

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



## **ESTUDIO SOBRE EL SISMO DEL 3 DE OCTUBRE : DISTRITO DEL RIMAC**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**JOSE LUIS RIVERA CHICATA**

**PROMOCION 1974 - 2**

**LIMA ★ PERU ★ 1975**

## I N D I C E

|   | página |
|---|--------|
| Introducción  | 1      |
| CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISTRITO DEL RIMAC                  | 4      |
| Capítulo I Sismicidad de la zona a tratar. Sismo del 3 de Octubre |        |
| 1.01 Antecedentes históricos                                      | 8      |
| 1.02 Historia sísmica del área afectada                           | 11     |
| 1.03 Características del sismo del 3 de Octubre                   | 15     |
| Capítulo II Geología de la zona                                   |        |
| 2.01 Características geológicas de la zona                        | 21     |
| 2.02 Naturaleza de los daños de acuerdo al suelo de cimentación   | 27     |
| Capítulo III Evaluación de daños                                  |        |
| 3.01 Introducción - Sectorización del área en estudio             | 31     |
| 3.02 Fichas de evaluación o su descripción y simbología de daños  | 37     |
| 3.03 Fallas en relación con los materiales empleados              | 45     |
| 3.04 Fallas con referencia a la altura de edificación             | 49     |
| 3.05 Fallas con referencia a la densidad de muros                 | 51     |
| 3.06 Evaluación de daños de las escuelas y colegios del distrito  | 54     |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| 3.07        | Evaluación de daños de las iglesias del distrito                            | 70  |
| 3.08        | Evaluación de daños de los diferentes mercados del distrito                 | 75  |
| 3.09        | Evaluación de daños de los diferentes locales industriales                  | 78  |
| Capítulo IV | Aspectos Ingenieriles del sismo en el Rimac                                 |     |
| 4.01        | Generalidad   | 80  |
| 4.02        | Análisis de Fallas en viviendas de adobe y quincha                          | 81  |
| 4.03        | Análisis de fallas en estructuras de concreto armado                        |     |
|             | a) Por una deficiente estructuración  | 83  |
|             | b) En la tabiquería   | 87  |
|             | c) Juntas de separación sísmica   | 89  |
|             | d) Deficiente aplicación de Reglamento Nacional de Construcciones           | 91  |
|             | e) Por un deficiente estudio del suelo                                      | 96  |
| 4.04        | Análisis específico de daños en:  |     |
|             | a) En los tanques elevados  | 99  |
|             | b) En las columnas cortas   | 101 |
|             | c) En la fábrica Industrias Pacocha S.A. y el Block 47 de la Unidad Vecinal | 107 |
| 4.05        | Fotos de las fallas más notorias  | 119 |
| Capítulo V  | Aspectos técnicos en la reparación de edificaciones en general              |     |

|             |   | página |
|-------------|---|--------|
| 5.01        | Generalidades   | 122    |
| 5.02        | Trabajos preliminares   | 123    |
| 5.03        | Proceso a seguir en la reparación de viviendas                | 127    |
| 5.04        | Inspección de las obras en reparación, críticas y sugerencias | 132    |
| Capítulo VI | Conclusiones y Recomendaciones                                | 135    |
| ANEXOS      |   |        |

Mi agradecimiento a los Sres. Ingenieros  
Roberto Morales M. y Alejandro Sánchez O.,  
Reconocidos Investigadores y Maestros U  
niversitarios, que supieron guiarme en -  
el camino del conocimiento ingenieril.

A MIS PADRES,

Que con infinito cariño, me  
brindaron el aliento y la  
confianza necesaria hasta -  
la consecución de esta tesis.

A MI ESPOSA

Luz Soledad,

Por su solidario e  
invalorable apoyo.

## INTRODUCCION

Para dar un enfoque global en lo que se refiere a la evaluación de daños ocurridos por acción de la fuerza telúrica del 3 de Octubre en el distrito del Rimac, es imprescindible el analizar la problemática de la edificación en general, la cual conlleva a ver los diferentes factores que de una u otra forma son inherentes a la misma.

El distrito del Rimac, no es ajeno a la problemática de Lima Metropolitana, ni está a su vez de todo el país, es por esta razón que al analizar el problema en mención, es necesario el relacionarlo en su conjunto. En base a esto comenzaremos a decir que el problema de la vivienda se agudiza año tras año y las estadísticas nos dicen que los déficits habitacionales se incrementan en la misma medida; razón por la que las viviendas que se construyen no satisfacen las amplias necesidades habitacionales y las que ya existen caen en una paulatina tugurización por el incremento de las densidades demográficas y por las condiciones socio-económicas de la población.

La gran concentración de población de Lima Metropolitana en comparación de todo el país es alrededor del 23%; es decir, que casi la cuarta parte de toda la población radica en la capital, y su área se circunscribe a 135.845 Km<sup>2</sup>; y el 3.9% o sea 4.419 Km<sup>2</sup> pertenecen a una habilitación deficiente, es decir a una área tugurizada y el 18% de toda la población de Lima habitan en dichas viviendas de estado precario.

Es dentro de este contexto, el distrito del Rimac un buen exponente, por la peculiaridad de sus características al presentar todos los defectos que se tienen en Lima Metropolitana en cuanto a su índole habitacional y este distrito no podría escapar por tanto, al frío análisis de las estadísticas, si no que viene a ser el fiel representante del problema por ser uno de los distritos más antiguos y por tener una densidad de población alta; así se tiene que casi la tercera parte de su población, concretamente el 29.5% está localizada en tugurios, y sólo lo superan los distritos de Breña con el 31.7%, Surquillo el 34.4% y el Cercado de Lima con 36.00% (1).

En la zona más antigua del distrito, es decir el sector 7 -según la ONEC, -Oficina Nacional de Estadística y Censos- las diferentes edificaciones en su mayoría: 70% son construcciones cuyos muros son de adobe y quincha, y sus techos son de madera o de carrizos con torta de yeso; situación en la que al presentarse el sismo del 3 de Octubre, motivo de nuestro estudio, que fué de grado considerable (grado VII en la escala M.M.) las fallas no se hicieron esperar por la deficiente construcción de las mismas y por su precario estado de conservación, teniendo en cuenta que la mayoría de estas viviendas tienen gran antigüedad (50, 100, 150 años).

En el aspecto de la naturaleza de la edificación, en general se podría decir que el distrito del Rimac tiene hoy un 70% de construcciones de mampostería de ladrillo y un 27% de mampostería de adobe y quincha, dejando un 3% para el porcentaje de viviendas provisionales, estos datos se han obtenido ploteando datos catastrales del Concejo.

(1) ONEC, Oficina Nacional de Estadística y Censos.

Es necesario hacer notar que paulatinamente se va cambiando, aun que no en forma sustancial, la naturaleza de las construcciones, y en gran medida esto se debe a la acción de los sismos, es decir las viviendas de adobe, quincha y techos de madera o torta de yeso, son sustituidas por las de ladrillo y concreto con techos de concreto armado.

Es en estas circunstancias que se presenta el sismo del 3 de Octubre, originando el estudio a que damos inicio.

## CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISTRITO DEL RIMAC

### UBICACION:

El distrito del Rimac se encuentra situado en el NorEste de Lima, sus coordenadas geográficas son las siguientes:  $11^{\circ}56'$  de latitud sur y  $76^{\circ}06'$  de longitud oeste.

### LIMITES:

Limita por el norte con los distritos de Lurigancho e Independencia, por el Sur con el distrito de Lima, sirviendo como límite natural el Río Rimac; por el Oeste, con los distritos de San Martín de Porras e Independencia y por el Este con el distrito de Lurigancho.

### EXTENSION:

Es una zona de limitada expansión urbana, por cuanto se encuentra rodeada de prominencias rocosas que detienen el crecimiento de la ciudad. Sin embargo en las últimas décadas se han formado agrupaciones de viviendas en las faldas de los cerros y que posteriormente han constituido los diferentes pueblos jóvenes que rodean el casco urbano del distrito. Quizás las únicas vías de escape al crecimiento urbano sean hacia el Norte; es decir, hacia las zonas de las instalaciones militares y zonas adyacentes a los terrenos que ocupa la Universidad Nacional de Ingeniería y las áreas deportivas privadas, localizadas en la zona Este del distrito.

Se encuentra rodeando a la ciudad una serie de cerros que oscilan entre los 150 m.s.n.m. por la Universidad Nacional de Ingeniería

ría, hasta los 756 m.s.n.m., cerro San Jerónimo, en el límite Norte, con el distrito de Lurigancho. Así se tiene el cerro Loma de Azúcar (187.4 m.), cerro La Ladera (200 m.), cerro Polígono (255 m.), cerro Quebrado (282 m.), cerro Arrastre (451 m.), cerro San Jerónimo (753.6 m.), cerro Segungo (499 m.), Cuello de Amancaes (332 m.), cerro Observatorio (633 m.), cerro Las Ramas, cerro El Altillo (309 m.), Boca de León, cerro San Cristóbal (409 m.).

#### CLIMA:

Como todo Lima, el clima del distrito muestra dos faces bien definidas. De Diciembre a Marzo, verano marcado, calor soportable, de Abril a Diciembre, cielo cubierto, un manto perenne de nubes, - lloviznas no persistentes; hay frío, la temperatura baja en algunos inviernos hasta los 11°C. Este fenómeno es común en casi toda la costa peruana y se sabe que es consecuencia de la influencia de las aguas frías de la Corriente de Humboldt; sin embargo, se puede decir que prácticamente no llueve en Lima (16 mm. por año). Presenta una considerable evaporación, pues alcanza de 100-120 mm. por mes, en superficie de agua libre. El ambiente está casi saturado de humedad ya que por los meses de Julio y Agosto es frecuente encontrar humedades relativas que van hasta un 98%.

#### EVOLUCION HISTORICA:

El primer núcleo del distrito (1), hacia el año 1615, estaba constituido aproximadamente por lo que hoy es el Centro Comercial, es decir, el área comprendida entre los Jirones Ayabaca, Chiclayo, Trujillo, Piura, Cajamarca y el Río Rimac; también, siguiendo por el Jirón Chiclayo hasta la Alameda de los Descalzos.

(1) Expediente Urbano, Concejo Distrital del Rimac.

Este primer núcleo abarcaba una extensión de 17 hectáreas. Luego el desarrollo urbano abarcó las áreas circundantes al primer núcleo, casi en forma semicircular, llegando por el año de 1820 hasta la Alameda de los Bobos, por el Nor-Este; las primeras cuadras de Francisco Pizarro, por el Nor-Oeste, y la Plaza de Acho por el Este.

Por el año de 1935, la expansión se había orientado decididamente hacia el Oeste, a lo largo de la Avenida Francisco Pizarro que constituyó y aún sigue constituyendo un eje principal; y con menor importancia, alrededor del núcleo anterior.

Para el año 1950, se completó el área entre Francisco Pizarro, la Avenida Caquetá y el Río Rimac; sin embargo, una franja de 200 metros frente al río no había sido ocupada. Por esta misma época surgen los primeros brotes de desarrollo en el área natural de expansión, es decir, en los terrenos ubicados al norte del distrito y se completa por el Este hasta la Urbanización Piedra Liza.

Es a partir del año de 1950, hasta nuestros días que se produce la expansión más importante, tanto en área habilitada por nuevas Urbanizaciones y el conjunto de la Unidad Vecinal, como en densidad de población. Aparecen también en gran cantidad los Pueblos Jóvenes que se ubican en las faldas de los cerros circundantes como una muestra de la presión migracional hacia Lima.

#### POBLACION Y DENSIDADES ACTUALES:

El distrito del Rimac es uno de los más poblados de la Provincia de Lima, según el último Censo de Población y Vivienda del año

1972 (1), arrojó la cantidad de 172,564 habitantes; colocándolo en el sexto distrito más poblado de la Gran Lima, después de los distritos de Lima (354,292), San Martín de Porras (230,813), La Victoria (265,636), Villa María del Triunfo (180,959) y Comas (173,101).

Según el plano actualizado con el 1er. Levantamiento Catastral y Expediente Urbano de Julio de 1973, consigna la cantidad de 1650 hectáreas (dato aproximado).

Tomando esta cifra como base se tendría una densidad aproximada de 105 habitantes por hectárea, sin embargo esta cifra no representa la realidad, ya que existe una considerable área que no es utilizada para expansión urbana y corresponde a zona de los cerros, las instalaciones militares y las instalaciones deportivas privadas.

(1) Datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística y Censos.

## CAPITULO I

SISMICIDAD EN LA ZONA A TRATAR, SISMO DEL 3 DE OCTUBRE1.01 ANTECEDENTES HISTORICOS:

Según análisis sismo-tectónicos, existen en el globo terra queo dos zonas bien marcadas de actividad sísmica, éllas son: el Círculo Alpino-Himalayo y el Círculo más importante llamado Circum-Pacífico; en ambas zonas la actividad sísmica es sumamente intensa, principalmente esta última, donde han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos, quedando el 15% para el Círculo Alpino-Himalayo y el 5% que se reparte en el resto del mundo.

La teoría tectónica de placas explica la ocurrencia de sismos concentrados en franjas angostas, los cuales presentan tres tipos de frontera y estos se distinguen en base del tipo de sismo que ocurren en ellos; también en forma inversa se podría predecir para un tipo determinado de frontera el tipo de sismo que podría ocurrir. Los tipos de frontera mencionados son los siguientes:

- a) Al borde de dos placas, o sea una zona de fractura, donde las placas se desplazan una a continuación de la otra; en este medio ocurren sismos poco profundos resultantes del súbito de desencadenamiento de la deformación acumulada causa por esfuerzos horizontales. Estos tipos de sismos son corrientes en California, en el borde de las placas del Pacífico y América del Norte.
- b) En contraste a lo anterior, en el borde de las placas se desarrolla un fenómeno compresivo, en el cual una placa se desliza por debajo de la otra; esto sucede con la placa de Nazca - que se desliza por debajo de la placa de América del Sur. En

este medio los epicentros de los sismos ocurren cerca a un plano que empieza en el piso de la zona oceánica y penetra en un ángulo de 45° debajo del continente; y

- c) Al sufrir deslizamiento de material en la dirección del plano mencionado en el ítem b), hasta una profundidad de 700 Km. es causa de los sismos profundos.

A escala global un sismo es una consecuencia secundaria del proceso de formación del suelo marino y de la colisión de placas.

A continuación se ha incluido un cuadro en el cual nos indica la frecuencia de sismos que se presentan anualmente en nuestro planeta, estos se han catalogado de acuerdo a su magnitud.

| Magnitud  | N° de veces al año |
|-----------|--------------------|
| 7.8 - 8.6 | 3                  |
| 7.0 - 7.7 | 17                 |
| 6.0 - 6.9 | 120                |
| 5.0 - 6.0 | 800                |
| 4.0 - 5.0 | 6,200              |
| 3.0 - 4.0 | 49,000             |
| 2.5 - 3.0 | 100,000            |

El Perú según su geografía pertenece al Círculo Sísmico Circum Pacífico, razón por la que se debe ver el problema con la importancia que se merece, y con mayor razón aún a luz de los últimos sismos ocurridos, principalmente este último del 3 de octubre que es materia de estudio. En la actualidad se posee de un estudio hecho a base de los datos instrumentales de los sismos ocurridos en el País entre 1913 y 1963. (1) para hacer una regionalización -

(1) Investigación de Huaco y Castillo, 1963.

ción sísmica del Perú.

Con los datos sísmicos obtenidos y con las evidencias geológicas se determinaron las posibles zonas de fracturas. Estas zonas de fractura no son otras que aquellas donde hay actividad sísmo-tectónica o geofractura, es decir en las que se presentan fallas cubiertas o sea las que no presentan desgarramiento en la superficie. En la zona de fractura si se presenta un corrimiento horizontal o vertical según sea el caso.

La geofractura de la costa, está localizada en la cadena costanera que va desde Arica hasta Paracas y se pierde en el mar; para luego reaparecer en los Cerros de Piura.

La geofractura de la costa corre paralela a la costa "tierra adentro" de sur a norte a unos 70 Km. del mar para posteriormente internarse en el mar de Paracas donde corre paralela a la costa, - mar adentro a unos 70 Km. de la playa (1). La geofractura del nor oriente, tiene una orientación sur-este, nor este.

Los sismos de los años 1940, 1966, 1970; sus epicentros se localizaron en la geofractura de la costa, y este último sismo del 3 de Octubre de 1974 no podría ser una excepción y su epicentro se localiza en la geofractura que viene por la costa desde Arica y se pierde en Paracas.

La historia de los sismos en el Perú (2), nos indica que por

(1) Geofractura que lleva el Nombre de San Agustín (UNSA)

(2) Ver anexo adjunto, N° 1

más que el sur del Perú es una zona eminentemente sísmica, tal como está catalogada por las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico a esta región llamada la número uno, que comprende los Departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna y la parte sur del Departamento de Ica y Ayacucho; han ocurrido si bien un espectante porcentaje de sismos destructores (30%), estos eventos a comparación de las demás regiones no es preponderante; siendo necesario acotar que los movimientos sísmicos de poca intensidad se suceden en forma continúa en gran número en esta región. Sin embargo en la zona que va del Centro al Norte del país, llamada región número dos, los sismos destructores son más numerosos (42%), pero la actividad sísmica continúa es menor. Analizando esta situación y aplicándola a nuestro caso concreto cual es en Lima, la actividad sísmica en la Capital es esporádica pero con gran incidencia de sismos destructores (34%); este porcentaje es elocuente y nos indica en forma palmaria, que debemos afrontar el problema dándole prioritaria importancia.

#### 1.02 HISTORIA SISMICA DEL AREA AFECTADA:

La historia sísmica del área afectada, es la historia de la mayoría de los sismos ocurridos en Lima Metropolitana y alrededores.

Históricamente se tiene antecedentes desde épocas precolombinas sin mayores pormenores, que originó grandes éxodos poblacionales a regiones distantes; es el sismo que ocurre el 2 de Junio de 1552 del cual se tiene conocimiento de la fecha y el lugar que fué más afectado: Lima. La estela de destrucción por los movimientos telúricos se ha sucedido en forma continúa, así se tiene que

134 años después es decir en el año de 1686 se logra tener noti  
cias del sismo ocurrido el 9 de Julio cuya intensidad fué de gra  
do VIII; la particularidad de este sismo radica en que es la pr  
mera vez que se tiene conocimiento con el grado de intensidad y  
 que desde ya fué considerable.

El 28 de Octubre de 1746 a las 22.5 horas devino el mayor sís  
mo que se conozca, fué de grado X en Lima, Grado IX en el Callao;  
 en Chancay, Jauja y Pativilca de grado VIII, llegando hasta Tarma  
 donde el grado fué VII. Este sismo originó grandes cambios urba -  
 nísticos por la gran cantidad de daños que causó; de las 300 casas  
 existentes distribuidas en 150 manzanas; solo 25 quedaron en pié,  
 cayeron a tierra los principales y más sólidos edificios. De la  
 catedral se desplomó el arco de entrada. Según el relato oficial  
 perecieron en Lima, 1,141 personas de un total de 60,000 habitan -  
tes. En el Callao la ola sísmica mató a 5,000 habitantes, sobre -  
viviendo solamente 200, además de destruir los barcos. Por desbia-

rrancamiento de la costa, se formo una nueva bahía. Los puertos  
 Guadalupe y Caballas fueron destruídos por la ola. Sacudimientos  
 subsecuentes se registraron en número superior a 200 en las 24  
 horas siguientes y hasta Febrero del año siguiente se registraron  
 más de 5,000. En el proceso de reconstrucción, urbanísticamente  
 dió origen al urgimiento de los balcones en reemplazo de las cons  
 trucciones encajonadas de adobe y quincha.

Otro movimiento de grado considerable tuvo efecto el 24 de  
 Mayo de 1940 a las 11.45 a.m., según las observaciones las inten -  
 sidades eran fluctuantes en zonas relativamente cercanas. En el  
 distrito del Rimac -(que es materia de nuestro estudio)- y los

Cerros de La Molina varió entre el grado VII y VIII. En la zona - antigua de Lima fué de grado VII, mientras que en los balnearios - del sur de Miraflores, Orrantia y San Isidro sólo fueron afectados con una intensidad de VI. La estadísticas oficiales consignaban que sufrieron daños en un 38% las viviendas de Quincha, el 23% de las casas de adobe, un 29% de las casas de ladrillo y cemento y un 10% de las casas construídas de diferentes materiales.

Casí al final se tiene el sismo ocurrido el 31 de Mayo de 1970, que todavía está fresco en la memoria de cada uno de nosotros por las graves destrucciones y muertes que causó en toda la zona central y sectores aledaños. Hubo destrucción total en la parte de Chancay y Cajatambo (Lima), en el área desde la costa hasta Pomabamba y Antonio Raymondí (Ancash) y en las provincias de Trujillo, Otuzco, Huamachuco y Santiago de Chuco (Dpto. La Libertad). Como efecto secundario se presentó el aluvi6n que arrasó Yungay en el Callej6n de Huaylas. Las cifras estadísticas son elocuentes para darnos cabal idea del desastre originado por este evento sísmico; hubo 47,415 muertos, 19,600 desaparecidos, 142,331 heridos y 800,000 personas se quedaron sin morada; se ha hecho estimaciones con servadoras en el aspecto económico de los daños y se ha llegado a la conclusión de que las pérdidas llegan al monto de cubrir dos veces el presupuesto Nacional y solamente se erogó 20'000,000 de soles en la remoci6n de escombros por ORDESA (CRIRSA).

Los daños en Lima Metropolitana fueron leves al compararlos - con la zona epicentral. En el distrito del Rimac, que tiene una zona de ligero contacto geológico; no podía escapar al embate de - la ola sísmica, aunque en un grado menor, dejó gran cantidad de

viviendas averiadas que muchas de ellas, posteriormente, al tener un deficiente resane o carecer del mismo, colapsaron al presentarse el sismo del 3 de Octubre, (materia de nuestro estudio).

A continuación se presentará un cuadro en el cual constan, el número de movimientos sísmicos con epicentros a distancias desde Lima, inferiores a los 300 Km., con intensidades iguales o mayores que el grado 3 en la escala Mercalli-Modificada; en el período que va desde Enero de 1973 hasta Setiembre de 1974.

| MES, AÑO   | N° de Movimientos Sísmicos |                |             | TOTAL |
|------------|----------------------------|----------------|-------------|-------|
|            | Al Norte de Lima           | Al Sur de Lima | No definido |       |
| Enero 1970 | 0                          | 0              | 1           | 1     |
| Febrero    | 3                          | 0              | 0           | 3     |
| Marzo      | 2                          | 0              | 0           | 2     |
| Abril      | 1                          | 2              | 0           | 3     |
| Mayo       | 0                          | 0              | 0           | 0     |
| Junio      | 2                          | 1              | 1           | 4     |
| Julio      | 0                          | 0              | 0           | 0     |
| Agosto     | 2                          | 0              | 0           | 0     |
| Setiembre  | 2                          | 0              | 0           | 2     |
| Octubre    | 1                          | 2              | 0           | 3     |
| Noviembre  | 2                          | 1              | 0           | 3     |
| Diciembre  | 0                          | 0              | 0           | 0     |
| Enero 1974 | 1                          | 1              | 0           | 2     |
| Febrero    | 0                          | 5              | 0           | 5     |
| Marzo      | 3                          | 4              | 0           | 7     |
| Abril      | 3                          | 6              | 0           | 9     |
| Mayo       | 0                          | 0              | 0           | 0     |
| Junio      | 2                          | 1              | 0           | 3     |
| Julio      | 1                          | 1              | 0           | 2     |

| MES, AÑO     | N° de Movimientos Sísmicos |                |             | TOTAL     |
|--------------|----------------------------|----------------|-------------|-----------|
|              | Al Norte de Lima           | Al Sur de Lima | No definido |           |
| Agosto 1974  | 0                          | 2              | 0           | 2         |
| Setiembre    | 0                          | 1              | 0           | 1         |
| <b>TOTAL</b> | <b>25</b>                  | <b>27</b>      | <b>2</b>    | <b>54</b> |

### 1.03 CARACTERISTICAS DEL SISMO DEL 3 DE OCTUBRE:

Estando el Perú situado en la zona sísmica Circum-Pacífico, - que es la de mayor sismicidad en el mundo y en general es una zona donde hay gran profusión de fenómenos telúricos tales como sismos, erupciones volcánicas, etc. Que son muestras de la actividad tectónica que se lleva ininterrumpidamente en nuestro planeta. En nuestro país un cuadro reducido del panorama tectónico nos muestra que el encuentro de las dos placas tectónicas litosféricas de 50 a 100 Km. de espesor: La placa sudamericana que nace en la cordillera meso-oceánica del atlántico que avanza hacia el noroeste, y la placa Nazca que nace en la cordillera del Pacífico Oriental que avanza hacia el este. El encuentro de estas dos placas ha originado la Cordillera de los Andes y la continúa interacción de ambas es responsable de la gran mayoría de los fenómenos sísmicos que ocurren en esta región. La energía liberada durante la ocurrencia de un sismo es almacenada por acción del movimiento diferencial entre las dos placas, como resultado de esta acción, durante los últimos 100 millones de años, la parte subyacente de la placa de Nazca se halla sumergida de unos 600 a 700 Km. por debajo de los Andes con buzamiento de aproximadamente 45° y el sismo del 3 de Octubre es una consecuencia de la acción de estas placas.

La intensidad es una medida de los efectos del sismo en un determinado punto, su evaluación se hace en base a las sensaciones experimentadas por las personas durante la ocurrencia de un sismo; se consideran además los efectos producidos en las construcciones y objetos artificiales, así como también algunas mudanzas en los rasgos naturales vecinos al punto de evaluación; todos estos parámetros hace ardua la tarea de interpretar los datos de intensidad recogidos durante la ocurrencia de un evento sísmico importante. Estos datos se recogen en unos formatos especiales.

La distribución regional de las intensidades observadas en el sismo del 3.10.1974, todavía no han sido propiamente definidas, debido a que los cuestionarios y las observaciones de campo se hallan en proceso de evaluación; sin embargo se puede señalar preliminarmente que la zona de mayor influencia de este sismo se encuentra en la parte de la costa comprendida entre Lima y Cañete, donde se puede asignar una intensidad con un valor medio de VII, siendo posible encontrar unos sectores muy bien localizados con intensidades VIII e inclusive hasta IV; pero, también se han observado en esta zona intensidades con valores de VI y hasta V.

Preliminarmente se ha definido la siguiente zonificación para las intensidades que se muestran a continuación:

- Intensidad media VII en Lima Metropolitana
- Intensidad máxima VII - IX en Chorrillos, La Molina y Barrios Altos
- Intensidades mínimas V - VI, en San Antonio de Miralofres, algunas zonas de Miraflores y San Isidro, San Borja, San Miguel y la parte del distrito de Lima comprendida entre la Avenida Colo

nial y el río Rimac. (1).

Es conveniente también recordar que uno de los elementos de evaluación de la intensidad, es el efecto observado (o informado) - en las estructuras; construcciones nuevas y bien construídas - tienen a sugerir intensidades menores que la realmente experimentadas o sucede lo contrario en construcciones antiguas.

Otro aspecto importante que se debe resaltar es el efecto que el sismo del 3 de Octubre tuvo en las personas, debido a la extensa duración anormal de este fenómeno; que como ya es de nuestro conocimiento, muchas personas sintieron "pánico" y en forma casi general, se observó "alarma general".

En este último sismo lo que nos ha permitido determinar los valores de la intensidad, han sido las observaciones de daños en las estructuras, los efectos en los objetos y algunos rasgos naturales que están en concordancia a la duración del sismo.

Las ciudades que más daño han experimentado fuera de Lima Metropolitana son: Lurín, Chilca, San Antonio, Mala, Cerro Azul, San Luis, Imperial y San Vicente de Cañete; donde más del 80% de las construcciones son de adobe y quincha, las que han sufrido en general serios daños y han colapsado gran número de ellas.

Aún no se ha determinado un valor preciso de la magnitud del sismo, sin embargo, la serie de valores obtenidos de sismógramas - de estaciones más lejanas va desde 6.0 M.S. hasta 7.8 M.S. (2)

(1) Datos obtenidos en el Instituto Geofísico del Perú.

(2) M.S., se refiere a la MAGNITUD CORPORFA (RICHTER)

de donde se puede concluir 7.5 M.S. como la más razonable.

Aunque el terremoto no ha sido destructivo en el nivel comparable a los sismos más recientes, tales como el de Managua en Nicaragua el 23 de Diciembre de 1972; San Fernando, California el 9 de Febrero de 1971; Perú el 31 de Mayo de 1970 o el de Caracas el 29 de Julio de 1967; para solo mencionar algunos eventos sísmicos donde el grado de destrucción fué alto; sin embargo, este sismo ha causado 78 muertes, 2414 heridos y un daño material de varias decenas de millones de soles.

Debido a la cercanía del epicentro a Lima Metropolitana y a varias importantes poblaciones al sur de Lima y las frecuentes réplicas recurrentes, es de gran interés para los científicos e Ingenieros peruanos, así como para los extranjeros; el tratar de entender mejor este fenómeno y sus efectos sobre el hombre y sus construcciones.

