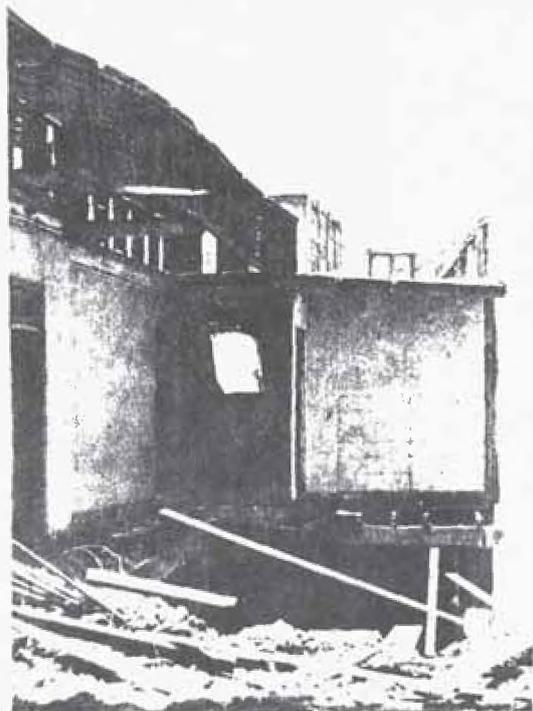
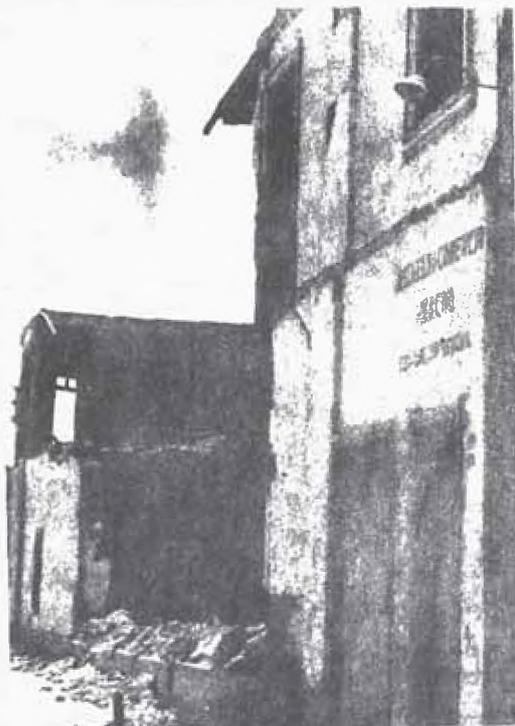
FOTO: 13



FOTO: 14.- Vista de una Avenida de Huacho.



FOTOS: 15,16 y 17: Daños en Edificaciones de adobe y quincha.



albañilería de ladrillo como de adobe, tuvieron colapso to tal, esto debido a fallas constructivas fotos 18, 19 y 20 la ausencia de elementos con resistencia a la atracción, en marcando paredes de mampostería, principalmente de adobe, ha sido causa de daños serios (foto 21 y 22).

Un conjunto de 52 viviendas construidas hace menos de tres años, de muros portantes de ladrillo, sufrió grietas y rajaduras que lo han dejado completamente inútil (Cap. VII), foto 23,. 'Asi mismo viviendas de C. A. con defectos de estructuración y constructivas sufrieron daños irreparables foto 24 y 25. El material de recubrimiento de una escalera, que servía de acceso a una vivienda fué casi completamente separado de la misma (foto 26).

El Colegio Flavio Xamar (Cap. VII) colapsó parcialmente, no quedando más que demolerlo, esto debido en especial a su baja calidad de materiales y a defectos de estruc turación. Se tuvo aquí muros de bloques de concreto donde se apoyaban vigas en voladizo sin existir columnas de concreto armado. De los extremos de estas vigas partieron numerosas grietas que destruyeron los muros de bloques. Una mención especial merece el caso de un estadio en construcción que sufrió la caída del cobertizo en su amplia extensión. La inspección visual revela que las armaduras estan

