

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE  
LA MOLINA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

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

**SILVIA MARISELA ALARCÓN PRESENTACIÓN**

**LIMA –PERU**

**2,003**

# **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

## **INDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

### **CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

1.1 Características de la zona estudiada	3
1.2 Ubicación geográfica	4
1.3 Geología de La Molina	6
1.4 Características generales del suelo de La Molina	8
1.5 Factores de amplificación sísmica	10
1.6 Zonificación geotécnica	11

### **CAPITULO II: ANTECEDENTES SÍSMICOS DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

2.1 Origen de los sismos	14
2.2 Antecedentes sísmicos	18

2.3.1 Antecedentes en el Perú	19
2.3.2 Antecedentes en Lima	20
2.3.3 Antecedentes en La Molina	30

### **CAPITULO III: VULNERABILIDAD DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

3.1 Vulnerabilidad Sísmica	39
3.2 Conceptos teóricos	40
3.2.1 Vulnerabilidad	40
3.2.2 Tipos de vulnerabilidad	40
3.2.3 Factores que aportan a la vulnerabilidad	42
3.2.4 Daños comunes en las edificaciones	44

### **CAPITULO IV: VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS**

4.1 Metodología empleada	48
4.2 Análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica	50

4.2.1 Estimaciones	53
4.2.2 Análisis de resultados	57
4.3 Análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elastoplásticos	62
4.3.1 Estimaciones	66
4.3.2 Análisis de resultados	67
<b>CAPITULO V: VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES ESENCIALES</b>	
5.1 Metodología empleada	76
5.2 Edificaciones esenciales inspeccionadas	77
5.3 Estimaciones	96
5.4 Análisis de resultados	97
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	107
<b>CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA</b>	113
<b>ANEXOS: RIGIDEZ DE VIVIENDAS</b>	
Casa Musa	116

Casa Rinconada	117
Casa Valle de la Molina	118
Casa La Molina Vieja	119
Casa ASPOLVIM	120
Casa Las Viñas	121

## **INTRODUCCION**

La Molina es un distrito que se ha desarrollado rápidamente en los últimos 25 años, y el proceso constructivo adoptado para la construcción de edificaciones en muchos casos ha sido el de autoconstrucción, sin control profesional en el diseño y construcción.

La ocurrencia de sismos de baja intensidad, ocasiona preocupación en los habitantes del distrito, ya que en muchas oportunidades estos eventos no han sido perceptibles en otros distritos de la capital. Este fenómeno se debe a la amplificación de las ondas de sismo ocasionada por la naturaleza del terreno y configuración topográfica, que genera un efecto de superposición de ondas en zonas con depósitos arenosos de gran potencia, comunes en algunas de las urbanizaciones del distrito.

Para llevar a cabo el Estudio de Vulnerabilidad Sísmica del distrito se firmo un convenio entre la Municipalidad distrital de La Molina y la Universidad Nacional de Ingeniería-Cismid, bajo la asesoría del Dr. Carlos Zavala (Jefe del proyecto), Dr. Zenón Aguilar y el Ing. Francisco Ríos; donde se acordó dividir el distrito en cuatro zonas de estudio A, B, C y D. Se define como zona A al sector comprendido a lo largo de la Av. Alameda del Corregidor desde La Molina Vieja hasta el sector denominado Pampa del Arenal incluyendo el campus de la Universidad Agraria. La zona B es la comprendida entre la Av. La Molina y la quebrada donde se encuentra la Urb. La Rinconada del Lago. La zona C incluye la Urb. La Planicie, y la zona D incluye el asentamiento humano de MUSA.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

La base de datos para determinar la Vulnerabilidad sísmica del distrito, se obtuvo mediante el levantamiento de información a través de visitas de campo, a las zonas seleccionadas.

Para la Vulnerabilidad sísmica de viviendas se utilizó dos tipos de análisis: primero un *análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica*, sin considerar la contribución de las condiciones del suelo y segundo *análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elastoplásticos*, generado en base al análisis preliminar, considerando la contribución de las condiciones del suelo.

Se tomó la muestra de 19 Edificaciones Esenciales de las 186 existentes en el distrito de La Molina, para determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Esenciales, utilizando el Método de Sigha propuesto en la 6<sup>a</sup> Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica.

# ***CAPITULO I***

## ***Características del Distrito de La Molina***

## **1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA**

El distrito de la Molina fue creado mediante la Ley N° 13981, refrendada por el entonces presidente de la República, Dr. Manuel Prado Ugarteche, el 06 de Febrero de 1962.

Su existencia se remonta a la época Precolombina, donde fue asiento de diversos caciques. En la época Colonial, fue un vasto valle dedicado al cultivo e industrialización de la caña de azúcar, algodón y hortalizas, convirtiéndola en una fértil región agrícola. La teoría más aceptada sobre el nombre de La Molina, señala que tuvo como origen la presencia de un hacendado español afincado en la zona llamado Melchormano de Molina.

En la época republicana, el valle de La Molina fue centro de florecientes haciendas, cuya actividad principal era la agricultura.

Con el tiempo, la zona resultó ideal no solo para casas de campo alejadas del ruido, sino que dieron paso al surgimiento de las primeras urbanizaciones. Es así como nace el Sol de La Molina, Rinconada del Lago, La Planicie, Rinconada Alta, Campo Verde entre otras.

En la actualidad existe un aproximado de 110,000 habitantes, en su suelo se sitúan centros educativos, institutos y universidades de reconocido prestigio. Se destacan también modernos centros comerciales y sedes principales de instituciones internacionales.

# VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

## 1.2 Ubicación geográfica

El distrito de La Molina se encuentra ubicada al Sur - Este de la Provincia de Lima, capital del Perú. Tiene una superficie de 49 km<sup>2</sup>, geográficamente se



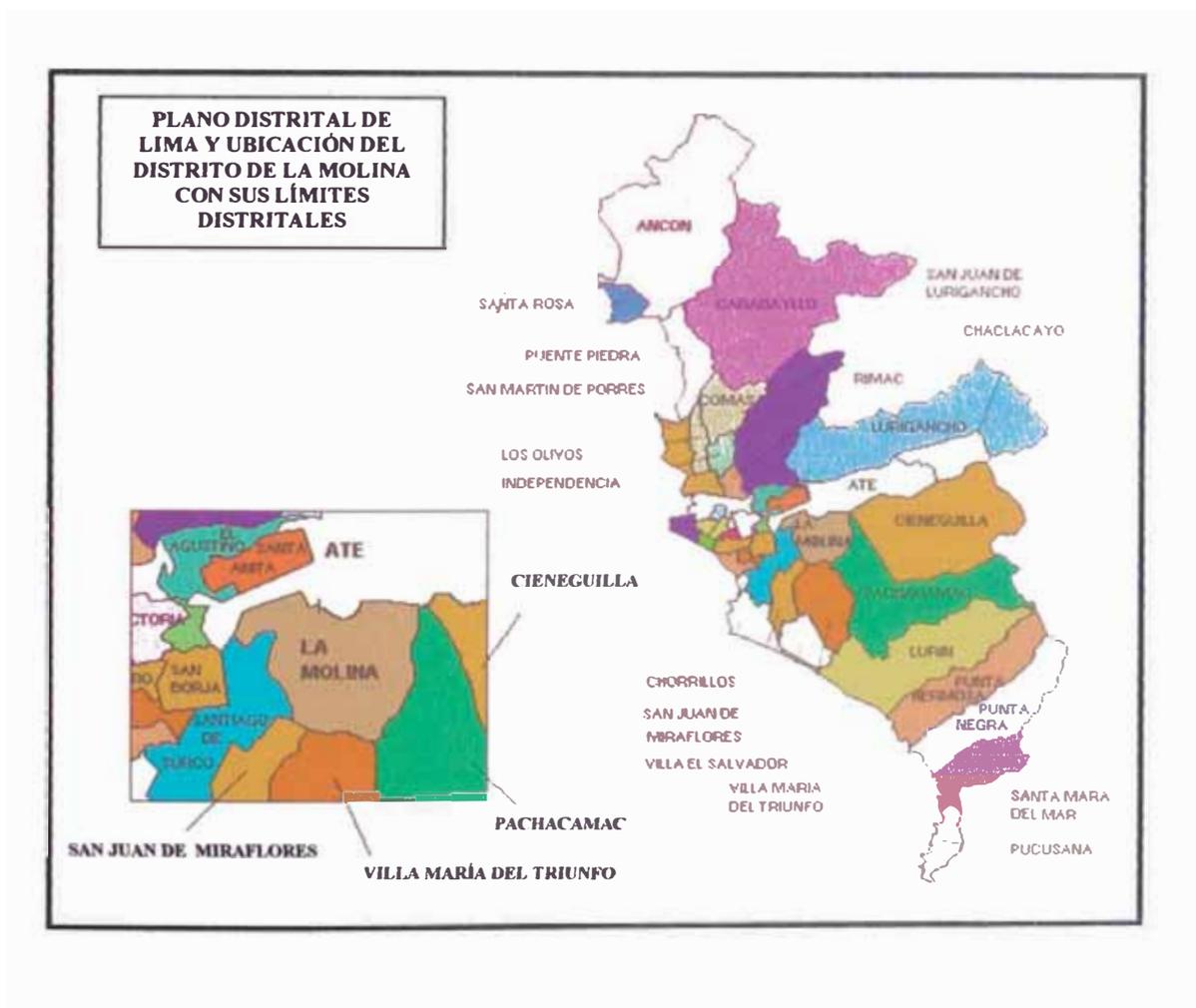
encuentra ubicada en la altitud de 241 m.s.n.m, entre las altitudes sur de 12° 04' 47'' y 12° 04' 52'' y las longitudes Oeste de 76° 03' 21'' y 76° 57' 14''.



## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

El distrito de La Molina esta conformada por las subcuencas de Pampa Grande y Pampa Arenal. La Molina limita con los siguientes distritos:

- Al Norte con el distrito de Ate – Vitarte
- Al Sur con el distrito de Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores
- Al Oeste con el distrito de Santiago de Surco
- Al Este con el distrito de Cieneguilla y Pachacamac



### **1.3 Geología de La Molina**

Los sectores estudiados de las urbanizaciones Las Viñas, Rinconada del Lago y Musa, están bordeados de afloramientos rocosos y depósitos inconsolidados del Cuaternario, que presentan unidades geomorfológicas como: *quebradas*, esta unidad comprende las quebradas afluentes que la mayor parte del año no discurren agua, salvo en épocas de fuertes lluvias en la sierra y en el caso de la presencia del fenómeno del Niño; y *estribaciones de la cordillera occidental*, esta unidad esta conformada por cerros de fuerte pendiente, en cotas superiores, lomadas y acumulaciones de baja pendiente al pie de los taludes.

Geológicamente el área en estudio esta conformada dos unidades litoestratigráficas: afloramientos rocosos y depósitos inconsolidados, con edades que van de desde el cretáceo inferior hasta el cuaternario reciente. Estas unidades se encuentran dentro de las siguientes formaciones:

***Formación pamplona (Ki-pa):*** constituidas por rocas sedimentarias calizas grisáceas, lutitas con tonalidades amarillo-rojizas y margas gris verdosas.

***Formación atocongo (Ki-at):*** constituidas por calizas oscuras y limonitas con capas de chert, denominadas así porque su mejor desarrollo se encuentra en la localidad de Atocongo.

***Volcánico quilmaná (Kms-q):*** constituidas por rocas volcánicas, pseudo-metaformizadas, meta-andesíticas pertenecientes al grupo Casma.

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

**Rocas ígneas:** constituidas por las Gabrodioritas (Ks-gbdi-pt) pertenecientes a la superunidad Patap y Granodiorita-granito (Ks-gd-g-sr) pertenecientes a la superunidad Santa Rosa. Asimismo tenemos la presencia en el área de estudio, materiales del Cuaternario como el depósito aluvial pleistocénico (Qp-al), depósito coluvio-aluvial-eluvial pleistocénico (Qp-col-al-el) y el depósito coluvio-eluvial pleistocénico-reciente (Qp.r-col-al-el).

### **1.3.1 Geología Estructural**

La geología estructural de la zona estudiada está representada por la presencia de dos fallas inferidas F1 y F2. La falla F1 se ubica en la zona de Las Viñas, cruza el colegio Héroes del Cenepa y llega hasta la zona de La Rinconada del Lago; esta falla inferida se puede considerar como inactiva, ya que no se evidencia rasgos de movimiento reciente. La falla F2 se encuentra ubicada en Musa, esta falla también no presenta evidencias de movimientos, por lo tanto se considera una falla inactiva.

### **1.3.2 Peligros geológicos y estabilidad de taludes**

De la evaluación realizada a la zona de estudio, se observó que existe la presencia de peligros geológicos y estabilidad de taludes relacionados con fenómenos de derrumbes, caídas de bloques de rocas y reactivación de huaycos antiguos. A continuación se mencionan los fenómenos que se presentan en las zonas estudiadas:

Las Viñas: presenta fenómenos como caídas de bloques de rocas, derrumbes y reactivación de huaycos antiguos.

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

La Rinconada del Lago: presenta fenómenos de derrumbes y de caídas de bloques de roca.