Hasta donde se ha analizado la información ya recopilada, parentemente el área más afectada a la cual se asignan intensidades VI o mayores cubre unos 60,000 Km<sup>2</sup>. Algunas características de este terremoto comparados con otros peruanos producidos en años anteriores se consigna en la siguiente tabla:

| FECHA | LUGAR  | Intensidad<br>Máxima<br>(Mercalli-modificada) | Area<br>Afectada<br>Mayor de 60,000<br>Km <sup>2</sup> | Magnitud<br>M.S. |
|-------|--------|---|--|------------------|
| 1947  | Satipo | VIII-IX                                       | 90,000   | 7.5              |
| 1966  | Lima   | VIII  | 65,000   | 7.75             |
| 1970  | Ancash | VIII-IX                                       | 75,000   | 7.5              |
| 1974  | Lima   | VIII  | 60,000   | 7.5              |

Se observa que, en líneas generales, estos eventos tienen cierta similitud y en consecuencia el evento del 3 de Octubre no es un fenómeno distinto a los demás.

Al hacer una evaluación de las aceleraciones del suelo en los registros del Instituto Geofísico del Perú y en el de la Avenida Arequipa n° 701 nos muestran una aceleración máxima preliminar aproximada de 0.20 g. de ambos componentes. Se sabe que un registro para aceleraciones superiores a 0.01 g., cubre un período de 90 seg., lo cual constituiría una medición instrumental de la que generalmente se llama la duración del sismo; este término es bastante subjetivo; pero, en todo caso, instrumentalmente al nivel de sensibilidad instrumental de 0.01 g., la duración no ha sido superior a 90 seg.

Las aceleraciones producidas que reflejan el movimiento real del suelo, fueron suficientes para dañar seriamente a las viviendas más antiguas.

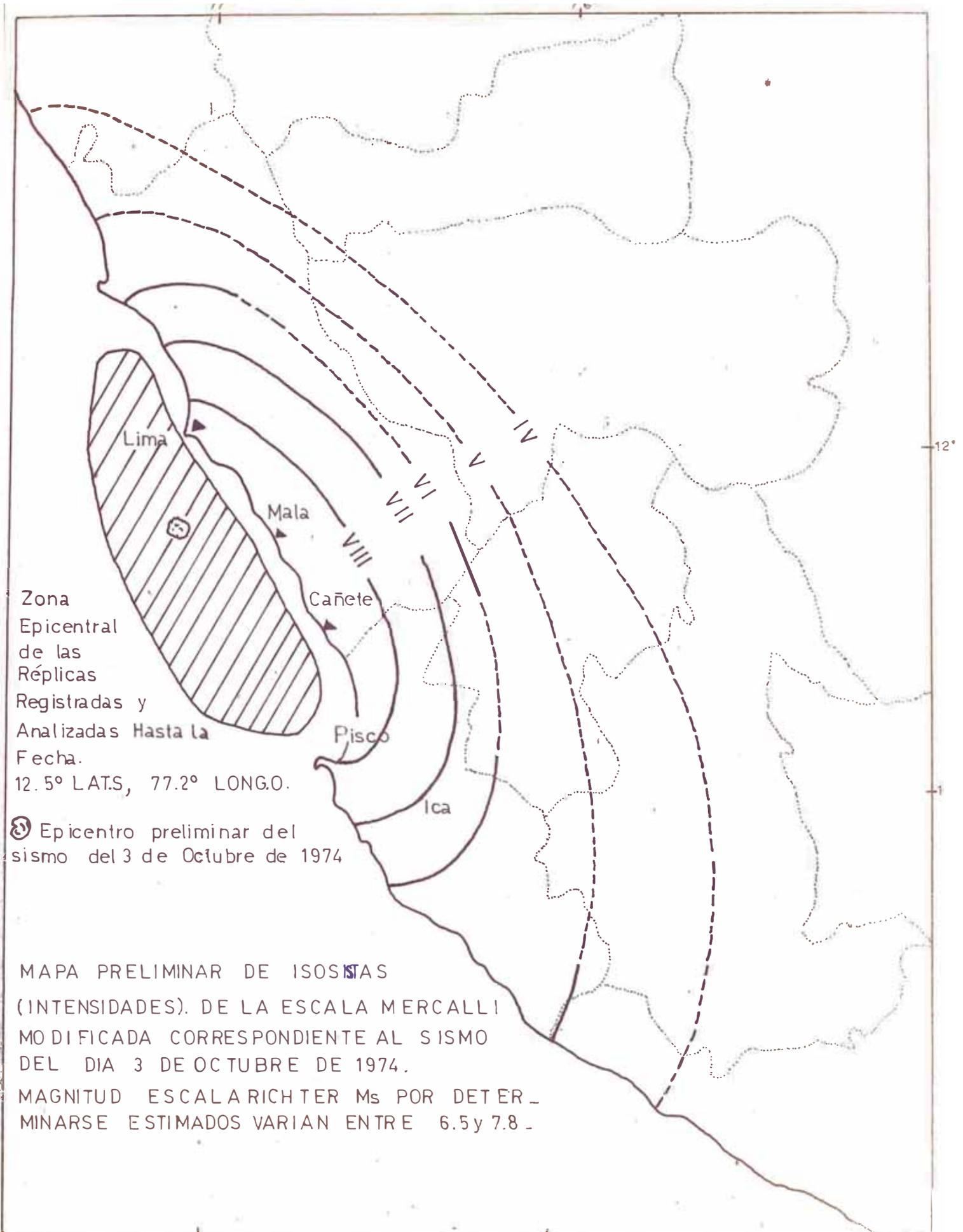
El estudio de las réplicas indicadas, que en realidad se estaba constatando una secuencia normal de eventos. La extensión del área activa, dentro del cual se encuentran los epicentros de las réplicas, tenía dimensiones normales y el decaimiento de la actividad, es decir el menor número de réplicas cada día concordaba con la experiencia peruana del pasado y de las otras partes del mundo.

Generalmente la magnitud, o sea el tamaño del sismo, ha estado decreciendo cada día, no obstante que una u otra réplica era sentida más fuerte en determinadas estructuras o lugares afectados.

Las réplicas más notorias fueron las que devinieron el 9 de Octubre a las 16 h. 54' 32.2", siendo su magnitud de 4.9 M.S. y la del 9 de Noviembre a las 9 h. con una magnitud de 6.0 M.S. En general estas réplicas que tuvieron una magnitud mayor que 4, el primer mes (Octubre) sumaron alrededor de 30.

Un aspecto importante que merece ser resaltado es que los acelerogramas del sismo del 3.10.74., nos daba la presencia de ondas de período largo los cuales fluctuaron entre 0.5 y 0.7 segundos; también ha sido posible observar en los acelerogramas la multiplicidad de este evento sísmico. Aparentemente, dentro de la sensibilidad instrumental que nos daba una duración de 90 seg., han ocurrido tres sismos en el lapso de 25 segundos y solo se tomaron en cuenta las del segundo, porque fué el más intenso y más largo.

Para concluir se puede decir que el sismo del 3 de Octubre, su epicentro se localizó: 12.3° latitud sur, 77.8 longitud oeste, a una profundidad de 13 kilómetros y a las 9 h. 21' 29.1" .



## CAPITULO II

### GEOLOGIA DE LA ZONA Y EL FACTOR SUELO

#### 2.01 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ZONA:

Para analizar las características geológicas del distrito del Rimac, será necesario tomar en cuenta las características de todo el cono de deyección del río Rimac, ya que este distrito forma parte de él, y, es en este aspecto que existen dos dominios bien diferenciados (1).

- a.- Las formaciones secundarias y terciarias.
- b.- El complejo aluvial (cuaternario).

En el primer caso están constituidas por rocas sedimentarias que pertenecen al cretácico inferior, representadas en el tiempo por dos complejos volcánicos y sedimentarios; uno del fin del jurásico (formación Puente Piedra) y el otro del fin del cretáceo inferior (formación de Piedras Gordas) y las rocas intrusivas de edad cretácea superior y terciaria inferior (dioritas, granodioritas y granitos).

Las formaciones intrusivas afloran en el lado este, los terciarios, jurásicos y cretácicos se ordenan según su estructura anticlinal erosionada, orientada Norte Sur y centrada sobre la Ciudad de Lima. El conjunto está recortado por numerosas fallas y las colinas están enteramente constituidas por estas formaciones.

En segundo lugar está el complejo aluvial, que se encuentra en el fondo del valle por medio de depósitos aluviales muy gruesos. Las formaciones secundarias y terciarias son prácticamente impermea

(1) Tesis de Rafael Paredes

bles al escurrimiento de las aguas subterráneas, los aluviones en cierran las napas acuíferas que se explotan para el abastecimiento de agua para el consumo de Lima.

Morfológicamente es posible distinguir cuatro episodios en el depósito de estos aluviones escalonados de Cuaternario Medio hasta nuestros días. Los afloramientos (acantilados, canteras de grava) y los numerosos cortes litológicos de sondajes disponibles, proporcionan informes parciales sobre la naturaleza de estos aluviones. Ellos están constituidos de estratificaciones complejas - de bloques guijarros, gravas, arenas y arcillas. En la mayor parte de los pozos (1), en los estratos inferiores se va encontrando material fino antes que el grueso que se presenta en mayor cantidad en los estratos superficiales.

El cuaternario medio del Rimac y Lurín, está constituido por depósitos bastante gruesos al menos en los primeros 50 metros bajo la zona de afloramiento cuaternario (estado precedente a los depósitos actuales) en la región del Callao; las perforaciones más profundas, como aquella del Hospital Carrión (profundidad final 202 metros) han encontrado, bajo depósitos bastante impermeables uno o varios niveles de materiales gruesos que contienen una masa en carga. A inicios del siglo, esta napa era ligeramente artesiana.

Aparte de algunas excepciones (perforaciones en las colinas), los pozos alcanzan la base de los aluviones en las formaciones secundarias y terciarias del substrato.

(1) Ver anexo 2

#### PERFILES LITOLÓGICOS:

Para la determinación de los perfiles litológicos se empleará diferentes métodos, más en el distrito del Rimac se hará en base a las excavaciones realizadas en diferentes partes del distrito por medio de pozos, a tajo abierto o por medios mecánicos en forma de pozos tubulares. El fin de estos pozos ha sido la explotación del agua subterránea para el consumo humano e industrial.

Actualmente el medio más empleado, para encontrar los perfiles litológicos es el de la prospección geofísica y ha sido mediante esta que se ha podido precisar el espesor total de los aluviones. Por medio de ésta también nos proporciona una idea precisa de la geometría del acuífero permeable.

Las prospecciones eléctricas se aplican para el reconocimiento de aluviones. Estos sondajes eléctricos presentan dos caracteres comunes:

- a.- Presencia de un conductor de 20 a 25 ohm.metro en la base de los aluviones, se trata seguramente de un conjunto arcilloso con intercalaciones arenosas.
- b.- Ascenso de las partes finales de las curvas es un substrato muy persistente (resistente).

El espesor de los aluviones alcanza según se cree: de 400 - a 500 mts. (sector litoral, al sur del Callao).

En el distrito del Rimac los pozos excavados son de profundidades variables siendo el máximo pozo excavado el N° 1 de la Cervecería Backus Johnston S.A. (Jr. Chiclayo n° 594) que llega

hasta los 130 mts. (1) y pese a esto no llega al basamento; y no se hizo excavaciones más profundas porque como se dijo anteriormente estas excavaciones sólo eran para encontrar la napa freática y asegurarse una profundidad complementaria para hacer una correcta explotación del agua.

De los pozos excavados, se puede concluir, que en el sector 2 (2) existe tierra de cultivo en la capa superficial fluctuando su potencia entre 1 y 2 metros y la capa subsiguiente es de canto rodado pequeño con una potencia variable de 2 a 6 metros.

En los sectores 5, 6, 7, el primer estrato está compuesto por canto rodado de regular tamaño, en muchos casos acompañado de un pequeño porcentaje de arcilla y cascajo, y en los estratos posteriores, tal como sucede casi en la generalidad del distrito, se intercalan estratos de cantos rodados, cascajo y arcilla variando sus potencias en cada caso.

En los sectores 7 y 8; en las zona que está contigua a la ribera del río hay un estrato de relleno cuya potencia es variable, teniendo frente al puente de Balta sectores, cuyas potencias fluctúan entre 1 y 6 respectivamente. Otro sector que también tiene una marcada zona de relleno es el contiguo al Puente Santa Rosa - (en el Barrio Obrero).

(1) Ver anexo 2

(2) Según la sectorización de la Oficina Nacional de Estadísticas y Censos

### NAPA FREÁTICA:

La mesa de agua tiene alturas diferentes con referencia a la topografía del terreno, dependiendo en cada caso de la cota del mismo con el nivel medio del mar; pero el nivel del agua es uno solo y estará en función de la conformación del depósito aluvional.

Año tras año el nivel de la napa freática (1), disminuye en forma paulatina; se cree que es a razón de 1 metro por año en función de la variabilidad de las cotas piezométricas, las cuales a su vez son consecuencia del rompimiento del equilibrio hidrológico, porque ya no se recarga el acuífero como se hacía antes debido a la existencia misma de tierras de cultivo.

De los pozos que se ha investigado se puede obtener los siguientes datos: en el sector 2, en el Bosque, Urbanización La Florida; la napa freática se encuentra de 45 a 53 metros, en el sector 6, en Villacampa, se encuentra a 47 metros; en la zona antigua del distrito, dominado mayormente por el sector 7, es donde se han hecho el mayor número de excavaciones de pozos por la necesidad misma de encontrar agua para las fábricas de cerveza y aguas gaseosas, la napa freática se encuentra de 60 a 79 metros.

Como es lógico de suponer, en las zonas contiguas al cauce del río, la mesa de agua se encuentra más cerca a la superficie del terreno; según el pozo que se ha excavado cerca al Puente Balsa y en la zona contigua a la Plaza de Acho (sector 7), dicha mesa de agua se encuentra de 7 a 12 metros de profundiad.

(1) Ver anexo 2

## 2.02 NATURALEZA DE LOS DAÑOS DE ACUERDO AL SUELO DE CIMENTACION:

Para hacer en forma práctica la evaluación de daños, en función de las características del suelo de cimentación, es de necesidad imperiosa hacer una microzonificación sísmica, plan sumamente ambicioso y necesario, el cual actualmente es desarrollado por el Instituto Geofísico del Perú en cooperación con Bachilleres en Ingeniería Civil.

En la presente investigación, para evaluar los daños, se ha planteado una zonificación previa que se ha realizado en función de anteriores investigaciones.

Son las características geológicas, naturaleza de los suelos, conocimientos topográficos del terreno y la geotecnia que nos dará el nivel de la napa freática; con las cuales se puede hacer una zonificación preliminar en base a la cual veremos la respuesta de una determinada zona al fenómeno sísmico destructor, e igualmente se analizará las respuestas de las diferentes estructuras de Ingeniería Civil frente a este fenómeno y el riesgo sísmico respectivo. Teniendo en cuenta lo antedicho, el Distrito del Rimac, se le ha dividido en cuatro zonas.

ZONA 1.- Está conformada por el sector 1 (1) que limita con las partes altas de los sectores 2, 3, 4, 7: el primer estrato, está conformado por rocas y suelos residuales de poca profundidad, resultado de la meteorización de la roca. La cimentación de la mayoría de las viviendas está sustentada en el basamento rocoso.

(1) Según la sectorización que se está empleando.

En esta zona las estructuras, no han sufrido mayor cantidad de daños, por la naturaleza misma de la onda sísmica en este tipo de suelo, salvo aquellas estructuras que han tenido una deficiente planificación en la cimentación por la misma pendiente del terreno.

Pese a la gran pendiente que tiene la zona, no se han presentado derrumbes por las precauciones que tomaron los pobladores al respecto.

ZONA 2.- Esta zona está conformada por las partes altas de los sectores 2, 3, 4 y 7; es la zona de contacto entre el depósito aluvial y el basamento rocoso.

El ancho de esta zona es variable dependiendo en cada caso, de la integración de los dos elementos geológicos antes mencionados, tal como se ha estado afirmando anteriormente en predicciones pasadas, de que la amplificación de ondas en esta zona sería grande lo que casi siempre sucede en zonas de contacto, no sucediendo así en este caso, por el hecho de que las estructuras con todas sus deficiencias se han comportado bien y la intensidad no ha podido ser mayor que VII, tal como en el resto del distrito.

La razón de que en esta zona no se haya presentado grandes daños se podría interpretar por una de las dos hipótesis que a continuación las nombramos:

a.- Que las cimentaciones siempre se encuentran acentadas en el basamento rocoso y que este a su vez se presente en forma casi superficial, contiguo a la parte donde ya se encuentre el aluvial.

b.- Que las cimentaciones se encuentren sobre el aluvial y este - tenga estratos de grandes potencias.

Nos inclinamos por la segunda hipótesis por ser más factible - por las observaciones hechas.

Esta zona que es de una pendiente ligeramente inclinada, está conformada -(la capa superficial)- por un suelo residual, producto de la desintegración de las rocas de los cerros que bordean la ciudad por agentes geológicos diversos tales como el sol, lluvia, viento, temperatura, o por movimientos sísmicos, etc. En este suelo el estrato que se observa al hacer las cimentaciones está conformado por cantos rodados y arcilla.

ZONA 3.- Esta zona es la más amplia del distrito, está conformada por los sectores 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; sin considerar la zona que está aledaña a la ribera del río en los sectores 7 y 8.

Esta zona, en toda su área está constituida por relleno aluvial consolidado (cuaternario medio hasta nuestros días), este es un suelo que fué transportado, cuya profundidad se cree que debe estar entre los 200 a 400 metros. Los daños causados en esta zona, desde el punto de vista geológicos, y teniendo en cuenta la naturaleza del suelo se puede decir que ha sido normal (si es que se puede llamar normal a los efectos de un fenómeno sísmico), porque las ondas no se han amplificado. La pendiente en esta zona es suave, por lo cual en este aspecto no se presenta mayor problema en cuanto a derrumbes.

ZONA 4.- Es la zona comprendida por los sectores 7 y 8 en la parte alledaña al río Rimac, es la franja comprendida entre los Jirones Ramón Espinoza, Casma, Marañón y el río Rimac.

El estrato superior en esta zona que tiene poco ancho, esta conformada por un suelo de relleno, donde las ondas sísmicas se amplifican considerablemente, razón por la cual, es en esta zona donde se ha observado gran cantidad de daños y aún más el terreno ha sufrido hundimientos o esponjamientos tal como sucede en el Barrio Obrero que está alledaño al Puente Santa Rosa. Esta zona se torna más crítica aún, porque los sectores que la conforman, son los más antiguos del Distrito.

CAPITULO III  
EVALUACION DE DAÑOS

3.01 INTRODUCCION.- SECTORIZACION DEL AREA EN ESTUDIO:

El realizar una eficiente evaluación de daños, después de ocurrido un sismo destructor, es una tarea que debe reunir una gama de requisitos que se relacionen unos con otros, gracias a los cuales, se debe llegar a la naturaleza de cada falla.

Es imprescindible al analizar una falla, cualquiera sea su naturaleza, hacerlo con un espíritu crítico amplio, tratando de obtener de la misma, el máximo posible de enseñanzas; de tal manera que la experiencia adquirida redundará en las próximas edificaciones a realizar.

El método de estudio que se siguió, al hacer la evaluación de daños, fué de partir de lo general a lo particular; es así, que en primer lugar, se realizó una inspección ocular tratando de abarcar en la medida de lo posible, la integridad del distrito. En esta inspección ocular, es donde trataremos de ubicar los lugares mayormente afectados y también aquellas zonas, donde no es necesario hacer ninguna evaluación, por su poca o nula cantidad de daños. Una vez realizada esta primera fase de trabajo, se hizo una evaluación previa, en la que se definió cuales son las zonas donde las fallas; han incidido en gran medida, y es en estas donde se profundizó el estudio.

Es necesario señalar que al hacer la evaluación de daños en su fase final, esta, la dividiremos siempre en cada caso en dos grandes campos: Las construcciones hechas en base a quincha y ado-

de y las construcciones hechas de ladrillo y concreto. En ambos casos es necesario señalar que al efectuar la inspección ocular, - es más práctico, anotar en el mismo sitio todas y cada una de las características de la falla, la cual en cada caso específico variará, dependiendo primordialmente de la naturaleza o tipo de construcción.

El carácter evaluativo de los daños, estará dado en forma específica y dependerá, tal como se dijo anteriormente, de su naturaleza; así por ejemplo esta puede ser: por el deficiente amarre de los diferentes elementos estructurales, por tracción diagonal, por impacto, por la mala compactación del suelo, por la mala o pésima cimentación, etc. etc.

Estas fallas como se verá posteriormente se pueden generalizar en zonas íntegras, y aún más cuando las construcciones son hechas de adobe, quincha y madera, donde la naturaleza de las fallas, se repite una y otra vez en todas las viviendas de estos materiales. Y en el caso de viviendas construídas del material ladrillo-cemento principalmente, en estas, la naturaleza de las fallas variarán en cada caso; y si se optará por hacer un análisis global de fallas las construcciones quedarían divididas en dos grandes campos: las aporticadas y las de muro portante; y a su vez estas últimas, las subdividiríamos en dos casos peculiares: las construcciones que tienen columnas de amarre y las que no las tienen.

Al hacer la evaluación de daños, no podemos pasar por alto, - el aspecto socio-económico; por la existencia misma de gran canti-

dad de tugurios (1) que en el distrito del Rimac ocupa el 11%, 0,611 Km<sup>2</sup>, del área urbanizada (5.48 Km<sup>2</sup>). Este porcentaje es el más alto en comparación con los demás distritos de Lima Metropolitana.

Al hacer la evaluación de daños es necesario acotar sobre la antigüedad de las viviendas, las cuales en su mayoría datan de varias décadas y aún muchas de ellas son del siglo pasado. En la zona comprendida del ex-Puente de Piedra a la Alameda de los Bobos, pertenecientes al sector antiguo del Rimac, las diferentes casonas tienen entre 50 y 100 años, también por su puesto las hay, en menor cantidad, las que se construyeron hace 20 a 30 años. A medida que nos adentramos en las partes "nuevas" del distrito, las edades de las viviendas son menores. En los Pueblos Jóvenes las construcciones son recientes en los cuales se presenta una variada gama de construcciones, que van desde donde se emplea las precarias esteras hasta las de ladrillo-concreto.

Mención aparte merece el análisis de las Unidades Vecinales, las cuales se construyeron en dos etapas: las primeras hace 20 años y las segundas hace 8 años.

La evaluación de daños se simplificará, en la medida de que los ocupantes de un determinado inmueble, cooperen con el encuestador; porque se da el caso que muchas familias se muestran reacias

(1) Se entiende por tugurio, a aquellas viviendas precarias, caracterizadas por sus habitaciones reducidas y a la vez subdivididas, carentes o deficientes de servicios de agua, desagüe y alumbrado eléctrico; con deficiente iluminación natural, escaso asolamiento y ventilación; edificadas con materiales deficientes, inestables o estables que han resultado insuficientes por el deterioro o edificaciones modernas, construidas al margen de las normas básicas de habitabilidad. (Plan de Desarrollo Metropolitano - Lima - Callao INP ).

a cualquier cooperación, principalmente aquellos inquilinos que pagan exiguos arriendos (S/. 20 a S/. 100 mensuales) por viviendas que están en condiciones precarias y cualquier comisión las de - clararía inhabitables. Al saber esta situación los moradores op - tan por lo más fácil y a la vez más peligroso; hasta que en cual - quier momento estas viviendas colapsen; tal como actualmente está ocurriendo en varias viviendas del sector antiguo del distrito, en este caso ya no por efecto del sismo sino más bien por efectos del intemperismo.

Para finalizar, se dirá que es muy necesario para la evalua - ción de daños, el contar con placas fotográficas de las fallas más notables para que de esta forma el estudio se visualice de una ma - nera más directa.

#### SECTORIZACION DEL AREA EN ESTUDIO:

El evaluar todo un distrito, tan amplio como es el del Rimac, que según el último censo tiene 33,996 edificaciones; de las cua - les 33,239 son empleadas para el uso de la vivienda (1), es necesa - rio sectorizar el área donde se encuentran. Se ha podido consta - tar que la sectorización del distrito, ya ha sido llevado a efecto por diferentes organismos públicos y privados y cada uno lo ha he - cho en función de sus necesidades y su método de trabajo; así se - tiene que la Oficina Nacional de Estadística y Censos (ONEC) para efectuar el último censo de población y vivienda, efectuó una sec - torización; el Concejo Provincial de Lima, hizo otra que es dife - rente inclusive a la hecha por el Concejo Distrital del Rimac. En

(1) Oficina Nacional de Estadística y Censos. Publicación de  
1974

la presente investigación, se ha empleado la efectuada por la ONEC, la cual se hizo, tomando como base los sectores y estos a su vez se dividieron en función de la edad de las edificaciones; tratando en la medida de lo posible que los límites de un sector de otro sea por avenidas principales y por líneas rectas.

Así se tiene que el Distrito del Rimac lo hemos dividido en 8 sectores.

SECTOR 1: Este sector, se sitúa a lo largo de los cerros que bordean el distrito. Está formado: por el Pueblo Joven Ramón Castilla, Pueblo Joven El Altillo, Pueblo Joven Tarma Chico, Pueblo Joven Santa Rosa, Pueblo Joven Villa Fátima, Pueblo Joven Huerta Guinea, Pueblo Joven Villa María, Pueblo Joven Baños de Otero, Pueblo Joven Leticia y Pueblo Joven Piedra Liza.

El material predominante en este sector es el ladrillo-concreto, las construcciones de adobe se presentan en los Pueblos Jovenes, Tarma Chico y Piedra Liza.

SECTOR 2: Consta de las Urbanizaciones: El Bosque y La Florida. El material predominante es el ladrillo-concreto.

SECTOR 3: Comprende: La Urbanización Ciudad y Campo; en la cual las construcciones son de ladrillo-concreto.

SECTOR 4: Comprende: las Urbanizaciones El Manzano y La Huerta. Que son construcciones en su gran mayoría de ladrillo-concreto.

SECTOR 5: Consta de: Las Urbanizaciones Ventura Rossi "A" y Santa Candelaria, el Pueblo J6ven Mariano Melgar. El material predominante en la construcci6n es el ladrillo-concreto.

SECTOR 6: Es el sector m6s c6ntrico del Distrito, consta de la Urbanizaci6n Ventura Rossi "B", la Unidad Vecinal del Rimac, el Pueblo J6ven Leoncio Prado, el Pueblo J6ven Santa Rosa y el Pueblo J6ven Totorita.

En este sector existen construcciones de ladrillo-concreto y de adobe-quincha.

SECTOR 7: Es el sector m6s antiguo del Distrito, y por su puesto en el se encuentran los lugares m6s tradicionales, es el llamado Cercado del Distrito.

La gran mayorfa de edificaciones est6n hechas de los materiales adobe y quincha.

SECTOR 8: Este sector, es el que le sigue en antiguedad al sector 7, ya que por este sector se inici6 la expansi6n urbana. En sus inicios esta expansi6n trat6 de seguir la zona pegada a la margen derecha del rfo Rimac.

En este sector, existen viviendas sin mayor estructuraci6n de los materiales, adobe, quincha y en las partes m6s altas de ladrillo-concreto.

### 3.02 FICHAS DE EVALUACION, SU DESCRIPCION Y SIMBOLOGIA DE DAÑOS:

Para realizar la evaluación de daños en las edificaciones de una área determinada, es sumamente importante contar con 3 condiciones:

- a.- Con una adecuada ficha de trabajo, la cual deber ser de uso múltiple adaptándose ya sea a locales públicos o privados, tales como: locales escolares, hospitalarios, industriales o de vivienda, tratando de ser lo más general posible.
- b.- Tener una conveniente simbología de daños, la cual no conlleve a dar duplicidad de datos y sea a la vez de fácil entendimiento.
- c.- El personal encuestador debe tener la mínima capacidad necesaria para llevar adelante una investigación y tener cabal conocimiento de los datos a captar en base a los cuales se dará las conclusiones y recomendaciones posteriores.

En nuestra investigación se ha tenido presente la experiencia adquirida en la evaluación de daños en el anterior sismo (1970), en la Ciudad de Chimbote, por CRIRSA y posteriormente por ORDEZA. El formato de las fichas que se emplearon en ese entonces, han sido de mucha utilidad.

Las fichas que se tomaron como base para realizar la investigación fueron las utilizadas por el Concejo Distrital del Rimac y por el Ministerio de Vivienda, en el primer caso el carácter evaluativo era de índole técnico y el segundo económico.

Las fichas de evaluación se podrían describir en forma general de la siguiente manera:

## I.- Datos sobre la edificación:

Pueden subdividirse en los siguientes aspectos:

### a.- Usos de la edificación.-

Los cuales pueden ser: a) casa, tienda, hasta dos pisos  
b) edificación para viviendas, c) edificación para uso público, d) fábricas, e) hospitales, f) colegios, g) teatros, h) otros.

### b.- Tipo de relleno en la edificación.-

El tipo nos dará el material utilizado en la construcción, los cuales pueden ser: a) madera, b) adobe, c) ladrillo, d) quincha, e) no tiene, f) otros, especificar.

### c.- Tipo de estructura de la edificación.-

Los cuales pueden ser: a) concreto armado, b) pre-fabricado, c) concreto pretensado, d) acero, e) madera, f) acero y concreto, g) ladrillo con columna, h) ladrillo sin columna, i) adobe, j) no hay, k) otros, especificar.

### d.- Cimentación.-

Anotaremos los principales tipos de cimentación empleados, así se tiene: a) piedra, b) cimentación corrida (concreto ciclopeo), c) zapatas aisladas, d) pilotes, e) cimentación compuesta (zapatas compuestas - zapatas conectadas, cimentación corrida), f) losa de cimentación, g) pre-fabricada, h) acero, i) madera, j) no hay, k) otros, especificar.

### e.- Tipo de techo.-

Puede ser: a) madera, b) caña y barro, c) aligerado, d) tijerales, e) losas, f) flat-slabs, g) no tiene, h) otros, especificar.