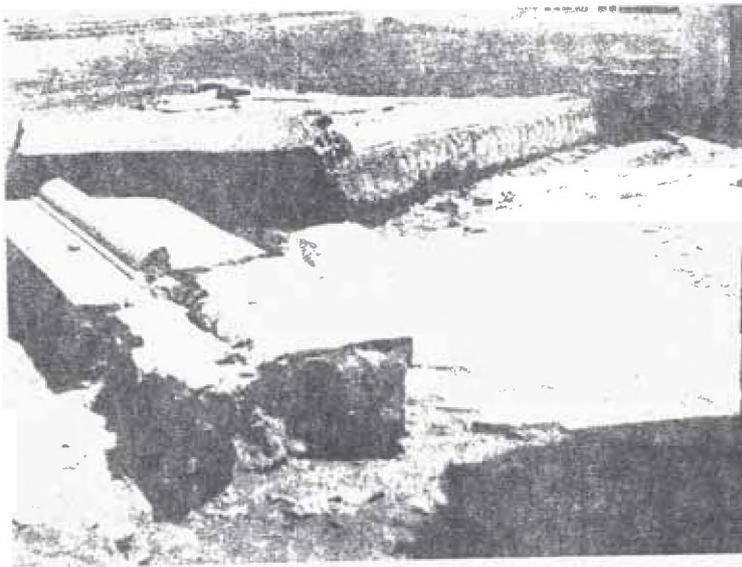


FOTO: 18

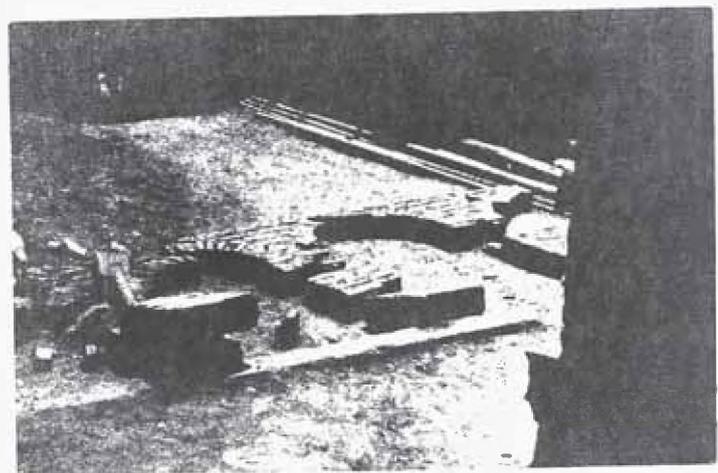


FOTO: 19

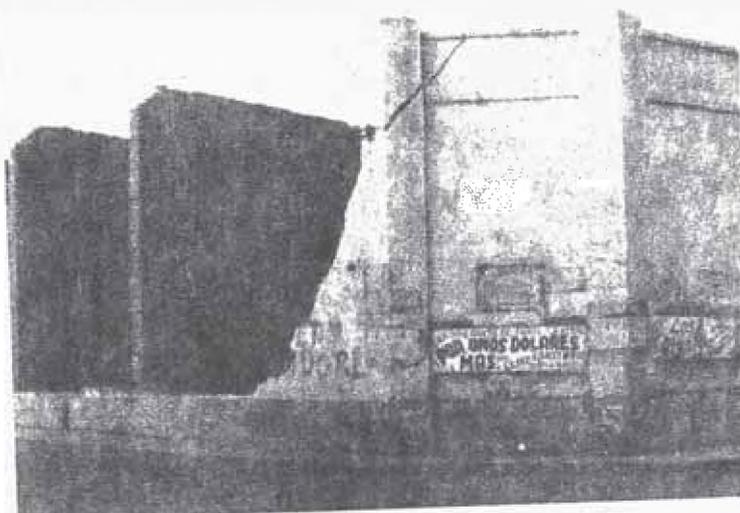


FOTO: 20

VIFI-16

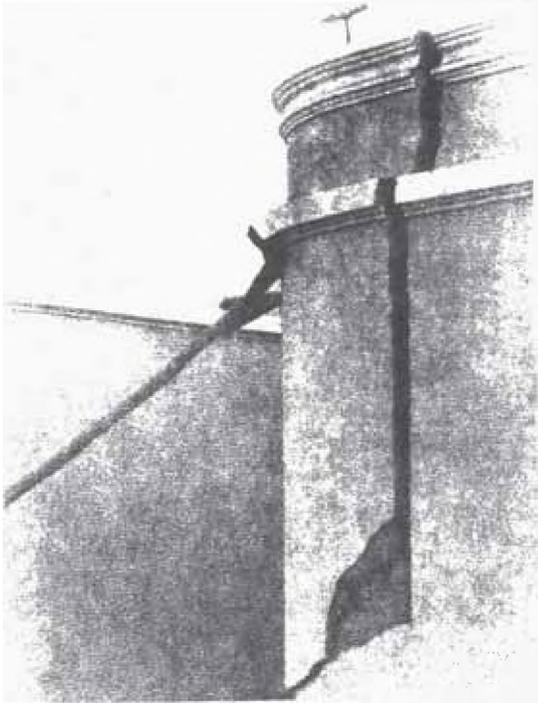


FOTO: 21

Grietas en muros de adobe

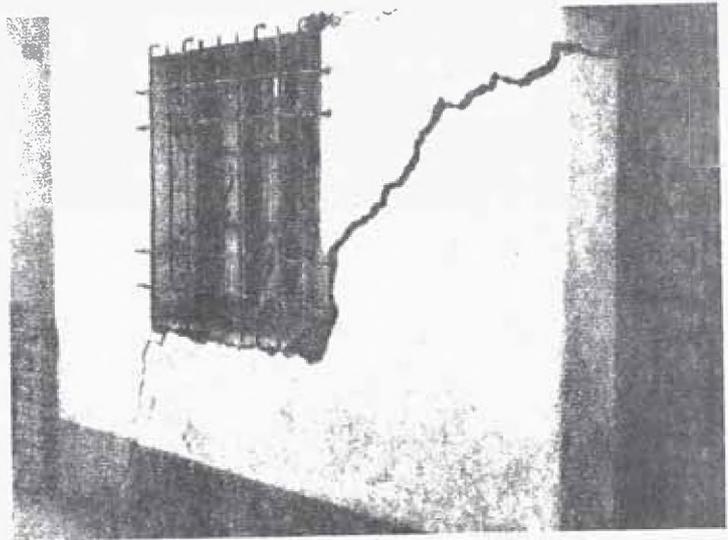


FOTO: 22



FOTO: 23.- Conjunto Caja de Depósitos

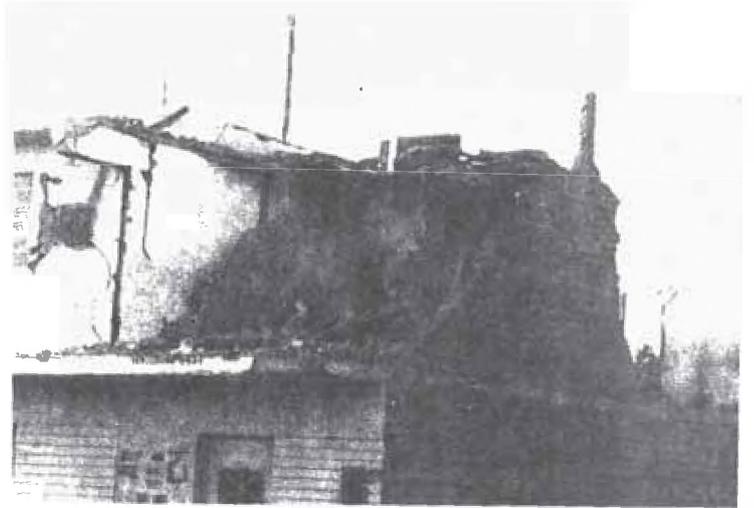


FOTO: 24

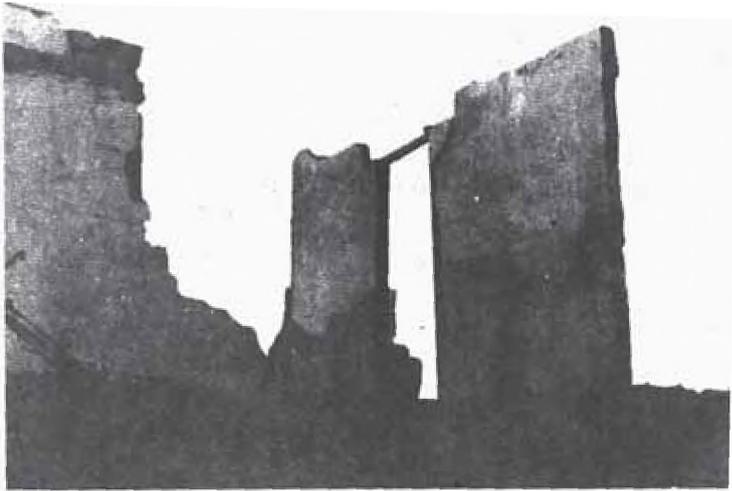


FOTO: 25

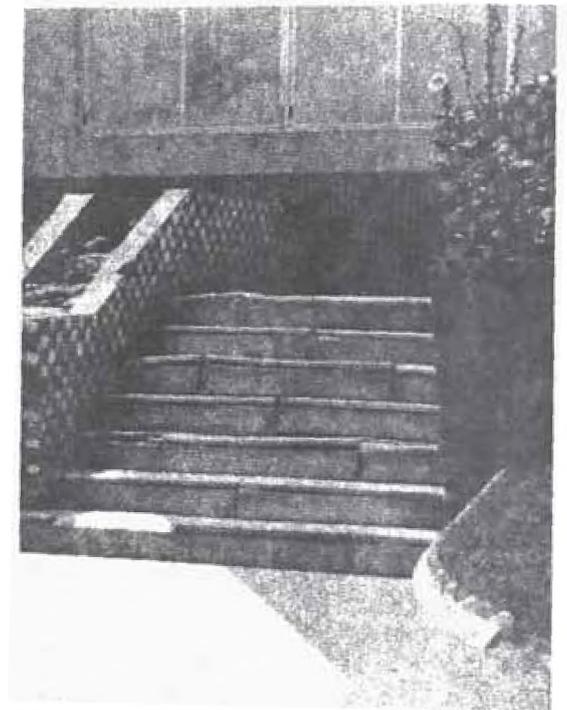


FOTO: 26



FOTO: 27
Estadio de Huacho

fuertemente oxidadas en la zona de empalme que falló. Como esta oxidación no pudo ocurrir solamente en el período posterior al sismo, hay que admitir que se produjo por filtraciones a través de una junta mal ejecutada Fig. 27.

CHANCAY :

Distancia del epicentro:	175	Kms.
Distancia de Lima :	73	"
Situación :	11.61°	S
	77.31°	O

Se produjeron tan solo daños leves y algunas medianas de fácil reparación.

PASAMAYO :

La zona de Costa comprendida entre el Polvorín de Ancón y la quebrada de Chancay (Kms. 45 a 60 de la Panamericana Norte), forma una faja de avance de dos rocosos espolones andinos: Cerros de Pasamayo y Steiman, los cuales se hallan cubiertos por capas de bastante altura, de arena fina.

El sector de Pasamayo en toda su extensión tiene diferentes taludes, no siendo casi ninguno de ello inferior a 45° y llegando en algunos puntos hasta 70°. Debido al sismo se produjeron deslizamientos y caídas de material en diversos tramos de la vía, se registró asimismo grietas y desniveles de hasta 20 cms. a lo largo de la carretera (Foto 23)