Musa :se tiene el fenómeno de reactivación de huaycos antiguos.

### **1.4 Características generales del suelo de La Molina**

El distrito de La Molina presenta un suelo errático de contacto en sus contornos, y suelos finos heterogéneos en la parte central, además se encuentran suelos transportados por el viento, como las arenas eólicas como en La Rinconada Alta, y también la zona de La Planicie( Martínez ,1997). También cabe señalar, que debido al proceso aluvial principalmente en la quebrada de Pampa Grande se puede encontrar material gravo arenoso, y por causa de la meteorización y poco acarreo, en la quebrada Pampa Arenal, se presenta el suelo denominado coluvial, que es un material de granos angulosos como el limo arenoso, como presenta el suelo de La Rinconada del Lago. Asimismo a causa de la gran influencia del río Rímac encontramos material de origen fluvio – aluvial, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas.

En base a los estudios (Martínez, 1997 y Dr. Aguilar, 2002) realizados al subsuelo del distrito, asimismo como a las características geológicas y geotécnicas se determinaron los diferentes tipos de suelos ubicados en las siguientes urbanizaciones:

*El Remanso y Las Viñas:* estas urbanizaciones se encuentran cimentadas sobre depósitos coluvio-aluvial-eluvial pleistocénicos y recientes; en esta zona la roca se encuentra a una profundidad de 40m, los suelos están conformados por

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

estratos de arena limo arcillosa con profundidades de hasta 20m y velocidades de ondas de corte de 250m/s, luego del cual se encuentran arenas con matriz limosa e intercalaciones de gravas y/o gravillas de forma angulosa y bastante densas, para este estrato las velocidades de ondas de corte son de 630m/s.

*El Remanso, La Molina Vieja y La UNA:* estas urbanizaciones se encuentran ubicadas sobre depósitos aluviales pleistocénicos. Su superficie esta conformada por materiales finos, con estratos intercalados de arcillas de baja plasticidad y arenas de diversa granulometría con matriz limosa y/o arcillosa, que alcanzan profundidades de hasta 40 m. Debajo de estos materiales se encuentran estratos de suelos gravosos con partículas de formas subangulosas a angulosas, que en la zona más profunda alcanzan profundidades mayores a los 100m. El basamento se encuentra constituido por roca de naturaleza intrusiva y/o volcánica. En esta zona se observa la presencia de una formación rocosa, conformando una especie de colina subterránea.

*Las Lagunas:* esta urbanización se encuentra ubicada sobre depósitos aluviales pleistocénicos, la superficie de esta zona esta conformada por suelos arenosos con velocidades de ondas de corte de 280m/s, dicho material se extiende hasta los 10m de profundidad, luego del cual se tiene arenas gravosas con velocidades de ondas de corte de 430m/s que alcanzan profundidades de 40m en promedio. Debajo de estos materiales se encuentran estratos gravas de forma subredondeadas con velocidad de ondas de corte de 780m/s y densidades que se incrementan hasta alcanzar la roca a una profundidad promedio de 100m.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

De acuerdo a las características presentadas en los párrafos anteriores se puede decir que el subsuelo del distrito de La Molina esta conformado mayormente por materiales como gravas, arenas, arcillas y limos; además el comportamiento mecánico del suelo del distrito va estar gobernado por los parámetros de resistencia de estos materiales

### **1.5 Factores de amplificación dinámica en La Molina**

De los estudios realizados al subsuelo del distrito de La Molina (Dr. Aguilar Agosto 2002), fue elaborado un plano de amplificaciones sísmicas, en base a los análisis de amplificación dinámica, las mediciones de microtrepidaciones, como se puede apreciar en el **Figura 1.5.1**, este plano subdivide al distrito de La Molina en cuatro zonas, en función a los valores de los factores de amplificación sísmica determinados. Las cuatro zonas que subdividen el distrito La Molina son las siguientes:

**Zona I:** en esta zona el valor del factor de amplificación varía de 1.0 a 2.0, con excepción de las zonas de fuerte pendiente y partes altas de los cerros que pueden presentar grandes amplificaciones por efectos topográficos.

**Zona II:** en esta zona el valor del factor de amplificación varía de 2.0 a 4.0 y periodos que van hasta 0.8 seg. ; abarca el área relativamente plana que se extiende del pie de las laderas hacia la zona del valle, en esta zona se encuentran asentadas las urbanizaciones Portada del Sol, Sitramun, Cascajal, La Capilla, Las Lomas de La Molina Vieja, Rinconada del Lago, La Planicie, Musa y asimismo parte de algunas otras urbanizaciones. En esta zona se espera

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

un moderado incremento del nivel de peligro sísmico por efecto del comportamiento dinámico del terreno.

***Zona III:*** en esta zona el valor del factor de amplificación varía de 4.0 a 5.0; abarca la parte central del valle, en esta zona el comportamiento dinámico del suelo es desfavorable por lo que se espera un fuerte incremento del nivel de peligro sísmico, en esta zona también se incluye las laderas de fuerte pendiente consideradas con peligro sísmico por problemas de estabilidad de taludes. Aquí se encuentran ubicadas las urbanizaciones como: El Remanso, Las Viñas, todo el área del Sol de La Molina, parte de las urbanizaciones La Estancia, El Haras, Portales, La Rinconada Baja y Las Lagunas.

***Zona IV:*** en esta zona el valor del factor de amplificación es mayor que 5.0, comprende la parte mas profundidad del valle, el terreno en esta zona tiene un comportamiento dinámico desfavorable, por la que esta expuesta a lo mas altos niveles de peligro sísmico. Esta zona se ubican gran parte de la urbanizaciones La Molina Vieja, La UNA de La Molina, El Haras y Las Lagunas.

### **1.6 Zonificación geotécnica**

De las características geológicas y geotécnicas del subsuelo de la Molina, se deduce que esta conformada mayormente por potentes estratos de materiales granulares, finos, arcillas y limos, y que esto va determinar su comportamiento mecánico de acuerdo a los parámetros de resistencia de dichos materiales, variando su capacidad de soporte de alta a baja (Dr. Aguilar, Agosto 2002). En base ha esta información el distrito de La Molina ha sido dividida en cuatro

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

zonas tal como se muestra en el **Figura 1.6.1**, a continuación detallamos las cuatro zonas que dividen al distrito:

***Zona I:*** esta zona esta conformada por las laderas de los cerros donde se hallan afloramientos rocosos, o estratos gravosos de origen coluvial de pequeño espesor, los cuales presentan una buena capacidad portante, por lo que no se espera un incremento importante en el peligro sísmico; con excepción de las zonas de fuerte pendiente y partes altas de los cerros que pueden presentar grandes amplificaciones por efectos topográficos.

***Zona II:*** esta zona abarca el área relativamente plana que se extiende del pie de las laderas hacia la zona del valle, esta conformada por mayormente por suelos gravosos y estratos de arena mal graduadas de espesor moderado en esta zona se espera un moderado incremento del nivel de peligro sísmico por efecto del comportamiento dinámico del terreno.

***Zona III:*** esta zona abarca la parte central del valle, esta conformada mayormente por suelos finos y arenosos potentes, con capacidad portante que van de moderada a baja. En esta zona el comportamiento dinámico del suelo es desfavorable por lo que se espera un fuerte incremento del nivel de peligro sísmico, en esta zona también se incluye las laderas de fuerte pendiente consideradas con peligro sísmico por problemas de estabilidad de taludes.

***Zona IV:*** esta zona comprende la parte mas profundidad del valle, esta conformada mayormente por suelos finos y arenosos de gran potencia, lo que

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

hace que el terreno tenga un comportamiento dinámico desfavorable, por la que esta expuesta a lo mas altos niveles de peligro sísmico.

## ***CAPÍTULO II***

### ***Antecedentes sísmicos de Distrito de La Molina***

## 2.1 Origen de los sismos

Se da la definición de Sismo, sin tomar en cuenta su origen, a una sacudida violenta de la tierra. De manera más clara, el sismo debe su origen a la ruptura del equilibrio elástico de una determinada zona interna de la tierra, debido a esta ruptura, se genera una perturbación, paso de las ondas, que se propagan en todas direcciones produciendo lo que conocemos como terremoto o sismo.

Tradicionalmente se ha asignado el origen de los terremotos como resultado de la lenta, pero continua acumulación de esfuerzos (Fig. 2.1 - a), que tienden a desplazar la superficie de la Tierra en sentidos opuestos (Fig. 2.1 - b), deformando la roca hasta que se supera su resistencia, en cuyo caso se rompe y libera la energía acumulada de manera violenta, en forma de ondas (Fig. 2.1 - c), y además se desplaza una parte de ella respecto de la otra, formándose una discontinuidad entre ambos bloques o falla (Fig. 2.1 - d). Este esquema, fue elaborado a partir de observaciones hechas tras el terremoto que en 1906 asoló la ciudad de San Francisco (USA).

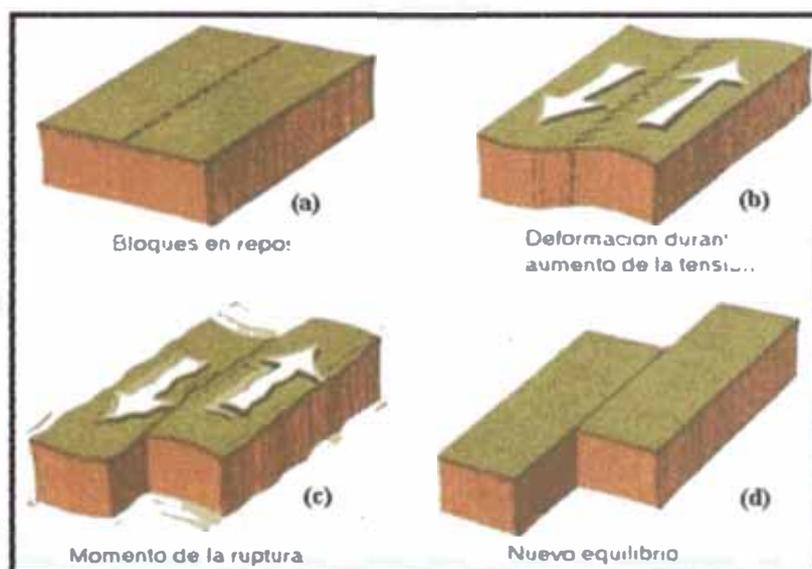


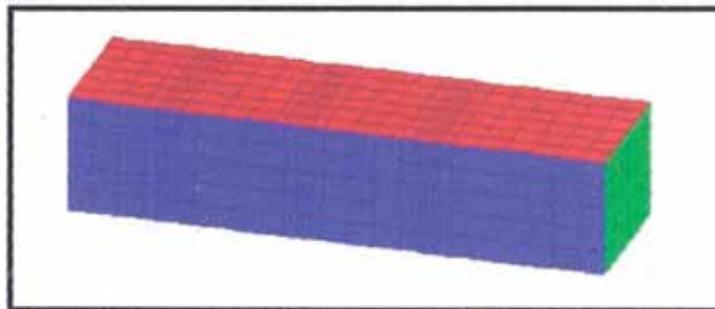
Fig. 2.1

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

La energía liberada se irradia desde el origen del sismo de manera tridimensional en forma de ondas elásticas, a través de la masa terrestre tanto en su interior como por su superficie. Básicamente se conocen dos grupos de ondas: las primeras llamadas **ondas corporales**, estas se propagan en el interior de la corteza terrestre; y el segundo grupo llamadas **ondas superficiales**, estas se propagan por las capas más superficiales de la Tierra, decreciendo su amplitud con la profundidad.

***Ondas corporales:*** se transmiten de dos maneras en ondas primarias y ondas secundarias:

- Ondas primarias: llamadas comúnmente ondas (**P**) son ondas compresionales, su comportamiento es similar a las ondas de propagación del sonido. (Fig. 2.1.2).

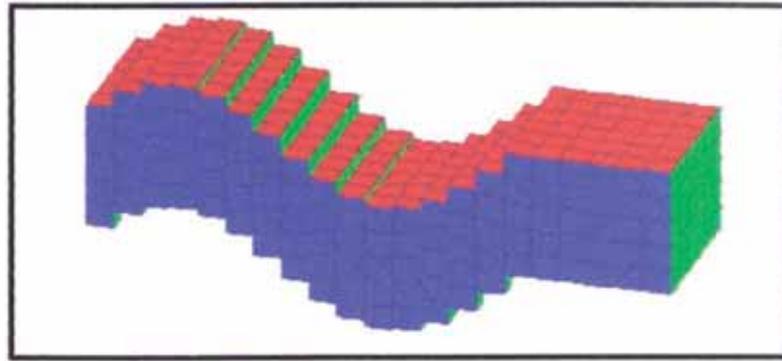


**ONDAS PRIMARIAS (P)**

**Fig. 2.1.2**

- Ondas secundarias: llamadas comúnmente **ondas (S)** son ondas transversales, en donde las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación. (Fig. 2.1.3)

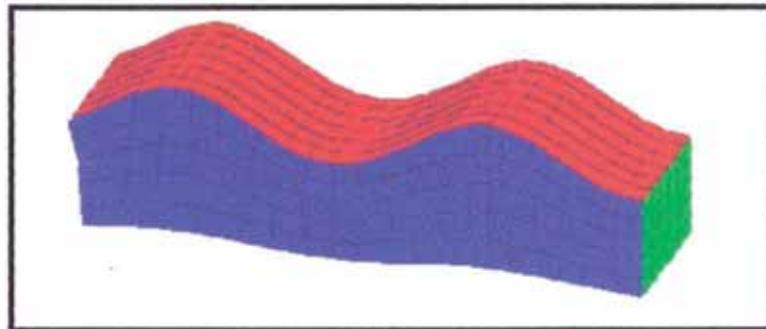
***Ondas superficiales:*** Dentro de este tipo de ondas se pueden diferenciar dos modalidades, denominadas ondas Rayleigh y ondas Love en honor a los científicos que demostraron teóricamente su existencia.