### f.- Dimensiones de la edificación.-

Es con la finalidad de conocer el área construida, número

de pisos, altura total, altura del piso típico, etc.

Así se tiene: a) número de pisos (plantas) sobre el terreno, b) número de pisos bajo el terreno (sótanos), c) área del piso típico en  $m^2$ , d) altura total.

g.- Descripción de características adicionales, tales como : placas, exentricidades, tanques elevados, etc.

## II.- Resumen de Daños:

a.- Causas de los daños en la edificación.-

En este ítem se podría describir la falla y a la vez la causa que la origina; así se tiene: a) movimiento de la cimentación, b) grietas del suelo, c) asentamiento diferencial, d) deformación del terreno, e) impacto, f) defecto en el cálculo, g) defecto en la construcción, h) vibración, i) otros, j) no hay.

b.- Descripción general de daños en la estructura.

Nos indicará la gradación del daño en la estructura en porcentaje: a) 100% (destrucción total), b) 75% (no reparable), c) 50% (costosamente reparable), d) 25% (facilmente reparable), e) 0% (no hay fallas).

c.- Daños en elementos no resistentes.-

Nos referimos a los daños en los elementos no estructurales tales como: a) rotura de vidrios, b) rotura de acabados, c) rotura de instalaciones eléctricas, d) rotura en instalaciones sanitarias, e) tanques de agua, f) equipos, g) tabiques, h) no hay, i) otros, especificar.

d.- Daños en los elementos estructurales.-

Se hará en función de cada elemento estructural de la edificación, así se tiene: a) vigas, donde puede ser: por flexión, corte, pandeo lateral, no hay, otros, b) columnas, pueden ser: por flexión, corte compresión, no hay,

otros (especificar), c) muros, d) losas, e) conexiones, f) cimentación.

e.- Asentamientos o esponjamiento del suelo, tratando de cuantificar la medida de deformación de la cimentación; otros.

f.- Inclinação estructural o desplome.-

g.- Elementos no estructurales caídos.-

Se trata de especificar las fallas producidas en los elementos que no cumplen función estructural, tales como:

a) muros (tabiques), b) acabados, c) vidrios, d) puertas, e) no hay, f) otros (especificar).

h.- Detalles importantes adicionales.-

### III.- Datos sobre los suelos:

Se anotará sus características, su capacidad portante y su comportamiento dinámico.

a.- Profundidad de cimentación.-

Se tratará de optimizar la relación de la altura de cimentación con la calidad del suelo.

b.- Tipo de suelo.-

Por medio de la naturaleza del suelo se sabrá el comportamiento que tendrá o ha tenido frente a las ondas sísmicas; así se tiene: a) gravas, b) arenas, c) limos, d) arcillas, e) conglomerado, f) roca, g) otros, especificar.

c.- Estado de compactación del suelo.-

Se anotará el grado de compactación del suelo, ya que de este dependerá el comportamiento que tenga o ha tenido frente al sismo y que puede ser: a) suelto, b) medianamente compacto, c) compacto, d) duro, e) otros, especificar.

d.- Naturaleza geológica y topográfica de la zona.-

En función de esta, sabremos como ha sido el comporta -  
miento del suelo de toda una zona frente a las ondas  
sísmicas. Será fácil comprender si ha podido haber: re  
bote de ondas, amplificación de ondas, etc., así se tie  
ne: a) zona de contacto, b) valle, c) cerro, d) ribera  
de mar o río, e) orilla de lago, f) otros, especificar.

e.- Descripción detallada de las características del suelo:  
a) profundidad de la napa freática, b) resistencia del  
suelo.

IV.- Cóstos; apreciación del monto total de pérdivas.-

#### SIMBOLOGIA DE DAÑOS:

1.- Fisura.- Cuando el elemento (puede ser columna, viga, muro -  
de mampostería, etc.), tiene una falla apenas perceptible y  
que se nota en la parte exterior (acabado).

La representación gráfica se hace por medio de una delgada lí  
nea continúa.

2.- Grieta.- Falla realmente apreciable y es perceptible la sepa  
ración, dentro de un elemento estructural.

La representación gráfica se hace por una continúa línea grue  
sa.

3.- Fractura.- Falla donde hay desplazamiento o giro de los ele-  
mentos estructurales.

La representación gráfica se hace por una línea gruesa conti-  
núa junto a otra discontinúa.

4.- Despostillamiento.- Fallas en acabados, enlucidos, enchape -  
de mayólica, etc., que se han desprendido por acción del sismo.

La representación se hace por un achurado simple de un ángulo de 45°.

5.- Hueco.- Falla donde una porción de muro de mampostería ha colapsado.

Se le representa por un achuramiento en dos sentidos haciendo 45° con la horizontal.

6.- Desplome.- Pérdida de verticalidad de un muro.

Se le representa por una línea discontinua junto a un muro pudiendo ser ésta a la derecha o izquierda.



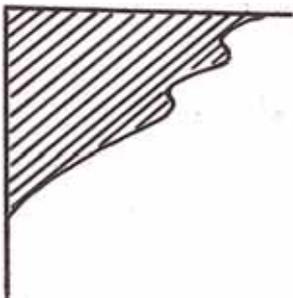
Fisura



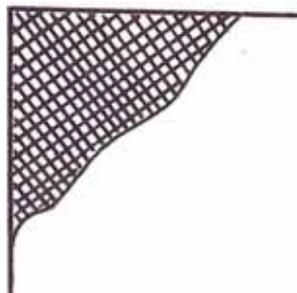
Grieta



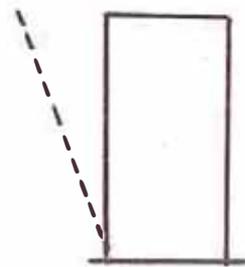
Fractura



Despostillamiento



Hueco



Desplome izquierdo

Ficha empleada por el Concejo Distrital del Rimac

Ficha N° .....

Informe de daños causados por el sismo ocurrido el 3.10.1974

DIRECCION .....

URBANIZACION .....

DEL PROPIETARIO: Nombre .....

Dirección .....

DEL DAMNIFICADO:

NOMBRE O ENTIDAD .....

L.E. ....

N° DE PERSONAS DEL AFECTADO. MAYORES .....

MENORES .....

CENTRO DE TRABAJO .....

DIRECCION DEL CENTRO .....

SUELDO .....

DATOS TECNICOS:

TIPO DE CONSTRUCCION .....

N° DE PISOS .....

DAÑOS CAUSADOS .....

.....

.....

MEDIDAS A TOMAR .....

.....

.....

OBSERVACIONES .....

.....

.....

Firma del Informante

Ficha empleada por el MINISTERIO DE VIVIENDA

Ficha N° .....

Encuesta preliminar. Daños causados por el sismo del 3.10.1974.

- 1.- UBICACION: a) Distrito y/o zona:.....
- b) Dirección:.....

2.- DATOS PERSONALES

Nombre del propietario:.....

Nombre del inquilino: .....

Adultos ..... Niños ..... Ancianos .....

Ingreso familiar S/. .....

3.- DAÑOS DE LAS VIVIENDAS

Destruídos totalmente .....

Destruídos parcialmente .....

Ligeramente afectados .....

Habitable .....Parcialmente.....No habitable.....

4.- MONTO APROXIMADO DE LA REPARACION S/. .....

5.- CONSTRUCCION PREDOMINANTE

MUROS: madera ..... adobe ..... quincha .....

concreto ..... ladrillo ..... otros .....

estera ..... madera ..... calamina .....

6.- SITUACION DE SERVICIOS: AGUA DESAGUE ELECTRICIDAD

(Bueno, Regular, Malo) ..... .....

7.- OBSERVACIONES GENERALES (Evaluación de daños, y otros en % de zona)

.....

.....

8.- RECOMENDACIONES .....

.....

V°B°

Ing. Jefe del Departamento

Fecha: .....

Firma del Informante: .....

### 3.03 FALLAS EN RELACION CON LOS MATERIALES EMPLEADOS:

#### En las construcciones de adobe y quincha.-

El porcentaje de viviendas de adobe y quincha (según últimos datos catastrales) es del 27%; las fallas se repiten en forma casi uniforme por el mismo hecho de que siempre se cometen los mismos errores en la etapa constructiva.

Para hacer más práctica la evaluación de daños, será importante saber los requisitos mínimos que tiene que cumplir una buena construcción de adobe y quincha, someramente se tendrá:

Las construcciones de adobe deben tener cimentaciones de piedra asentadas en barro, muros de 40 cm. de espesor con alturas de 2.50 a 3 metros; deben ser de un solo piso. Los techos serán labrados a mano (pinos o eucaliptos), con una cubierta de caña y barro. Los adobes regularmente tienen las dimensiones de 20 x 20 x 40 cm. lo cual no le permiten una adecuada traba en las esquinas; no está demás decir que debe ser de tierra buena y con algún estabilizador tal como la paja, fibra, o algún árido.

Las construcciones de quincha, su estructura está conformada en primer lugar por postes verticales colocados a una distancia de 1 a 2 m. generalmente arriostrados en el plano inferior de la pared con un poster horizontal, de igual manera se puede colocar en la parte media y superior estos postes de arriostramiento. Luego, se coloca cañas verticales y horizontales que se entrelazan formando una canasta. Posteriormente se revestirá con barro o yeso ambos lados, el techo por lo general es de madera.

Al ocurrir el sismo del 3 de Octubre las construcciones de adobe y quincha fueron las que más sufrieron, es común encontrar los muros de adobe que se han desplazado en las esquinas, sufriendo un desplome por el deficiente amarre que hay entre dos muros contiguos, esto también ha obligado que se flecten las vigas de madera que sostienen el techo o el piso de la segunda planta. En muchos casos estas vigas han fallado, no sólo por el movimiento sísmico - sino porque ya se encontraban grandemente deterioradas por anteriores sismos o por fenómenos climatológicos.

La segunda planta de estas edificaciones, que generalmente son de quincha, la estructura presenta desplazamientos mayores que en la primera. En el mejor de los casos, estas edificaciones, si no han fallado en forma amplia o sea presentando fractura con desplazamiento (o colapsado); estas presentan grietas en las esquinas con despostillamiento de la torta de barro o yeso que cubren las paredes de la quincha.

Los balcones que existen en la mayoría de estas edificaciones han experimentado ligeras flectaciones en unas y mayores en las más antiguas.

Sin embargo los habitantes de estas precarias viviendas, siguen en ellas, con el consiguiente peligro que pueden colapsar repentinamente.

Aquellas viviendas, de estos materiales (ya sea de uno o dos pisos), que no han sufrido daños de consideración; la mayoría presenta fisuramiento y despostillamiento de estuque, siendo localiza

das estas fallas por lo general en las esquinas, que son originadas tal como se ha dicho anteriormente por el deficiente amarre de muros contiguos.

En las construcciones de ladrillo-concreto.-

En este tipo de viviendas las podemos dividir entre aquellas que tienen columnas de amarre y las que no las tienen. También será necesario aclarar que las estructuras aporricadas son un porcentaje pequeño en el distrito y en la mayoría no han fallado.

Las viviendas que tienen columnas de amarre son alrededor del 40% del total de edificaciones del distrito, según datos catastrales del distrito. En este tipo de viviendas las fallas se reducen a pequeñas fisuras y a lo máximo grietas, sin embargo, se ha podido observar que en determinadas zonas se han presentado fallas de consideración, por el mal comportamiento dinámico del suelo a causa del movimiento sísmico. Así se tiene que en el barrio obrero, que se encuentra en la margen izquierda del río Rimac, la mayoría de fallas son por causas de hundimiento o esponjamiento del terreno, lo cual hace fallar la edificación por muy bien estructurada que esté.

Las estructuras de ladrillo-concreto que carecen de columnas de amarre, son alrededor del 30% en el distrito, en ellas las fallas son más notorias; lo cual es obvio. En la primera planta se presentan fisuras y excepcionalmente grietas, más en la segunda se encontrarán por lo general fisuras y grietas en mayor proporción.

Si hubiera mayor número de plantas tal como sucede en la Urbanización Ventura Rossi "A" o en la Urbanización Ciudad y Campo, las fallas se mantienen en el mismo rango y rara vez se presenta una fractura; dependiendo de la densidad de muros que tengan cada una de estas edificaciones.

#### En las estructuras aporticadas.-

Las fallas en este tipo de viviendas, se presentan en primer lugar por la separación de la tabiquería (de las columnas y vigas), esta falla se presenta por el deficiente amarre del pórtico con el tabique; en otros casos las columnas han fallado porque estas se empotran hasta la mitad o hasta las dos terceras partes, por la presencia del alfeizar de una ventana transformándose en columnas cortas.

Los tabiques fallan en forma de aspa (grieta o fisura), cuando el amarre pórtico tabique está bien realizado, y la falla será en forma diagonal, partiendo de la parte superior hacia la inferior, hasta llegar al piso de la planta. Cuando el pórtico ha sido rigidizado en grado sumo y ocasiona la tracción diagonal, esta falla tiende a agravarse en las plantas inferiores, donde se llega a la fractura y en muchos casos al despostillamiento.

En las construcciones "híbridas", es decir, que en su construcción se empleó en forma desordenada, diferentes clases de materiales, tales como: el ladrillo y concreto, junto con el adobe y quincha, las fallas, en primer lugar se producen en las juntas estructurales de dos materiales diferentes.

También es necesario acotar que en conjuntos habitacionales donde el material predominante es el adobe, el colapso se ha presentado con mayor incidencia en las construcciones que se encontraban en las esquinas de las manzanas.

### 3.04 FALLAS CON REFERENCIA A LA ALTURA DE EDIFICACION:

De acuerdo al "Expediente Urbano", que posee el Concejo Distrital del Rimac, que hizo en 1966 por la Inspección de Castastro, el porcentaje de superficie habilitable, con referencia a la altura de edificación es la siguiente:

|                         |   |       |
|-------------------------|---|-------|
| Edificios de un piso    | : | 58%   |
| Edificios de dos pisos  | : | 31.4% |
| Edificios de tres pisos |   | 8.8%  |
| Edificios de cuatro y   |   |       |
| cinco pisos             | · | 1.7%  |
| Edificios de seis y más |   |       |
| pisos                   | : | 0.1%  |

De donde se puede concluir que, en el Distrito, hay un marcado predominio de viviendas de un piso; siguiéndole las construcciones de dos pisos. Esto nos hace ver que las viviendas de uno o dos pisos conforman el 89.4%, que es por decir así, la gran mayoría. En la actualidad estos porcentajes se mantienen casi inalterables.

### CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y QUINCHA.-

Tal como se ha dicho anteriormente este tipo de vivienda

se encuentra en mayor número en los sectores 7 y 8.

Estas viviendas tienen una altura de 3 a 4 metros para una planta, y de 6 a 8 metros para las de dos. La misma altura de estas edificaciones es negativa por resistir las sollicitaciones de los esfuerzos laterales originados por un sismo, o gravándose cuando tienen dos pisos.

Cuando la segunda planta es de quincha, el comportamiento de la estructura frente al sismo, es más adecuado.

Es en este tipo de viviendas, donde se presentan los famosos balcones, los mismos que en gran número, se encuentran en estado precario por la acción de variados sismos que han resistido y por el intemperismo. La acción de este último sismo en muchos de ellos fué determinante, por el hecho que han quedado sumamente averiados o han colapsado.

Será necesario, relacionar el ancho de las calles, respecto a la altura de las edificaciones y a la acción del sismo mismo. En la zona antigua del distrito, donde son mayoría las construcciones de adobe y quincha, tienen un ancho de calle que fluctúa entre los 8 a 10 metros.

En líneas generales, se puede informar, que los daños causados no han afectado mayormente las calzadas y el desprendimiento de cornisas así como la torta de barro que hay en la quincha fué un común denominador de las fallas, en este tipo de viviendas.

### CONSTRUCCIONES DE LADRILLO-CONCRETO:

Este tipo de vivienda, tal como ya se ha dicho anteriormente, se encuentra en mayor número en las zonas nuevas del distrito; es decir en las Urbanizaciones y en casi la totalidad de los Pueblos Jóvenes. En estas zonas como es natural, se encuentran gran cantidad de viviendas de uno o dos pisos, pero también existen edificaciones de tres, cuatro o cinco pisos, tales como: en las Urbanizaciones Ventura Rossi "A" y Ciudad y Campo, en donde el ancho de la calzada fluctúa de 20 a 40 metros.

Las viviendas de una planta tienen un promedio de 3 metros de altura y las de dos tendrán 6 metros; en las cuales la azotea tiene un parapeto de 0.20 a 1.00 metro de altura, para un ancho de calzada de 10 metros.

Estos parapetos, que son muros perimetrales, es donde se ha presentado una falla generalizada por el deficiente amarre con los muros portantes de los pisos inferiores. Situación, en la que a la presencia de este último sismo ha presentado grietas en unos, fracturas en otros y el colapso en las menos; y fué por esta última falla la que causó gran número de víctimas.

En los Pueblos Jóvenes la mayoría de viviendas son de un piso, por lo cual no ha habido problemas.

Contiguas a las edificaciones que se encuentran en zonas de gran pendiente, se ha observado callejones, que llegan a tan sólo 2.5 m. de ancho y las alturas de estas edificaciones llegan hasta

los 7 m. con el parapeto.

En los sectores antiguos del distrito ( 7 y 8 ), existen edificaciones de ladrillo-concreto, que llegan hasta las cuatro plantas; en estas no se ha observado mayores daños salvo en los tanques elevados. Estas edificaciones por lo general son recientes, por el hecho; de que, su construcción se hizo en lugares donde antes existían viviendas de adobe y quincha.

### 3.05 FALLAS CON REFERENCIA A LA DENSIDAD DE MUROS:

En el distrito del Rimac, se da el fenómeno de encontrar edificaciones de ladrillo-concreto de uno a cuatro pisos, en las cuales no hay columnas de amarre e inclusive sobre la azotea de la cuarta planta se presenta la construcción de 2 a 3 cuartos que sirven para guardiana, y pese a lo que se ha afirmado, que en estas las fallas serían graves, no ha ocurrido así. Ya que estas viviendas no han sufrido mayor daño, que fisuras y en muy raras ocasiones se presentan una que otra grieta.

Estas edificaciones, por lo general, se han construido con el solo propósito de alquilarlas y los dueños para obtener mayor cantidad de departamentos hacían la ambientación lo más reducida posible; de tal manera, que cumplían con los requisitos mínimos del Reglamento Nacional de Construcciones (en cuanto se refiere a ambientaciones). No se podría afirmar con exactitud en que sector se encuentra la mayor cantidad de estas edificaciones ya que las mismas se presentan en toda el área del distrito; pero, es posible que haya un ligero predominio en la Urbanización Ciudad y Campo, en donde un 60% de viviendas carece de columnas de amarre.

Por motivos de investigación, se ha tomado dos de estas edificaciones: una en la Urbanización Ciudad y Campo y la otra en la Urbanización Ventura Rossi "A" (ambas tienen 4 plantas). Se define por densidad de muros, a la relación que existe entre la longitud de muros (sin considerar ventanales, puertas, mamparas, etc.), en la dirección considerada en centímetros y el área de la construcción en metros cuadrados.

Densidad de muros; Dirección perpendicular a la fachada:

| Edificio en la Urbanización<br>Ventura Rossi "A" | Edificio en la Urbanización<br>Ciudad y Campo |
|--|---|
| 1er. piso: 28 cm/m <sup>2</sup>                  | 1er. piso: 30 cm/m <sup>2</sup>               |
| 2do. piso: 32 cm/m <sup>2</sup>                  | 2do. piso: 35 cm/m <sup>2</sup>               |
| 3er. piso: 32 cm/m <sup>2</sup>                  | 3er. piso: 35 cm/m <sup>2</sup>               |
| 4to. piso: 32 cm/m <sup>2</sup>                  | 4to. piso: 35 cm/m <sup>2</sup>               |

Densidad de muros; Dirección paralela a la fachada:

| Edificio en la Urbanización<br>Ventura Rossi "A" | Edificio en la Urbanización<br>Ciudad y Campo |
|--|---|
| 1er. piso: 25 cm/m <sup>2</sup>                  | 1er. piso: 26 cm/m <sup>2</sup>               |
| 2do. piso: 27 cm/m <sup>2</sup>                  | 2do. piso: 28 cm/m <sup>2</sup>               |
| 3er. piso: 27 cm/m <sup>2</sup>                  | 3er. piso: 28 cm/m <sup>2</sup>               |
| 4to. piso: 27 cm/m <sup>2</sup>                  | 4to. piso: 28 cm/m <sup>2</sup>               |

Como se observa claramente: en la dirección paralela a la - fachada, la densidad de muros es menor y con estos valores es que iremos al gráfico (obtenido al hacer el estudio de más de tres mil viviendas, sobre todo en Chimbote después del terremoto de Mayo de 1970). Al ser la densidad de muros similar en las edificaciones - de ambas urbanizaciones, es lógico y aceptable esperar los mismos daños.

Del gráfico:

Para densidad de muros iguales a  $25 \text{ cm/m}^2$  e intensidad de grado VIII M.M., se espera una gradación de 3, que nos indica grietas ( 2 m.m.).

Pero en el distrito del Rimac la intensidad fué de grado VII M.M.; por tanto, se espera daños menores, tal como así ha sucedido. Se presentaron fisuraciones y en menor escala grietas.

### 3.06 EVALUACION DE DAÑOS DE LAS ESCUELAS Y COLEGIOS DEL DISTRITO:

Globalmente, se puede decir, que el distrito del Rimac está en la jurisdicción de la zona de Educación N° 02. Su oficina central funciona en un block de la Unidad Vecinal del Rimac. De sus estadísticas se han sacado los siguientes datos (1) :

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| N° total de alumnos:               | 55,323 |
| Alumnos de planteles estatales:    | 45,894 |
| Alumnos de planteles particulares: | 9,429  |

(1) "Boletín de Estadísticas Básicas", 1973

Número de aulas del estado : 1071

Número de aulas en el sector privado: 294

Existen locales en los que funcionan alternativamente en el turno diurno, vespertino y nocturno, variando las poblaciones escolares para cada turno.

Se tiene así:

| TURNOS                | Nº de alumnos |
|-----------------------|---------------|
| Diurno                | 46,260        |
| Vespertino y nocturno | 9,063         |

Como se verá el 84% de la población escolar estudia en el turno "diurno", lo que nos dice, que los locales escolares están mayormente ocupados en dicho turno.

Al estar las labores escolares suspendidas el 3 de Octubre, a la presencia del sismo no se han registrados víctimas en los centros educativos; ya que estos fueron los más dañados por la vetustez de la mayoría de sus construcciones.

Detalles evaluativos pormenorizados de los daños causados por el sismo.-

Nombre: G.U.E. "María Parado de Bellido"

Dirección: Antón Sánchez (Camino de Amancaes)

Urbanización "El Manzano"

Tipo de construcción: Concreto, muro portante, dos pisos y consta de cinco pabellones.

Daños causados: El segundo piso del primer pabellón presenta muros con grietas y los dinteles se han asentado

En los pabellones 3ro., 4to. y 5to. se encuentran fisuras y grietas en gran número y estas se presentan mayormente en la unión de vigas con columnas, así como en los muros con las columnas.

La pared límite, que dá a la fachada, se ha cortado a nivel de base (fractura) y amenaza con colapsar hacia el exterior.

Las pasarelas del pasadizo del 2do. piso han sufrido corte (fractura) en su base.

Como medidas preventivas se podría tomar las siguientes (en muchos casos ya se está haciendo, o ya se han hecho):

- reconstrucción de uniones de vigas con columnas,
- cambio de paredes que han fallado,
- demolición de la pared límite, y
- demolición de las pasarelas.

Nombre: "Colegio Precursores de la Independencia, Guardia Republicana del Perú"

Dirección: Chira 350

Tipo de construcción: Concreto, muro portante, dos pisos.

Daños causados: Despostillamiento parcial, tanto del primer como del segundo piso, los muros del primer piso en las partes colindantes a las casas vecinas presentan grietas y fisuras; haciéndose notar que el fisuramiento es más numeroso, lo cual es obvio. En líneas generales se puede afirmar que, el colegio no ofrece peligro para sus educandos; por tanto, está funcionando normalmente.

Nombre: G.U.E. "Carlos Pareja Paz Soldán"

Dirección: Los Oidores n° 193, 197 Urbanización El Manzano

Tipo de construcción: Concreto - madera, tiene dos pisos de concreto ( muro portante), y el tercero es de madera.

Daños causados: Presenta pocas fisuras y grietas en el primer y segundo piso.

En el tercero la situación es más problemática - ya que varias vigas de madera están por caerse. Como un dato al margen de la evaluación de daños se puede añadir que la escalera es muy estrecha para que puedan salir 500 niños en un caso de emergencia.

Nombre: Colegio Nacional "Rimac"  
Dirección: Jr. Virú 127, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe, quincha y madera.  
Daños causados: Los muros presentan grietas tanto horizontales como verticales en las esquinas, se encuentran grietas y fracturas. Los techos de algunos salones tienen vigas en mal estado - (flexionadas y deterioradas).

Nombre: Colegio Raúl Porras Barrenechea (Particular)  
Dirección: Calle Próceres n° 698, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe y madera.  
Daños causados: Los muros de adobe se encuentran agrietados, (principalmente en la parte frontal). La demolición deberá llevarse a pasos acelerados, ya que el colapsamiento es inminente. Este colegio no cuenta con un patio amplio para ubicar a los docentes en caso de emergencia. Se puede añadir que las paredes colindantes de las casas vecinas presentan desplome con dirección al colegio.

Nombre: Instituto de Comercio n° 29, "Esther Cáceres Salgado"  
Dirección: Pasaje Francisco Paz Soldán s/n, 2 pisos.  
Tipo de construcción: Concreto armado.  
Daños causados: Pequeñas fisuras y despostillamiento en las paredes, hay pilares que hacen función de baranda que están en peligro de caerse. Por

lo general se puede decir que no hay mayores daños.

Nombre: Centro Educativo Particular "Instituto Sevilla"  
Dirección: Manco Capac n° 162, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe, quincha y madera.  
Daños causados: Ha sufrido agrietamiento y fractura de muros en forma vertical (en los puntos de unión con las columnas).

Nombre: Centro Educativo 3002  
Dirección: Francisco Pizarro 326, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe, quincha y madera.  
Daños causados: Presenta fracturas en uniones de muros y en casos menores las grietas son pronunciadas. También se ha notado un deslijamiento del techo con referencia a las paredes. Gran cantidad de paredes presentan desplome.

Nombre: Centro Educativo Mixto N° 3005  
Dirección: Jr. Tumbes n° 184, dos pisos.  
Tipo de construcción: Concreto, muro portante.  
Daños causados: Agrietamiento y fractura de muros que dan al patio en forma horizontal y que amenazan con colapsar.  
Todas las barandas y parapetos del 2do. piso se encuentran en mal estado.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3007  
Dirección: Jr. Marañón n° 307, un piso.  
Tipo de construcción: Ladrillo, adobe y madera.  
Daños causados: El local se encuentra en estado ruinoso (por la diversidad de fallas que amenazan colapsar la edificación).

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3009  
Dirección: Jr. Virú n° 318, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe, quincha, madera y concreto.  
Daños causados: La fachada presenta fisuras, grietas y en los extremos hay fracturas. Muchas vigas se han desplazado por deficiente amarre con los muros y muchas otras se han flexionado.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3004  
Dirección: Esquina Atahualpa y Reforma, dos pisos.  
Tipo de construcción: Concreto y ladrillo, techo aligerado.  
Daños causados: Por lo general solo hay fisuras y en menor cantidad grietas. En las uniones de techo con pared, ha sufrido desprendimiento el revestimiento o tarrajeo.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3008  
Dirección: Jr. Chiclayo 436, un piso.  
Tipo de construcción: Adobe - madera.

**Daños causados:** Los daños causados son mínimos como el - Colegio funciona en los bajos del edificio de la zonal, el único peligro es la caída de un muro de tabiquería al patio del referido plantel.

**Nombre:** Centro Educativo Integral n° 3014  
**Dirección:** Av. Alcazar n° 351 - B, un piso.  
**Tipo de construcción:** Adobe y madera.  
**Daños causados:** Muros con fracturas en extremos, hay co-rrimiento de vigas de madera y muchas o tras se encuentran flexionadas.  
 Los muros no tienen una cimentación estable y están al borde del colapso.

**Nombre:** Escuela Integral N° 3010, 4379, 4607  
**Dirección:** Calle Mariscal Castilla 342, dos pisos.  
**Tipo de construcción:** Ladrillo y concreto armado.  
**Daños causados:** Se presenta en buenas condiciones, salvo que se ha desplomado ligeramente los 12 metros de muro de cerco.  
 En general en el primer y segundo piso solo hay fisuras (que no debilitan sustancialmente la estructura).  
 Sería necesario demoler las paredes de las casas aledañas que se han inclinado peligrosamente.