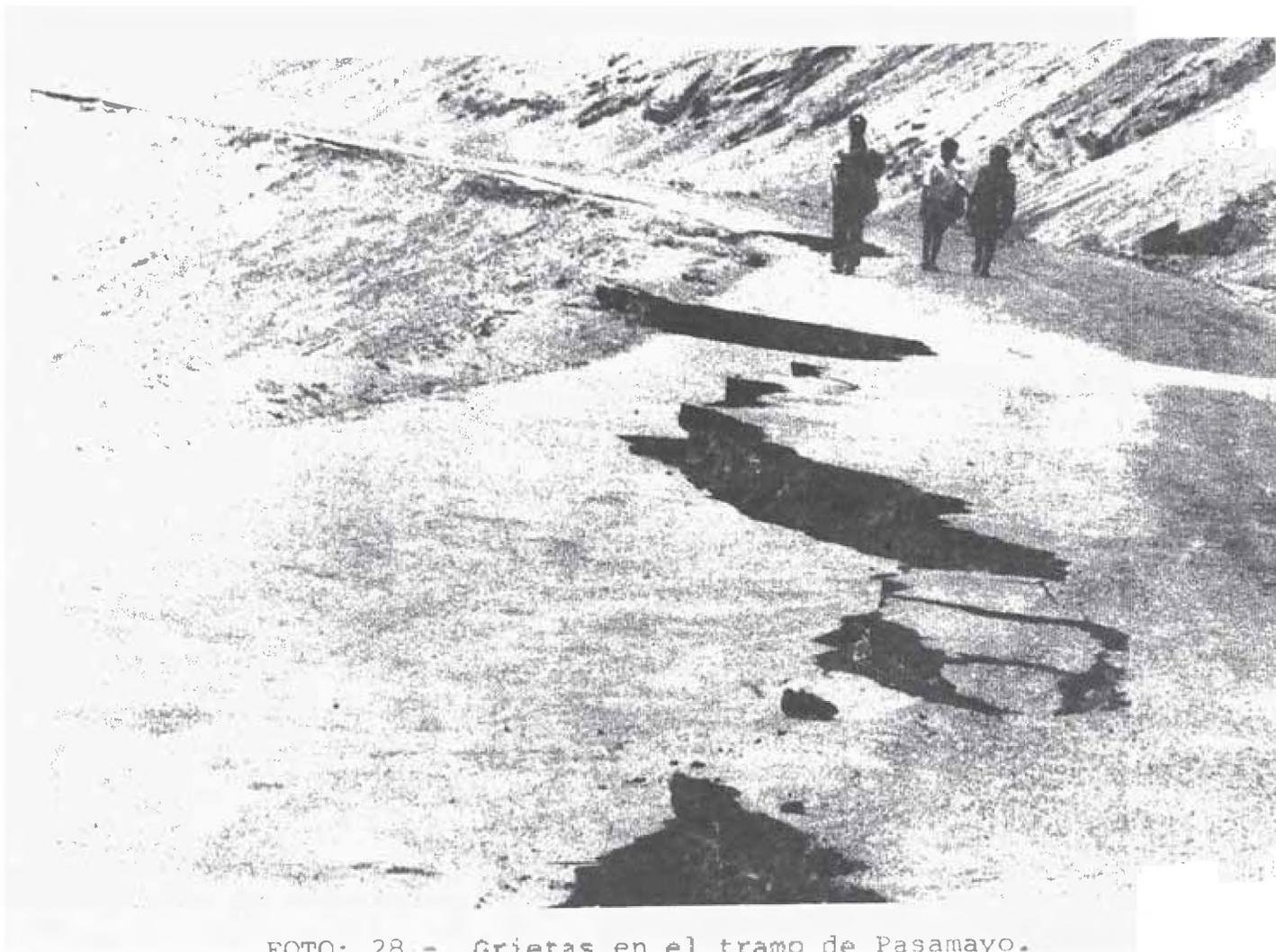


FOTO: 28.- Grietas en el tramo de Pasamayo.

ANCON :

Distancia del epicentro:	198	Kms.
Distancia de Lima	38	"
Situación:	11.83	S
	77.22°	O

Las construcciones de este balneario se caracterizan por ser en general, de buena mano de obra, edificios altos y contiguos. Un edificio de concreto armado de 18 pisos sufrió apreciables daños en los pisos superiores (Foto 29). Se trata de una estructura compuesta en vertical de dos conjuntos de distinta rigidez. Las últimas 5 plantas no son completas, y allí se ha producido caída de su tabiquería. Se aprecian daños de cierta magnitud en una losa puente que une los dos conjuntos. Las columnas extremas de uno de los conjuntos a partir del 14 nivel, aparecen dañadas, poniendo en evidencia defectos en la junta de construcción de los extremos superiores de estas columnas. Se registraron también daños por colisión entre edificios vecinos, los cuales tenían sus pisos a diferentes niveles. Grupos de viviendas situados en los alrededores de la localidad, de dos plantas de C. A. sufrieron daños considerables.

Los tabiques de mampostería de un edificio de cinco niveles para estacionamiento, presentaron fallas. la dimensión de los tabiques de mampostería, libre de elementos re-

FOTO: 107 - defecto por escape de agua

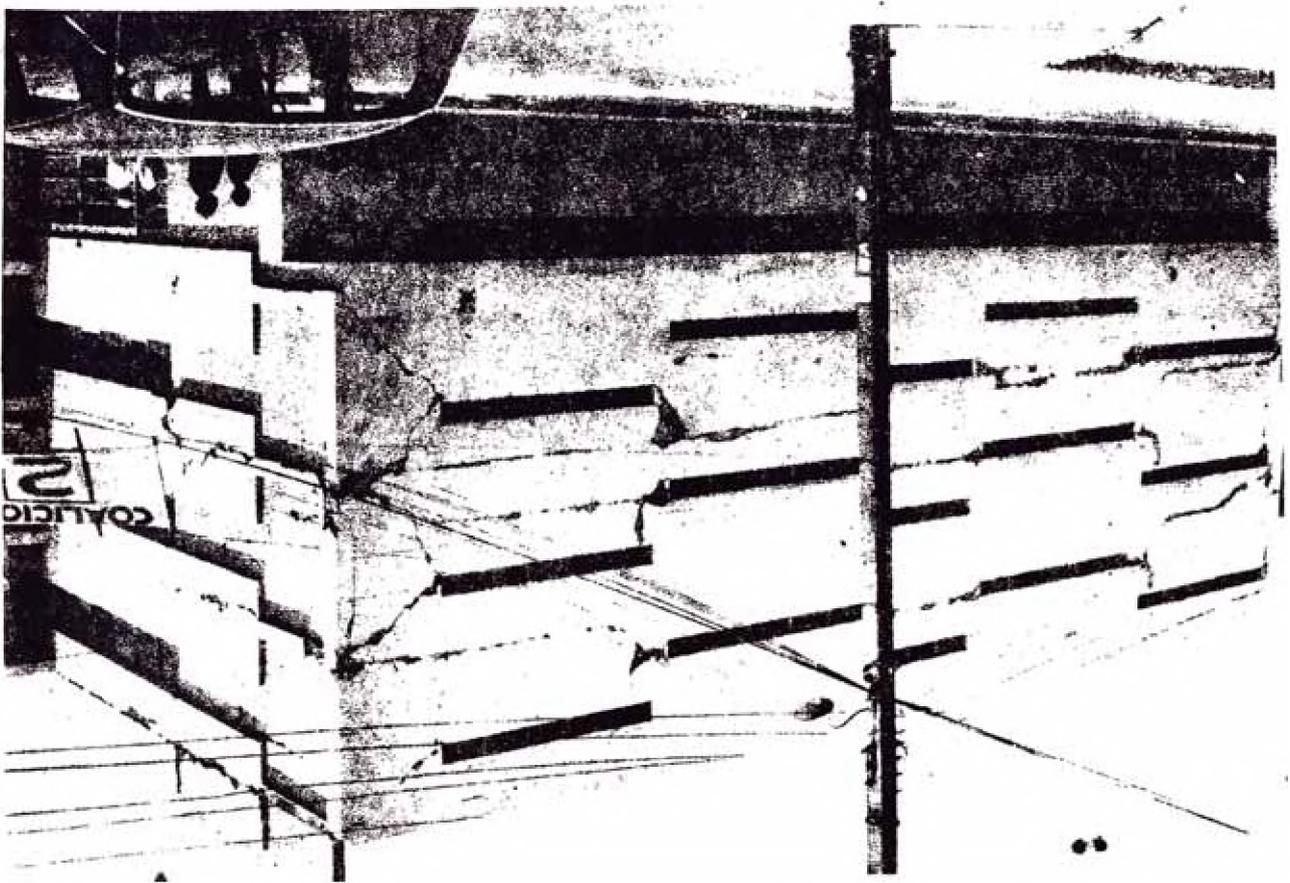
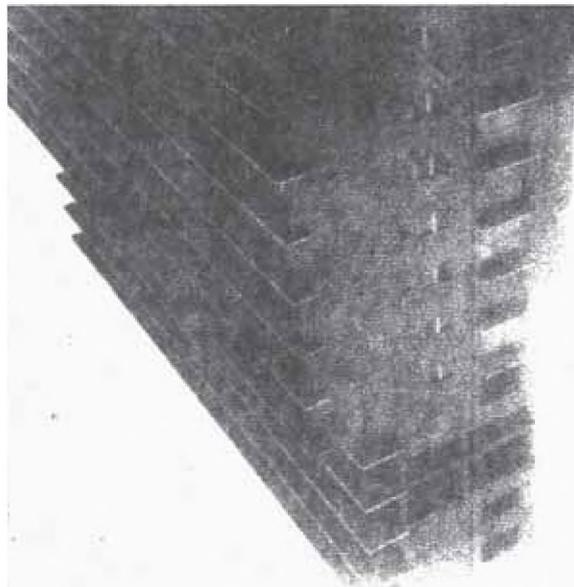


FOTO: 29 - Edificio de 22 pisos.



ANCON

forzados, era alrededor de 2.2 x 10 mt. las deformaciones de los diafragmas en su plano produjeron agrietamientos importantes (Fig. 30) Debido a los grandes dimensiones sin reforzar las grietas de gran espesor y facilitaron el desplome de fragmentos de muro, bajo la acción de aceleraciones normales al plano del mismo. La práctica de incluir elementos horizontales y verticales, cuando menos 25 veces el espesor, resulta bastante suficiente para limitar las aberturas de grietas. Así mismo se registró el efecto de pandeo en columnas metálicas que soportaban parte de un edificio.

Toda ciudad esta ubicada en un suelo arenoso.

PUENTE DE PIEDRA :

Distancia del epicentro :	207	Kms.
Distancia de Lima :	25	"
Situación :	11.92°	S
	77.15°	O

La mayor parte de sus construcciones esta ubicada en terreno de suelo limoso-arenoso, que forma conglomerado de poca profundidad en comparación con el de otra zona aledaño

Su napa freatica es superficial y cabe anotar que anteriormente fué un área pantanosa . Estas características de su suelo constituyen uno de los motivos que ocasionaron

PUENTE PIEDRA



FOTO: 31



FOTO: 32



FOTO: 33



FOTO: 34

Puente Piedra después del sismo.