**ONDAS SECUNDARIAS (S)**

**Fig. 2.1.3**

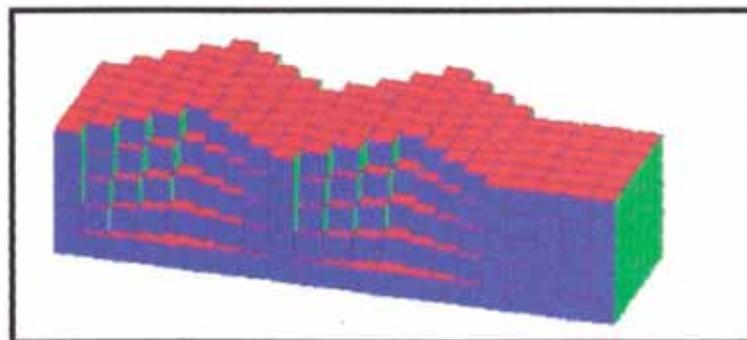
- Ondas Rayleigh: llamadas comúnmente ondas (**R**), se forman en la superficie de la Tierra y hacen que las partículas se desplacen según una trayectoria elíptica retrógrada. (Fig. 2.1.4).



**ONDAS RAYLEIGH (R)**

**Fig. 2.1.4**

- Ondas Love: llamadas comúnmente ondas (**L**), se originan en la interfase de dos medios con propiedades mecánicas diferentes; en este caso el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación, similar a las ondas S, pero solo ocurre en el plano de la superficie terrestre (Fig. 2.1.5).



**ONDAS LOVE (L)**

**Fig. 2.1.5**

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Dentro de esta variedad de ondas, las P son las que se propagan con mayor velocidad, unos 12 Km./s (de ahí su nombre, primarias), presentando además la característica de poder propagarse por cualquier tipo de material, sea sólido o líquido. Las ondas S viajan a una velocidad algo menor, entre 5 y 6 Km./s (secundarias) y no se propagan por masas líquidas. Por último, las ondas superficiales viajan con una velocidad menor aún, entre 2,7 y 3 Km./s. Estas últimas, a pesar de ser las más lentas, son las que tienen mayor amplitud y duración, siendo las que causan mayores daños.

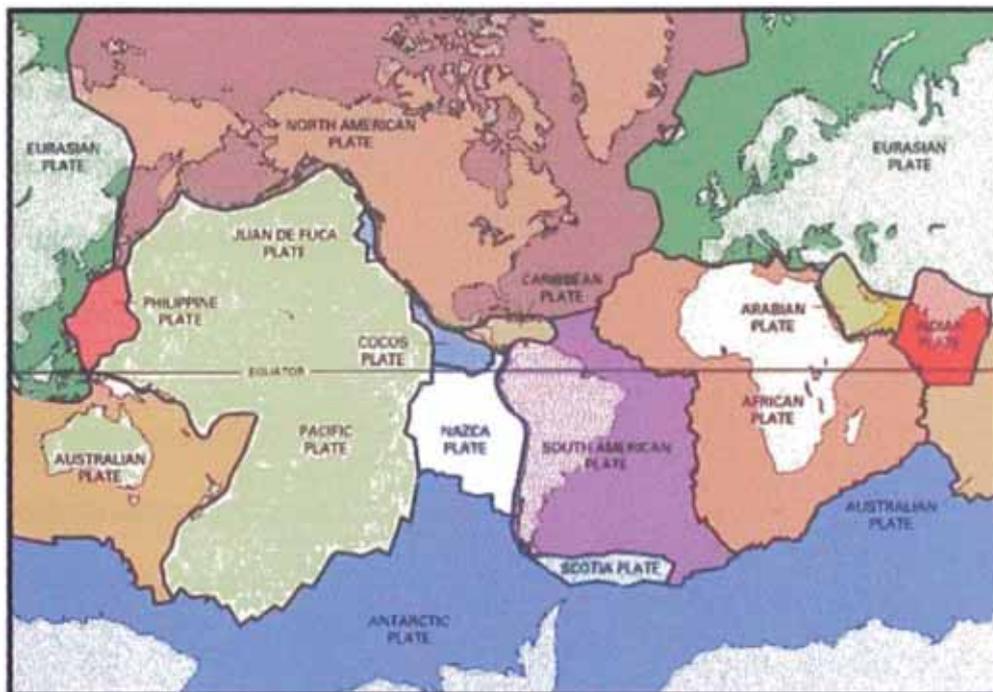
Debido a la diferencia en la velocidad de cada tipo de onda, cuando sentimos un terremoto, las primeras sacudidas son debidas a las ondas P, siendo las siguientes las ondas S y por último las ondas superficiales. La diferente velocidad de cada tipo de onda es, además, la propiedad que se utiliza para determinar la localización del foco del terremoto (cuanto más nos alejamos del epicentro, mas aumenta el retraso en la recepción con respecto al momento del terremoto).

Un caso especial de ondas, son las que se originan cuando el foco se sitúa bajo el mar. Este caso: se generan grandes olas, que se propagan desde el foco hacia la costa, donde causan graves daños. Son los maremotos o tsunami.

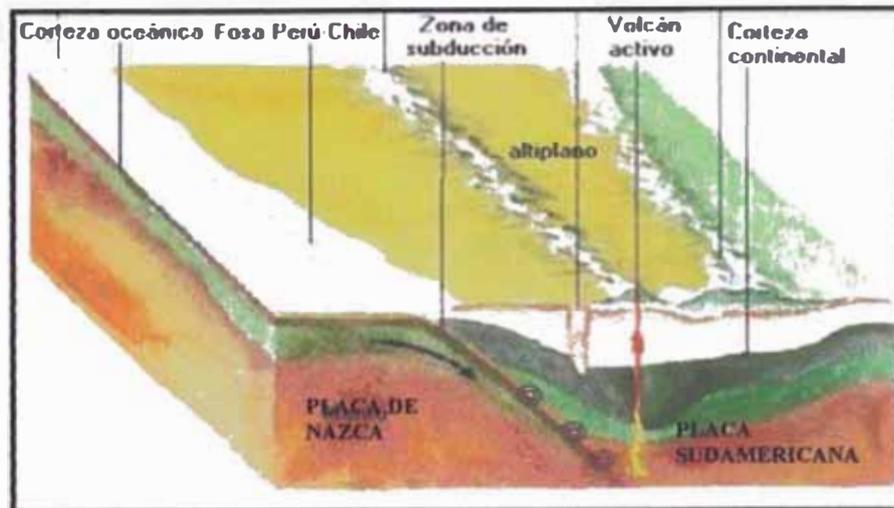


## **2.2 ANTECEDENTES SISMICOS**

El Perú se encuentra localizado dentro de una zona de importante actividad sísmica, llamado Cinturón del Fuego del Pacífico, casi el 80% de los eventos sísmicos han ocurrido en esta zona, dejando el 15% al Círculo Alpino – Himalayo y el 5% al resto del mundo, zonas en donde la tierra libera su energía en forma de terremotos y erupciones volcánicas. La distribución de los terremotos esta íntimamente ligada a las teorías de las formas tectónicas y de la extensión del fondo marino.



La alta actividad sísmica del Perú, esta asociada principalmente a la interacción de las placas Nazca y Sudamericana, donde la primera más débil se introduce debajo de la segunda originando el proceso llamado subducción; y un segundo tipo de actividad sísmica esta asociada por las deformaciones corticales que se presentan a lo largo de la Cordillera Andina, produciendo terremotos con menor magnitud y frecuencia.



### **2.2.1 ANTECEDENTES EN EL PERÚ**

Los sismos han generado a lo largo de la historia cuantiosas pérdidas humanas y de edificaciones. La mayoría de las víctimas durante un sismo es sin a lugar a dudas ocasionadas por la mala calidad en la construcción de las edificaciones.

Particularmente en Lima capital del Perú, es la zona que ha sido afectada constantemente por grandes sismos, como los ocurridos en los años 1940, 1966 y 1974 que ocasionaron graves daños.

La siguiente es una revisión de los grandes sismos históricos ocurridos en la Zona Central del Perú y que de alguna forma han afectado a la ciudad de Lima:

- El sismo del 9 de Julio de 1586 con intensidades de IX MM en Lima y VI en Ica, tuvo una longitud de ruptura del orden de 175Km y causó un tsunami local de una altura de 5m.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- El sismo del 13 de Noviembre de 1655 con intensidades IX MM en el Callao y VIII MM en Lima.
- En 1664 un fuerte sismo sacudió Lima, la longitud de ruptura no fue bien definida, pero se estima en 75Km, no se presentó tsunami.
- El sismo del 20 de Octubre de 1687 es uno de los más fuertes ocurridos en el centro del Perú, con intensidades de VII en Lima y IX en Cañete, tuvo una longitud de ruptura de 350Km y un tsunami local de 5 a 10m.
- En 1725 ocurrió otro sismo en la zona central del Perú, con una longitud de ruptura estimada de 75Km.
- El 28 de Octubre de 1746 un gran sismo, con intensidades de X MM en Chancay y Huaura y IX-X en Lima, destruyó casi completamente la ciudad de Lima, tuvo una longitud de ruptura de 350Km y produjo un tsunami de una altura de 15 a 20m.
- El sismo del 30 de Marzo de 1828 con intensidad de VII MM en Lima.
- El sismo del 4 de Marzo de 1904 con intensidades de VII-VIII MM en Lima.
- El sismo del 24 de Mayo de 1940, con intensidades de VIII MM en Lima, fue percibido desde Guayaquil (III MM) hasta Arica (III MM), tuvo una longitud de ruptura de 180km y produjo un tsunami de 3m de altura.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- El sismo del 17 de Octubre de 1966 en la zona norte-central con intensidades de VIII en Huacho y VII en Lima, tuvo una longitud de ruptura de 100Km y produjo un tsunami de 2.6m de altura.
- El terremoto del 3 de Octubre de 1974 con intensidades de VIII en Lima y VII en Cañete, frente a Lima, tuvo una longitud de ruptura de 140km y causó un tsunami de 1.6m.
- El Sismo del 18 de Abril de 1993 con intensidades de VI en Lima y V en Cañete y Chimbote.
- Sismo del 23 de Junio del 2001 que afecto Zona Sur del Perú, principalmente los departamentos de Arequipa y Moquegua sufriendo graves daños, también de Ayacucho y Tacna.

En base a treinta isosistas de sismos peruanos y datos de Intensidades puntuales de sismos históricos y recientes, Alva et al (1984) ha presentado un Mapa de distribución de Intensidades.

# VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

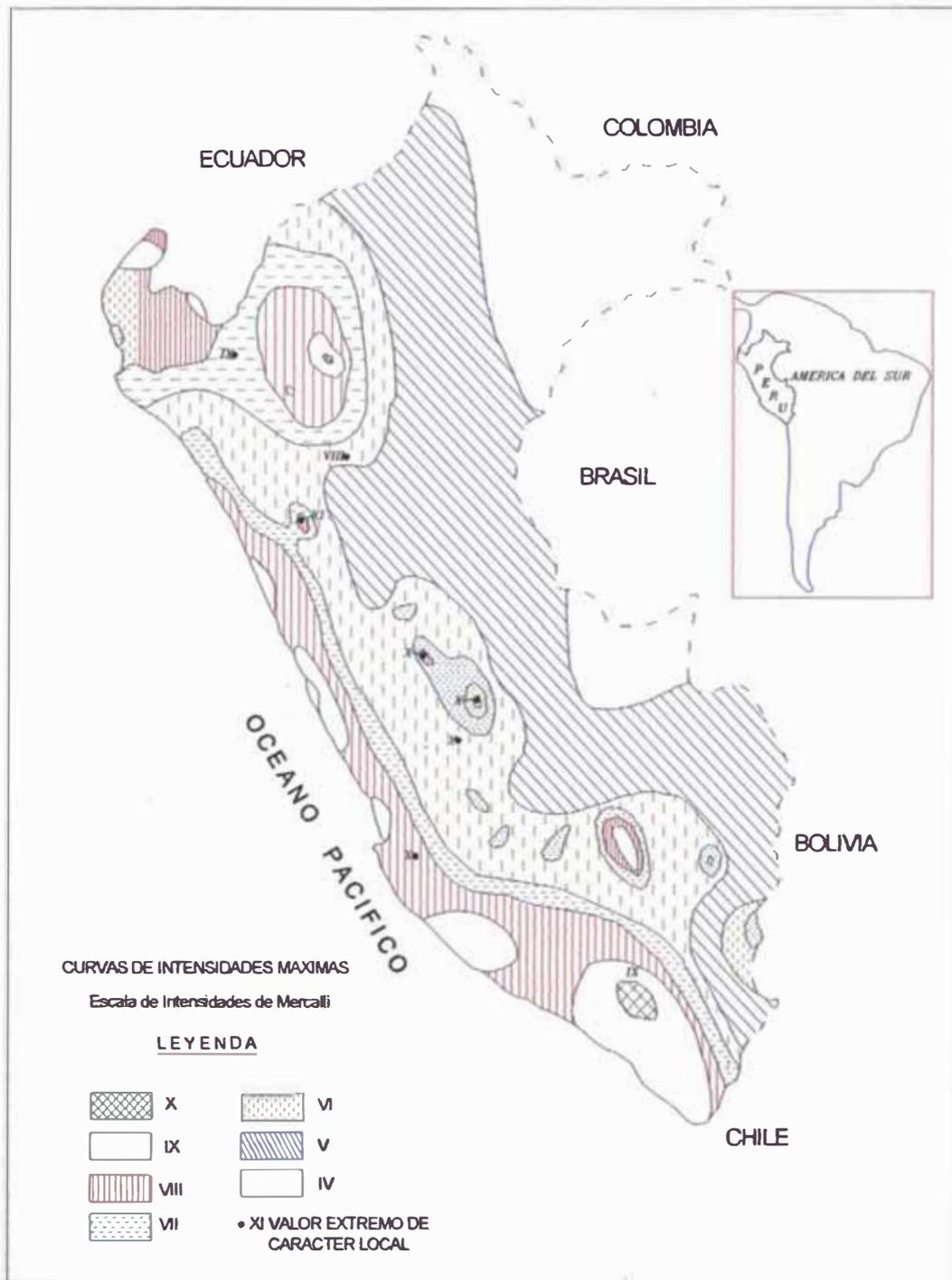


Figura 1.- Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984)

**2.2.2 Antecedentes de sismos de Lima y el distrito de La Molina**

A lo largo de la historia la ciudad de Lima, capital del Perú ha sido afectada por numerosos sismos destructivos, los cuales causaron graves pérdidas en vidas y a la economía del país. En la siguiente **Tabla 2.2.2.1** mostramos un resumen de los sismos que ha afectado la ciudad.

FECHA	MAGNITUD (Ms)	INTENSIDAD EN LIMA (MM)	OBSERVACIONES
09 de Jul. de 1586		IX	Provocó un Tsunami de 5m de altura, y causó destrucción en Lima
19 de Oct. de 1609			Causó destrucción en Lima.
27 de Nov. de 1630			Causó destrucción y muertos en Lima.
13 de Nov. de 1655		VIII	Causó destrucción y muertos en Lima.
12 de May. de 1664			No presento tsunami provocando destrucción y muerte, también afecto Ica.
17 de Jun. de 1678			Averió los principales edificios en Lima.
20 de Oct. de 1687		VII	Causó destrucción en Lima y Callao, provoocó un tsunami local de 5 a 10 m de altura.
28 de Oct. de 1746		X - XI	Causó destrucción en Lima y Callao, provoocó un tsunami local de 15 a 20 m de altura.
30 de Mar. de 1828		VII	Daños y muertos en Lima
04 de Mar. de 1904		VII - VIII	Destrucción en Lima
* 24 de May. de 1940	8	VII - VIII	Destrucción en Lima, se sintió hasta en Guayaquil y provocó un Tsunami en el Callao de 3 m de altura.
* 17 de Oct. de 1966	7.75	VIII	Destrucción y muerte en Lima, provocó un Tsunami en el Callao de 2.6 m de altura.
05 de Ene. de 1974	6.3		Se produjo al Este de Lima
* 03 de Oct. de 1974	7.6	VII - VIII	Destrucción y muerte en Lima, provocó un Tsunami en el Callao de 1.6 m de altura.
09 de Nov. de 1974	7.2	VI	Réplica del sismo de 03 de Octubre de 1974
18 de Abr. de 1993.		VI	provocó un fuerte susto en Lima no causando daños mayores.

**Tabla 2.2.2.1**

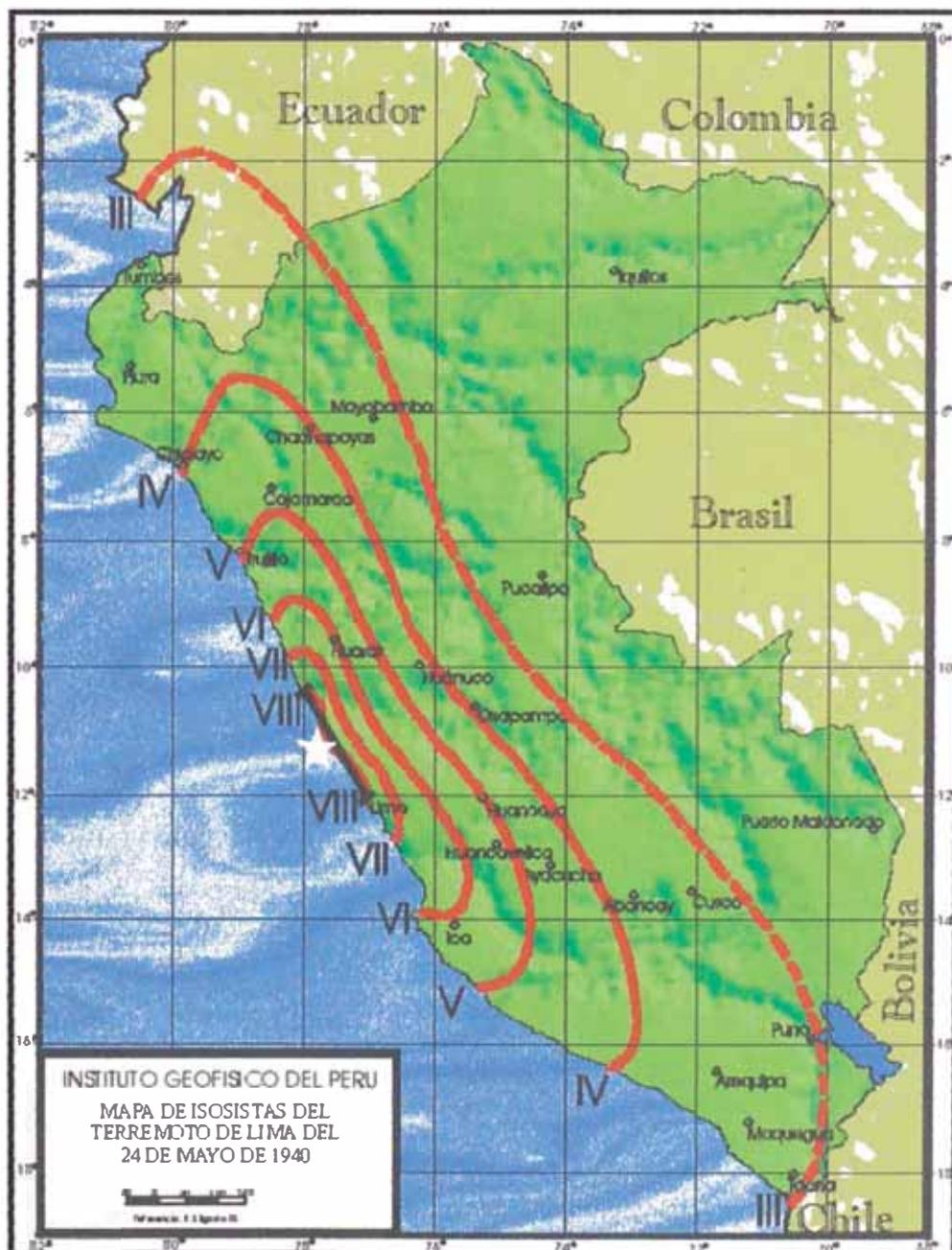
\* A continuación explicaremos algunas características de estos sismos producidos en esas fechas.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

- **TERREMOTO DEL 24 DE MAYO DE 1940**

En esta fecha Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un sismo que presento las siguientes características:

Hora : 11:35 am  
Magnitud : 8.0 mb  
Intensidad : VII - VIII MM  
Epicentro : 120 km al Noroeste de Lima



## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Este terremoto que está asociado al choque entre las placas de Nasca y Sudamericana, castigó duramente a las localidades de Lima, Barranco, Chorillos, Callao, Huacho y Chancay. Los daños materiales fueron cuantiosos, las que sufrieron graves daños fueron las casas de adobe y quincha, que en su mayoría colapsaron. Tuvo una gran área de percepción que comprendió todo el Perú; en La Molina resultó dañada la Escuela Nacional de Agricultura que sufrió daños considerables siendo esta una edificación nueva.



## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

- **TERREMOTO DEL 17 OCTUBRE DE 1966**

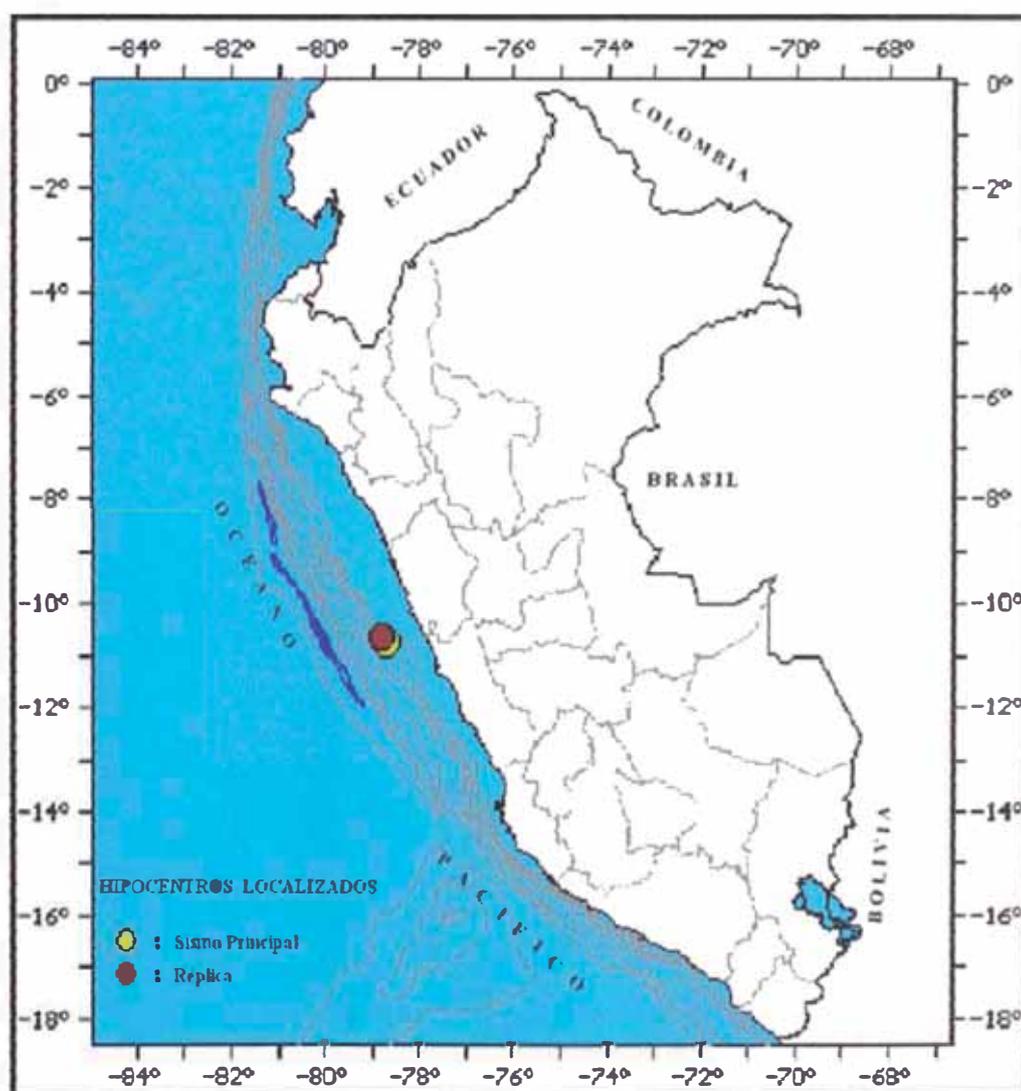
La ciudad de Lima fue sometida a un intenso sismo que no se producía desde 1940 que presentó las siguientes características:

Hora : 11:35 am

Magnitud : 8.0 mb

Intensidad : VIII MM

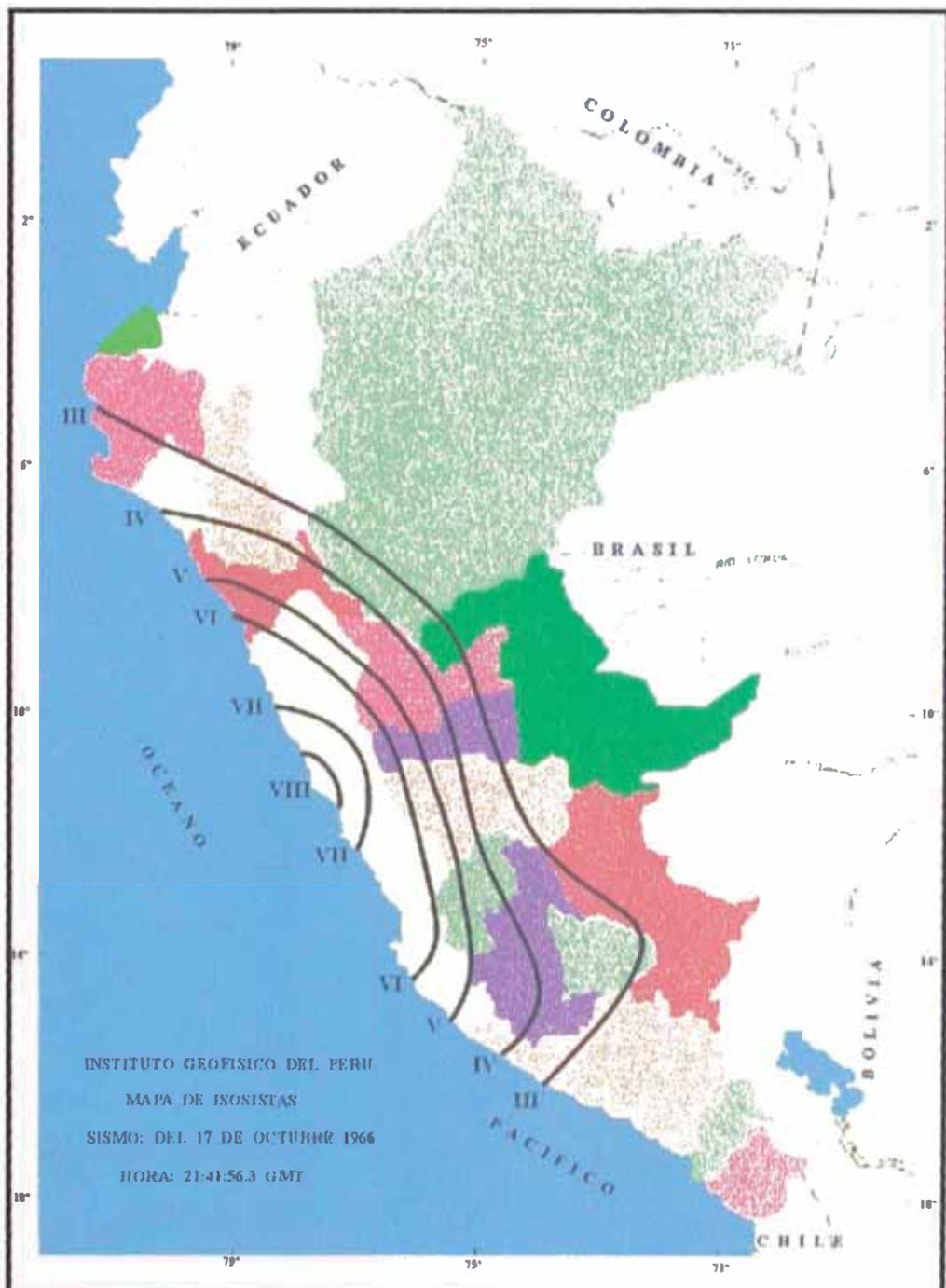
Epicentro : 230 km al Noroeste de Lima



MAPA DE HIPOCENTROS

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

Este terremoto ocasiono graves daños a Lima las localidades de La Molina, La Planicie, Callao, Chorrillos, Rímac. En Ancón un edificio de 17 pisos sufrió daños en los cinco últimos pisos, se observaron también en el Colegio Reina de los Ángeles de la Planicie, donde fallaron varias aulas, lo mismo ocurrió en el colegio La Recoleta por encontrarse en una zona de interfase de Suelos.



## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

- **TERREMOTO DEL 03 DE OCTUBRE DE 1974**

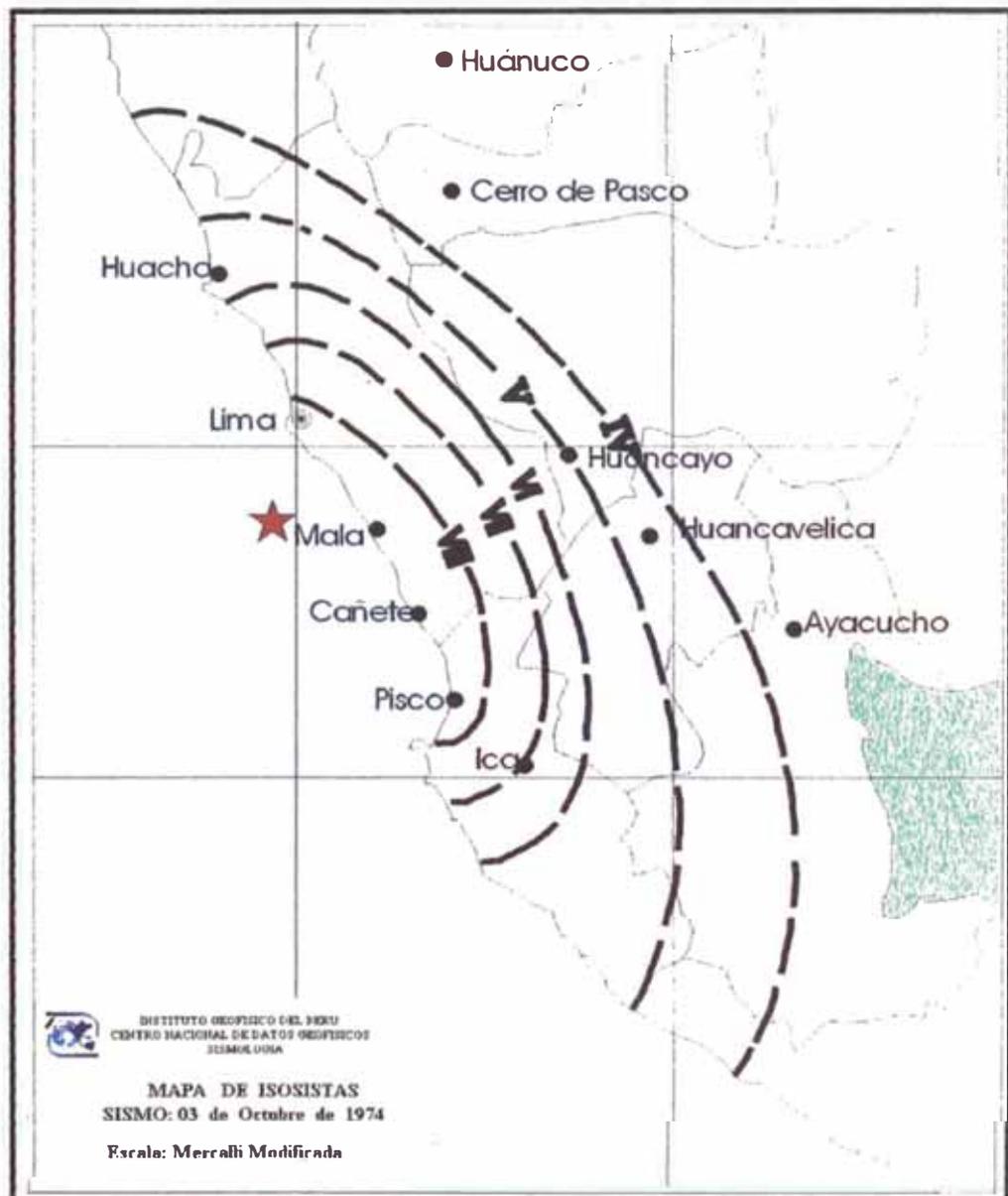
En la mañana del día jueves Lima fue sacudida por un fuerte movimiento sísmico de las siguientes características:

Hora : 9:21 am

Magnitud : 7.6 mb

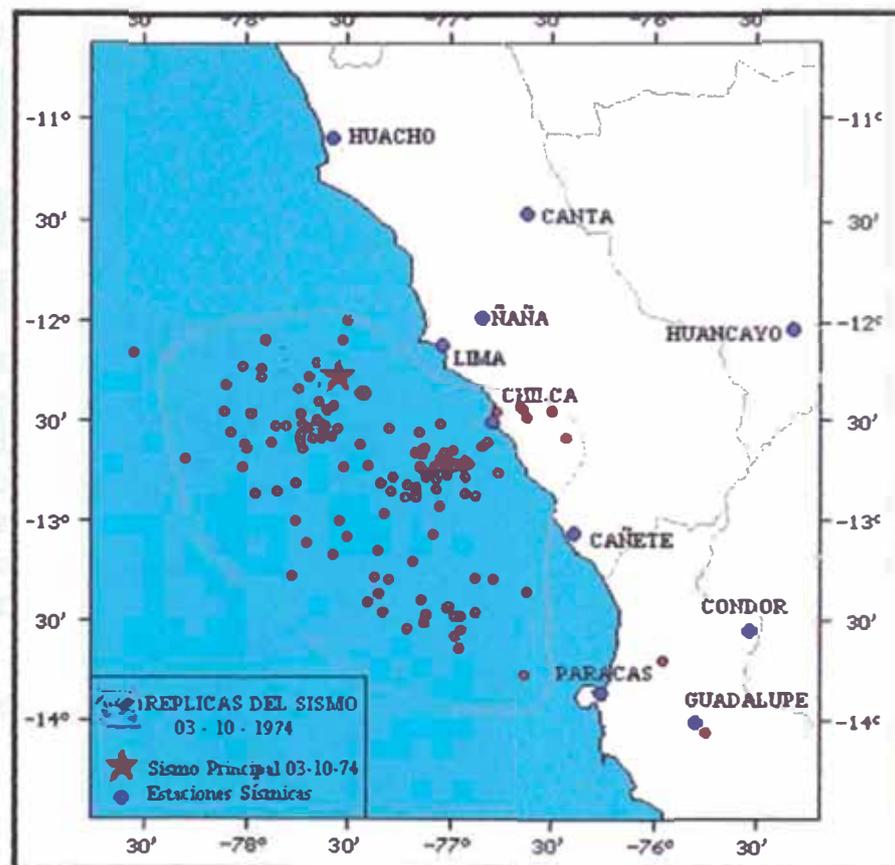
Intensidad : VII - VIII MM

Epicentro : 90 km al Suroeste de Lima



## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

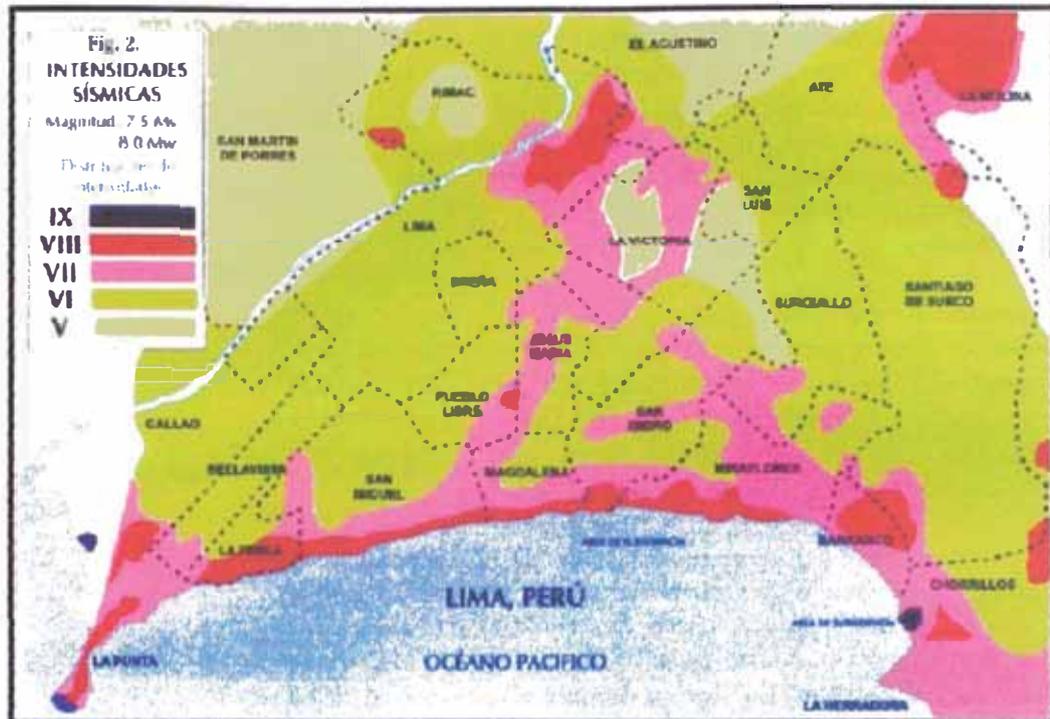
La característica principal fue que tuvo una duración larga más de 90 segundos, la baja frecuencia que predominó en el movimiento del suelo. Las zonas más afectadas en Lima Metropolitana fueron Callao, Chorrillos y La Molina. Y entre las poblaciones costeras tenemos a Lurín, Chilca, Mala, Imperial, Cañete, Chíncha y Pisco. El sismo fue seguido inmediatamente por varias réplicas en la que destaca la del 09 de noviembre de 1974. El IGP gracias a la instalación de estaciones alrededor de Lima, pudo detectar los epicentros y generar un área de réplicas asociadas con el sismo principal.