- Nombre: C.E.I. 3014 (572)  
Dirección: Av. Alcazar 351, un piso.  
Tipo de construcción: Ladrillo y concreto.  
Daños causados: Paredes interiores de los salones se han debilitado (debido a que no tienen una cimentación adecuada) las paredes presentan agrietamiento.
- Nombre: C.E.I. N° 3014 (628)  
Dirección: Pasaje Francisco Solano s/n, dos pisos.  
Tipo de construcción: Concreto armado.  
Daños causados: Pequeñas fisuras en paredes y desprendimiento del tarrajeo en menor escala.
- Nombre: Centro Educativo Integral n° 3021  
Dirección: Libertad n° 319, dos pisos.  
Tipo de construcción: Adobe, madera y quincha.  
Daños causados: Corrimiento de vigas de madera, hay agrietamiento; y en muchos casos hay fracturas de las paredes en su base. El segundo piso está en peligro de colapsar por la presencia de graves fallas.
- Nombre: Centro Educativo Integral n° 3002A  
Dirección: Av. Francisco Pizarro n° 331, dos pisos.  
Tipo de construcción: Adobe, quincha y madera.  
Daños causados: Fracturas en puntos de unión de los muros,

grietas en umbrales de puertas. La demolición del segundo piso se hace imperiosa por la gravedad de las fallas.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3003  
 Dirección: Hualgayoc n° 468, dos pisos.  
 Tipo de construcción: Adobe, madera, quincha y ladrillo.  
 Daños causados: Agrietamiento y fractura de los muros, se observa también que no tienen cimientos profundos. Las vigas se han desplazado y flexionado. Los baños de los alumnos han sufrido fracturas profundas y en una esquina se presenta un gran hueco, continuando en la parte inferior con una grieta que se para la pared de la columna. Es necesaria una demolición parcial.

Las paredes de ladrillo que hacen de muros portantes para el aligerado, donde funcionan tres salones, una sala para profesores y un depósito en el segundo piso, no tienen cimentación.

Nombre: Centro Educativo Integral n° 3014 (571)  
 Dirección: Pasaje Francisco Solano s/n, dos pisos.  
 Tipo de construcción: Ladrillo y concreto.  
 Daños causados: Hay pequeñas fallas estructurales tal como el agrietamiento entre la columna y el muro; también es notoria la fisuración, así como el despostillamiento en las paredes.

Nombre: Centro Educativo Particular "Santa Teresa del Niño Jesús"

Dirección: Av. Fco. Pizarro n° 192, dos pisos.

Tipo de construcción: Adobe, madera y quincha.

Daños causados: Los muros del saguán de entrada, quedaron fuertemente dañados (agrietados y con ligeros desplomes).

Hay una viga de madera apoyada en un pié derecho completamente debilitado.

Por lo general el Centro Educativo se encuentra en deficientes condiciones.

Nombre: Colegio Particular "Don Bosco"

Dirección: Jr. Madera n° 267, un piso.

Tipo de construcción: Adobe, madera y quincha.

Daños causados: Se terminó de derrumbar las paredes y los techos, actualmente se está por demoler totalmente el local, para que así pueda servir para la construcción de un hospicio de ancianos.

Nombre: Escuela Particular "Perpetuo Socorro"

Dirección: Av. Francisco Pizarro n° 300, un piso.

Tipo de construcción: Adobe y madera.

Daños causados: En la parte superior de la fachada se ha caído parte de los muros de adobe, la mayor parte de los muros se encuentran agrietados, agravándose la situación por

el exceso de humedad que hay en los mismos.

La única parte que puede refaccionarse es la parte posterior ya que la parte delantera está precariamente sostenida.

Nombre: Colegio Villamaría del Rimac  
 Dirección: Calle Necochea 898, un piso.  
 Tipo de construcción: Adobe y madera (predominantemente)  
 Daños causados: Hay agrietamiento y fractura en la pared frontal, cuenta con un patio pequeño que no es garantía para ninguna emergencia.

Nombre: Colegio Particular "Carlos Wiese"  
 Dirección: Calle Mariscal Castilla n° 430, un piso.  
 Tipo de construcción: Adobe y madera.  
 Daños causados: En general se encuentra en buenas condiciones con un pequeño agrietamiento de la pared frontal. Lo peligroso se presenta en las construcciones aledañas ya que el desplome de las paredes es evidente y están al borde del colapso.

Nombre: Centro Educativo "El Niño Jesús del Rimac"  
 Dirección: Av. Francisco Pizarro n° 966, 970  
 Tipo de construcción: Adobe, madera y techos de asbesto cemento.

**Daños causados:** Las paredes de los salones se encuentran agrietadas y en otros casos hay fracturas. Las paredes de los baños se encuentran a grietadas y las vigas de madera se encuentran flexionadas e inclusive se observa que otras han fallado.

**Nombre:** Centro Educativo Particular "San Lorenzo"

**Dirección:** Jr. Chiclayo n° 565, un piso.

**Tipo de construcción:** Adobe, madera, quincha (hay reforzamiento con columnas)

**Daños causados:** Algunos muros presentan fisuras y pequeñas grietas, en las paredes se ha producido el desprendimiento del revestimiento.

**Nombre:** Instituto Experimental Técnico Femenino - N° 1

**Dirección:** Jr. Atahualpa n° 177, dos pisos.

**Tipo de construcción:** Adobe, madera y quincha.

**Daños causados:** Por lo general se presenta daños mínimos, con la salvedad de que un tijeral del segundo piso se encuentra roto y ha fallado en su totalidad.

**Nombre:** Centro Educativo Integral N° 3011

**Dirección:** Jr. Marañón N° 393, un piso

**Tipo de construcción:** Adobe y madera.

**Daños causados:** Hay desprendimiento del yeso en esquinas, la pared que apoya la viga principal pre

senta grietas profundas y dicha viga se encuentra flexada.

Nombre: Colegio Particular "Nuestra Señora de Copacabana"

Dirección: Jr. Cajamarca n° 247, un piso.

Tipo de construcción: Adobe, madera; también concreto con techos aligerados.

Daños causados: Se presentan grandes grietas en el pilar y pared que se apoya la viga principal de madera. Las paredes de adobe presentan grietas verticales y horizontales, siendo en las esquinas más pronunciadas. La fachada principal presenta fisuras y grietas. La puerta de salida de vehículos presenta grietas entre los pilares y el dintel de madera.

Se observa de igual modo, una deficiente cimentación y en otros casos la misma se ha debilitado por acción del tiempo.

Nombre: Colegio N° 3017

Dirección: Pueblo Joven, "Mariscal Castilla", un piso

Tipo de construcción: Concreto y ladrillo, muro portante.

Daños causados: Fisuraciones de los muros en zonas muy cercanas a los techos, en los nudos de amarre de las vigas perimetrales se obseru

va grietas; en los baños hay grietas pro -  
nunciadas en los muros.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3020  
 Dirección: Pueblo Joven, "Huerta Guinea", dos pisos.  
 Tipo de construcción: Las uniones de vigas con las columnas en la parte que dá al patio (1er. piso) se nota un deficiente engrame, en muchos casos se ve los fierros que se han separado en los nudos.  
 Como fallas secundarias se puede anotar - aquellas en las que hay despostillamiento del estuque.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 2002  
 Dirección: Pueblo Jóven, "Mariscal Castilla", un pi-  
 so  
 Tipo de construcción: Concreto y ladrillo, prefabricados.  
 Daños causados: Se observa claramente que un pabellón ha sufrido hundimientos notorios, lo cual ha originado que los techos se pandeen pe-  
 ligrosamente, del mismo modo las ventanas y demás elementos estructurales.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3012  
 Dirección: Av. El Sol n° 609, dos pisos.  
 Tipo de construcción: Ladrillo, concreto; muro portante.  
 Daños causados: No se presentan daños notorios.

Nombre: Centro Educativo Integral N° 3006  
Dirección: Pueblo Joven, "Piedra Liza", un piso  
Tipo de construcción: Ladrillo, concreto; muro portante  
Daños causados: El salón del 1er. año "A" ha quedado inutilizado, ya que los muros que hacen de portantes son de ladrillo hueco, las vigas que sostienen los techos de asbesto cemento han fallado por la misma razón. El Centro Educativo se encuentra en mal lugar, ya que si se presentara deslizamientos de piedra del cerro, estos precarios muros servirían muy poco. En los otros salones hay - con gran profusión, fisuras, grietas y en pocos casos fracturas. El dintel del aula "B" también se encuentra agrietado.

Nombre: Centro Educativo Integrado N° 2006  
Dirección: Pueblo Joven "Totorita"  
Tipo de construcción: Ladrillo, concreto; muro portante  
Daños causados: No se presentan daños notorios.

Nombre: Colegio Particular "Nuestra Señora de la Consolación"  
Dirección: La Colina n° 263, El Manzano, tres pisos  
Tipo de construcción: Ladrillo y concreto.  
Daños causados: Presenta fisuración a pequeño nivel. Por lo demás no hay daños mayores.

En base a la evaluación de daños, se hizo, un cuadro, con el cual se observará la gravedad de daños que causó el sismo en los centros educativos, siendo la principal causa la edad de las construcciones y su precario mantenimiento.

|  |    |
|--|----|
| Colegios sin novedad .....                       | 12 |
| Colegios en funcionamiento parcial .....         | 6  |
| Colegios en funcionamiento previa reparación ... | 12 |
| Colegios que tendrán que ser demolidos .....     | 10 |

### 3.07 EVALUACION DE DAÑOS DE LAS IGLESIAS DEL DISTRITO:

En el área del distrito del Rimac están distribuidos gran cantidad de templos que datan de muchos años atrás, los cuales en su mayoría son estructuras de adobe de gran altura y en mal estado de conservación. La mayor parte de ellos están situados dentro de la zona antigua del distrito, razón por la que debe considerarse globalmente esta zona como la más crítica después del sismo, tanto por la antigüedad de sus edificaciones, como por su inadecuada accesibilidad y por ser un lugar de alta densidad demográfica.

También es necesario acotar que ya el sismo del 31 de Mayo de 1970 averió en gran medida los templos religiosos.

A continuación se hace en detalle la evaluación de daños causados por el último sismo en los templos del distrito.

**Nombre:** "SAN LAZARO"  
**Dirección:** Jr. Trujillo n° 501  
**Capacidad:** 500 personas  
**Tipo de construcción:** Paredes de adobe y quincha, techo de adobe y barro.  
**Daños causados:** Las naves izquierda y derecha (secundarias) de la Iglesia se encuentran totalmente fisuradas y agrietadas, del mismo modo los arcos portantes del techo se encuentran fallados y amenazan con desplomarse totalmente. La pared de la fachada ha per di di do verticalidad y amenaza con desplomarse; del mismo modo la Sa- cr is t í a.

**Nombre:** "SAN ALFONZO"  
**Dirección:** Av. Francisco Pizarro, n° 300  
**Capacidad:** 500 personas  
**Tipo de construcción:** Paredes de adobe, quincha y ladrillo, y te- ch o de adobe con barro.  
**Daños causados:** Las molduras de la fachada amenazan con des pl om ar se. Las naves secundarias presentan fisuras pronunciadas y agrietamiento, en los sectores extremos hay fracturación que po ne en peligro la estabilidad de los arcos de las cúpulas. La pa re d post er io r del altar principal se encuentra agrietada y se ob- ser va que no tiene un amarre adecuado. En general las naves secun- d ar ias se encuentran deterioradas, estando en menor grado la nave pr in ci pal.

**Nombre:** "SANTA LIBERATA"  
**Dirección:** Jr. Virú, segunda cuadra  
**Capacidad:** 500 personas

Tipo de construcción: Paredes de adobe y techo de madera.  
 Daños causados: La Iglesia se encuentra totalmente deteriorada y sin funcionar. Estando clausurada desde tiempo atrás no se puede hacer un detalle pormenorizado de las fallas.

Nombre: "SAN FRANCISCO DE PAULA"  
 Dirección: Av. Francisco Pizarro, 6ta. cuadra  
 Capacidad: 500 personas  
 Tipo de construcción: Paredes de ladrillo y madera, techos de madera.  
 Daños causados: Ligeras fisuras superficiales que no comprometen la estructura del local, se observa uno que otro despostillamiento del estuque.

Nombre: "NUESTRA SEÑORA DEL PATROCINIO"  
 Dirección: Manco Capac n° 150  
 Capacidad: 500 personas  
 Tipo de construcción: Paredes de adobe, quincha y ladrillo, techos de madera.  
 Daños causados: Todas las molduras de la fachada principal amenazan con caerse, por lo cual ya se están tomando las medidas adecuadas, hay gran cantidad de fisuras que no amenazan mayormente la estabilidad del templo.

Nombre: "CAPILLA DE CIUDAD Y CAMPO."  
 Dirección: Jr. Jacinto Benavente  
 Capacidad: 200 personas  
 Tipo de construcción: Muros de ladrillo y techo de concreto aligerado.

**Daños causados:** Pequeñas fisuras horizontales en el muro portante, hay pequeñas grietas en la intersección del muro con el aligerado por falta de un adecuado anclaje.

**Nombre:** "IGLESIA PARROQUIAL"  
**Dirección:** Jr. Próceres, 8va. cuadra  
**Capacidad:** 500 personas  
**Tipo de construcción:** Muros de ladrillo y techos aligerados.  
**Daños causados:** No ha sufrido daños mayores, salvo aquellos donde hay pocas fisuras horizontales.

**Nombre:** "IGLESIA EVANGELICA EL BOSQUE"  
**Dirección:** Esquina Av. Amancaes con Abelardo Gamarra  
**Capacidad:** 400 personas  
**Tipo de construcción:** Muros de ladrillo y techo de concreto aligerado.  
**Daños causados:** Los tabiques de la fachada se han desprendido por falta de las columnas de amarre; en líneas generales la estructura no ha sufrido mayores daños.

**Nombre:** "SAN FRANCISCO SOLANO"  
**Dirección:** Unidad Vecinal del Rimac  
**Capacidad:** 500 personas  
**Tipo de construcción:** Paredes de ladrillo y techo de concreto aligerado.  
**Daños causados:** La Iglesia no ha sufrido mayores daños salvo aquellos que fueron ocasionados en los ventanales, en los cuales los vidrios se han roto (vidrios catedral). En las paredes se presentan ligeras fisuraciones.

Nombre: "COPACABANA"  
Dirección: Jr. Chiclayo, 4ta. cuadra  
Capacidad: 500 personas  
Tipo de construcción: Paredes de adobe y quincha, techos de quin  
cha.  
Daños causados: Todas las molduras de la fachada principal  
tienen el peligro de caerse. Las paredes presentan con gran pro  
fusión fisuras y grietas; en las partes extremas hay fracturación,  
siendo la nave principal la más afectada.

Nombre: "SAN LORENZO"  
Dirección: Jr. Libertad n° 398  
Capacidad: 500 personas  
Tipo de construcción: Paredes de adobe y quincha, techo de quin  
cha.  
Daños causados: Las columnas del altar mayor han sufrido  
grietas horizontales y el cielo raso presenta fisuras y desprendi-  
miento del tarrajeo. La torre del lado derecho, ha sufrido da-  
ños de consideración presentando grietas alrededor de la misma,  
dando la impresión que se quisiera separar por entera, del resto -  
de la Iglesia.

### 3.08 EVALUACION DE DAÑOS DE LOS DIFERENTES MERCADOS DEL DISTRITO:

Nombre: Limoncillo  
 Dirección: Jr. Chira s/n  
 N° de puestos: 205  
 Capacidad: 2,500 personas  
 Administración: Por el Concejo  
 Tipo de construcción: Paredes de madera y adobe, techos de asbesto.  
 Daños causados: Este mercado que data de 1,926 no ha sufrido daños, y actualmente funciona sin novedad.

Nombre: Baratillo  
 Dirección: Jr. Casma n° 200  
 N° de puestos: 108  
 Capacidad: 1,800 personas  
 Administración: Por el Concejo  
 Tipo de construcción: Paredes de adobe y madera, techos de madera y asbesto cemento.  
 Daños causados: Hay asentamiento de una columna debido a la humedad y al sismo, también se han presentado grietas en las paredes de adobe. Un tijeral se ha flectado en forma pronun-ciada.

Nombre: Rimac  
 Dirección: Jr. Esteban Salmón, 5ta. cuadra  
 N° de puestos: 150

Capacidad: 1,800 a 2,000 personas  
 Administración: Por el Concejo  
 Tipo de construcción: Ladrillo y concreto sin techo.  
 Daños causados: Sólo se han deteriorado las puertas 1 y 2, tanto en sus extremos como en sus dinteles.

Nombre: Ventura Rossi - B  
 Dirección: La Capilla, 6ta. cuadra  
 N° de puestos: variable  
 Capacidad: variable  
 Administración: Particular  
 Tipo de construcción: Ladrillo y concreto  
 Daños causados: Sin novedad

Nombre: Cooperativa de Acho  
 Dirección: Jr. Marañón, 6ta. cuadra  
 N° de puestos: 100  
 Capacidad: 400 personas  
 Administración: Cooperativa  
 Tipo de construcción: Adobe y madera  
 Daños causados: No se ha presentado daños notorios.

Nombre: Ventura Rossi - A  
 Dirección: Antares y San Antonio  
 N° de puestos: variable  
 Capacidad: variable  
 Administración: Cooperativa  
 Tipo de construcción: Madera, ladrillo-concreto  
 Daños causados: No hay daños notorios

Nombre: Micro-mercado de La Florida  
Dirección: Calle N° 11, cuarta cuadra  
N° de puestos: 50  
Capacidad: 200 personas  
Administración: Municipal  
Tipo de construcción: Ladrillo-concreto  
Daños causados: La falla más notoria es aquella en la que los mudos de amarre de la viga con la columna han cedido por una deficiente longitud de desarrollo y adherencia entre los fierros. Los pisos han sufrido hundimientos y esponjamientos por la acción sísmica.

Nombre: Mercado n° 1, Ciudad y Campo  
Dirección: Jr. José Santos Chocano, 2da. cuadra  
N° de puestos: 300  
Capacidad: Estimado: 3,000 personas  
Administración: Municipal  
Tipo de construcción: Ladrillo - concreto, dos pisos  
Daños causados: De los hongos estructurales, no todos han respondido como se esperaba, ya que se nota fisuras y grietas en muchos de ellos; al respecto se está haciendo un análisis estructural adecuado.

### 3.09 EVALUACION DE DAÑOS DE LOS LOCALES INDUSTRIALES EN EL DISTRI-

#### TO:

La zona industrial en el distrito del Rimac, no está localizada en una área determinada, si no más bien se encuentra diseminada tanto en lugares de gran densidad demográfica o en otros casos en lugares que se encuentran en la ribera del Rimac, dándose el caso extremo que muchos lugares industriales se hallan enclavados también en lugares considerados de patrimonio histórico.

Desde el punto de vista de concentración humana, las industrias del Rimac, tienen personal no sólo procedentes del mismo distrito, sino también de otras partes de Lima.

En toda la área del distrito existe un total de 427 locales - industriales y una población que labora en ellas de 6,382 trabajadores, estos datos han sido obtenidos del "Padrón Industrial por ubicación geográfica", del Ministerio de Industria y Comercio, 1973.

Los daños ocasionados por el sismo en estos locales industriales no fueron de grandes proporciones, tal es así que: en líneas - generales los mismos no se paralizaron y se mantuvieron en su ritmo cotidiano.

En los locales industriales que llamamos grandes, tales como: la cervecería, fábrica de gaseosas, fábrica de tabaco y de detergentes como la de Industrias Pacocha S.A., las fallas fueron más notorias y las fisuraciones y grietas fué el común denominador pero en ninguno de los casos la producción se paralizó, ni mucho meme

nos donde los daños fueron un tanto graves como sucedió en el local de Industrias Pacocha S.A. donde un Pabellón sufrió el desplome del segundo y tercer piso con referencia al primero; también se presentó fracturación en forma no continúa en este pabellón y los alrededores, pese a lo cual la Industria siguió en funcionamiento. Claro está que en muchos lugares se apuntaló la estructura convenientemente.

En todos los locales industriales se presentó daños de despostillamiento del estuque, los cuales fueron prestamente tarrajados.

Como una acotación final se dirá que la fábrica de Tabaco, - pese a estar en un local antiguo, que tiene paredes de adobe y quincha y techos de madera; ha resistido convenientemente al movimiento telúrico.

## CAPITULO IV

ASPECTOS INGENIERILES DEL SISMO EN EL RIMAC4.01 GENERALIDAD:

La ocurrencia de un evento sísmico destructor, es para la In-geniería Antisísmica motivo de profundo análisis gracias a la cual veremos dentro del avance de la misma qué hipótesis son correctas y cuáles serán necesarias cambiar. Por el mismo hecho de que esta disciplina científica todavía es relativamente joven, estará sujeta a un continuo y fructífero avance; así se tiene que actualmente la predicción sísmica es uno de los grandes problemas que afronta, en la cual, si bien se ha progresado sustancialmente algo, no es lo suficiente.

Después de ocurrido este último sismo, es en el campo de la edificación en general, donde se nos presenta un laboratorio a escala natural por la diversidad de fallas que observamos; cada una de ellas serán interpretadas y analizadas desde el punto de vista ingenieril, para que en base a las enseñanzas recogidas se obtenga conclusiones y recomendaciones, que redundarán en beneficio de construcciones posteriores.

Los sismos destructores ponen en evidencia los defectos y deficiencias que tiene una edificación, las cuales debemos tenerlas en cuenta en cada una de las futuras edificaciones a realizar, y por el mismo hecho de que el Perú se encuentra sobre una zona inminentemente sísmica se le debe dar la importancia necesaria.

Es en base a las enseñanzas obtenidas que nos abocaremos en el futuro a realizar construcciones sismo-resistentes, las cuales si bien se utilizan los mismos materiales, a estos se les dispone de tal forma que sus elementos estructurales tomen las cargas sísmicas en forma más adecuada.

Al analizar las fallas, la naturaleza de estas se ha debido en gran parte por deficiencias y defectos en la etapa constructiva, lo cual nos llevaría a plantear que en futuras edificaciones a realizar se aplique un control riguroso en todos y cada uno de los pasos del proceso constructivo. Claro está que al hacer el análisis de fallas éstos también pueden devenir por otras causas tales como la naturaleza del suelo de cimentación, la mala estructuración y mal cálculo de las edificaciones o en último caso por el grado de intensidad del movimiento sísmico.

#### 4.02 ANALISIS DE FALLAS EN VIVIENDAS DE ADOBE Y QUINCHA:

Constituyendo el 27% del total de viviendas del distrito, y teniendo presente que la quincha por lo general es empleada en segundas plantas, éstos tipos de edificación son los que más daños han sufrido.

En las construcciones de adobe ha sido la principal causa de vida al peso del adobe y a que es difícil introducirle refuerzos. Esto se ha agravado por tres circunstancias:

- 1.- Altura excesiva de 3 a 4 metros, o lo que es peor, 2 o 3 pisos en casos excepcionales.

- 2.- Adobe de baja calidad y construcción deficiente. Como no rellena íntegramente las juntas, tener una mala cimentación, - etc.
- 3.- Condiciones desfavorables del suelo.

En la ejecución de obra, de las viviendas de adobe, es donde se puede observar la serie de defectos que a la postre serán causa de fallas al presentarse la sollicitación sísmica. En los muros, el parejo resultante es deficiente, por la alta probabilidad de que el plano de falla tenga fuerte pendiente, esto es a causa de un inadecuado dimensionamiento de los adobes. Las uniones de los mismos están mal realizados razón por la que no puede trabajar en forma adecuada a compresión, en las uniones verticales el llenado es deficiente haciendo casi nula la resistencia al corte que deben tener los muros de adobe.

La excesiva altura de los muros no concordantes con su espesor y largo originó fallas por esbeltez llegando hasta el colapso. En todas las edificaciones de este tipo de material es notoria la poca densidad de muros en los dos sentidos.

Otro defecto muy común es el de encontrar fallas por un deficiente arriostramiento en las esquinas, complicándose aún más por el inadecuado dimensionamiento de los adobes.

Los dinteles de puertas y ventanas si bien por lo general han resistido convenientemente, se observan fisuras y grietas en las esquinas. Las causas también en este caso son de índole cons-

tructiva tales como tener dinteles débiles o con reducido empotramiento, falta de viga collar y finalmente por tener un ancho excesivo de vano.

En cuanto a las construcciones de quincha, éstas por lo general se han comportado en forma excelente, cuando sólo son de una planta. Se han presentado fallas de envergadura en aquellas viviendas que han empleado este tipo de material en la segunda planta, donde la primera fué de adobe. Las razones son obvias.

#### 4.03 ANALISIS DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO:

##### a.- Por una deficiente estructuración.-

Este último sismo nos ha dejado enseñanzas que de ser aplicadas con la crítica y el análisis adecuados en la construcción de futuras edificaciones, habremos logrado en disminuir sustancialmente las fallas ante posteriores sismo destructores. Se ha notado que a casua de una deficiente estructuración, los daños se incrementan en razón directa a su deficiente planificación. Para hacer un análisis al respecto se podría tomar como punto de partida lo que estipula en las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico que en el artículo 103 dice: "Debe considerarse que la buena concepción de la estructura, donde se observen condiciones de simetría, distribución uniforme de masas y rigideces, peso mínimo en los pisos altos, la adecuada selección de los materiales utilizados y una buena práctica constructiva mejoran notablemente el comportamiento de una estructura en el caso de un sismo".

Al observar las diferentes viviendas que han fallado; gran número de ellas se ha debido porque no ha existido un plan definido

en la estructuración de las mismas, e inclusive falta correlación entre la estructuración del primer piso y el subsiguiente. Se han presentado muchos casos en los que un crecimiento caótico, es decir sin la planificación adecuada en el desarrollo constructivo de una vivienda es perjudicial frente a las sollicitaciones por acción sísmica. Cabe recalcar que donde se observa en forma notoria fallas por una deficiente estructuración son en los blocks de la Unidad Vecinal del Distrito.

Una adecuada estructuración será lograda, reuniendo una gama de recomendaciones, principalmente se puede anotar las siguientes:

- 1.- Obtener una distribución equilibrada de columnas o muros portantes, de tal manera que la distribución de cargas sea uniforme en toda el área de la edificación. Es en estas circunstancias también que las cargas sísmicas se repartirán uniformemente sin incidir en un elemento estructural más que en otro.
- 2.- En las construcciones que son de muros portantes, es de uso común poner el ladrillo de cabeza solo en una dirección, sobre el que irá el aligerado con un sentido perpendicular al anterior, y al presentarse las ondas sísmicas, estas se pueden distribuir en una u otra dirección; por tanto sería necesario colocar el ladrillo de cabeza en los dos sentidos. En el caso extremo se podría aceptar por razones económicas que éste pueda ir perimetralmente para que se obtenga una rigidización más homogénea en los dos sentidos.
- 3.- El confinamiento en las esquinas, y en los nudos en general de las diferentes estructuras, tanto aporticadas como de muro

portante debe ser analizado minuciosamente (tanto más en las aperticadas), porque en la práctica se ha visto que la supues ta gran rigidez de los mismos no es tal frente a las sollicita ciones por acción sísmica, y muchas de las fallas se han ori ginado precisamente por un deficiente o nulo estribaje en los nudos de las estructuras.

- 4.- Será necesario ya de incluir la tabiquería en el análisis de las estructuras apórticas, principalmente los tabiques exte riores que necesariamente serán de material noble; ya que es tos elementos que comúnmente llamamos secundarios, por acción de un sismo tal como el último que es motivo de nuestro estu dio; estos tabiques lograron hacer variar sustancialmente el comportamiento de los pórticos estructurales de como inicial mente fueron calculados. En algunos casos podría ser necesas rio hacer un análisis espacial de la estructura.
- 5.- El diseño de las columnas de esquina debe ser hecho con un criterio eminentemente sísmico, es decir tiene que tenerse en cuenta que estos elementos serán los primeros en soportar la propagación de las ondas sísmicas y por tal su diseño será también en base a las sollicitaciones horizontales que a la vez originarán interacciones entre el muro y la columna.
- 6.- Al hacer la estructuración de los niveles superiores de una edificación y en especial los tanques elevados se debe tomar en cuenta el efecto de "chicoteo"; ya que se ha podido obser var gran cantidad de fallas en las partes superiores por la acción sísmica. Para tal efecto en el cálculo se debe añadir una fuerza horizontal al nivel del último piso sobre el cual están ubicados los tanques elevados, equivalente al 20% de pe so.

Al respecto sería conveniente también hacer notar que tanto los tanques elevados o cajas de ascensor si es que los hubiera se deben situar en la parte central de todo el conjunto estructural, de tal manera que no desplace al centro de gravedad. El problema del "chicoteo" se refiere concretamente a la aparición de cortantes sísmicas sumamente elevadas en la última o últimos pisos de un edificio (con mayor razón aún en los tanques elevados). La disminución acentuada de masa y rigidez hacia el extremo superior de muchos edificios, hace pensar en un fenómeno análogo al que ocurre con la amplificación de movimientos en la punta de un látigo y de allí el nombre del fenómeno.

7.- Para una adecuada protección a los transeuntes se debe considerar anclaje de revestimientos y otros elementos en fachadas. Se ha visto que por acción del último sismo gran cantidad de personas han sido víctimas de estos elementos en el momento de salida hacia la calle o eran transeuntes de la misma. Dentro de este rango podríamos también considerar sobre la holgura que deben tener los vidrios en los marcos de las ventanas, los tipos adecuados de liga de estos marcos con la estructura y el empleo acertado de marquesinas.

8.- La ductilidad y resistencia que debe tener una estructura debe estar en relación directa con la naturaleza de edificación que se busca y tratar de equilibrar el comportamiento estructural frente a las ondas sísmicas.

Una estructura que se desea tenga un buen comportamiento frente a un sismo, es necesario que tenga la ductilidad necesaria para enfrentar el amplio rango de deformaciones tanto inelás-

ticas y elásticas. Como una razón primordial de que una estructura sea dúctil se puede anotar aquella en la que los sismos al ser de naturaleza impredecible de intensidades y características fluctuante de las ondas sísmicas; lo que es más al no poder establecer un límite superior para la máxima intensidad sísmica posible, y para poder enfrentarnos a esto será necesario darle a la estructura un grado de ductibilidad adecuado.