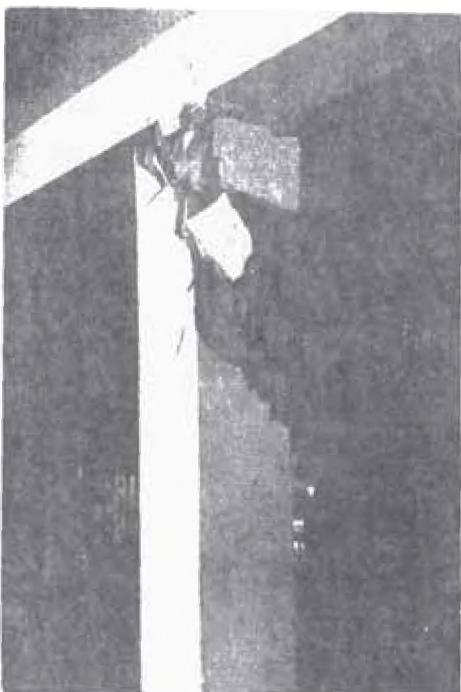
FOTO. 35.- Iglesia de Puente Viejo que quedó seriamente dañada



FOTO: 36.- Parte Posterior de la misma Iglesia.



FOTO: 37.- Colapso de Muros



Colapso parcial
de Edificación
en PUENTE PIEDRA

FOTO: 38.- Deta
lle de falla en
columna.

FOTO: 39

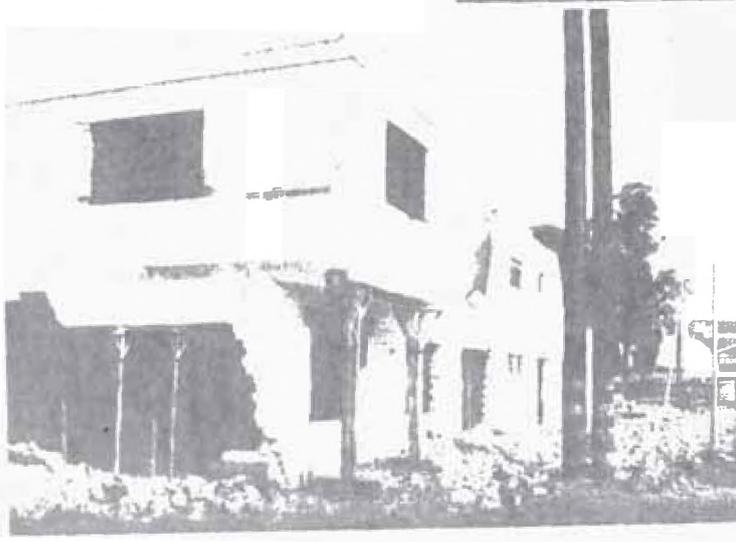
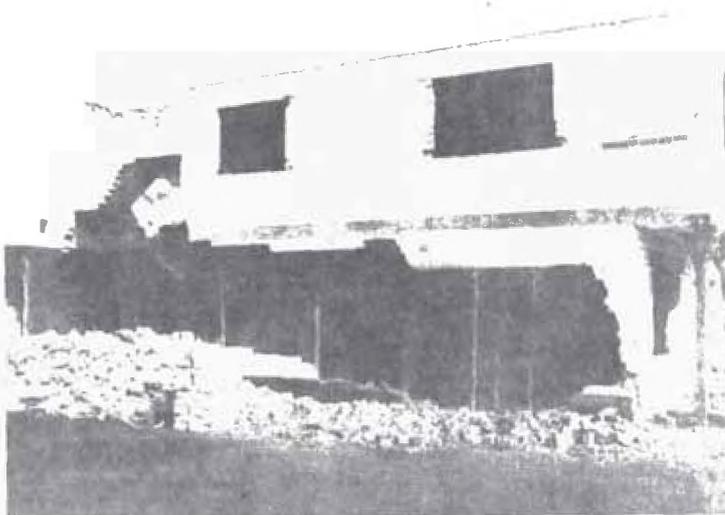


FOTO: 40

que se producen daños a veces irreperables en un regular número de edificaciones de adobe y quincha, que en esta lo calidad son materiales predominantes (foto 31-34).

La Iglesia de Puente Piedra, sufrió colapso total de su cobertura y grandes grietas en sus muros (fotos 35 y 36).

Una construcción de plantas de concreto armado, debido a defectos de cimentación y de unión de vigas y columnas tuvo daños irreparables (fotos 37 - 40).

L I M A :

Distancia del epicentro:	225 Kms
Situación :	12.0° S
	77.10 O

La ciudad se asienta sobre el conglomerado del valle del Rimac, el cual esta conformado por cantos rodados, cuyos radios decrecen en las zonas cercanas al litoral, arcillas y material Lima-arenosos. En la parte Este de la ciudad, existen pequeñas cadenas de formaciones rocosas, cerca de las que se encuentran algunos colegios y conjuntos de viviendas.

En general han acusado daños construcciones anti - guos que se hallaban debilitados por el tiempo y por sismos anteriores. Asi mismo, por muy diferentes causas ha habido

fallas en construcciones modernas.

En el distrito de Comas, situado en las afueras de la ciudad, (Kms. 10 de la Carretera a Canta), no se observó fallas que puedan significar inhabitables de las viviendas que son casi en su totalidad de uno ó dos plantas de muros portantes y concreto armado (Fig. 41).

El Politécnico José Pardo, que es la edificación más importante de este sector, se halla constituido por un pabellón de cuatro pisos y otro de dos pisos, de pórticos de C. A., presentó fallas y deterioros en su estructura. El pabellón de 4 pisos, dedicado a la Dirección y Asuntos Administrativos, tuvo los siguientes daños, la columna de los dos pórticos principales del 2do. piso, presentan una falla aproximada a 45° , con la misma orientación y el desprendimiento del concreto de recubrimiento; en una de las columnas se puede observar que el distanciamiento de los estribos es mayor a los 30 mts. La columna del pórtico principal del tercer piso, también presenta una falla con las mismas características que los del 2do. piso. Cabe indicar que esta columna es la continuación de una del segundo piso que también ha fallado.

El pabellón de dos pisos, destinado a aulas de clase, es la construcción que más daño ha sufrido en la parte



FOTO: 41.- Distrito de Comas- no su-
frió daños.

estructural, tal es así, que casi todas las columnas intermedias del pórtico principal del primer piso, han fallado a la altura de las ventanas altas que tienen los salones. Todas las fallas encontradas son en el concreto con las mismas características que los descritos en el pabellón de 4 pisos. Pero si cabe indicar que el desmoronamiento del concreto de recubrimiento es bastante fuerte, por lo que la armazón de los fierros estructurales ha quedado al descubierto en muchas columnas. Las vigas principales, ni las de arrioestre presentan fallas que pueden ser de peligro.

En el Distrito del Rímac, construcciones de quincha sufrieron grietas y caídas de su cobertura pero no en número notorio.

Algunas Facultades de la Universidad Nacional de Ingeniería tuvieron daños en su tabiquería y elementos estructurales. Los edificios de la Unidad Vecinal del Rímac sufrieron grietas en sus paredes, de piso a techo, pero no fueron éstas, de consecuencias.

La zona central de Lima (foto 42) se halla con un número regular de edificios de más de 10 niveles. En éstos en general no se observaron daños a pesar de que la práctica de diseño, no ha sido en todos los casos muy cuidadosa por lo que se refiere a resistencia sísmica. En la casi totalidad de estos edificios las fallas solo fueron en elementos no es



FOTO: 42.- Vista Aerea de Lima

estructurales, siendo los más frecuentes desprendimientos de concreto por recubrimiento excesivo, (al presentarse excentricidad las fibras más alejadas llevan mayor esfuerzo y al carecer de confinamiento se desprende el concreto) agrietamiento de la junta perimetral entre muros de mampostería y los marcos estructurales que las contienen y también la rotura de vidrios (fotos 43, 44, 45). En cada caso se observó en forma consistente que los daños decrecen conforme se pasa a los pisos superiores del edificio a excepción posiblemente de algunos tanques elevados en edificios, los cuales tenían como características el estar ubicados en el último nivel sobre cuatro columnas (Fig. 46 y 47); por tener un gran masa concentrada, se genera con el movimiento horizontal la acción de péndulo invertido.

Se registró rotura de una esquina y la fisura de la franja extrema del cobertizo en volado de una de las tribunas del Hipódromo de Monterrico (fotos 48 y 49), también del Estadio Nacional, ésto por efecto de modos superiores de vibración o de amplificación dinámica de la componente vertical del sismo.