Dentro de área de réplicas se debe destacar dos núcleos con grandes densidades de epicentro, una de las cuales es la del sismo principal ocurrida el 03 de Octubre que se ubica a 70 a 90 km al Suroeste de Lima y la otra de 60ª 80 km al Sur de Lima.. La actividad sísmica siguió a la

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

principal dirigiéndose al Sur este del epicentro principal, incluyendo la gran réplica ocurrida el 09 de noviembre de 1974.



Gracias a la información detallada obtenida del terremoto del 03 de Octubre del 1974, el IGP realizó un mapa de Intensidades ver a continuación, donde se puede apreciar que el sacudimiento fue mayor en los acantilados de la y de menor intensidad en la parte interna con la excepción de algunos distritos como es el caso de La Molina por presentar problemas de suelo, y esto explicaría la alta intensidad observada allí.

### 2.2.3 Antecedentes de La Molina

El distrito de La Molina se encuentra ubicado al Sureste de la ciudad de Lima, este distrito presenta un particular comportamiento sísmico, debido a las características geomorfológicas y los tipos de suelos.

De la información obtenida de Silgado, siglo XVI al XIX, solo se reportan eventos sísmicos ocurridos en ciudades principales. Los reportes de sismos que

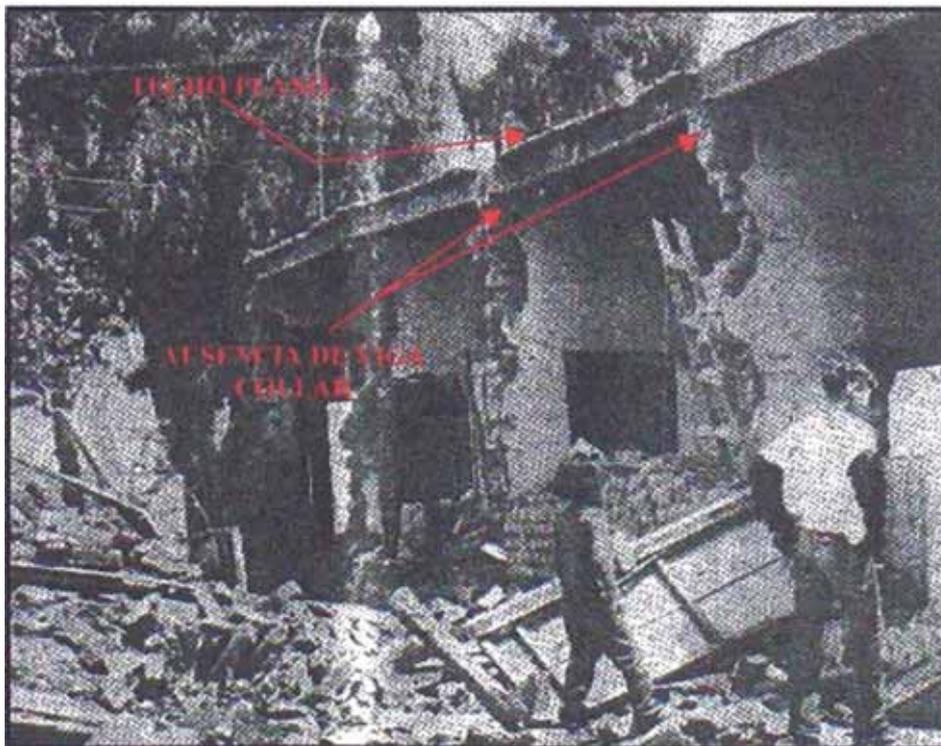
## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

se tiene mayor información es el ocurrido en el año 1974, donde el distrito de la Molina sufrió graves daños, tal como se muestran en las fotografías en la parte inferior en forma detallada.

La mayoría de las viviendas que sufrieron daños se debió al comportamiento dinámico del suelo que ocasiono el aumento de la intensidad del sismo, y en algunos casos a la baja calidad de construcción.

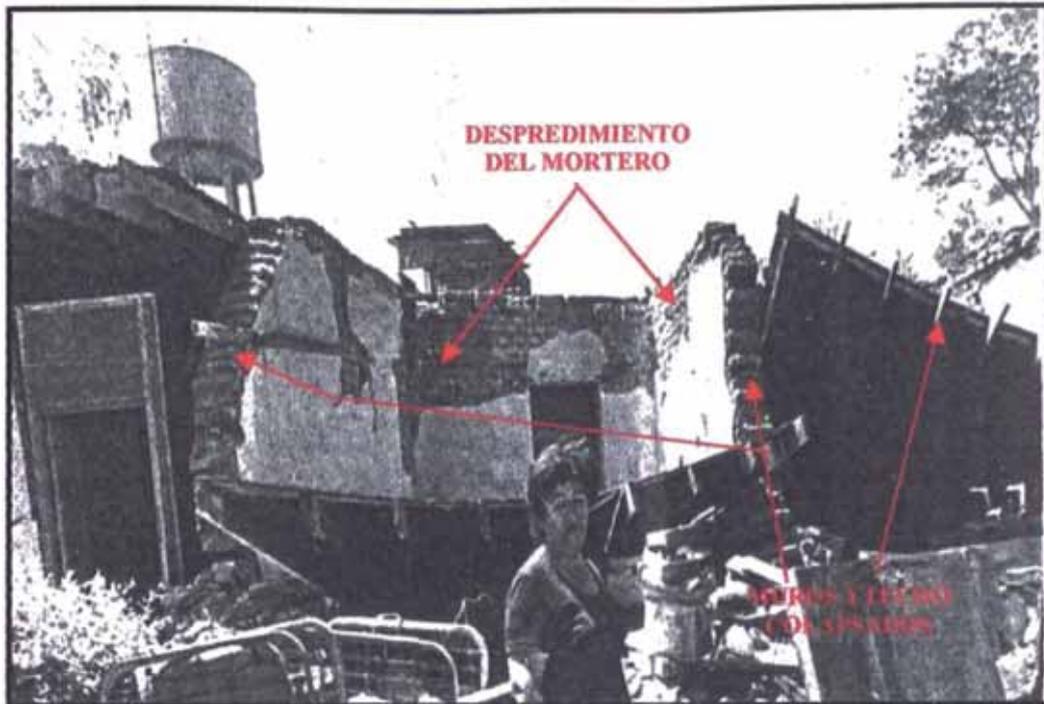
Las viviendas de adobe que se encontraban alrededor de la Universidad Agraria sufrieron graves daños, estas viviendas no poseían viga collar y tenían techos planos cubiertas de cañas y recubrimiento de barro, tal como se muestra en la

**Fig. 2.2.3.1**



**Fig. 2.2.3.1**

En Fig. 2.2.3.2 aquí también esta vivienda presento similares daños además del desprendimiento del mortero del revestimiento y la Fig. 2.2.3.3 corresponde a lo fue el puesto policial de La Molina, perteneciente a la 21ª Comandancia de la

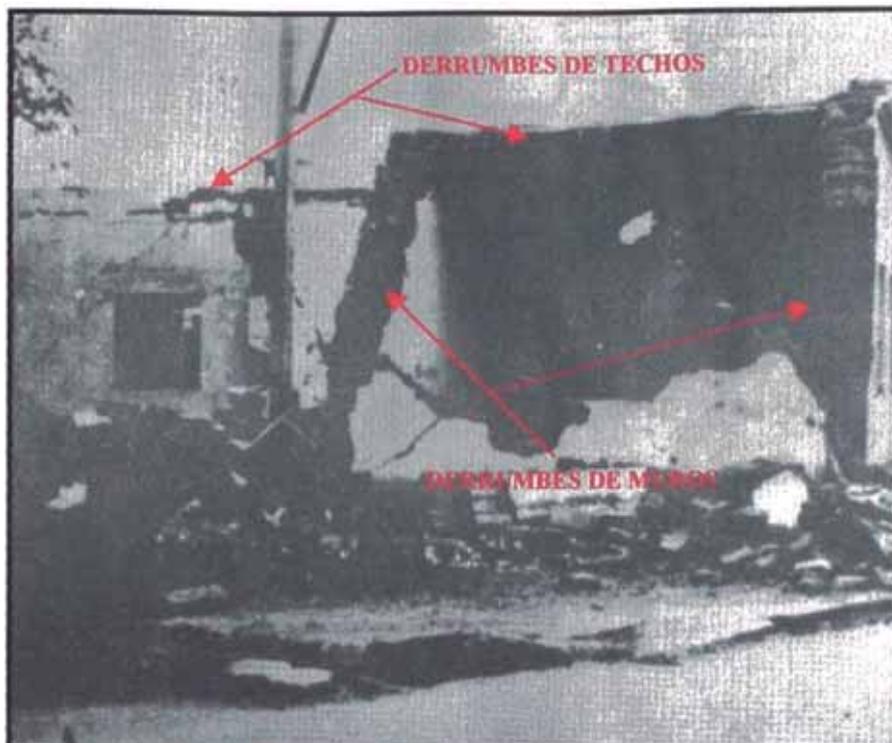


**Fig. 2.2.3.2**

Guardia Civil, en ella se puede apreciar que este local quedo seriamente dañado, que el personal fue trasladado al local de la municipalidad.

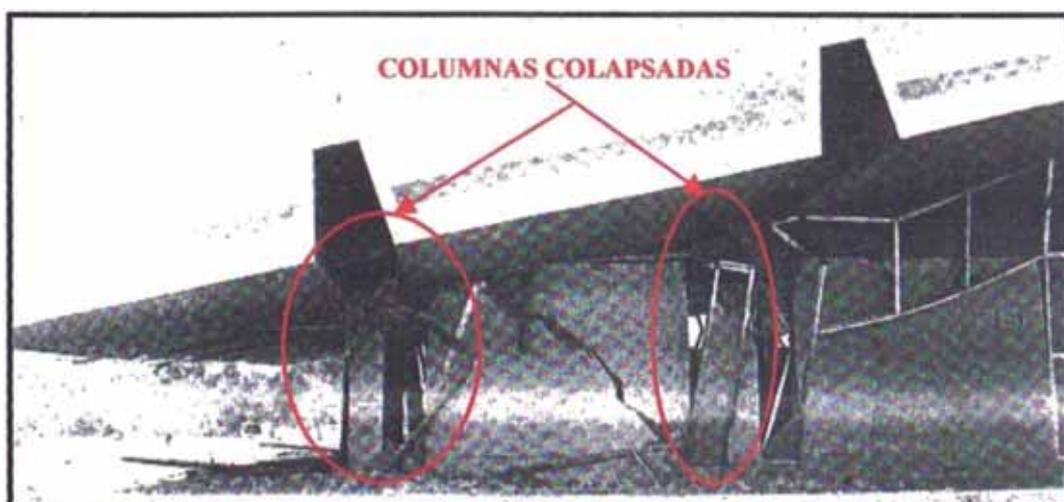


**Fig. 2.2.3.3**

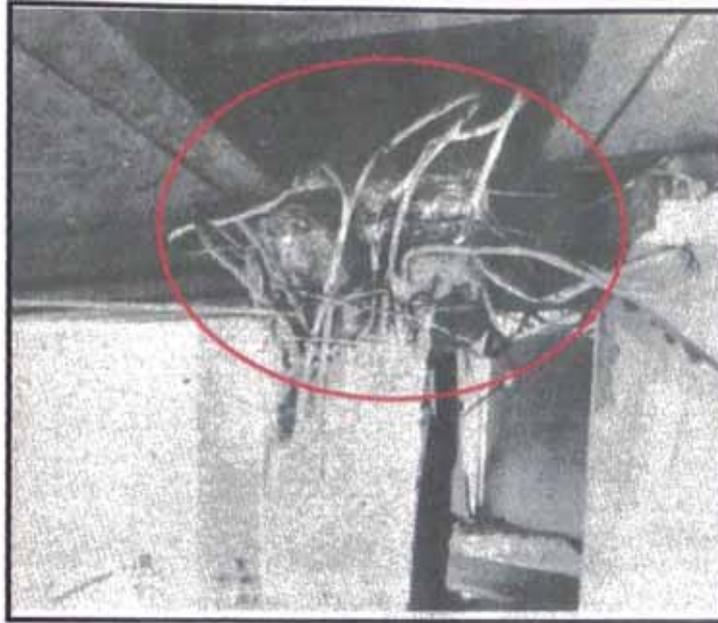


**Fig. 2.2.3.4**

En la **Universidad Agraria La Molina**, las viejas construcciones de adobe fueron gravemente dañadas en que incluyen derrumbes de muros y techos tal como podemos apreciar en **Fig. 2.2.3.4**. Este centro universitario también contaba para esa época con construcciones nuevas, tal es el caso del pabellón correspondiente a las aulas que estaban conformada por techo plano y vigas invertidas, estas presentaron daños severos tal como se aprecia en la **Fig.2.2.3.5**.