9.- La uniformidad de la estructuración es necesaria para hacer una vivienda antisísmica, y el empleo de luces muy desiguales en un mismo pórtico estructural ocasiona fuerzas cortantes y momentos flexionantes elevados en las vigas de luces más cortas. Estos elementos mecánicos pueden alcanzar valores excesivos en edificios altos e incluso provocar variaciones inconvenientes en la carga axial de las columnas adyacentes, variaciones que a su vez repercuten hasta en el diseño de la cimentación. En edificaciones bajas estos efectos pueden ser insignificantes. Se puede enfrentar el problema desuniformizando la estructuración y en claros cortos se disminuirá la sección de los elementos estructurales.

10.- Se ha podido observar que mientras más simétrica sea la edificación, la misma resistirá más eficientemente las fuerzas originadas por un sismo y con esto a la vez evitamos el efecto de la torsión.

#### b.- En la tabiquería.-

En las estructuras aporticadas, es la tabiquería la que completa la estructura, formando los diversos ambientes y limitando el espacio interior del exterior, resistiendo como carga, su propio

peso y las cargas horizontales que lo solicitan. Son generalmente construídas con ladrillos huecos denominados "pandereta" o tabique, de donde proviene su nombre, con el propósito de aligerar su peso y por consiguiente las cargas del edificio.

Estas por un deficiente procedimiento constructivo no tienen el suficiente amarre con los elementos estructurales, donde tienden a separarse fácilmente a la pequeña vibración ocasionada por un sismo, esta falla es notoria por las grietas y fracturas que se presentan al contorno de todo el marco estructural. También es necesario hacer notar que cuando el amarre es deficiente, esta falla origina otras de mayor o igual cuantía, es decir que el tabique se resquebraja formando un aspa en la parte central con ramificaciones hacia los extremos (esquinas); situación en la que el tabique está al borde del colapso.

En numerosos casos, por más que el amarre tabique-elemento estructural es adecuado, se presenta la falla por el mismo hecho de ser el primero demasiado rígido y le resta flexibilidad al segundo; y este a su vez fuerza a como dé lugar a hacer fallar el primero. Situación en la que se puede concluir que se debe buscar experimentalmente otra clase de tabiques más livianos, regularmente flexibles y que tengan solo exclusivamente la función para los que fueron colocados; es decir, que protejan acústicamente y de los cambios de temperatura; deben ser resistentes al fuego y tener una duración para la vida prevista de la edificación.

La extremada rigidez que tienen los tabiques en ambas direcciones de una edificación, nos llevaría incluirlos en el cálculo

y a la vez replantearíamos el análisis estructural desde el punto de vista espacial, por el método de computadoras ya que los métodos conocidos son deficientes para hacer este análisis. Es necesario hacer notar que cuando se analiza pórtico por pórtico, se presenta una serie de limitaciones, que si bien disminuyen al hacer la superposición, no estarán representados todos los elementos estructurales.

Las fallas dentro de la tabiquería también se han debido por un deficiente método constructivo, ya que en el acentado del ladrillo tabique no se hace con el adecuado espaciamiento tanto en las juntas horizontales como en las verticales (ni con la adecuada dosificación de mezcla), hay separaciones en las juntas de ladrillo con ladrillo que exceden el 1.1/2 a 2 cm. que fija cualquier norma técnica; llegando hasta los 4 cm. Lo cual es demasiado para obtener una correcta adherencia entre los mismos, lo cual incidirá en el comportamiento del conjunto.

Muchas veces por razones arquitectónicas los tabiques no llegan hasta el nivel superior por la existencia de un vano, situación en la que las columnas aledañas se convierten en las llamadas "columnas cortas", estas al resistir la sollicitación sísmica fallan por corte, ya que por lo general no fueron calculadas para esta alternativa.

#### c.- Juntas de separación sísmica.-

Se ha hecho incapie en este tipo de falla por el hecho de que al respecto hay una total displicencia en tener en cuenta la apli-

cación del reglamento en la ejecución de las juntas de separación sísmica.

En las diferentes edificaciones o partes de ellas, principalmente en las más altas la separación entre las mismas no tiene el espaciamiento adecuado, tal es así que por la presencia del último sismo, estas han colisionado unas contra otras. Se ha observado - que muchas veces a pesar que se ha dejado un espaciamiento para la junta de separación sísmica, este no se encontraba limpio, lo cual desdice los fines para la que fué construída dicha junta, incluso sobre otras juntas de separación se ha colocado enchapes de diferentes tipos. Es a la presencia de la menor vibración sísmica - que los enchapes se agrietan; y si el movimiento sísmico fue algo intenso tal como el que ocurrió el 3 de Octubre, que es motivo de nuestro estudio, las edificaciones contiguas colisionarán si es que no ha habido una junta constructiva adecuada.

Las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico, fijan que la mínima separación que debe tener una edificación menor de 5 metros de altura es de 3.00 cm., y para una altura mayor se dejará la que indique el análisis, pero no menor que la obtenida por la fórmula:

$$S = 3 + 0.4 (h - 5) \text{ en cm.}$$

Para la ejecución de una junta de separación sísmica dentro de una edificación, se hará en que aquella sección donde el esfuerzo de corte es nulo, no interesando cualquiera sea el valor del momento flector.

d.- Deficiente aplicación del Reglamento Nacional de Construcciones.-

Cuantos daños se evitarían si se cumplieran en la práctica las disposiciones emanadas del Reglamento Nacional de Construcciones. Las transgresiones al mismo son múltiples y entre las principales podemos anotar las siguientes:

1.- Habiendo en el distrito un gran porcentaje de construcciones sin columnas de amarre, es obvio que en ellas las fallas serán más numerosas, dependiendo en cada caso de la densidad de muros de las mismas; pero será necesario recalcar que en futuras edificaciones a realizarse el control debe ser más riguroso y es responsabilidad del Ministerio de Vivienda o del Concejo Distrital el hacer cumplir el Reglamento. La mayoría de estas edificaciones, no han seguido el trámite para que se les dé la "conformidad de obra", proceso administrativo por el cual, cuantos daños se hubiera podido evitar.

2.- Las juntas constructivas que en general deben tener una ubicación correcta, han fallado por no tener un cuidado adecuado en la ejecución de la misma. Al haber las juntas de construcción y antes de continuar el trabajo se ha debido proceder a limpiar el concreto completamente quitándole la lechada superficial o concreto blando. Y en las juntas verticales se les debe humedecer completamente y se cubrirán con una capa de pasta de cemento inmediatamente antes de colocar el nuevo concreto.

Como ejemplo de este tipo de falla se puede anotar las siguientes: Las juntas de construcción de dos pisos contiguos están mal localizados, lo cual origina desplomes tal como se ha podido observar en diferentes edificaciones; también se ha observado el deficiente anclaje que hay entre los sobrecimientos y los muros ledanos, originando fisuras o grietas en estos lugares.

En los parapetos de los edificios, las grietas se presentan en la unión con el techo de azotea, agravándose esta situación, si carecen de columnas de amarre y vigas collar en la coronación del muro; las fallas se han originado por los esfuerzos de corte y flexión causados por las sollicitaciones sísmicas.

3.- Otra deficiente práctica a nivel constructivo que ha causado gran cantidad de daños por efecto de las sollicitaciones sísmicas, es la falta de adherencia que tienen los ladrillos con el mortero, esta puede ser debido a las siguientes causas:

I,- Porque no se moja los ladrillos convenientemente antes de asentarlos, según estadísticas (1) el 37% no lo hacen en forma adecuada.

II,- Otra causa puede ser porque no se presiona en forma suficiente los ladrillos sobre la cama de mortero durante el asentado. El 30% no lo hace en forma adecuada. Por suficiente se entiende que luego de acomodada y restregada la

(1) Datos obtenidos en la ejecución de una Urbanización que estaba dividida en 6 zonas diferentes y ejecutadas por compañías diferentes - Tesis de Carlos Chiriboga.

pieza sobre la cama de mortero, se le dá pequeños golpes con el mango del badilejo o plancha.

III.- Por un amarre defectuoso. De las observaciones realizadas se ha obtenido que hay un buen amarre en un 64.7%, regular en 31.1% y deficiente en 4.2%. Los muros con amarres defectuosos han sufrido fracturas en la dirección de las juntas verticales.

IV.- Considerando el procedimiento de construcción usual en nuestro medio de rellenar las juntas verticales después de asentar un tramo de ladrillos de una hilada, el relleno de las juntas verticales resulta ser uno de los aspectos más importantes de la ejecución, pues al no existir o crearse eficaz unión o monolitismo entre las unidades por medio del mortero, las juntas verticales mal rellenas son zonas que han fallado por efecto del sismo. Ensayos realizados para estudiar el efecto de las juntas verticales nos indican que la resistencia disminuye drásticamente por la concentración de esfuerzos que se introducen en las juntas horizontales. De las observaciones realizadas se ha obtenido que hay un buen relleno en el 70%, regular en 21.2% y deficiente en 8.2%.

V.- Otra causa de la falla puede ser la referente a la calidad del mortero. En obra se emplea la dosificación por volumen, por medio de carretillas y esta encargada a un trabajador (o grupo de trabajadores) experimentado que efectúa esta dosificación en seco para posteriormente repartirla a las bateas de los albañiles. Como se observará las medidas en las carretillas no son lo suficientemente afinadas y además las cantidades dependen de la densi-

dad aparente de la arena que son afectadas por condiciones de compactación y humedad; y al hacer la dosificación del agua no se aplica un control riguroso en la calidad como en el volumen. Siendo la relación agua-cemento determinante de la resistencia final del mortero, debe ser celosamente controlada.

VI.- Los espesores de las juntas en el asentado, si bien muchas veces guardan simetría, estas no se ajustan a lo que estipula el Reglamento Nacional de Construcciones al fijar que estas deben ser de 1 a 1.5 cm. Sin embargo, en la práctica se encuentra espesores disimiles, tal como la muestra el siguiente cuadro estadístico.

| Espesores en cm. | N° | Frecuencia (%) |
|------------------|----|----------------|
| 0.6 - 1.1        | 2  | 1.4            |
| 1.2 - 1.7        | 26 | 17.4           |
| 1.8 - 2.3        | 54 | 36.0           |
| 2.4 - 2.9        | 48 | 32.0           |
| 3.0 - 3.5        | 18 | 12.3           |
| 3.6 - 4.1        | 2  | 1.4            |

Los valores extremos son 0.6 y 4.1 cm., en una amplitud de 3.5 cm.

La mayor frecuencia 68% corresponde a espesores de 1.8 a 2.9 cm.

Hay 60% aproximadamente de espesores mayores de 2 cm. Esta -  
distícticamente se obtiene que solo el 4.1% corresponde a espesores -  
menores de 1.5 cm. y el 14% a espesores mayores que 3 cm.

4.- Numerosos vanos no son convenientemente reforzados por dinte-  
les o columnas; en otros casos el empotramiento de los mismos es  
muy reducido haciendo que las cargas no se repartan uniformemente,  
lo cual origina un fácil agrietamiento.

5.- La carpintería metálica o de madera que enmarca vidrios, por  
lo general no está bien diseñada, la colocación no está hecha co-  
rrectamente, si bien hay una correcta fijación carece la flexibili-  
dad suficiente para permitir que la deformación impuesta a los va-  
nos por los empujes laterales se trasmiten al vidrio por encima de  
su límite de resistencia a la deformación (salvo en el caso que el  
vidrio lleve armadura que asegure que al romperse quedará fractura-  
do en su vano).

En ventanas rígidas esto se logra disminuyendo el tamaño de  
la pieza de vidrio. Donde los paños de vidrios son grandes se re-  
querirá ventanas de sistemas flexibles que permitan la deforma-  
ción del vano sin afectar el vidrio.

6.- Por último se dirá que los anchos de los pasajes y escale-  
ras no cumplen con las especificaciones mínimas que estipula el  
Reglamento Nacional de Construcciones; haciendo que la evacuación  
de las edificaciones sea problemática. Así se tiene en aquellas  
viviendas multifamiliares, los pasajes y escalareas tienen un an

cho que escasamente llega al metro. El R.N. de C. fija 1.20 m. como mínimo.

e.- Por un deficiente estudio del suelo.-

Para lograr un mejor conocimiento sobre el comportamiento dinámico de una estructura, es el suelo un factor primordial para el análisis de la respuesta estructural frente a la sollicitación sísmica.

Es en base a lo que se ha observado, que la zonificación del suelo de Lima se hace de imperiosa necesidad para lograr de esta forma la categorización de los diferentes suelos, en base a la cual nos fijará que suelos son aptos para la construcción y cuales no, planteando soluciones en cada caso. El análisis de los suelos se basará antes que en su capacidad portante, será sobre su comportamiento dinámico.

Al hacer un análisis dinámico del suelo, este nos podría fijar limitaciones para determinarnos zonas en los que se podría construir una, dos o más plantas; dependiendo en cada caso del comportamiento del suelo frente a un sismo destructor tipo, de magnitud considerable.

Gran cantidad de fallas se han debido por una mala estabilidad del suelo, lo cual da como resultado que en un sismo de largo y permanente movimiento de la superficie del suelo, se asocia con la distorsión de la estructura.

Es por esta razón que se debe hacer un análisis dinámico del suelo, principalmente en aquellos que son formados por depósitos aluvionales blandos.

Es de amplio conocimiento que actualmente las cimentaciones - en Ingeniería están inevitablemente relacionadas con la interacción suelo (puede ser roca) y la estructura; en la que la cimentación - y la formación geológica contigua soporta todo o parte de la carga móvil, así como la superestructura del edificio, siendo cierto esto cuando las cimentaciones son superficiales. Como se sabe, el suelo como elemento de cimentación es muy variable en cuanto a su comportamiento; de allí que es muy complejo el diseño; así se tienen suelos con diferentes estados no homogéneos, pasando en cortas distancias de rocas a relleno aluvial (poco o bien consolidado), a suelo blanco o viceversa, a su vez la disposición del subsuelo es por capas las cuales no son necesariamente horizontales, presentando características diferentes en caso de ser activadas por un sismo. Hay que tener en cuenta el factor de que después de un movimiento sísmico las diferentes propiedades de los suelos varían, tal como el módulo de elasticidad, estático y el dinámico, el módulo de Poisson, el coeficiente de fricción interna, la cohesión, el coeficiente de compresibilidad.

Los estudios realizados por misiones técnicas japonesas, y francesas en la Ciudad de Chimbote después de ocurrido el sismo que devastó la zona en 1970, se determinó que los factores que afectan el período predominante de vibración de los suelos depende

de las propiedades de los suelos, espesor de sus capas y las condiciones de borde. Por ejemplo cuando los espesores de las capas del suelo difiere, el período del primer modo es menor para las capas delgadas que para las gruesas.

Al analizar la interacción dinámica del suelo y la estructura, se le puede ver desde dos puntos de vista:

- 1) La amplificación,
- 2) Interacción propiamente dicha.

La amplificación se refiere al efecto de las capas del suelo sobre los efectos sísmicos antes de llegar al edificio, en efecto este fenómeno tiende a propagarse de la roca a través del suelo hasta llegar a la superficie, el resultado de dicho movimiento en la superficie es afectado por las propiedades del suelo y es verdaderamente diferente del movimiento de otra onda, la cual no se desplaza en una roca firme. Mientras que la interacción se refiere al efecto de la presencia de una edificación sobre el suelo ocasionando en ambos la interacción por la presencia de las ondas sísmicas.

Para llevar adelante la investigación sobre la interacción suelo-estructura se propone el siguiente programa general:

- 1.- Estudio geológico, geomorfológico, geodinámico y geohidrológico de la zona en estudio; planteando los modelos físicos y matemáticos cuando sean necesarios.

2.- Estudio de la dinámica de suelos (o rocas), analizando sus propiedades físico-mecánicas y comportamiento de los suelos ante efectos dinámicos, sismos, vibraciones, impactos, etc., realizando:

- I.- Programa y ensayos de campo,
- II.- Pruebas dinámicas de laboratorio.

3.- Estudio de la regionalización y microzonificación sísmica mediante:

- I.- A través de las características de los suelos (estudio geotécnico),
- II.- A base de instrumentación acompañados con estudios geotécnicos,
- III.- A través de la evaluación de daños.

Los métodos a escoger para este estudio estarán en función :

- a) De la importancia del proyecto,
- b) De la disponibilidad técnica y económica que exista.

#### 4.04 ANALISIS ESPECIFICO DE DAÑOS EN:

##### a.- En los tanques elevados.-

La mayoría de edificaciones del distrito tiene tanques elevados y sus dimensiones dependen de la amplitud de cada edificación y de la cantidad de habitantes que posee aquella. Estos tanques

han fallado en forma general por corte (esfuerzo cortante puro, o por esfuerzo de corte por torsión), siendo la falla más notoria por un deficiente cálculo estructural o por una deficiente concepción estructural de la misma.

Los tanques elevados que tienen por soporte cuatro columnas de reducidas dimensiones, posibilidad que es muy común; han fallado por corte en la parte superior e inferior de las columnas.

Aquellos tanques elevados, en los cuales dos de sus columnas han sido empotradas desde la parte superior a la parte inferior por un muro de ladrillos, las otras dos columnas han fallado por esfuerzo de corte por torsión. Lo cual ha incidido también, a la vez, en los nudos de las otras dos columnas empotradas.

Los tanques elevados en las que las cuatro columnas han sido empotradas (arriostradas), las fallas si bien se han presentado por medio de fisuras, no revisten mayor gravedad. De igual manera se puede afirmar de aquellos tanques que están a un nivel de 50 cm. como máximo por encima de la azotea, o están asentados sobre la misma.

Las columnas cortas que se han presentado numerosas veces por esquemas constructivos en los tanques elevados por un empotramiento de las columnas hasta la parte media o hasta las dos terceras partes de la misma; han originado fallas más graves que la anteriores, en las que por la acción de las "ondas sísmicas" la fuerza

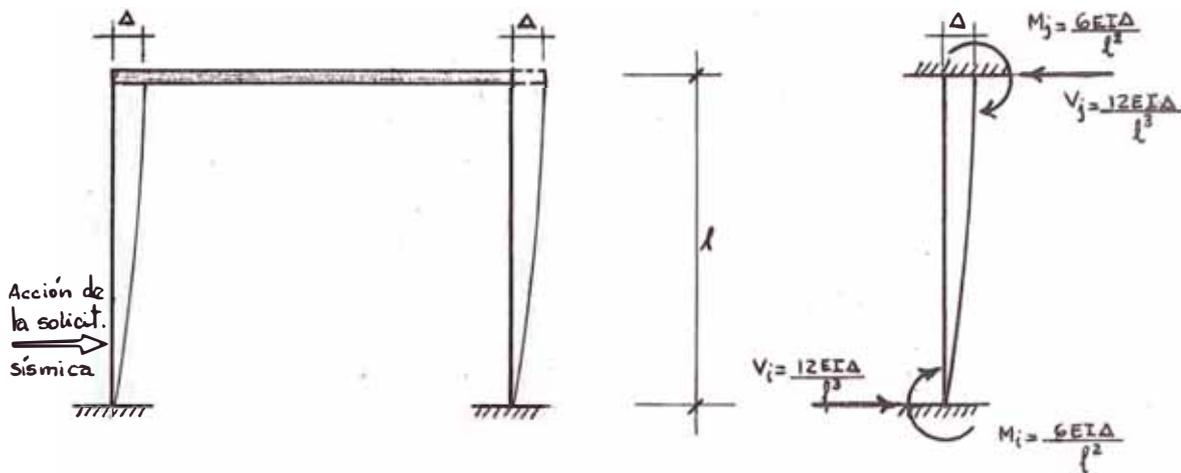
cortante se ha incrementado grandemente.

En forma general se podría decir que mientras la edificación es más alta y su base de sustentación se mantiene reducida, hay mayor acción de la fuerza cortante por efecto de las ondas sísmicas, en la parte superior y por ende en los tanques elevados, por lo cual se debe tener en cuenta escrupulosamente la especificación de las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico, cuando fijó que el 20% del peso de todos los elementos situados encima del plano del último techo, se considera que actúan horizontalmente en la parte alta del edificio.

b.- En las "columnas cortas".-

Se denomina "columna corta" aquella en la que su longitud inicial se reduce por acción de empotramiento (arriostramiento), en parte de ella (  $1/3$ ,  $1/2$ ,  $2/3$ , etc.). Las columnas cortas se pueden presentar al formarse el marco de una ventana o en los tanques elevados. Situación en la que al sufrir la columna solicitaciones horizontales por acción sísmica, falla por la acción cortante de dichas fuerzas, esta falla es común encontrarla en los locales escolares de concreto armado del distrito, principalmente las aporti cadas; en la Unidad Vecinal, en los locales industriales y en los tanques elevados.

Analíticamente se tendrá:



Los momentos de empotramiento debidos a un desplazamiento relativo del extremo son:

$$M_i = \frac{6EI\Delta}{l^2}$$

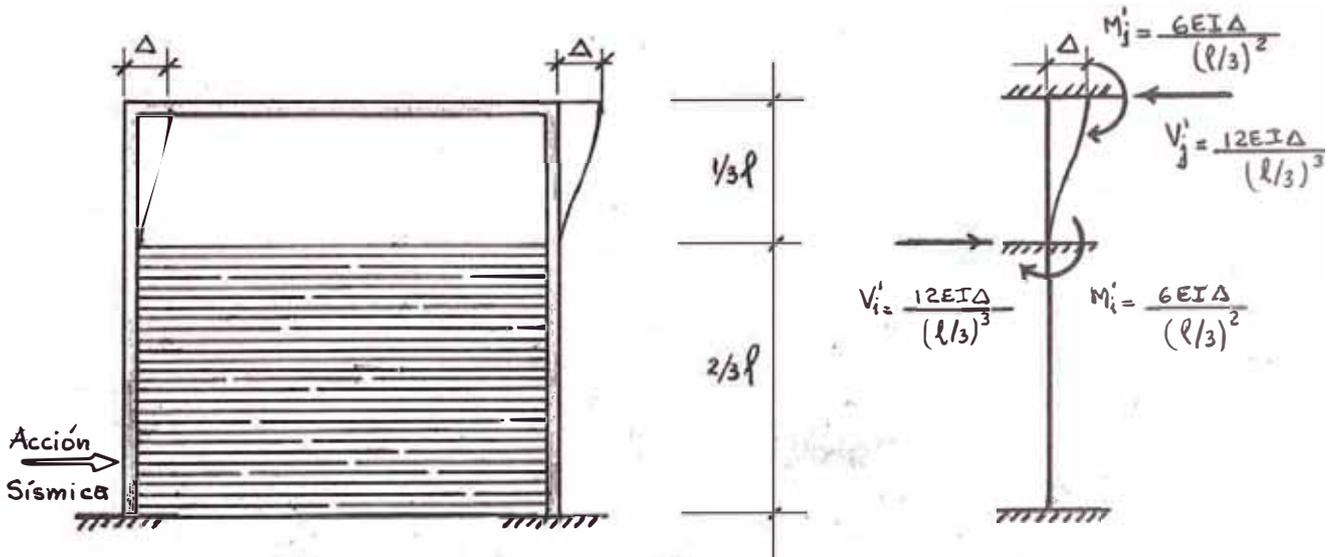
$$V_i = -\frac{12EI\Delta}{l^3}$$

las cortantes serán:

$$M_j = \frac{6EI\Delta}{l^2}$$

$$V_j = \frac{12EI\Delta}{l^3}$$

Si esta columna que originalmente ha sido calculada para esta longitud (1), por motivos anteriormente expuestos sufre un empotramiento hasta sus dos terceras partes por un muro, origina un incremento de la acción cortante no previsto. Se tiene así:



De donde:

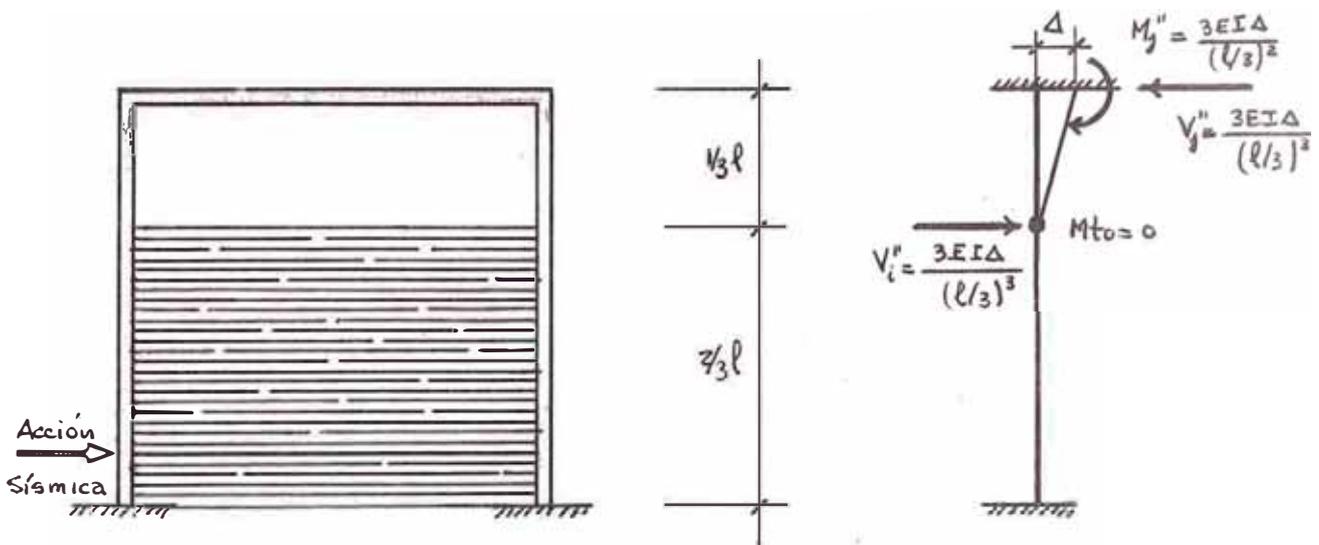
$$V_i' = \frac{12EI\Delta}{(l/3)^3} = 27 \left( \frac{12EI\Delta}{l^3} \right) = 27 V_i$$

La cortante original, al presentarse el empotramiento se ha incrementado en 27 veces, situación para la que no ha sido calculada.

Para aumentar la resistencia podemos proceder de las siguientes tres maneras:

- 1) Aumentando la sección de las columnas e incrementando los eslabos de tal manera que puedan absorber todo el cortante adicional que originaría una sollicitación por acción sísmica, el cálculo dependerá en cada caso de la naturaleza de la columna y su grado de arriostramiento.
- 2) Haciendo articulaciones antes del empotramiento.

Tomando el ejemplo del caso anterior, se tendrá:



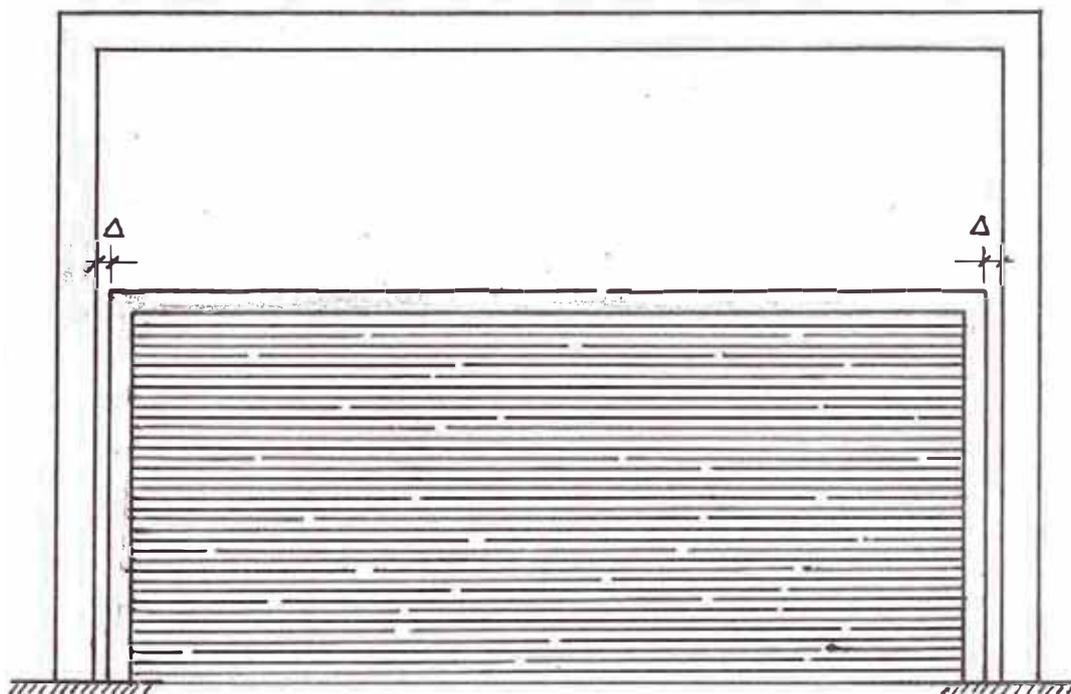
De donde:

$$V_i'' = \frac{3EI\Delta}{(l/3)^3} = 27 \left( \frac{3EI\Delta}{l^3} \right) = \frac{27}{4} \left( \frac{12EI\Delta}{l^3} \right) = 6.75 V_i$$

$$V_i'' = 6.75 V_i$$

Al introducir la articulación, la cortante "solo" se incrementa en 6.75 veces, que es sensiblemente menor que en el caso anterior.

- 3) Se puede evitar el incremento de la cortante, tratando de evitar el empotramiento (arriostamiento); por medio de una separación entre las columnas y el muro interno. Esta separación del muro se puede hacer colocando al contorno de él dos pequeñas columnas de amarre con una viga solera en la parte superior.