En la llamada zona de La Molina, se registraron fallas en varias edificaciones. Las columnas de un Laboratorio de la Universidad Agraria, registró fallas al ser reducida en longitud por muros, lo mismo que algunas esquinas que



FOTO: 43.- Edificio en Calcutta

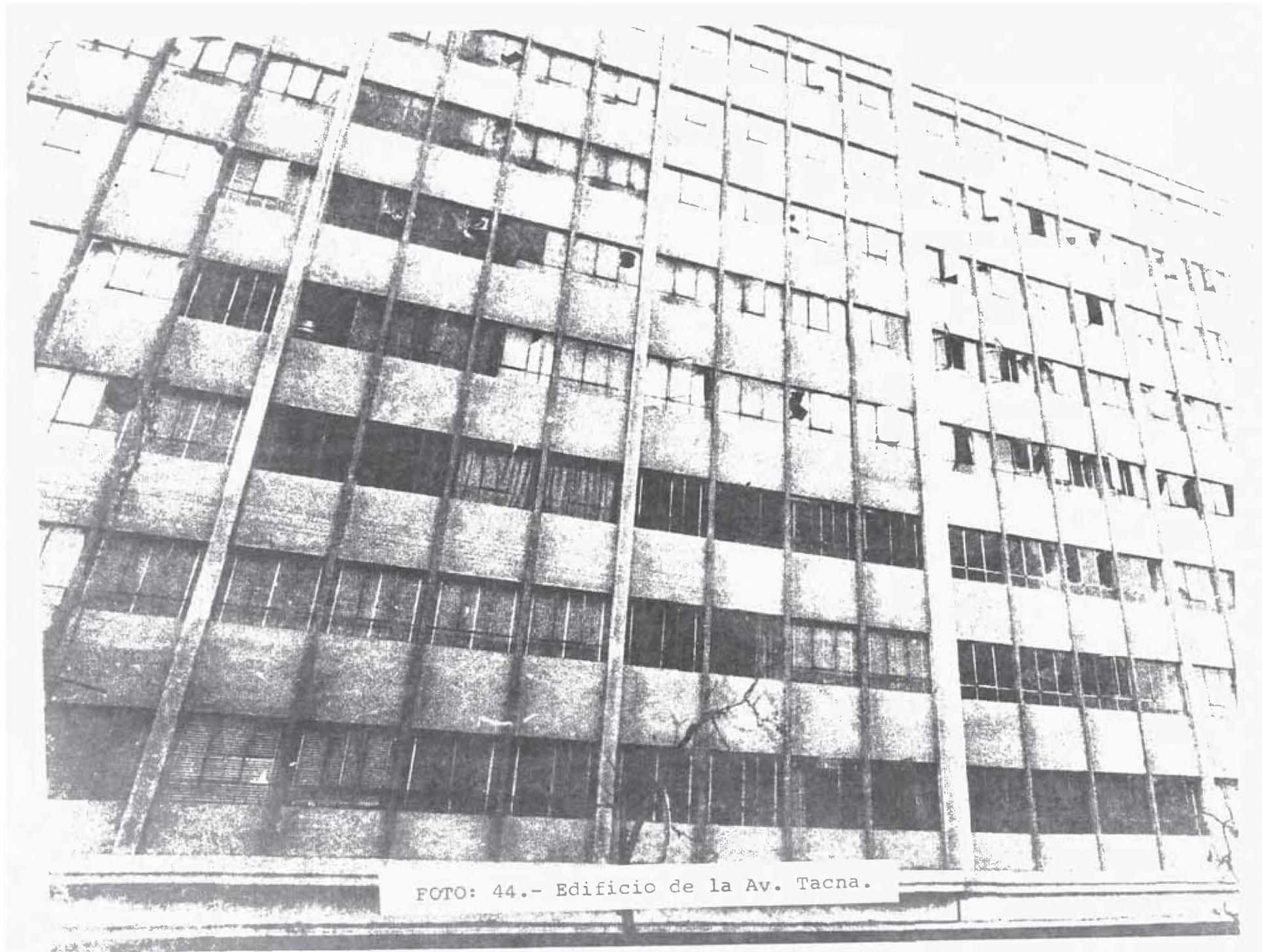


FOTO: 44.- Edificio de la Av. Tacna.

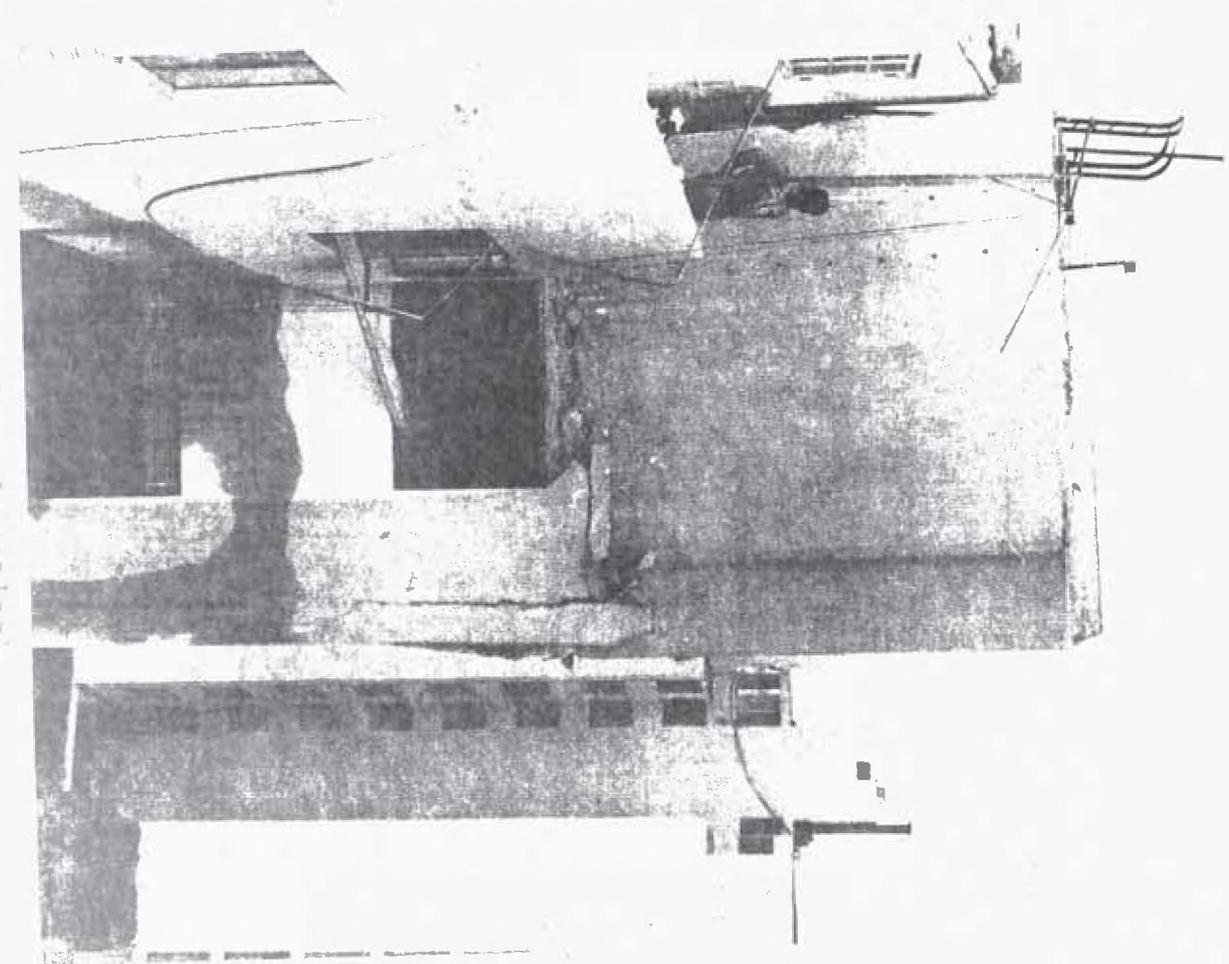
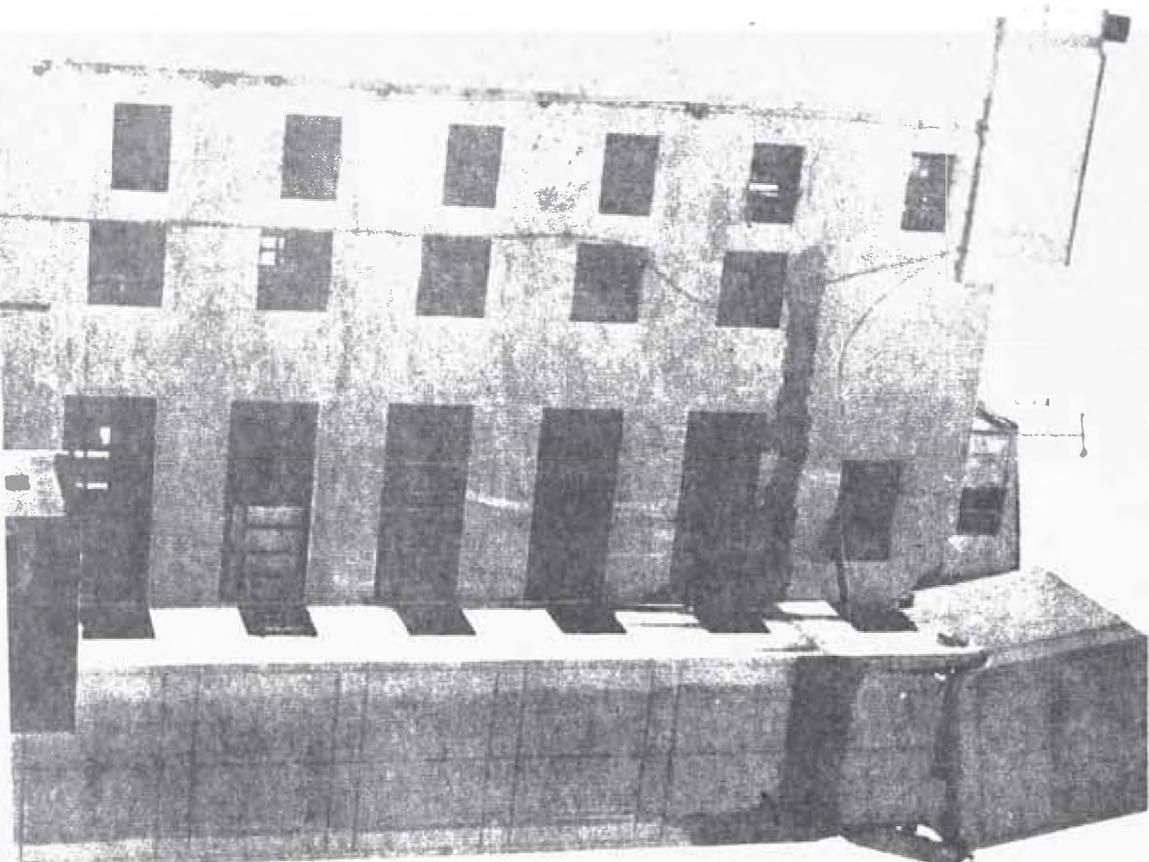