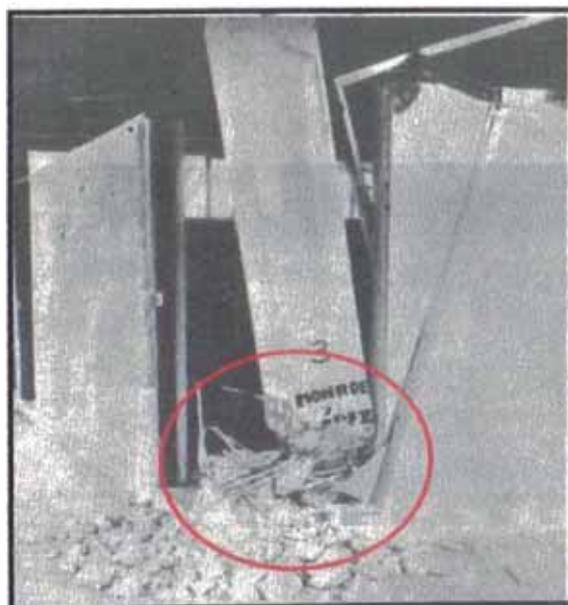


**Fig. 2.2.3.5**

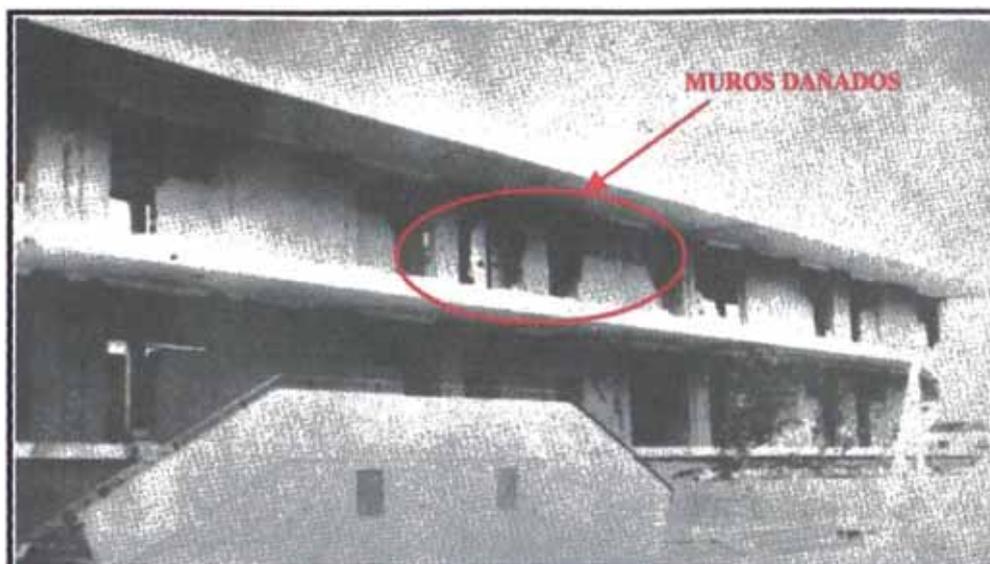


**Fig. 2.2.3.6**

Las columnas parecían no estar diseñadas para recibir estas fuerzas sísmicas, así que la mayoría colapsaron principalmente las columnas de las esquinas; las partes de la columna que se dañaron severamente fueron la parte superior y la base tal como apreciamos en las **Fig. 2.2.3.6** y **Fig. 2.2.3.7**, esto de pudo originar a la mala calidad del concreto y el uso de acero de diámetro no adecuado, así como al deficiente estribado.

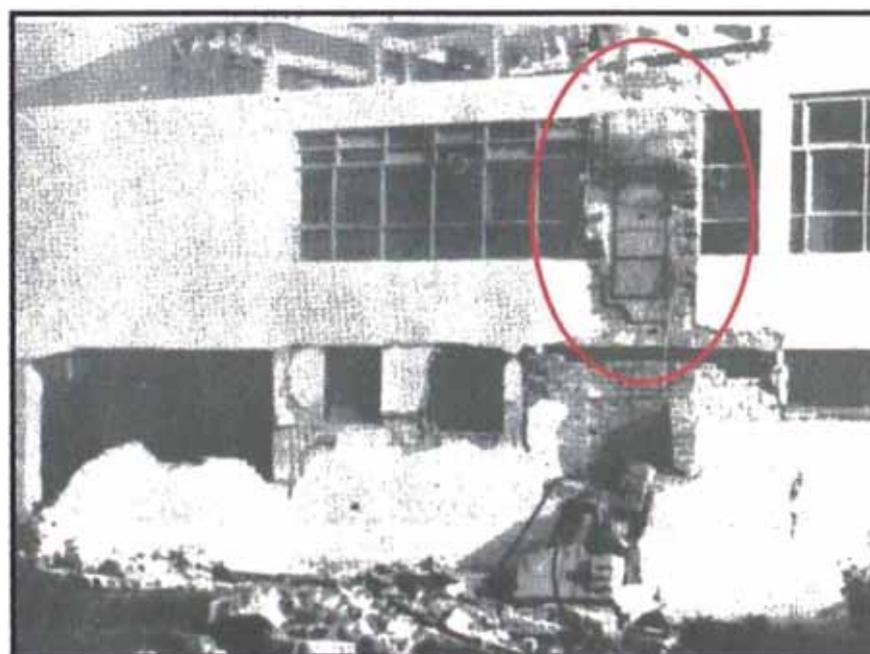


**Fig. 2.2.3.7**



**Fig. 2.2.3.8**

El **Colegio Reina del Mundo** sufrió graves daños en su estructura durante el sismo del año 1974, tal como se aprecia en la **Fig. 2.2.3.8**, debido a la escasa dimensión de los aceros lo cual origino la baja resistencia frente a las fuerzas sísmicas y la demasiada separación de los estribos, y además la mampostería de ladrillo no tenía ninguna conexión con la estructura, tal como se aprecia en la **Fig. 2.2.3.9**.

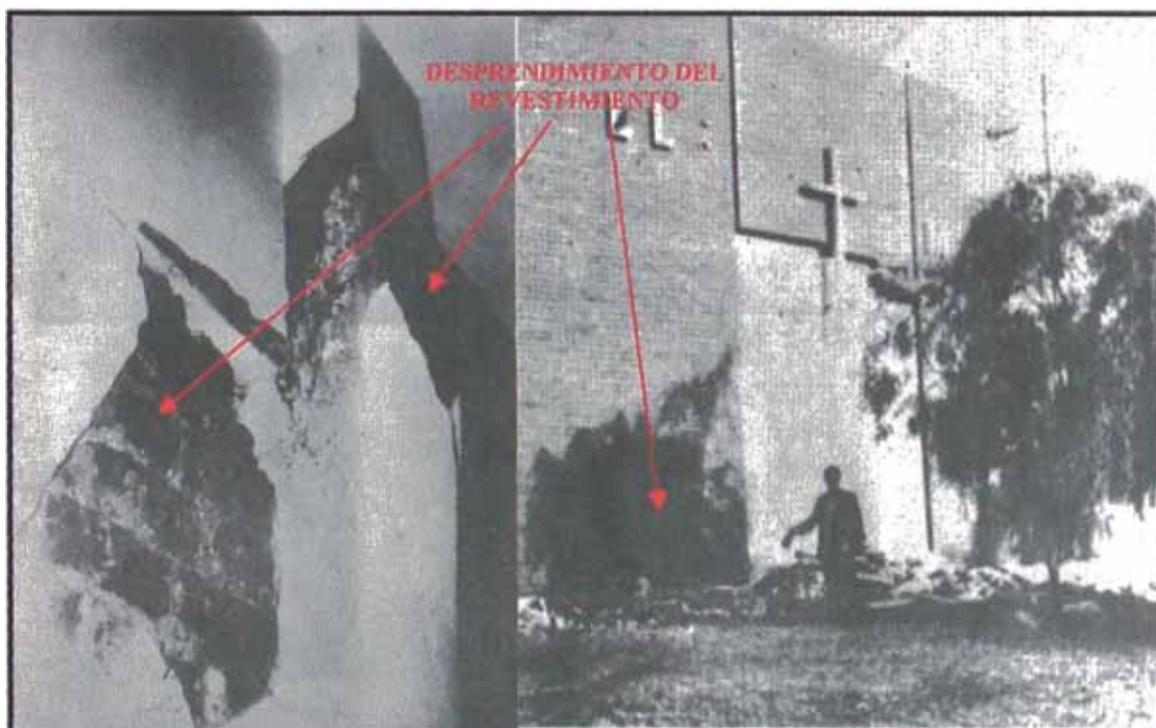


**Fig. 2.2.3.9**



**Fig. 2.2.3.10**

El Colegio Villa María, ver Fig. 2.2.3.10 sufrió daños menores comparados con el colegio anterior, el sismo produjo desprendimientos del revestimiento en los muros y columnas, tal como se aprecia en la Fig. 2.2.3.11.

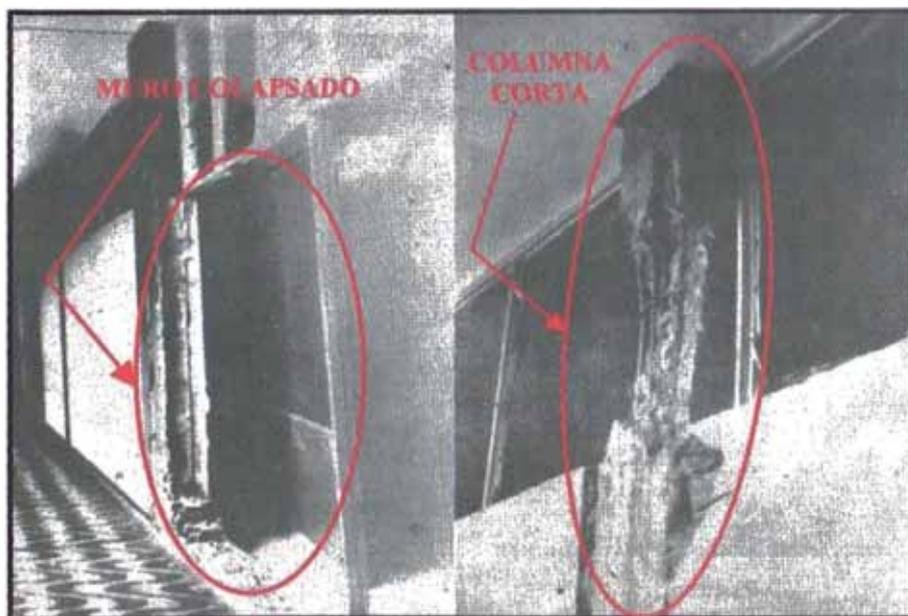


**Fig. 2.2.3.11**

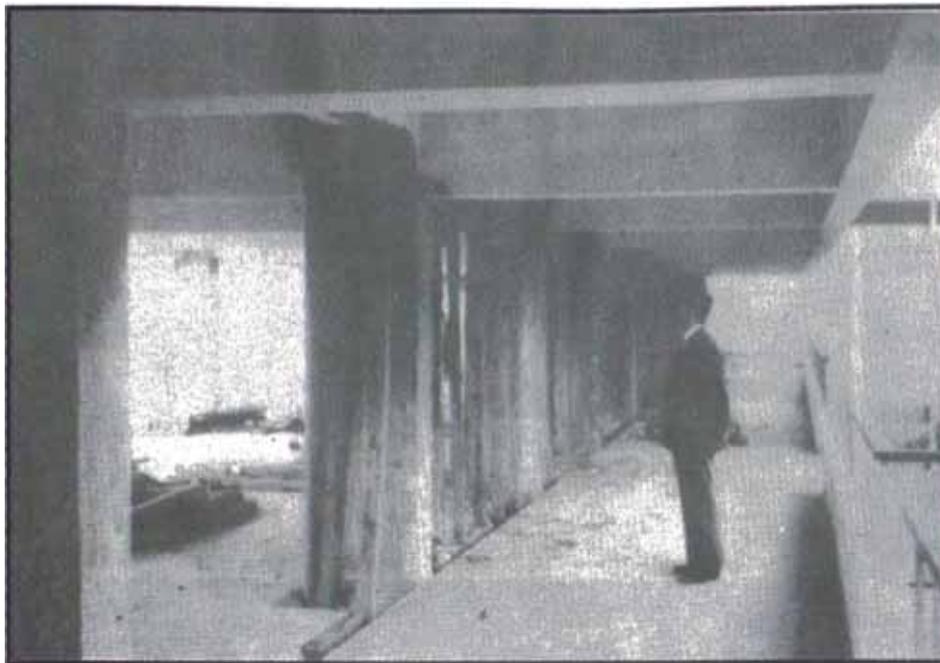


**Fig. 2.2.3.12**

El Colegio La Recoleta ver Fig. 2.2.3.12, presentó daños en su mampostería de ladrillos, tal como se muestra en la Fig. 2.2.3.13, ya que estos no tenían vinculación con la estructura y por lo tanto colapsaron, también se presentó el caso de columna corta y además del gran espaciamiento de los estribos.



**Fig. 2.2.3.13**



**Fig. 2.2.3.14**

El **Retiro de los Padres Pasionistas** también resulto afectado severamente, el daño se presentó generalmente en la parte superior de las columnas que presentaban escaso estribamiento **Fig. 2.2.3.14**, y en la mampostería de ladrillos, esta no presentaba arriostramiento con la estructura de concreto armado ni columnas de confinamiento, **Fig. 2.2.3.15**.