La separación  $\Delta$  puede ser calculada o se tomará en función de las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico que fija una separación de 3 cm. para una altura de hasta 5 metros; en nuestro caso bien se podría optimizar esta separación y disminuirla en forma conveniente.

c.- En la Fábrica Industrias Pacocha S.A. y el Block 47 de la Unidad Vecinal,-

c1. En la fábrica Industrias Pacocha S.A.:

El pabellón que más ha sufrido daños de este local industrial, es aquel que su primer piso fué construído en 1948 como una ampliación del local viejo, este primer piso en sus inicios fué

un laboratorio, actualmente sirve para depósito. Es en el año de 1971 que se construyó sobre esta edificación dos plantas más, de las cuales la segunda planta fue diseñada para el Departamento de Contabilidad y Ventas y la tercera para oficinas diversas y depósito. La edificación es aporricada, teniendo pórticos continuos de tres tramos cuyas columnas son de 3.00 metros de altura y de una sección de .40 x .40 m. que tiene 4 fierros de 3/4 sin corrugar, las vigas son de 4.70 metros de luz cuya sección es de .40 x .50 m. Los pórticos van cada 4.1 metros y el arriostamiento entre ellos se ha comportado bien. La falla principal está centrada por el fisuramiento que presentan algunas columnas de la primera planta. y esta se ha debido por la extremada rigidez de la segunda y tercera planta con referencia a la primera que tiene gran ductilidad. Esto se debe a que en la primera planta la tabiquería es mínima, - en comparación a la segunda y tercera planta donde es mucho mayor. Por la gran cantidad de oficinas que están divididas por muros tabiques que han rigidizado la estructura, y a la vez aquí se concentra mayormente la masa de la edificación. Esto también ha originado un desplome de la segunda y tercera planta con referencia a la primera, aquí se ve claramente la junta constructiva mal concebida la cual está en forma lisa, donde todo el esfuerzo lateral de corte lo han soportado los 4 fierros de 3/4 sin corrugar, los cuales tenían un estribaje inadecuado.

También se observan fallas por la presencia de columnas cortas y daños secundarios como fisuras y grietas en la tabiquería.

c2. En el Block N° 47 de la Unidad Vecinal:

En líneas generales, el suelo del Distrito del Rimac es adecuado para la construcción, pero sin embargo se ve que en una misma área dos edificaciones construídas en igualdad de condiciones, una ha sufrido más fallas que la otra, esta situación se presenta en los blocks de la Unidad Vecinal del distrito. Al hacer una investigación preliminar se ha llegado a la conclusión que en ciertos lugares del suelo de esta área hay sectores lenticulares de relleno, lugares donde se amplifican las ondas sísmicas. Es en uno de estos lugares sobre el que se encuentra el block N° 47, edificación en la que hay una gran variedad de fallas causadas por la sollicitación sísmica que van desde el índole constructivo hasta el estructural.

En las fallas de origen constructivo se observa el deficiente amarre que tiene el tabique con el elemento estructural (pórtico), ya que el contorno del marco estructural son muy visibles las grietas. Otro tipo de fallas en los tabiques se deben en primer lugar a la calidad del mortero que se desmorona fácilmente, denotando una pobre dosificación de cemento; agravándose esta situación cuando las juntas constructivas del ladrillo llegan a espesores de 3.5 cm.

En el campo estructural las fallas se han debido primordialmente por carecer de una estructuración adecuada, presentando una primera planta con una gran densidad de muros que la rigidizan perfectamente en contraposición con la segunda y tercera planta donde la densidad de muros disminuye bruscamente por el hecho de

que cada uno de los departamentos ocupa estas dos plantas.

Las columnas han fallado cerca a la base de la segunda planta, presentando fisuras, también se presentan fallas por la presencia de las llamadas "columnas cortas".

En general la sollicitación sísmica ha hecho fallar los elementos estructuras por esfuerzos de corte y por esfuerzos de corte por torsión.



Foto 1

Las viviendas de adobe en el distrito son las que más daños han tenido, observándose en ésta, un precario estado de conservación del sobrecimiento y falla por tracción diagonal (Av. Fco. Pizarro).

Foto 2

Presenta desplome hacia la parte exterior, por carecer de una viga collar de arriostre y tener altura excesiva.

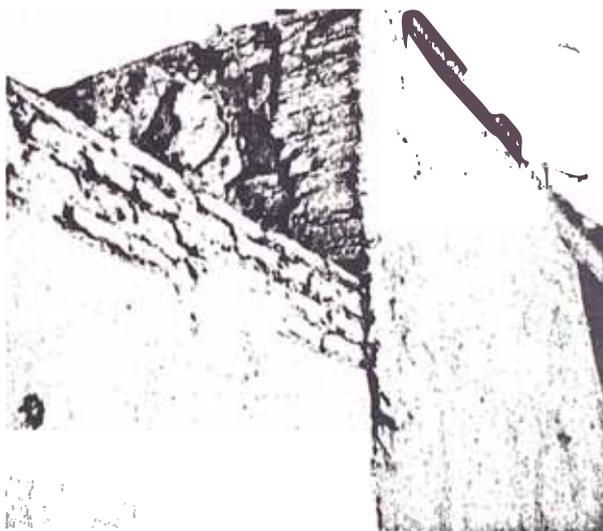


Foto 3

Las fallas se concentran en las esquinas de las edificaciones, por ser los sectores que resisten mayor carga sísmica.

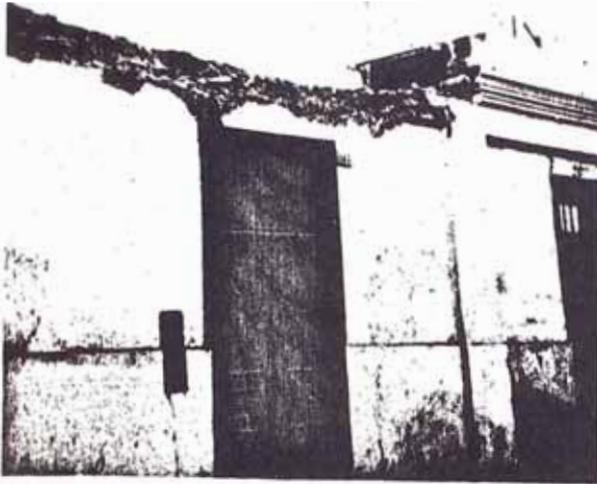


Foto 4

Se observa colapso de la cornisa de adorno, ésta al no estar anclada en forma efectiva a la estructura, cae frente a un sismo destructor...

Foto 5

... agravándose esta situación cuando presenta desplome frontal.

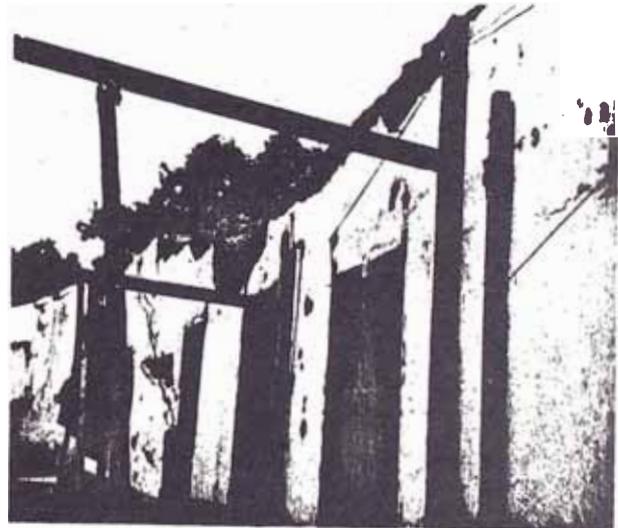


Foto 6

Los muros transversales al no ser solidarios con los muros exteriores, fallan por impacto (observe-se el hueco).

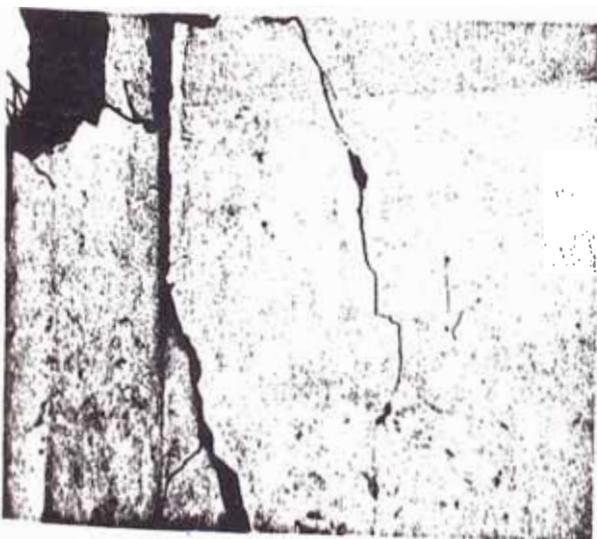


Foto 7

Los locales religiosos, por su antigüedad y mala conservación, han sufrido gran número de fallas (Iglesia San Lázaro).

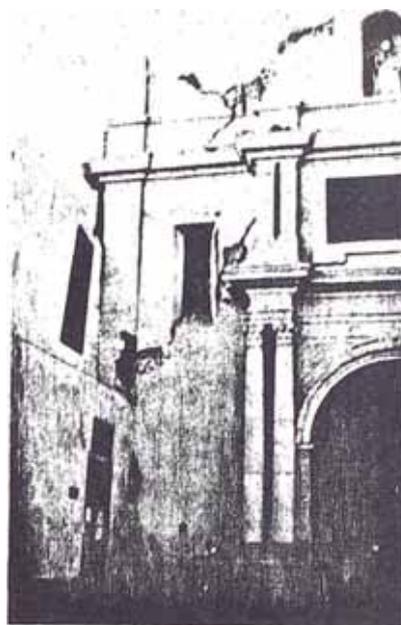


Foto 8

Los balcones, actualmente se encuentran en precaria situación - por los efectos del sismo y el intemperismo...

Foto 9

... estos balcones se pueden observar en la quinta cuadra del Jr. Trujillo.



Foto 10

Fractura, hundimiento del sobrecimiento, por la excesiva humedad y por acción sísmica (Jr. Cajamarca, 3ra. cuadra).

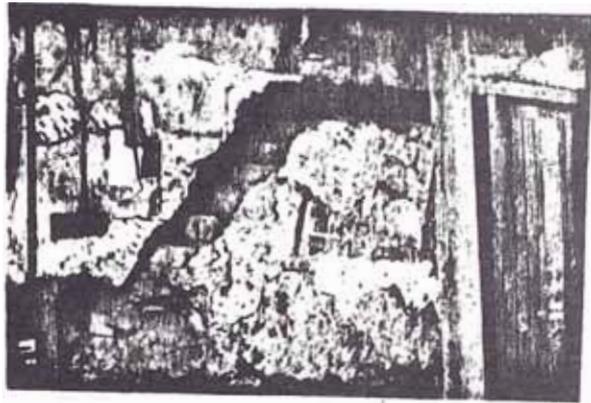


Foto 11

Las viviendas que se encontraban en la esquina de los Jirones Chiclayo y Cajamarca, han colapsado completamente...



Foto 12

... Se observa claramente que la resistencia de las viviendas aledañas, han quedado seriamente dañadas.

Foto 13

Obsérvese aquí, desplome de los muros de adobe y ladrillo que es tñ precariamente sostenidos, (Jr. Trujillo, 6ta. cuadra).



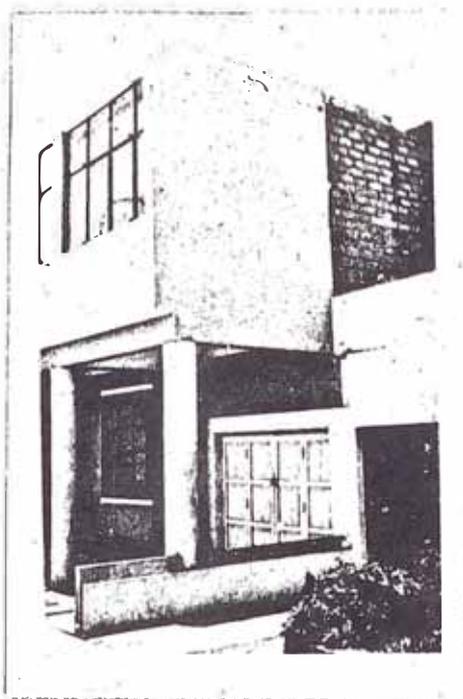


Foto 14

Falla por impacto.

Foto 15

Falla por impacto. Barrio Obre  
ro del Rimac.

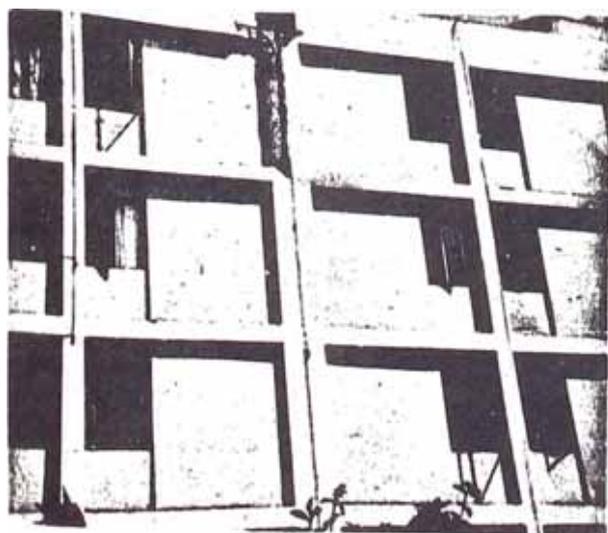
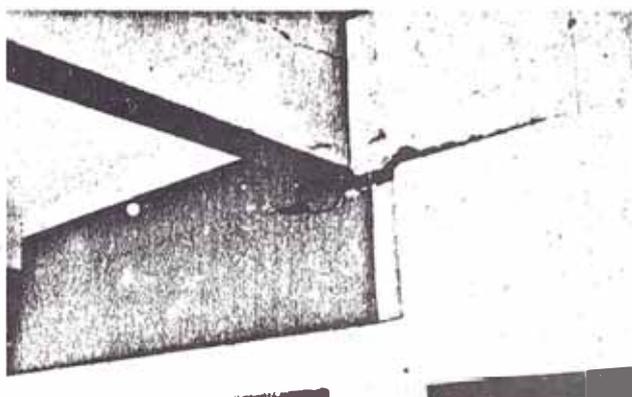


Foto 16

Al carecer de una adecuada junta  
de construcción antisísmica, fa  
lla por impacto (Unidad Vecinal).

Foto 17

La tabiquería ha fallado, observándose grietas en el contorno del marco estructural (Unidad Vecinal).

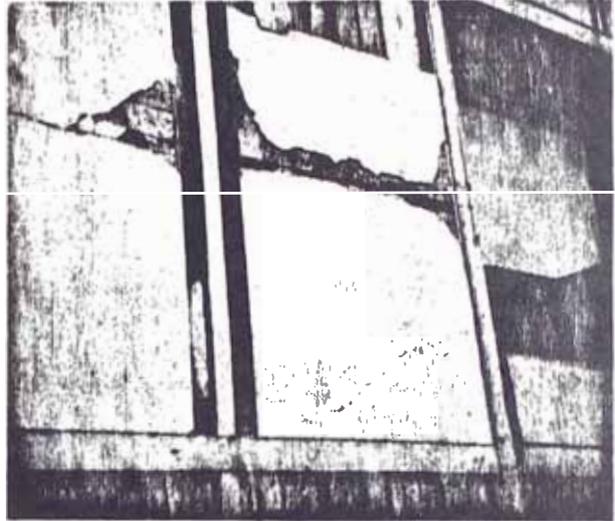


Foto 18

Las columnas de los pórticos han fallado por corte, obsérvese la fisuración (Unidad Vecinal).

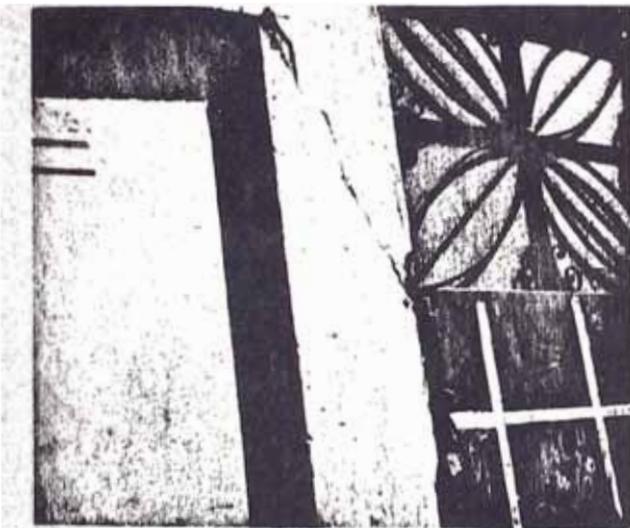


Foto 19

Agrietamiento de la columna por acción cortante.

(Block 47 U.V.)

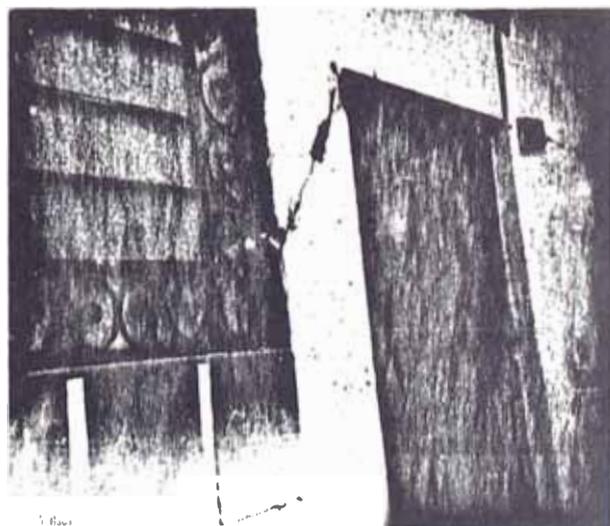


Foto 20

Falla por tracción diagonal.  
La edificación carece de co-  
lumnas de amarre.

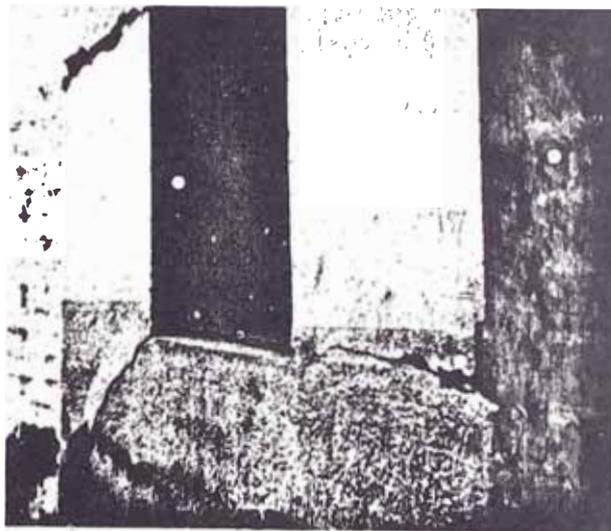


Foto 21

Se observa de igual modo, falla  
por tracción diagonal en la se-  
gunda planta...

Foto 22

... análogamente por carecer  
de columnas de refuerzo, se  
ha originado una fractura.





Foto 23

Fallas múltiples, al carecer la vivienda de columnas de refuerzo y de una adecuada estructuración (Av. Amancaes)

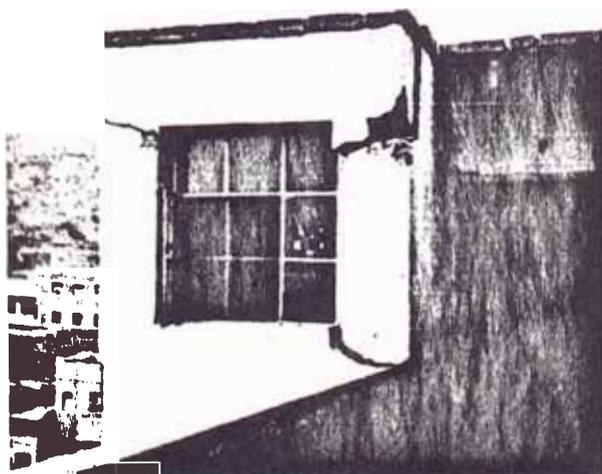
Foto 24

La misma vivienda. Actualmente está siendo demolida.



Foto 25

Falla por tracción diagonal en una habitación que se encuentra en la cuarta planta (Urb. Ciudad y Campo)



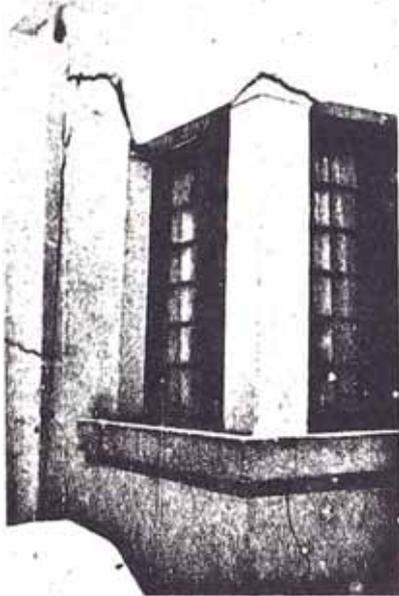


Foto 26

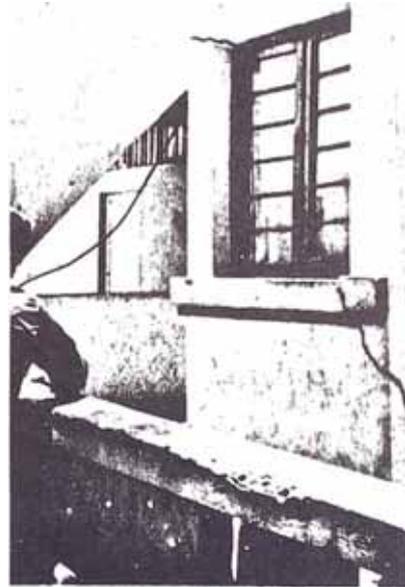


Foto 27

Fallas por asentamientos diferenciales del terreno. Obsérvese que las grietas anteriormente ya fueron tarrajeadas y por acción de este sismo se han vuelto a presentar.

Foto 28

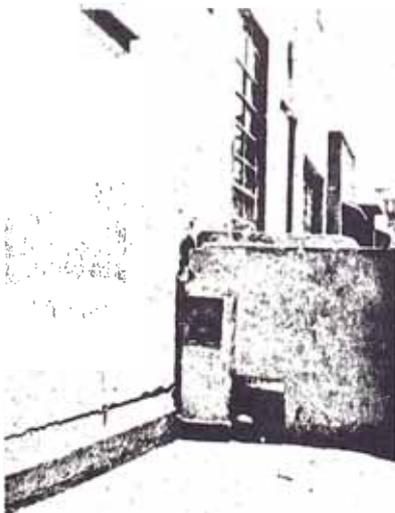


Foto 29



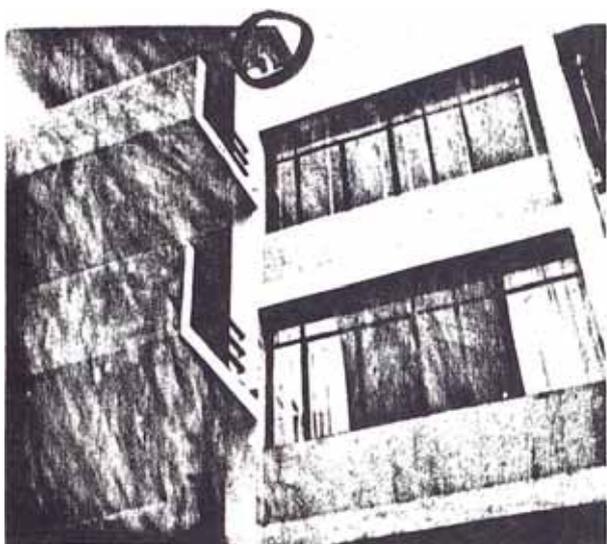


Foto 30

Cubertura de concreto armado, soportada por dos columnas y un muro con refuerzo...

Foto 31

... Por acción del último sismo, han fallado las columnas circulares por esfuerzo de corte por torsión.

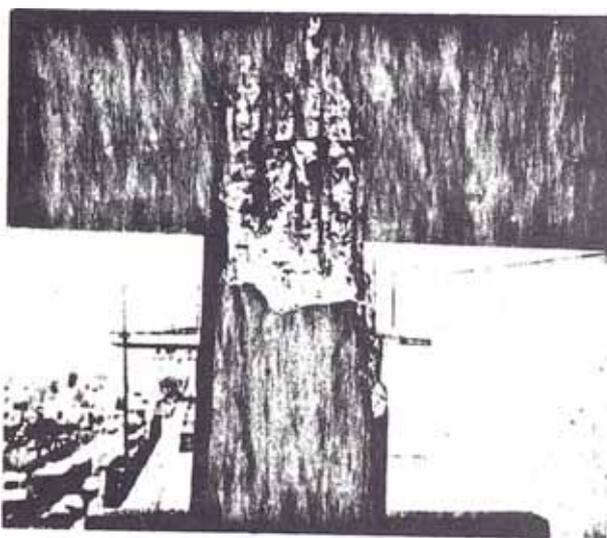
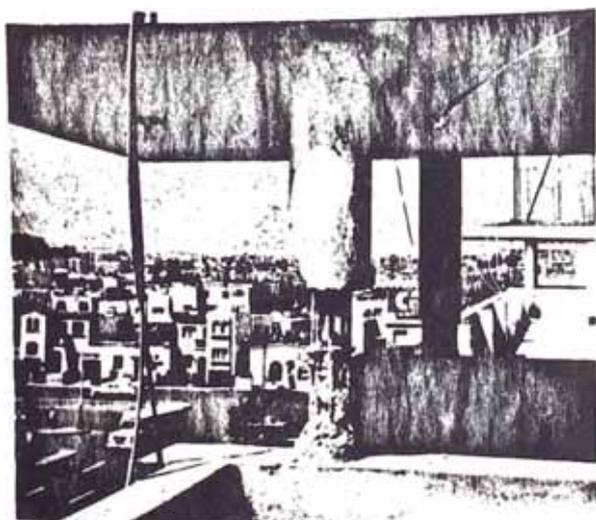


Foto 32

Obsérvese que el estribaje es casi nulo (Unidad Vecinal, Av. Tarapacá)



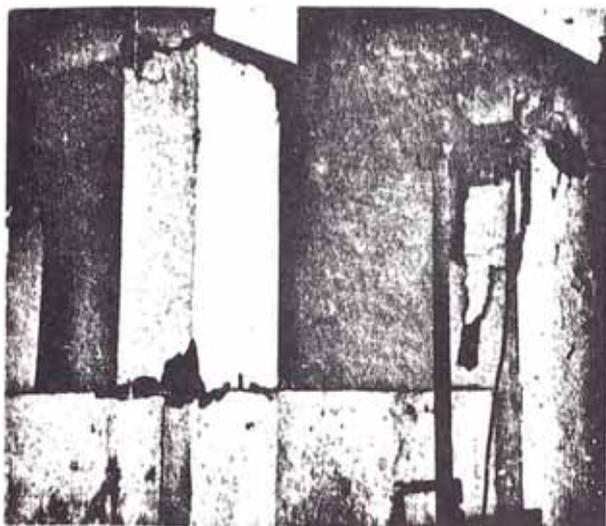


Foto 33

Los tanques elevados en el distrito del Rimac, por lo general, ha fallado por deficiencia en el análisis estructural de los mismos.

Foto 34

Los esfuerzos de corte de gran magnitud, que se presentan en la parte superior e inferior de las columnas de soporte unida al mal confinamiento, constituye la principal causa de las fallas.

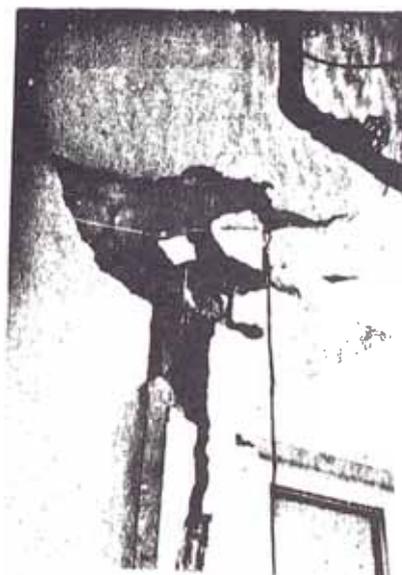


Foto 35

Falla por esfuerzo de corte por torsión en un tanque elevado.

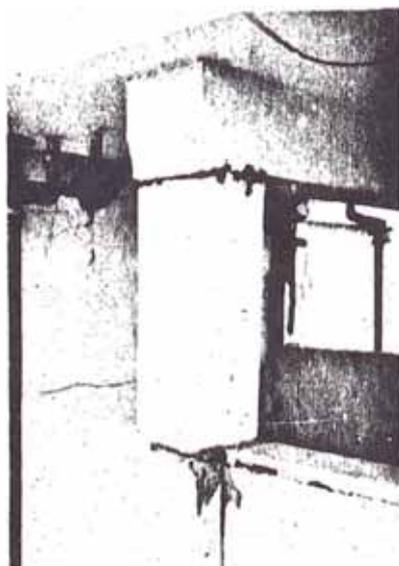


Foto 36

Desplome de la segunda y tercera planta con referencia a la primera (Fab. Industrias Pacocha S.A.)