FOTO: 45.- Edificio de la Av. Wilson.

FOTOS 36 y 47.-

Falla de tanque elevado

(Edificio: Av. Azules)



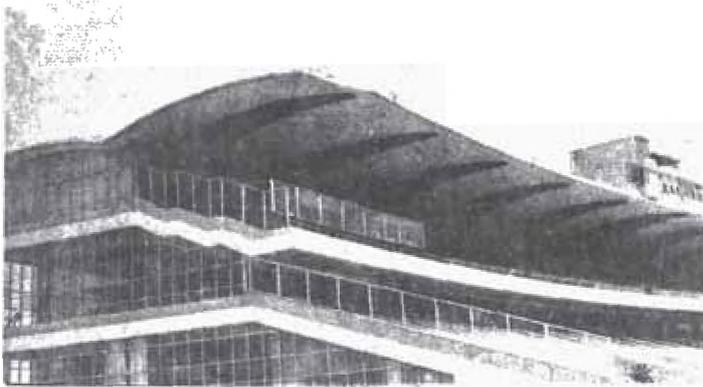


FOTO: 48

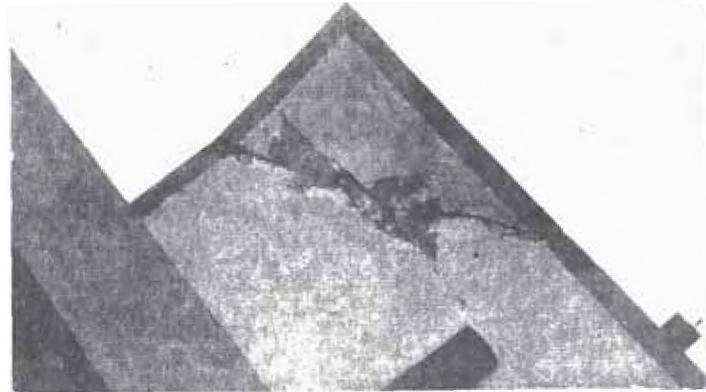


FOTO: 49

Hipódromo de Monterrico:
Vistas General y Parcial
del voladizo.

debido a que confinaban tabiques con capacidad elevada en compresión, experimentaron tensiones diagonales importantes que dieron lugar a agrietamiento de la misma (fotos, 50 51 y 52) .

Varios muros de tabiquería del edificio del S.I.P.A. presentaron grietas de consideración y también desplazamiento perpendicular a su plano (fotos 53 y 54).

El Colegio Reyna de los Angeles presentó así mismo diversos tipos de falla, los cuales se estudian más al detalle en otro capítulo. En la zona de Las Casuarinas ocurrieron colapsos parciales en viviendas de estructura de concreto armado. Una casa de dos pisos, formada por dos cuerpos ligados por un puente angosto de concreto, presenta este caso.

Uno de los cuerpos contenía muros rigidizantes en ambas direcciones, mientras que la planta inferior del otro se encuentra apoyada principalmente sobre columnas. Varias de estas columnas sufrieron los mismos defectos que las de las construcciones escolares referidas. La situación se agravó en este caso dada la carencia de buenos anclajes y una existencia de un bajo porcentaje de refuerzo transversal en vigas y columnas. Mientras el segundo cuerpo sufrió desplazamientos importantes, el primero no sufrió daños ni defor-

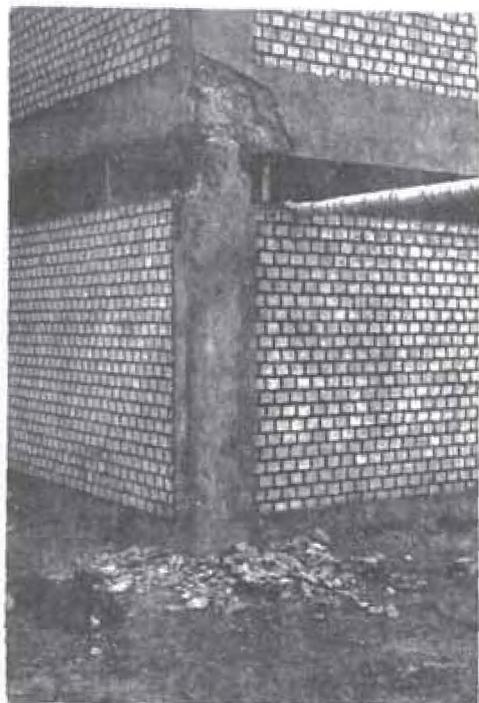


FOTO: 50

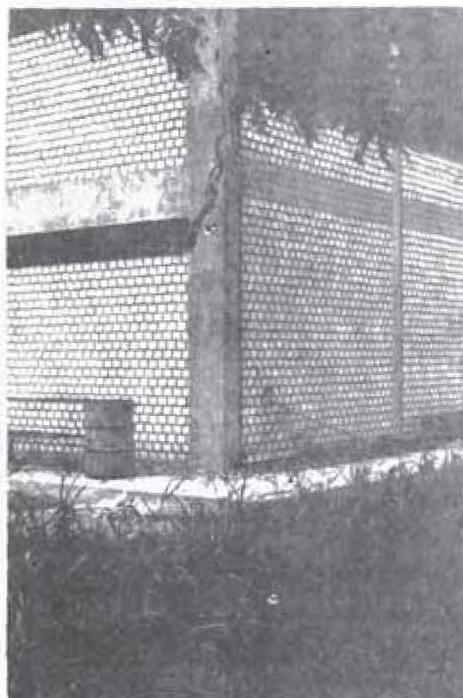
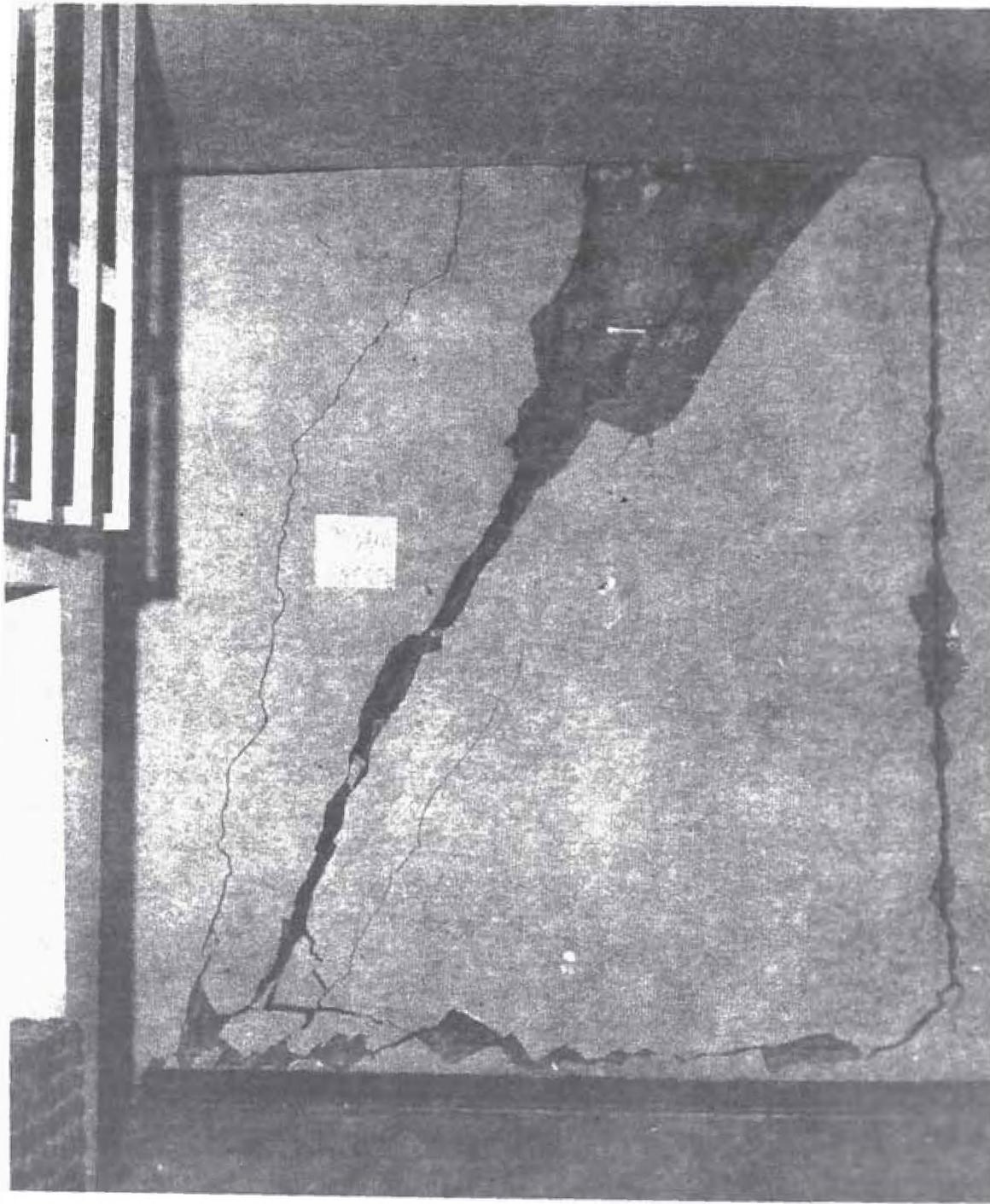


FOTO: 51



FOTO: 52.- Columnas de un Laboratorio de la Universidad Agraria.



FOTOS: 53 54

Falla en muros en edifi-
cación del S.I.P.A.

(LA MOLINA)

ciones de consideración.

CALLAO :

Distancia del epicentro :	218	Kms
Distancia de Lima :	11	km
Situación:	12.08	S
	77.20	O

En éste nuestro primer puerto, existe gran cantidad de construcciones de adobe y quincha que sufrieron colapsos parciales o totales por el sismo. Buena parte de ellos se encontraban anteriormente en no muy buenas condiciones debido a la humedad imperante y al factor tiempo. La Iglesia Matriz del Callao, experimentó colapso de sus muros laterales y cobertura (Fig. 55). Algunas chimeneas del sector industrial, perdieron su verticalidad. Se registró así mismo fallas en la estructura de un atracadero con elementos pretensados que se hallaba en construcción.

Un Edificio para Hospital de 9 pisos de C.A. sufrió agrietamiento de sus muros en sus 3 primeros niveles. Este agrietamiento incluye principalmente la separación de la junta perimetral entre muros y marcos y ocasionalmente el agrietamiento diagonal de los muros. El edificio es alargado en planta.



FOTO: 55.- Colapso de la Iglesia Matriz del Callao.

Las crujías extremas de su fachada larga, contienen en toda su altura una celosía de elementos de barro cocido. Las deformaciones laterales ocasionaron daños en la celosía incluyendo el colapso de porciones importantes en algunos niveles.

En el edificio del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, las columnas dobles de la junta de separación, están revestidos con placas de mármol y mortero que se interrumpen a lo largo de la junta. Las placas que se encuentran a uno y otro lado, están en contacto con una faja de mortero. La falta de holgura entre ésta y las placas, ocasionó el agrieta - miento y desplome de fragmento de mármol. El comportamiento del cuerpo alto de 10 pisos, se caracterizó por agrietamiento de la tabiquería y de su junta con los marcos, a un nivel de daños mayor que en las de la mayor parte de los edificios elevados de Lima.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La localización del epicentro, tanto lo dado por la U.S.C.G.S., así como la obtenida por el C.A.M. (realizadas por nosotros) es imprecisa debido a la naturaleza misma de los registros, pero en todo caso se tiene la seguridad de que se halla en el mar. La magnitud parece ser $M = 7.5$.

En una extensión de unos pocos Kms cuadrados, la intensidad alcanzó el grado IX de la Escala M.S.K. En Lima se sintieron los grados VI y VII. El acelerograma obtenido en la ciudad, indica un máximo de aceleración de 0.4 g, pero no se excluye la posibilidad de resonancia instrumental, ya que el período predominante del movimiento del suelo, se aproxima al del instrumento.

Las curvas isosistas para la ciudad de Lima, ponen en relieve zonas, que por sus características geológicas tienden a registrar mayor intensidad que el resto de la ciudad. Esto debe tomarse en cuenta para los requisitos estructurales a nivel distrital.

Las isosistas tanto para el Departamento de Lima, como para el Perú, se aproximan a elipses de muchas, excentricidades, con el eje mayor paralelo a la Costa.

Al estudiar las intensidades con mayor detenimiento se observa un gran influjo del suelo: se comprueba que todos los puntos que han experimentado una intensidad mayor que las áreas circundantes tienen terreno aluvional y una napa freática a muy poca profundidad.

El Tsumani solo tuvo consecuencias apreciables en Bahía Tortuga y Bahía de Casma que por su forma y escasa berma se prestaban a ello. El mismo fenómeno aunque en menor escala también se registró en Puerto Supe.

A excepción de las grietas que se produjeron en la Hacienda de San Nicolás y los deslizamientos de arena fina de Pasamayo, no se observaron efectos geológicos dignos de mención.

Para la Ingeniería Civil, a pesar de la baja intensidad observada en Lima, el movimiento ofreció enseñanzas de interés debido a sus características especiales.

Los efectos destructivos del sismo fueron importantes en las construcciones tipo A y en estructuras del tipo B y C que tenían defectos obvios de diseño o construcción.

Los edificios altos a pesar de la aparente falta de resistencia lateral de muchos de ellos, en su mayoría no ^{su}frieron daños considerables. Ello está ligado seguramente ^a

sus períodos largos comparados con los dominantes del mismo, así como a la lejanía del foco. Es importante sobre todo hacer hincapié en la necesidad de mejorar los procedimientos de diseño, construcción e inspección para evitar daños serios en sismos de mayor intensidad.

Podemos anotar como conclusiones generales sobre comportamientos de las estructuras bajo los efectos de un sismo:

- La fuerza de inercia originada en cualquier parte de una estructura es el producto de la masa en movimiento y su aceleración. Si la masa es grande, la fuerza de inercia es grande y viceversa. Por lo tanto es ventajoso eliminar el peso muerto innecesario, en el diseño de estructuras en zonas sísmicas.

- Los elementos más rígidos de una estructura deberán resistir una fuerza lateral mayor. Si el elemento más rígido es incapaz de resistir la fuerza lateral, ha de fallar indudablemente. Las escaleras y los ascensores son casi siempre los elementos más rígidos de una estructura y por lo tanto recibe más fuerza lateral relativamente, Por esta razón se encuentran daños severos en ellos o en elementos adyacentes.

Las escaleras monolíticas resultan, por su rigidez, generalmente dañadas. La flexibilidad de una escalera se

puede conseguir colocando juntas horizontales de construcción en los descansos y en la base de escalera.

- La estructura debe ser capaz de transmitir la fuerza sísmica incluyendo todos sus efectos, tales como corte, torsión y volteo desde su origen hasta la fundación.

Si existe una zona débil en su recorrido, este sería un punto de falla.

- El movimiento predominante de una estructura durante un sismo es una oscilación con un período igual al período natural de la estructura. Porciones adyacentes de la estructura con características dinámicas diferentes tenderán a oscilar a diferentes períodos. Si están demasiados juntos y no se encuentran ligadas debidamente, oscilarán fuera de fase y chocarán dañándose. Este "martilleo" podría evitarse de dos formas. La primera es separar ambos elementos, de tal manera que no se estrellen colocando por ejemplo juntas. La segunda posibilidad es amarrarlos debidamente para que actúen como un solo elemento.

- Las conexiones merecen especial atención en zonas sísmicas. Debe diseñarse la capacidad de un elemento de manera que primero falle el miembro antes que la conexión. Debe estudiarse la ductibilidad de los pórticos de Concreto Armado.

- Una buena práctica de construcción antisísmica sería la de suministrar a la estructura, de una segunda línea de resistencia sísmica.

- El diseño, la supervisión e inspección son sumamente importante en zonas sísmicas.

El diseño debe basarse en conocimientos teóricos y prácticas tanto como en códigos de construcciones asísmicas. También es necesario la supervisión e inspección por parte de personal competente en este tipo de construcciones para asegurar que los propósitos del Ingeniero Estructural sean ejecutadas apropiadamente.