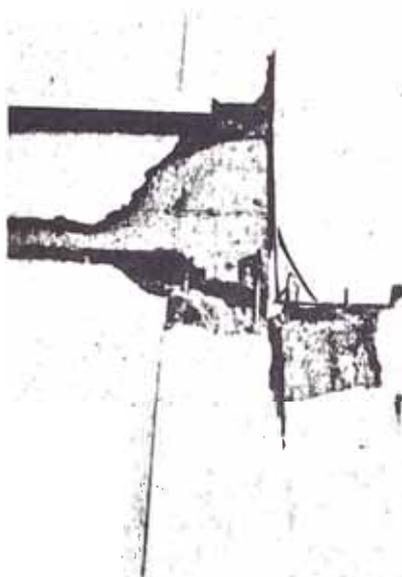


Foto 37

El esfuerzo cortante ha sido absorbido solo por los cuatro fierros de refuerzo; carece de una adecuada junta constructiva y de estribos.

Foto 38

La viga del pórtico, ha fallado en el nudo, por corte.



Foto 39

La reparación de la primera planta, cuya segunda está en estado ruinoso, no se justifica, por razones obvias.

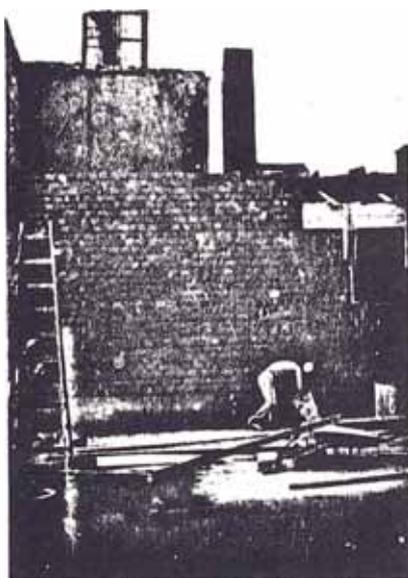
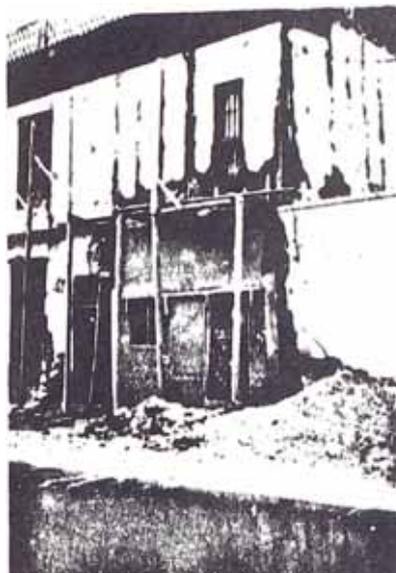
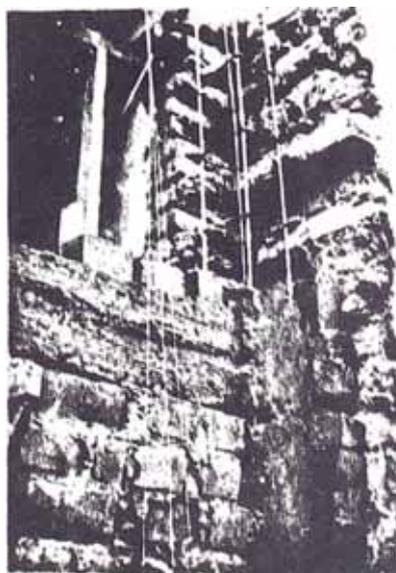


Foto 40

Obsérvese este muro de 3.50 metros de altura, sin refuerzos verticales ni horizontales, en tareas de reconstrucción.

Foto 41

Este muro si bien tiene refuerzos horizontales y verticales, éstos no están solidarios con el muro.



## CAPITULO V

### ASPECTOS TECNICOS EN LA REPARACION DE EDIFICACIONES EN GENERAL

#### 5.01 GENERALIDADES:

El riesgo sísmico de una edificación en nuestro país es fundamentalmente alto, por el peligro latente de que en cualquier momento pueda ocurrir un evento sísmico destructor, lo cual origina cuantiosas pérdidas tanto materiales como humanas y además, hay que canalizar ingentes partidas presupuestales en tareas de reconstrucción, lo cual aletarga nuestro desarrollo, agravándose el panorama cuando las necesidades de reconstrucción nos llevan a solicitar préstamos a nivel internacional, lo cual deviene en un endeudamiento crónico que desnivela año a año nuestro presupuesto.

Ante esta situación es necesario reorientar a nivel profesional y público, la educación técnico-económica en la construcción y hacer conciencia de la gravedad de esta disyuntiva, si es que se obvia estas enseñanzas. Por tanto es imperativo dar lineamientos generales con los cuales se puede aminorar el riesgo sísmico. Se puede plantear que en las viviendas y edificaciones en general, primordialmente aquellas de altos valores socio-económicos tales como centros de emergencia, hospitales y otras que por ser vitales deben soportar desastres, se debe hacer en ellas un examen exhaustivo a la luz de los nuevos conocimientos y en base a los efectos dañinos de este último sismo y sismos anteriores. El examen

se centralizará en el efecto sismo-resistente de las edificaciones para plantear así las alternativas de solución, donde el costo juega un papel preponderante, el cual nos definirá si es factible reparar la edificación, o se optará por la demolición tanto parcial o total.

Reparar una edificación requiere experiencia y práctica, y estas se obtienen en base a las vivencias de Ingenieros y Técnicos - expertos en Ingeniería Antisísmica, tanto nacionales como extranjeros.

Este último acápite se desarrolla a continuación, recalcando que la puesta en práctica de éste ha sido casi nulo en los sismos anteriores (salvo en las reparaciones de Chimbote). En este último sismo la reparación de viviendas con criterio ingenierial ha sido ínfima en el distrito del Rimac -motivo de nuestra investigación- se observa que ésta se lleva a cabo con una desorganización total y cada propietario lo hace con el criterio que le dá su buen entender y que por lo general no es el adecuado. Toda reparación debe ejecutarse con la dirección técnica de personal idóneo y cabalmente capacitado para tan delicada operación.

#### 5.02 TRABAJOS PRELIMINARES:

En situaciones de emergencia y en aquéllas posteriores a las mismas, la evaluación de los daños en edificaciones son particularmente necesarias, gracias a élllo se observará cuales son recuperables y cuales no lo son, en forma inmediata, y a su vez se analizará si la reparación es económicamente factible. Por medio de los

daños, escombros, etc., se procurará identificar muchos riesgos claramente inducidos por el sismo. Desde que el fortalecimiento y la reparación de las edificaciones es muy costosa, se procurará que éstos sean evaluados en forma minuciosa, para hacer posteriormente el diseño (rediseño) en la forma que corresponda,

Antes de encarar la tarea de reparación de viviendas será necesario ponerse en contacto con ingenieros especialistas, organismos de gobierno especializados y otros, con experiencia en la inspección de daños, trabajos de demolición y en tareas de reconstrucción de desastres, y luego se plantearán los planes a seguir después de ocurrido el sismo y la posterior reconstrucción de la ciudad desbastada.

La inspección y su posterior reconstrucción de los daños de edificaciones está generalmente basada en un programa que a continuación se especifica:

- 1.- Se efectuará la inmediata inspección por un personal adecuado, dirigido por una Comisión Técnica, para determinar cuáles edificaciones están en estado precario y por tanto son peligrosas, y si es así, hacer desocupar a sus habitantes.
- 2.- En las edificaciones dudosas se llevará a efecto una revisión por medio de ingenieros especialistas, provenientes de organismos estatales o privados, de los daños (fisuras, grietas, huecos, etc. ) y también se verificará sus diferentes instalaciones.

- 3.- Al llevarse a efecto la reparación de la edificación, estará bajo la supervigilancia de un ingeniero consultor, el cual presentará un informe a los organismos competentes, cuando la edificación haya sido completamente reparada.
- 4.- Revisión del proyecto e inspección en el terreno del trabajo de reconstrucción.

Declarar que una edificación debe ser desalojada, por inspectores, requiere de una reinspección por ingenieros estructuralistas, para determinar la exactitud de la decisión inicial. Durante el período de emergencia la principal pregunta es si el edificio es seguro o no, para su ocupación. La decisión se basará generalmente en una inspección rápida del edificio y su juzgamiento inmediato, si el edificio es adecuado para resistir cargas verticales y fuerzas laterales, que pueden ocurrir antes de hacer el trabajo de reparación.

Después del período de emergencia, cuando haya tiempo para efectuar una completa evaluación de los daños, el procedimiento de evaluación varía según:

- 1.- El tipo de construcción de la obra,
- 2.- El grado y la causa del daño,
- 3.- El criterio que emplearán los ingenieros para hacer el trabajo requerido.

Los ingenieros estructurales que tienen experiencia en diseñar edificaciones antisísmicas y que han hecho, ya sea inspección de daños o leído informaciones de daños causados por desastres, saben donde buscar el daño y cómo repararlo. Ningún aspecto de la ingeniería estructural prueba la habilidad del ingeniero estructural en la que le permite la preparación de un diseño para el apuntalamiento, fortificaciones temporales o las fortificaciones permanentes de una edificación dañada.

Cuando un sismo destructor actúa sobre una ciudad, después que ha pasado el período de emergencia, la primera tarea de la comunidad es restaurar sus viviendas y edificaciones en general (obviamente también su economía). Las obras deben ser reparadas y puestas a servicio tan pronto como sea posible, dejando de lado las sutilezas de diseño, en aras de una seguridad inmediata.

Infinidad de veces, las obras han sido rehabilitadas mediante "remiendo y pintura" como una vía de salida para disimular la evidencia del daño, lo cual hace imposible o dificulta la investigación debida para la gradación de las fallas en las edificaciones.

Es necesario tener presente que hay dos categorías de fallas bien marcadas:

- 1.- Fallas no causadas en las estructuras: comprende las rajaduras en los enlucidos, muros tabiques fracturados, cielos rasos desprendidos, instalaciones eléctricas caídas y desprendidos.

dimientos de equipos mecánicos. Todo esto es fácilmente reparado y no requiere mayor control salvo en los muros tabique.

2.- **Fallas causadas en las estructuras:** comprende las fallas en los pórticos, vigas, columnas, etc. Este tipo de falla puede no ser evidente sin el cambio del tarrajeo o cielos rasos, el enyesado de protección contra el fuego, y otros acabados que pueden esconder las fallas estructurales. Esto requiere de un buen ingeniero estructural que dictamine el cambio de los materiales de acabado (por medio del "picado"), así el pueda hacer una examen concienzudo de la evidencia de las fallas de la estructura. Será necesario obtener muestras y someterlas al ensayo de materiales para establecer la consistencia del concreto o la mampostería y hacer también ensayos de muestras para garantizar la solidez del reforzamiento. Se recomienda este proceso, particularmente, cuando el ingeniero no ha diseñado el edificio en su origen y por tanto las especificaciones no están a su alcance. Sin haber trazado el plano original, el ingeniero debe confiar en su conocimiento práctico de construcciones anteriores, así como también en su evaluación ingenieril sobre lo que representa la reconstrucción de una edificación.

### 5.03 PROCESO A SEGUIR EN LA REPARACION DE VIVIENDAS:

#### Extensión de la rehabilitación y reconstrucción.-

Una de las cuestiones más difíciles de deliberar es hasta qué nivel se debe reparar una edificación. Si ésta se ha desplomado no hay ningún problema; si la edificación está seriamente dañada,

no hay ningún código de construcción que especifique, que se va hacer para su rehabilitación, y aún más, qué nivel debe emplear el ingeniero para hacer sus diseños de reparación.

Al respecto hay 5 posibilidades a seguir:

- 1.- Rehabilitar solamente hasta el punto necesario para proveer estabilidad sometida a cargas verticales.
- 2.- Reconstruir la edificación hasta llegar a su resistencia original. Este es el más alto nivel intentado a reconstruir. El argumento que se emplea para lograr esta resistencia, es tratar de lograr la seguridad que brindaba originalmente la edificación. Aquí, pasa por alto el hecho de que la edificación ha perdido un grado de resistencia difícilmente recuperable y sufrirá daños similares con otros sismos posteriores.
- 3.- Reconstruir los elementos estructurales principales hasta su nivel original de resistencia y reforzar los elementos caídos hasta lograr una resistencia aceptable.
- 4.- Reconstruir hasta lograr la resistencia y seguridad dados por los últimos standards de diseño para antes del sismo destructor. Aquí no estará incluido los nuevos conocimientos que pueden haber sido desarrollado después del sismo.
- 5.- Hacer la reconstrucción al nivel más elevado posible, basado en los nuevos conocimientos revisados de diseño y construcción para después del desastre. Esto puede resultar en alguna demora debido al tiempo que se emplea en procesar y seleccionar los nuevos conocimientos, mientras que los usuarios

rios de las edificaciones presionan a los ingenieros para que culminen el diseño y tener todas las obras rehabilitadas tan pronto como sea posible. Este procedimiento fué puesto en práctica por las autoridades venezolanas mediante standars de diseño provisionales que fueron elaborados posteriormente al sismo, para que sirvieran de guía a los ingenieros responsa-bles de las rehabilitaciones.

#### Métodos de reparación.-

Los métodos de reparación necesariamente, variarán con el tipo de construcción, el tipo de elemento estructural por reparar y el grado del daño. Así se tiene que la reparación de las fractu-ras o grietas de los miembros de concreto armado es más difícil, especialmente si el acero en reparación se ha elongado. Para que un elemento dañado quede en igual forma y en el lugar exacto, será necesario hacer la remoción pertinente del mismo.

Se ha observado que los muros de mampostería de ladrillo sin reforzar no resisten las sollicitaciones sísmicas, por tanto estos muros deben ser reforzados por medio de columnas de concreto armado o en su defecto hacer muros de concreto armado.

El fortalecimiento de una estructura, mediante la añadidura de muros de concreto (para absorber el corte), a menos que están propiamente localizados, puede introducir problemas de torsión, - donde antes no había. En este caso la edificación podría tener un fortalecimiento total más bajo que el que tenía.

Al agregar nuevos armazones laterales o el apuntalamiento para soportar pesos en posición vertical u otros elementos, puede dar lugar a otros problemas de sobrecarga que inciden en las columnas (muros portantes), vigas y en la cimentación; debido precisamente al aumento del "peso muerto" y a las fuerzas que tienden a hacer girar la edificación a partir de las cargas laterales introducidas. Si no existiera ninguna información acerca de los suelos de cimentación, se debe llevar a efecto una investigación para revisar los cimientos del edificio y adecuarlo, si es que fuera factible, a los nuevos sistemas de cimentación.

#### Grado de reparación factible.-

La influencia más importante en el grado de reparación factible es la habilidad de reconstruir la obra de manera que la estructura final tenga un sistema racional para la resistencia de cargas laterales y verticales usando materiales de buena consistencia y conveniente ductilidad.

Los elementos estructurales de concreto altamente dañados, relativamente, pueden ser casi completamente reparados, mediante la introducción de mortero epóxico bajo presión, dentro de las grietas.

La reparación de los elementos estructurales, depende en mayor grado de la calidad técnica con que se trabaja, así como también de la calidad del mortero y del epoxy. Se estima que la presión proporcionada por el mortero epóxico que se inserta entre

los espacios de las resquebrajaduras de los elementos estructurales en reparación es del 80% de la presión inicial, pero el trabajo requiere de una continúa inspección, tratando de controlar la penetración del mortero epóxico.

El inyectar mortero es uno de los métodos usados comúnmente en la reconstrucción de edificaciones dañadas, o como la introducción de costras de cemento. Una de las desventajas de este tipo de reparación es la extrema dificultad de una colocación adecuada en áreas de reforzamiento congestionado.

Si la preparación inicial y su posterior aplicación es correctamente ejecutada, es razonable esperar que los elementos estructurales así reparados resistirán adecuadamente.

La reparación de los daños causados es un arte nuevo, relativamente no tratado y desatendido por los ingenieros. La necesidad de investigar en este campo es vitalmente importante para salvaguardar la economía y la seguridad del público en las áreas que han sido castigadas por sismos.

La investigación debe incluir:

- 1.- El examen de los elementos estructurales y sus conexiones (nudos) que han sufrido daño y sobre todo determinar el grado de degradación de su consistencia y ductilidad, cuando fueron sometidas a la sollicitación sísmica.

- 2.- Hacer un examen de los elementos estructurales y de sus nudos que han sido sometidos a cargas; determinando el grado de restauración obtenido en términos de consistencia y ductilidad.
- 3.- Hacer un examen de varios métodos de reparación para varios materiales de construcción, para comparar el grado relativo de restauración efectivo. Como ejemplos se podría hacer el examen de varios métodos de aplicación del epoxy, o en la reparación de los nudos.

#### 5.04 INSPECCION DE LAS OBRAS EN REPARACION, CRITICAS y SUGERENCIAS:

Al hacer la inspección de las obras en reparación, se debe tratar que estas se diseñarán y reconstruirán de modo que proporcionen la seguridad equivalente a una nueva construcción. Es necesario fijar normas y disposiciones, refrendadas por una Ley, de tal manera que en estos casos el cumplimiento debe ser estrictamente controlado y sancionar cualquier violación a las disposiciones impuestas.

Fijar estas normas o disposiciones para las reparaciones de las edificaciones en general, es una tarea que compete a todos, de tal manera que los ingenieros y arquitectos puedan brindar a la comunidad soluciones económicas y resistentes.

El factor costo es sumamente importante en la rehabilitación de las edificaciones, hay infinidad de casos en los cuales al hacer la reparación, se presentaron costos adicionales no declarados, es decir, al margen del costo de reparación. Tales como la repara

ción o reemplazo de la obsoleta cañería, sistemas eléctricos dañados, etc.

Será sumamente importante el nombrar un ingeniero residente - para controlar la reparación de una o varias edificaciones, dependiendo de la amplitud de las reparaciones.

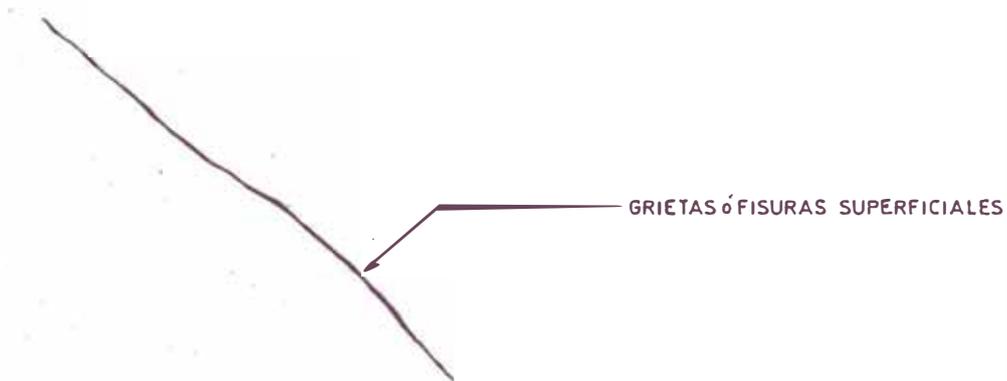
Es necesario establecer medidas de emergencia para implementar y proceder ordenadamente para reparar edificaciones dañadas; - como un primer paso se puede plantear las siguientes:

- 1.- Hacer desalojar a los ocupantes de la edificación declarada - en peligro, hasta que ésta pueda resistir las cargas verticales y las sollicitaciones sísmicas futuras, tratando de disminuir riesgos tales como en parapetos o cornisas dañadas.
- 2.- Se le dará prioritaria importancia a la reparación de los elementos estructurales.
- 3.- A los propietarios o moradores de una edificación se le debe fijar un lapso prudencial para acatar los procedimientos de emergencia.
- 4.- Se debe establecer un cuerpo técnico para realizar inspecciones, atender quejas de los propietarios y asesorar el Concejo Distrital o a organismos descentralizados del Ministerio de Vivienda y Construcción.

Es necesario investigar profundamente sobre la seguridad de las principales edificaciones y dar las sugerencias necesarias, para llevar a efecto los refortalecimientos requeridos en aquellas - que fueron calificadas por debajo del standar normal y crean un nivel inaceptable de seguridad.

Será fácil comprobar que gran número de muertos se ha debido al colapsamiento de los parapetos, adornos ornamentales y muros in seguros, durante el movimiento sísmico. Al respecto también sería necesario fijar normas para su construcción o la refacción adecuada para los ya construídos.

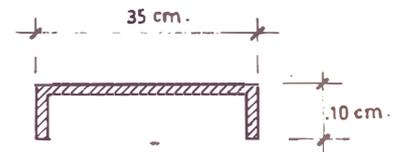
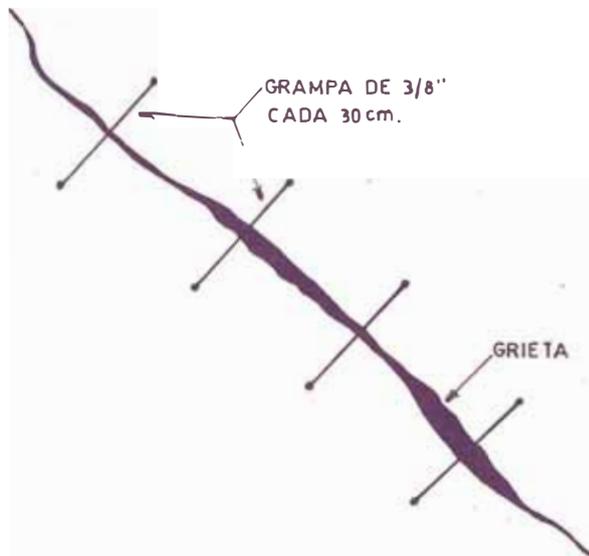
## REPARACION DE GRIETAS o FISURAS SUPERFICIALES



### PROCEDIMIENTO

- ① Picar la grieta en forma de "V", 3cm. de profundidad.
- ② Inyectar mortero 1:2 (cemento-arena fina) en la grieta. en caso de muros de ladrillos de arcilla mojar previamente la grieta.
- ③ Tarrajear el resto con mortero 1:3, enjasando con el resto de la pared.

## REPARACION DE GRIETAS EN ALBAÑILERIA DE LADRILLOS ( PASAN AL OTRO LADO DEL MURO )

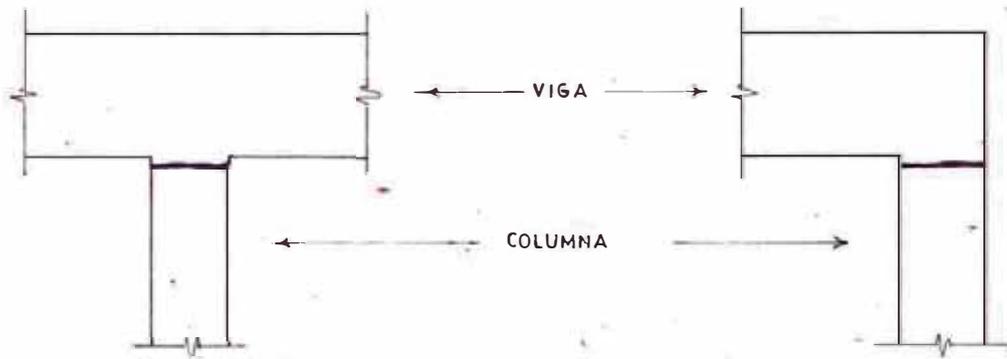


DETALLE DE GRAMPA

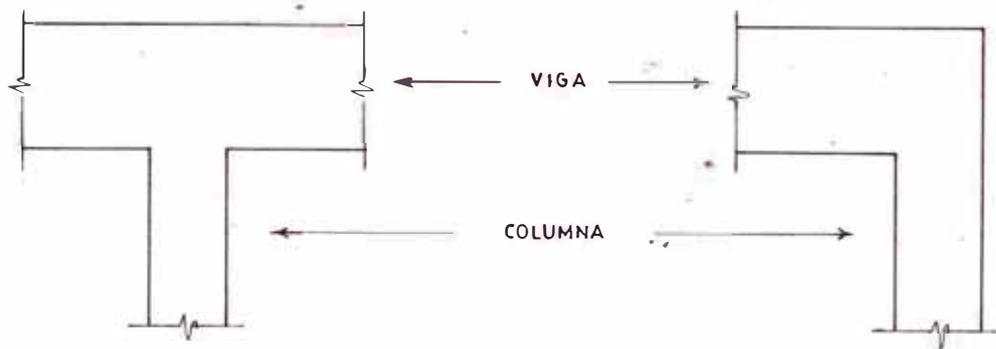
### PROCEDIMIENTO

- ① Picar la grieta en forma de "V", 3cms. de profundidad.
- ② Picar zona de anclaje de grampas.
- ③ Inyectar mortero 1:2 (cemento,arena fina) en la grieta y anclaje de grampas (en caso de muros de ladrillos de arcilla, mojarlo previamente.)
- ④ Tarrear el resto con mortero 1:3, enrasando con el resto de la pared y cubriendo totalmente las grampas.

## CASO DE GRIETAS SUPERFICIALES



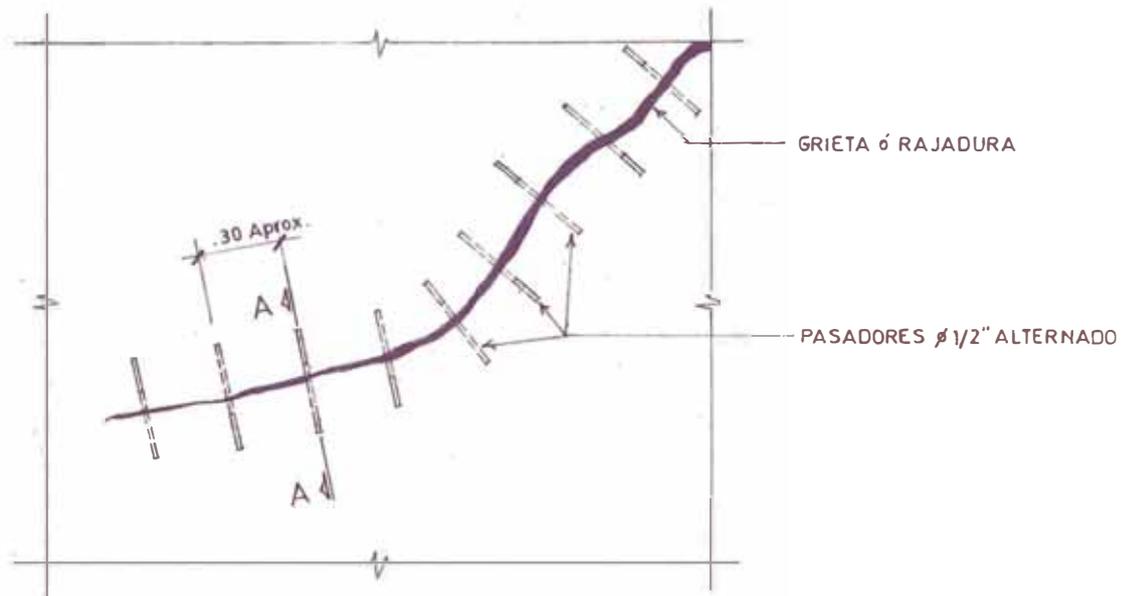
### ESTADO ACTUAL



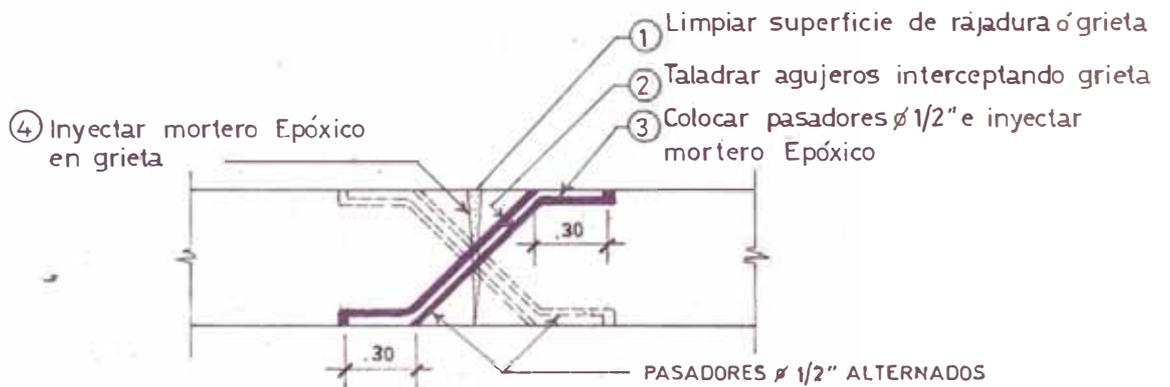
### REPARACION

- ① Picar grieta en forma de "V" de 3cms. de ancho y 4cms. de profundidad.
- ② Eliminar toda partícula suelta.
- ③ Sellar grieta con mortero de COLMA-DUR o similar.