Entre los defectos obvios de diseño y construcción que contribuyeron a la ocurrencia de los daños reportados, es preciso mencionar la insuficiencia en el porcentaje de refuerzo transversal en elementos de concreto, la falta de longitudes, anclaje adecuadas del acero de refuerzo, la falta de control de resistencia del concreto y fallas derivadas de una mala colocación del concreto. Una práctica constructiva particularmente objetable que parece haber sido indebidamente común, la constituye la inadecuada preparación y limpieza de las juntas de construcción en lo que debía haber sido un continuo de concreto armado. Este por lo demás es un problema que se ha presentado en muchos otros terremotos.

Estos defectos se tornan críticos cuando están aunados a concepciones estructurales especialmente vulnerables, tal como ocurrió en las construcciones escolares mencionadas. Vale la pena notar que precisamente las construcciones escolares han constituido casos típicos en que los defectos de estructuración han sido responsables de daños serios en temblores anteriores. A la luz de esta experiencia es injustificable que los proyectos de las construcciones escolares que se edifiquen en el futuro no eliminen los defectos de la estructuración descritos.

Algunos de los daños observados hacen reflexionar sobre la necesidad de considerar explícitamente en el diseño la posibilidad de que la forma de funcionamiento de la estructura sea diferente para diversos niveles de sollicitación y diversos instantes durante el sismo. Para estructuras combinadas cuya resistencia lateral se base principalmente en la participación de muros de concreto armado, cuyo deterioro pueda ocurrir más rápidamente que el de los pórticos algunos reglamentos indican que cada pórtico se diseñe cuando menos para una fracción especificada de la carga lateral que le correspondería si trabajara aislado. Tal especificación no sustituye, en muchos casos, la necesidad de considerar explícitamente varias formas de trabajo, un ejem -

plo evidente es el de un edificio sin torsión nominal cuya resistencia provenga de muros en un extremo y pórticos en el otro. Para niveles elevados de carga la relación de rigideces pueden diferir de la inicial y se pueden presentar torsiones importantes.

Algunos de los defectos de diseño corresponden a problemas a los que la práctica usual de la Ingeniería en todo el mundo presta poca atención, como es el caso de diseño por torsión en columnas. Fallas de columnas producidas por torsión se pudieron observar aquí. Otros defectos de diseño son característicos de la práctica usual en Lima.

El más notable lo constituye la escasa resistencia lateral suministrada por vigas de poco peralte que forman parte de las losas aligeradas de concreto en el sentido longitudinal de estructuras de planta rectangular. Se puso de manifiesto la inconveniencia de estructuras muy irregulares, sobre todo si son de gran altura.

El agrietamiento de diafragma de manpostería y otros elementos no estructurales en edificios altos, aunque no afecte la estabilidad de la estructura, si constituye una pérdida económica de bastante importancia. Este concepto puede justificar la utilización de procedimientos constructivos que limitan dichos agrietamientos. Problema como el

agrietamiento de la junta perimetral entre marcos y muros desligados de ellos, pueden hacer necesarios conceptos arquitectónicos diferentes de los actuales en el detalle de la zona en cuestión.

- Es recomendable usar vigas de amarre perpendiculares a los pórticos principales, para prevenir daños de la estructura en la dirección paralela al refuerzo de la losa.

- Es necesario hacer investigaciones serias para establecer si el tipo de construcción, realmente da rigidez al piso en la dirección perpendicular al refuerzo de la losa.

- Deben usarse losas armadas en ambas direcciones en edificaciones de áreas cuadradas y la rigidez del elemento vertical resistente debe ser el mismo en ambas direcciones y distribuidas simétricamente, debido a que la fuerza sísmica se supone, es la misma en ambas direcciones. (Dr. K. Kokusho).

- Los muros exteriores y parapetos deben ser cuidadosamente contruidos para evitar el peligro de colapso.

- Es común ir colocando la tabiquería conforme avanza la construcción, de abajo hacia arriba. Como resultado se tiene que parte de la fuerza vertical incide sobre esta

actuando como tabiquería portante.

Al recibir el edificio los primeros impactos de la fuerza sísmica la tabiquería, actuando como portante, trata de resistir y se romperá o agrietará permitiendo que trabajen los pórticos.

Si por el contrario se colocara la tabiquería de arriba hacia abajo los pórticos la llevarían impidiendo el apoyo de un muro sobre otro y por lo tanto evitando parcialmente este efecto.

- Juntas de construcción o llenado. Estructuralmente hablando la junta de construcción no existe ya que se considera la estructura continua y monolítica en todo sentido. Si constructivamente ocurre es necesario que se cumpla con el aspecto estructural, asegurando que la sección de la junta ha de trabajar como cualquier otra parte de la edificación.

- En referencia a los muros interiores deben tenerse muy en cuenta, en su construcción, lo de los dos últimos pisos, debido a que la aceleración es mayor allí a causa del fenómeno de reflexión (Teoría del Dr. Kani).

- En edificaciones en la que los elementos resistentes son solo las columnas y vigas, se producen desplazamientos grandes como en los últimos pisos de edificios altos.

Esto debe tenerse en cuenta en el diseño de ventanas para evitar roturas de vidrios.

- Debe conectarse las zapatas individuales mediante el uso de vigas de amarre en ambas direcciones. Las zapatas individuales son muy peligrosas, si son articuladas en la base, porque aparecen momentos grandes en la parte superior de la columna.

- Para evitar la vibración de zapatas individuales y los desplazamientos diferenciales es recomendable amarrar vigas en ambas direcciones con una rigidez tres a cinco veces mayor que la columna. El coeficiente exacto debe ser escogido por el diseñador de acuerdo a las condiciones del suelo y sus experiencias.

- Por último el respeto de proyectos es imprescindible. Esto es ceñirse a los planos y especificaciones estructurales. Cualquier modificación o necesidad de alteración de la estructura ya sea por colocación de instalaciones u otra causa debe consultarse.

Podemos decir que esto representa un ajuste o coordinación final del proyecto.

La promulgación de disposiciones reglamentarias locales de cálculo y construcción, que están acordes con la práctica constructiva que se usa en el país y que por lo

tanto se pueda hacer cumplir con certeza, constituye un avance significativo para lograr construcciones antisísmicas.

Con objeto de fijar los coeficientes sísmicos apropiados, no solo en Lima sino también en las principales ciudades del Perú es necesario contar con una macroregionalización que utilizaría entre otras las informaciones que provienen de cartas isosistas de los sismos ocurridos. Para lograr una buena confección de estas cartas es imprescindible contar con modelos para clasificación de daños (formatos), que permitan registrar en forma amplia y precisa, los efectos producidos por un sismo; al respecto en capítulos anteriores se ha preparado un juego de formatos con los que se han hecho los registros que han servido de base para la elaboración de los isosistas presentadas. Por lo que le toca a la ciudad de Lima, una microregionalización satisfactoria requiere la instalación de un número suficiente de sismoscopios distribuidos en sitios estratégicos de la ciudad, sobre diferentes tipos de suelo.

R E C O N O C I M I E N T O

Los suscritos agradecen la valiosa colaboración recibida del

R.P. Ramón Cabré S.J., Director del Centro Regional de Sismología para América del Sur.

R.P. Germán Saá S.J., Sismólogo del Carnegie Analysis Center" de Lima.

Dr. Enrique Zilgado, miembros del Centro Regional de Sismología y Catedrático de la U.N.M.S.M.

Ing. Alberto Martínez Vargas, Director del Laboratorio de Geología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Ing. Gonzalo Fernández, miembro del Instituto Geofísico del Perú.

* * *

B I B L I O G R A F I A

- 1 - Los terremotos del Perú por A. Sieberg -1930 Geología del Perú por G. Steinmann.
- 2 - Contribución al estudio de la sismología en el Perú por Raúl Picón. Bol. Soc. Geológica del Perú 1926.
- 3 - Fenómenos sísmicos habidos en los 400 años que lleva fundada la ciudad de Lima. Bol. Soc. Geográfica de Lima 1935.
- 4 - Zonas de fractura y regionalización sísmica del Perú. Instituto Geofísico Danice - Huaco y Juan Castillo.
- 5 - Individual Studies by participants to the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokyo, Japan.
- 6 - Sinopsis de temblores y volcanes del Perú por J.T. Polo-Sociedad Geográfica de Piura, 1898 - 1905.
- 7 - Boletín N° 9 del Instituto de Estructuras de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- 8.- Memoria del II Simposio Panamericano de Estructuras.
- 9.- The Agadir, Morocco Earthquake, by A. I. S. I.
- 10.- Earthquaker and Earth Structure by Jonn H. Hodgson.

- 11.- Estudio de la Geología de la zona del Callao por Guanillo Moya.
- 12.- Geología de Puente Piedra por el Dr. Alejandro Málaga R.
- 13.- Esteba, L. "Los temblores de mayo de 1962 en Acapulco" Revista Soc. Mex. de Ing. Sism. (Dic. 1963)
- 14.- "The Earth Crust", Carnegie Institution of Washington Year Book 57.
- 15.- "Elementary Seismology" by Richter Ch. F.
- 16.- Estudio de Investigación sobre los Acantilados desde La Punta - Morro Solar por el Ingeniero Alberto Martínez Vargas.
- 17.- Elementos de Sismología por Fernando Volponi.

* * *