# REPARACION DE GRIETAS ó RAJADURA EN LOSAS ó MUROS DE CONCRETO



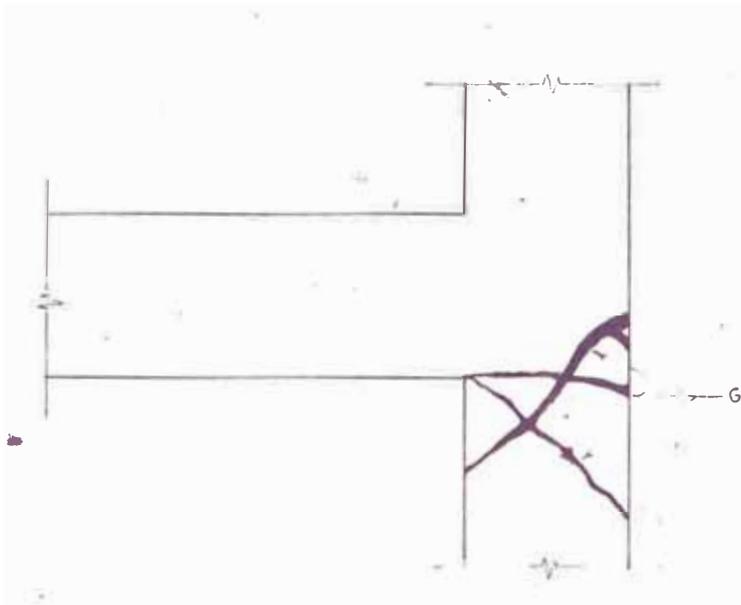
ESTADO ACTUAL



CORTE A-A

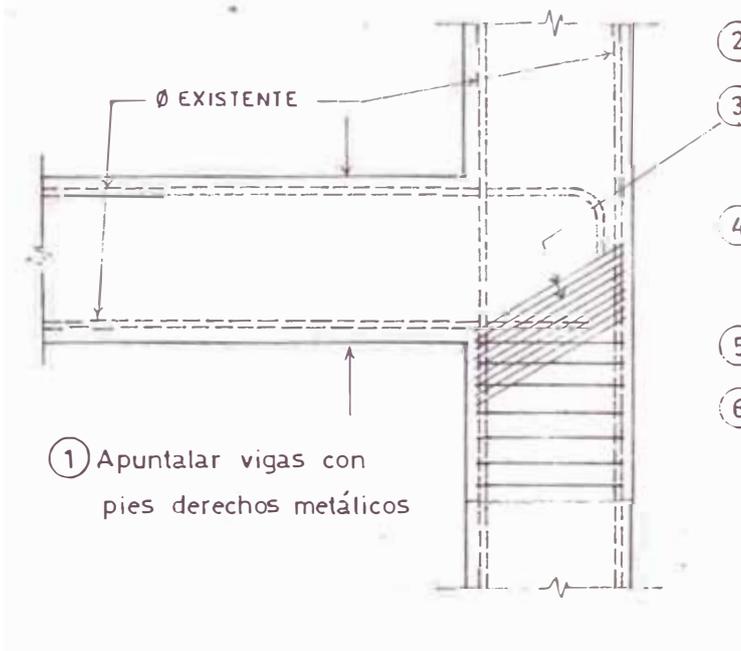
REPARACION

## NUCLEO DAÑADO



GRIETAS y RAJADURAS EN NUCLEO

## ESTADO ACTUAL



① Apuntalar vigas con pies derechos metálicos

② Picar recubrimientos de viga y columna.

③ Zunchos alambre # 8, paso de 3cms.

□  $\phi$  3/8" a 10cms.

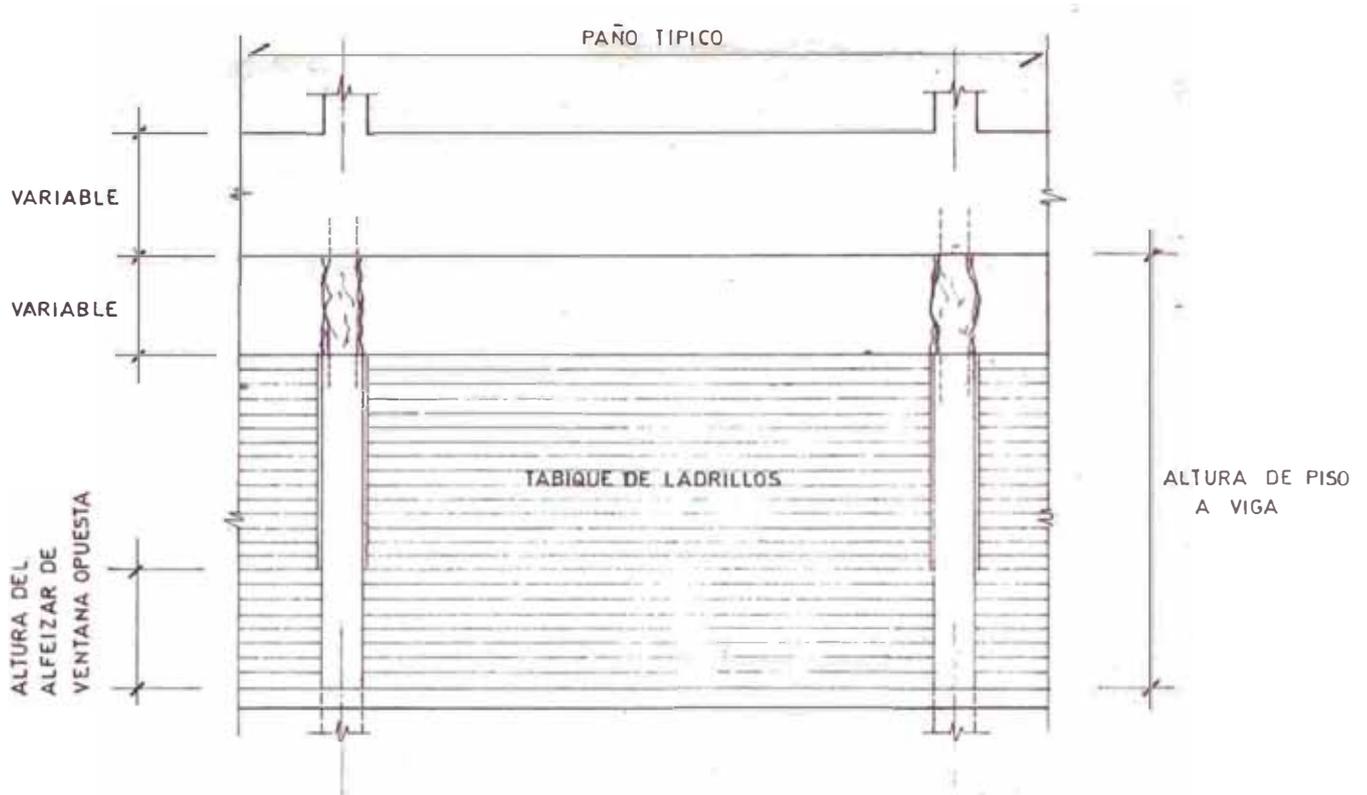
④ Eliminar partículas sueltas y pintar con COLMA-FIX ó similar.

⑤ Restituir el nudo con concreto  $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

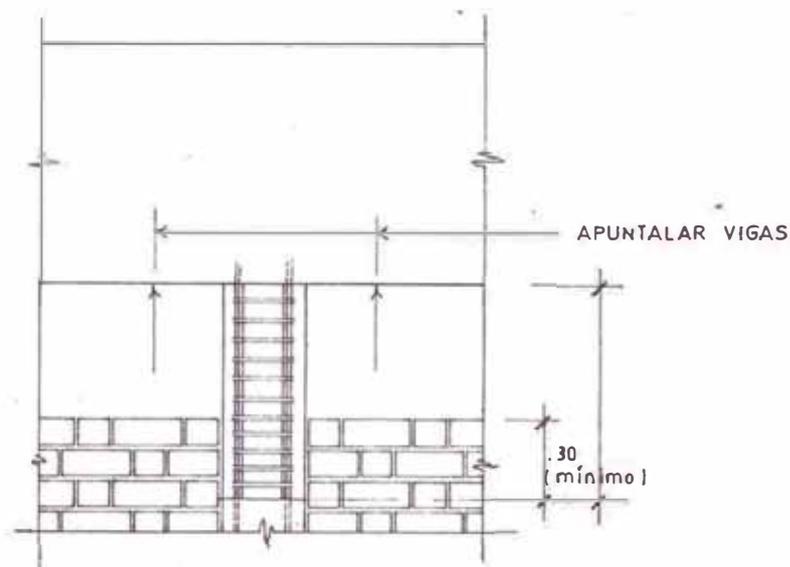
⑥ Desencofrar y sellar defectos de vaciado con mortero de COLMA-DUR ó similar

## REPARACION

# CASO DE NUCLEO DE LA COLUMNA DAÑADO y REFUERZO LONGITUDINAL DOBLADO



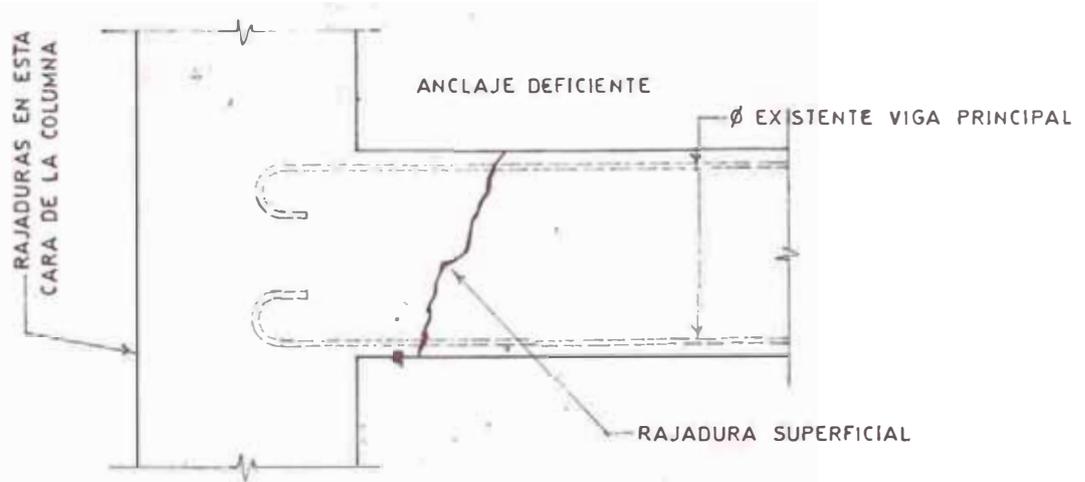
ESTADO ACTUAL



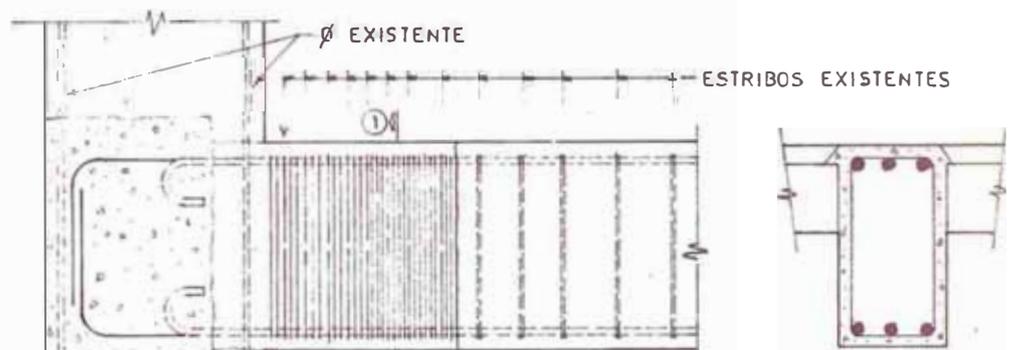
REPARACION

- ① Levantar con gatas hidráulicas (apuntalando el resto de los pisos) hasta recuperar nivel original.
- ② Picar columna y retirar concreto dañado.
- ③ Soldar fierros rectos del mismo diámetro.
- ④ Colocar estribos de 3/8" cada 10cms. en toda la zona picada.
- ⑤ Limpiar las superficies a unir eliminando toda partícula suelta y pintar con COLMA-FIX ó similar.
- ⑥ Vaciar concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ⑦ Sellar defectos de vaciado con mortero de COLMA-DUR ó similar
- ⑧ Separar el tabique de la columna hasta la altura del alfeizar de la ventana opuesta (ventana baja relleno con tecnopor de 1" ó similar.

# RAJADURA EN VIGAS



## ESTADO ACTUAL



- 2B) Picar concreto dañado y descubrir refuerzo.
- 3B) Soldar  $\phi$  adicional igual al  $\phi$  existente.
- 4B) Eliminar partículas sueltas y pintar con COLMA - FIX ó similar.
- 5B) Vaciar concreto  $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 6B) Sellar defectos de vaciado con mortero de COLMA - DUR ó similar.

- 1) Apuntalar vigas con pies derechos metálicos.
- 2A) Picar recubrimiento hasta dejar armadura expuesta.
- 3A) Colocar zuncho de alambre # 8 con paso de 3cms.
- 4A) Eliminar partículas sueltas en zona picada.
- 5A) Restituir recubrimiento con concreto epóxico

## REPARACION

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Referentes a las consideraciones generales del Distrito.-

- La presencia de tugurios es un mal crónico que año a año se agrava por el incremento de los déficits habitacionales. En el distrito del Rimac, el área tugurizada ocupa el primer lugar en Lima Metropolitana con el 11% y es habitada por un 29.5% de población tugurizada; colocando así al distrito del Rimac en el cuarto lugar después de los distritos de Lima (Cercado), Surquillo y Breña, con el 36.0%, 34.4% y 31.7% respectivamente. Sería conveniente al respecto que los inmuebles que presentan alto grado de tugurización deben ser erradicados de inmediato, para una mejor utilización del suelo máxime que después de este último sismo, la mayoría ha quedado en precarias condiciones.
- La mayoría de tugurios observados presentan patios reducidos en su interior, los cuales se comunican con la calle por medio de pasadizos estrechos con muros colindantes de 3 a 6 metros de altura. Estos pasadizos son las zonas más críticas de los tugurios, la mayoría están en estado lamentable, presentando evidentes desplomes, los cuales están precariamente sostenidos por puntales de madera convirtiéndose en trampas mortales para futuros sismos. En este caso sería recomendable demoler los muros que presentan desplome y en aquellos que no lo presentan se trataría de colocar columnas de concreto armado cada 3 o 4 metros

con vigas de arriostre entre las mismas; a todo lo largo y ancho del callejón.

Los sobrecimientos de los muros de los tugurios se encuentran en estado ruinoso por la excesiva humedad y por los asentamientos diferenciales que han sufrido con el transcurso del tiempo y de los sismos. Las vigas de madera en los tugurios están en pésimo estado de conservación, sufriendo flexiones evidentes; las instalaciones eléctricas aéreas presentan una caótica distribución por el excesivo entrecruzamiento de cables. Los servicios sanitarios presentan escapes de agua, lo cual debilita todos los muros aledaños. La iluminación natural y la ventilación es deficiente.

Al respecto se recomienda en lo posible erradicar los segundos pisos y bajar la altura de los muros, porque la experiencia nos indica que viviendas de adobe de dos pisos o muros de gran peralte, fallan fácilmente a la presencia de las solicitaciones sísmicas. Para superar estas deficiencias sería conveniente que la Municipalidad en unión con el Ministerio de Vivienda y Construcción se aboquen en planes masivos de destugurización de las áreas críticas del distrito, en concordancia con los nuevos conocimientos arquitectónicos e ingenieriles.

Se ha observado en el distrito la presencia de diferentes materiales de construcción en las edificaciones, por el hecho de que no existe una tendencia definida en cuanto al empleo de un solo material de construcción; principalmente en los sectores -

antiguos del distrito (7 y 8) donde se observa con gran profusión, viviendas de dos pisos, en las cuales el primero es de muros de adobe y el segundo de quincha. Sería conveniente que estas edificaciones sean sustituida por otras de muros de albañilería de ladrillo reforzado.

- En las viviendas localizadas al pié de los cerros o en las faldas de los mismos, se debe controlar su crecimiento y fijar normas para la ubicación (si es que fuera factible) y los anchos de vías. El crecimiento en estas áreas es sumamente desordenado y caótico.
- En los sectores aledaños a los cerros, sería conveniente construir defensas para evitar los posibles derrumbes.
- Los mercados y salas cinematográficas presentan zonas de escape estrechas, razón por la que se debe subsanar esta deficiencia con la importancia que requiere.
- Las iglesias deben ser sometidas a un exhaustivo análisis por el hecho de que han quedado seriamente dañadas por este último sismo.

#### Sobre el sismo del 3 de Octubre y sus efectos.-

- Los daños causados por los sismos en nuestro territorio y en especial este último, son ejemplos palpables de la actividad tectónica.

tónica de la región en la que está situado el Perú, esto significa que en el futuro ocurrirán fenómenos similares que perturbarán el desarrollo de nuestro país.

- Uno de los objetivos más ambiciosos de la sismología, es poder llegar a predecir la ocurrencia de los sismos destructores, con cierta precisión en tiempo y espacio. Algunos pasos muy positivos ya han sido dados por sismólogos japoneses, estadounidenses y chinos.
- Aparte del problema de predicción, que sin duda alguna su solución reducirá las pérdidas de vida, se debe considerar que la mayor parte de los daños serán inevitables, durante la ocurrencia de futuros sismos destructores, pronosticados o no, a no ser que se tomen ciertas medidas que puedan atenuar dichos daños. Precisamente éste es otro objetivo de la sismología, o sea encontrar y evaluar los parámetros sísmicos que podrán experimentarse durante la ocurrencia de sismos destructores futuros y que tendrán influencia directa en las estructuras hechas por el hombre.

Los parámetros sísmicos servirán para que los Ingenieros estructurales en sus diseños antisísmicos respondan a las intensidades de los sismos que se puedan presentar; las cuales ya se habrán prefijado.

Un aspecto que ayudaría enormemente sería la microzonificación sísmica, para lo cual es necesario la instalación de acelerógrafos

mos en los edificios más importantes, uno en contacto con el suelo y otro (u otros) en los niveles superiores.

- El avance en la microzonificación sísmica de Lima, que provenga del estudio detallado de las intensidades, sin duda debe dar luces adicionales acerca de ciertas áreas urbanas. Los estudios de intensidades deben ser correlacionados con los estudios del sub-suelo y de las aguas subterráneas, así como profundidad al basamento y otros parámetros geológicos que permitan tener un cuadro bastante completo y una explicación valedera sobre las áreas que sufren más en cada terremoto, no obstante que el mecanismo focal, la profundidad focal, el azimut y las magnitudes varían de terremoto a terremoto. Este es un estudio bastante complejo, el cual debe realizarse en detalle y con minuciosidad.
- La zona que ha sufrido amplificación de ondas por efecto del sismo (en el distrito) está ubicada en la ribera del río, por estar compuesta por suelos residuales, se ha observado mayormente este efecto en el Barrio Obrero, donde los daños se presentaron en mayor grado.

#### Referente a la evaluación de daños.-

- Para llevar a efecto, correctamente, una evaluación de daños, será importante que lo realice un equipo especializado, de tal manera que se uniforme la terminología y simbología a usar.

- La sectorización del distrito en estudio, es imprescindible por la conveniencia de dividir en áreas de investigación más reducidas, en las cuales es más fácil llevar a efecto un programa evaluativo y a su vez nos servirá en el futuro en los planes de prevención y en la ejecución de los primeros auxilios o primeras asistencias luego de un desastre.
- Las fichas de evaluación deben ser concebidas en función del propósito que se busca, en nuestro caso nos interesa las de carácter técnico.
- En la evaluación de daños de los centros educativos, se observa, que estos locales presentan patios reducidos y aún más las escaleras de escape, de los pisos superiores son pequeñas; para un rápido desalojo en casos de emergencia. Si el sismo del 3 de Octubre se hubiera presentado en un día laborable hoy se estaría lamentando la pérdida de muchas vidas en edad escolar.
- Los mercados del distrito no tienen adecuadas zonas de escape; falla que también es notoria en los centros de espectáculos. Al respecto se propone hacer una revisión técnica por un cuerpo de Ingenieros especialistas.
- Las viviendas de adobe-quincha que constituyen el 27% del total de viviendas del distrito (Principalmente ubicadas en los sectores 7 y 8 y en menor grado en el sector 5) son las viviendas que más daños han sufrido.

- La Municipalidad del distrito ha confeccionado el siguiente cuadro de viviendas dañadas después de ser sometidas a inspección técnica:

| Sector                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7   | 8  |
|----------------------------|---|---|---|---|----|----|-----|----|
| Edificaciones inhabitables | 1 | 1 | 0 | 1 | 4  | 6  | 68  | 10 |
| Edificaciones por reparar  | 8 | 4 | 0 | 8 | 12 | 18 | 108 | 27 |

Es necesario hacer notar que este cuadro se confeccionó en base a las denuncias hechas por los moradores de las viviendas dañadas.

- Las evaluaciones de daños se ha visto innumerables veces obstaculizada por la acción de los mismos habitantes de las viviendas dañadas, que rehusaban cualquier control técnico con el pleno conocimiento de que sus viviendas podrían colapsar repentinamente. La razón de este comportamiento era que estos inquilinos pagaban exiguos arriendos (S/. 20 a S/. 100 mensuales).
- Las viviendas de albañilería de ladrillo sin reforzar, que se presentan en todos los sectores del distrito y en general en toda Lima Metropolitana, han resistido en forma aceptable al sismo y es porque tienen una alta densidad de muros (superior a  $25 \text{ cm/m}^2$ ). A la presencia de sismos de mayor intensidad no podríamos estar afirmando lo mismo.

- Hay necesidad de un inventario de datos sobre todas las edificaciones, que están ubicadas en áreas urbanas de alto riesgo potencial de desastre. La magnitud del trabajo de acumulación de estos datos, es tan grande que esta información podría comenzar a ser acumulada, primero para edificaciones de altos intereses socio-económicos, como de emergencia, hospitales y otras ocupadas por aquellas que por su función no deben fallar durante un sismo.
- Si bien el Ministerio de Vivienda aprobó costos para evaluar daños, estos no se han llevado a efecto, salvo en muy limitados casos. Por lo cual no se ha podido obtener una adecuada estadística de pérdidas económicas.
- Es necesario, tener presente, que el reconocimiento y evaluación de daños inmediatamente después del desastre es vital para una conveniente disminución de los efectos destructivos. Se debe desterrar la tradicional técnica de "parche y pintura", la cual cubría por encima las evidencias de un daño antes de su adecuada investigación sobre las fallas ocurridas.

Referentes a los aspectos Ingenieriles del sismo en el Rimac.-

- Teniendo el territorio del Perú una geografía sumamente variada, no la podemos asemejar a un territorio homogéneo desde el punto de vista geológico, sus características varían de un lugar a otro y en consecuencia su sismicidad variará en igual medida.

Las suposiciones y técnicas de edificación, válidas en una zona por lo general no lo son para la otra, siendo aquí donde empiezan los problemas para los Ingenieros, pues el costo para efectuar una microzonificación sísmica, sumamente necesaria para la construcción de una edificación en particular, sería altamente costosa; razón por la cual, este costo, se podría incluir en el costo de una represa colindante, central hidroeléctrica o de un gran reservorio. Si no fuera factible lo anterior, se podría incluir este costo en una área constructiva grande, ya que no podemos irnos al otro extremo, es decir, pasar por alto el análisis de sismicidad, estando el Perú, ubicado como ya se ha dicho, en una región sísmicamente activa.

La respuesta del suelo a la acción sísmica, es uno de los parámetros más importantes en el comportamiento de una estructura. Es necesario tener presente que para el diseño de un elemento estructural (viga, columna, etc.), que está formado por dos elementos distintos; en los cuales sus propiedades como su resistencia, módulo de elasticidad y rigidez, pueden obtenerse muy aproximadamente, lo que no sucede con las características del suelo que varían apreciablemente, siendo por lo tanto la obtención de sus parámetros más bien complicada.

Innumerables veces se ha observado, que los daños en los muros se producen con mayor severidad en las esquinas y con mayor incidencia aún en los límites de la edificación, donde por lo general existe una columna; es en estos lugares donde la edificación ha soportado con mayor fuerza la sollicitación sísmica. Ra

zón por la que se debe reforzar en buena forma estas columnas y armarlos con un anclaje adecuado a los muros.

- Al diseñar una edificación, se debe dar especial importancia a la simplicidad y simetría estructural, que permita a la edificación tener un comportamiento homogéneo frente a un sismo.
- Los vanos de puertas y ventanas, son lugares que restan resistencia a los muros. Por é $\text{\`}$ llo se recomienda construirlos simétricamente y colocarles dinteles de concreto armado. Estos dinteles deben sobrepasar los extremos del vano en no menos de 30 cm.
- Se debe colocar aproximadamente igual cantidad de muros resistentes en ambos ejes de la construcción (paralela y perpendicular a la fachada), para proporcionarle una adecuada densidad de muros. Se recomienda un valor mínimo de densidad de muros de  $18 \text{ cm/m}^2$ , en cualquiera de las direcciones que se analice.
- Existe un criterio de estructuración para hacer frente a las fuerzas sísmicas: Defensas escalonadas, consiste en permitir conscientemente la falla de elementos relativamente frágiles ante sismos de moderada intensidad, dejando intacto un esqueleto sumamente flexible y dúctil para resistir sismos de mayor intensidad. Los elementos frágiles pueden ser, por ejemplo, muros divisorios de mampostería poco resistente; ante sismos moderados, los muros tomarán casi la totalidad de las cargas

laterales. Ante movimientos mayores, estos muros fallarán y, la mayor flexibilidad de marcos remanentes los hará capaces de tomar sismos de gran intensidad.

- En las estructuras de concreto armado, la distribución de masas y rigideces deben ser uniformes, para evitar exentricidades y por lo tanto la torsión en la planta.
- Se debe ejercer un control más estricto en la construcción de las viviendas. No basta el control de los planos.
- Se debe programar cursillos, charlas, etc. en procedimientos constructivos al personal que trabaja en la construcción civil, incidiendo en la influencia de una buena práctica constructiva en la técnica sismo-resistente. Pues no basta una buena concepción de la estructura, ni un buen diseño antisísmico, sino también un adecuado proceso de construcción.
- Las prácticas mejoradas para el diseño y construcción de los elementos estructurales en las edificaciones, han sido desarrolladas de estudios teóricos no probados. Existe la necesidad de probar, a escala natural, dichos elementos para la mejor comprensión de sus mecanismos de falla; de tal manera que su grado de perjuicio pueda ser fácilmente evaluado en un reconocimiento de daños.

Referentes a la reparación de las edificaciones en general.-

- Las investigaciones realizadas para la reparación de edificaciones en nuestro medio es casi nula. Los métodos de reparación no han cambiado apreciablemente, excepto por el uso de adhesivos tipo epoxy. Sería importante desarrollar métodos simples de reparación de estructuras dañadas, basadas en pruebas, para asegurar una aceptable continuidad de niveles de seguridad en los casos de futuros desastres. En el presente, la reparación de edificios dañados es un arte relativamente nuevo y no experimentado que estuvo largamente descuidado por los ingenieros.
- La reparación de edificaciones dañadas ha sido hecha en nuestro medio sin adecuados datos de pruebas para verificar el grado de rehabilitación alcanzado. Es de suma importancia confeccionar un programa para obtener las pruebas de partes estructurales y sus conexiones; los cuales han estado sometidos a esfuerzos por encima de su punto de fluencia y después repararlos.
- Para disminuir los desastres, ante futuros sismos destructores, sería conveniente eliminar o reforzar los muros de mampostería de ladrillo no reforzados, eliminar arreglos ornamentales, parapetos sin refuerzo y otros elementos que representan peligro ante futuros terremotos.
- Sería conveniente que bajo el patrocinio de organismo gubernamentales, se haga un reconocimiento de edificaciones en peligro

en áreas urbanas de alto riesgo y se dictamine las medidas más adecuadas a tomar. A este programa se le incluirá otro de educación pública, apoyado con incentivo financiero estatal.

El mejoramiento de las prácticas constructivas en las edificaciones, constituye tan sólo un paso para eliminar el peligro en las ya existentes y en las ya dañadas por los sismos. La disminución de daños potenciales, incidirá en costos adicionales a las edificaciones, pero será en provecho de la disminución del riesgo de vida para sus ocupantes. Esto estará basado en:

- a) Reconocimiento público de la magnitud del peligro, que las malas edificaciones representan.
- b) Caracterización de los riesgos, basados en una apropiada metodología de investigación de las edificaciones.
- c) Evaluación del riesgo representado por estos peligros.
- d) Plantear alternativas de solución para la acción pública.

Las decisiones estarán basadas sobre juicios de niveles de riesgo aceptables y programas de disminución factibles; los cuales tendrán en cuenta los factores socio-económicos involucrados.

Se podría plantear el siguiente programa, que debe ser patrocinado por organismos estatales pertinentes:

- 1.- Obtener adecuados datos de inventario sobre el número de edificaciones existentes (en todo caso las más importantes) por ocupación, tipo de construcción y otros pa

rámetros, los cuales nos podrían identificar su peligro potencial.

- 2.- Hacer investigaciones para lograr un criterio generalizado al utilizarlo examinando y evaluando daños potenciales en edificaciones existentes y/o dañadas.
- 3.- Obtener adecuadas evaluaciones de daños de desastres que reporten estadísticas de pérdidas de soles confiables.
- 4.- Definir los grados de rehabilitación, los cuales pueden ser llevados a efecto usando procedimientos de reparación presentes.
- 5.- Del mismo modo, a la luz de los nuevos conocimientos, los cuales fueron desarrollados después de los recientes sismos, deben ser profundizados y darlos a conocer.
- 6.- Es necesaria la investigación para evaluar los procedimientos de reparación corrientes.
- 7.- Se debe tener cabal conocimiento sobre las consideraciones socio-económicas en la aplicación de los planes a desarrollar.
- 8.- Se evaluará planes alternativos, para lograr la financiación de las edificaciones por rehabilitar, o en aquellas que potencialmente puedan sufrir graves daños en sismos futuros. Se puede plantear incentivos financieros.