**Fig. 2.2.3.15**

## ***CAPITULO III***

### ***Vulnerabilidad sísmica del Distrito de La Molina***

### **3.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA**

A causa del crecimiento y densificación de la población, así como el tratamiento erróneo de la infraestructura en áreas donde pueden ocurrir fuertes terremotos, la ingeniería sísmica actualmente viene desarrollando metodologías, técnicas y estrategias con el fin de mitigar o disminuir la vulnerabilidad sísmica.

Para nosotros, es de primordial importancia el estudio de la vulnerabilidad sísmica, ya que nuestro País se encuentra en una región de alta actividad sísmica, esto indica que no estamos exentos de sufrir las calamidades de un fuerte terremoto; el Perú es un país vulnerable ya que posee características de amenazas de desastres naturales en distintas partes del territorio nacional, tal es el caso, que hemos visto la repetida ocurrencia de desastres naturales desde movimientos sísmicos, torrenciales aguaceros, inundaciones, sequías, etc., que han afectado en forma considerable a la población y economía de nuestro país.

Estimar las pérdidas que puede ocasionar un terremoto, es una tarea difícil pero necesaria para estimular y generar acciones de mitigación sísmica. Sin embargo actualmente no es posible precisar con exactitud cuando y en que lugar va a ocurrir un terremoto, y cuantas pérdidas y daños, tanto material como de vidas, generara en la población, pero si es posible hacer estimaciones y aproximaciones, que nos indiquen la naturaleza y la magnitud del problema que tendrá que afrontar la población, razón por la cual el estudio de *Vulnerabilidad Sísmica* se han convertido en necesario e indispensable.

## **3.2 Conceptos teóricos**

### **3.2.1 Vulnerabilidad**

Podemos definir a la vulnerabilidad como el grado o nivel de daño, al que están expuestas las edificaciones por la ocurrencia de un movimiento sísmico del terreno con una intensidad dada. Además se puede decir que el nivel de vulnerabilidad de una edificación es un proceso dinámico mas no estático, pues va a depender de la resistencia sísmica de la edificación, con la cual se encuentra construida la cual va a aumentar o disminuir con el transcurrir el tiempo.

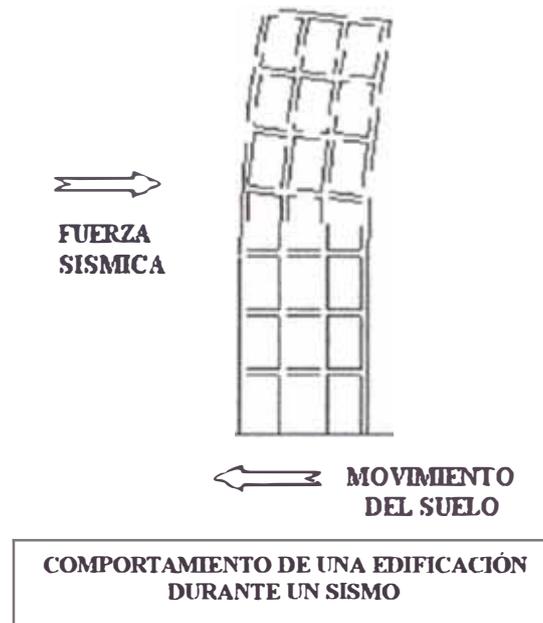
La importancia de estimar la vulnerabilidad de una estructura esta en poder hallar el riesgo para cuantificar la necesidad de reforzar o reconstruir una edificación para que en un momento de desastre sea capaz de resistir los esfuerzos a los que será sometida.

### **3.2.2 Tipos de vulnerabilidad**

Como ya definimos el concepto de vulnerabilidad, ahora trataremos de los tipos de vulnerabilidad estas pueden ser física y funcional.

**La vulnerabilidad estructural o física.-** esta relacionado con el comportamiento estructural de la edificación frente a las sollicitaciones a las que se ve sometida durante un evento sísmico, es decir, la forma como responde ante los desplazamientos y los esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante toda la vida útil de la edificación.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA



Los elementos estructurales de una edificación se conciben en el diseño, donde se les debe prestar la primera atención para que cumplan con los requerimientos necesarios para soportar las solicitaciones sísmicas; luego, en la etapa de construcción se debe cuidar de utilizar los métodos adecuados y los materiales de buena calidad; por último, al hacer reparaciones o al reforzarlos, se debe tomar en cuenta el riesgo al que se expone la edificación y sus ocupantes debido al evento sísmico.

**La vulnerabilidad funcional** esta asociada al tipo de daño no estructural, tales como muros, fachada, vidrios, cielorraso, equipos, instalaciones, divisiones, etc., lo cual es de suma importancia para el continuo funcionamiento de las edificaciones ante eventos de una magnitud importante. Es de especial interés el recalcar la importancia que tiene la vulnerabilidad funcional en las edificaciones que la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, clasifica como **Edificaciones Esenciales**, ya que éstas tienen que seguir cumpliendo con su función después de ocurrido el

sismo y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente de un lugar a otro.

### **3.2.3 Factores que aportan a la vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica en edificaciones va depender de ciertos factores tales como:

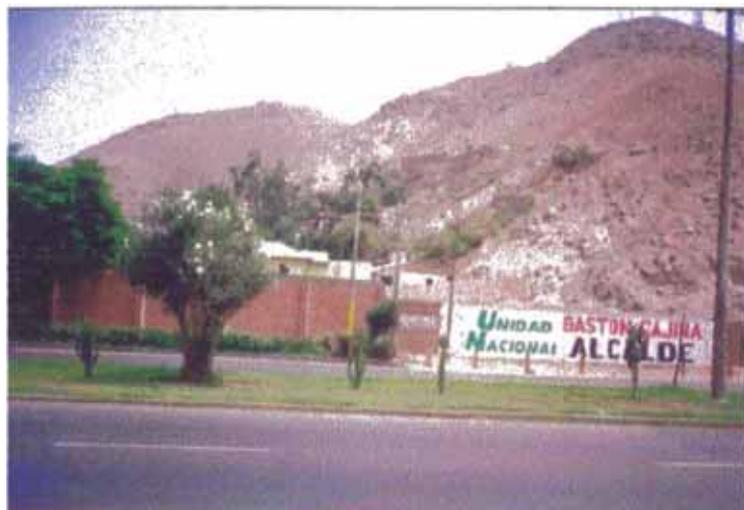
- Tipo de construcción, algunas construcciones no son suficientemente resistentes ante los movimientos laterales a los que les somete un sismo. Esto se agrava cuando la estructura de la construcción está degradada, su cimentación es mala o se han cometido defectos graves en la edificación.
- El tipo de suelo, los movimientos sísmicos están gobernados por la composición y las propiedades físicas de la capa cercana a la superficie del terreno; el movimiento del terreno es mayor cuanto más blando sea éste, más gruesa sea la capa del suelo y sobre todo, cuando dicha capa está saturada de agua ocurriendo los movimientos vibratorios más grandes en los suelos blandos y saturados de aguas

<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>ACCION SOBRE LA VIBRACIÓN</b>	<b>EFECTOS PROBABLES</b>
Roca estable	No se incrementa	El terreno se mantiene firme
Roca no estable	Apenas se incrementa	Puede haber desprendimientos
Suelo no consolidado	Se incrementa	El suelo pierde su firmeza, tanto más cuanto más agua contenga
Suelo blando o rellenos	Se incrementa mucho	Asentamientos del suelo, posible licuefacción, deslizamientos,

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

La licuefacción es un fenómeno que se producen en terrenos blandos saturados de agua durante sacudidas sísmicas fuertes y largas, es conveniente antes de construir, saber si se puede producir la licuefacción del terreno sobre el que se va a apoyar nuestro edificio. En el caso de ser una capa de tierra pequeña se puede sustituir o tomar como base de cimentación una amplia losa muy rígida que reduzca los daños en caso de producirse el fallo.

- Cimentación inadecuada al tipo de terreno, porque sea insuficiente o este mal enlazada entre sí.
- Calidad de los materiales empleados en la construcción de la edificación.
- La pendiente del terreno, sobre todo para aquellas construcciones situadas en laderas con gran pendiente o en terrenos poco firmes, tal como lo podemos apreciar en la **Figura 3.2.3.1**, en los rellenos flojos o insuficientemente compactados..



**Fig. 3.2.3.1**

Esta vista pertenece a la Av. Alameda del Corregidor, donde podemos apreciar los taludes inestables con material rocoso.

Después de un terremoto, suelen producirse asientos que afectan a las edificaciones existentes, surgiendo fisuras y grietas en ellas o arrastrándolas pendiente abajo

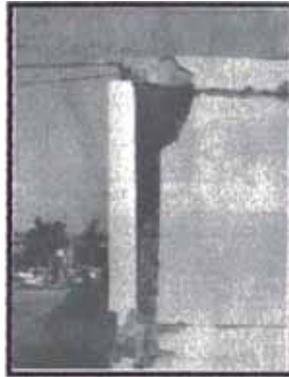
No sólo es necesario garantizar la estabilidad y el comportamiento antisísmico de las estructuras, sino vigilar cuales son las condiciones del terreno en el que se asientan. En la medida de lo posible, evitar construir en laderas con tendencias a deslizamiento.

### **3.2.4 Daños más comunes en las edificaciones**

Las edificaciones son susceptibles a sufrir daño ante movimientos sísmicos, y estos pueden tener efectos directos sobre la seguridad de la estructura, los daños mas comunes son los siguientes:

- Desmoronamiento inclinado de las vigas en la proximidad de sus extremos debido a la tensión diagonal. En ocasiones aparecen dos grietas formando una cruz, como consecuencia de la inversión de esfuerzos
- Agrietamiento inclinado de los columnas, provocado por tensión diagonal. En la mayoría de los casos estas grietas se orientan en dos direcciones y forman una cruz, por efecto de la inversión de esfuerzos; en otros casos las grietas se orientan en una sola dirección, sobre todo en estructuras que sufren asentamientos diferenciales antes o durante el terremoto.
- Desprendimiento y desmoronamiento del concreto en la parte inferior de las vigas cerca de la unión con las columnas, como consecuencia del exceso de compresión por flexión y de pandeo del acero de refuerzo del

lecho inferior de las vigas. **Fig. 3.2.4.1** apreciamos el Colegio Reina del Mundo donde se produjo este tipo de daño originado por el sismo del año 1974.



**Fig. 3.2.4.1**

- Desprendimiento y desmoronamiento del concreto en los muros y columnas, así como pandeo del acero de refuerzo, como consecuencia de la repetida inversión de esfuerzos y las grandes deformaciones provocadas por el terremoto. En la **Fig. 3.2.4.2** podemos apreciar el desprendimiento del mortero tanto en los muros como en la columna originado en el sismo del año 1974 esta vista pertenece al Colegio Villa María de la urbanización La Planicie.



**Fig3.2.4.2**

- Efecto de la “columna corta” se produce cuando un elemento superficial como un muro de ladrillo o un muro de concreto limitan la posibilidad de deformación de la columna en parte de su longitud. Esta limitación

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

produce tensiones adicionales no previstas en el cálculo que hacen que la columna se agriete o llegue incluso a la rotura total. En la Fig. 3.2.4.3 observamos el efecto de columna, la primera corresponde al Colegio La Recoleta originada por el sismo del año 1974, y el segundo es un probable caso que se puede presentar ante un evento sísmico debido a que presenta todas las condiciones esta vista corresponde a la comisaría de La Planicie.



Fig. 3.2.4.3

- Agrietamientos diagonales en cruz en muros de carga o de relleno provocados por tensión diagonal por haber un exceso de carga en ambos sentidos.

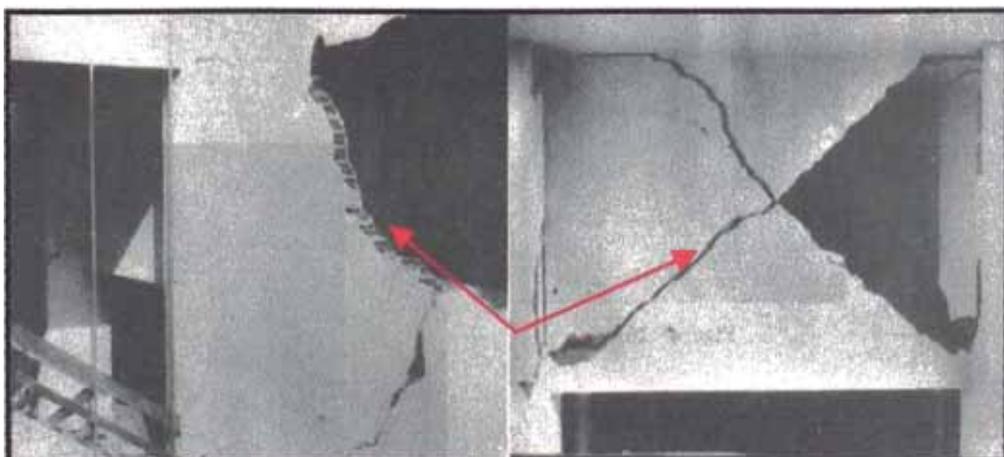
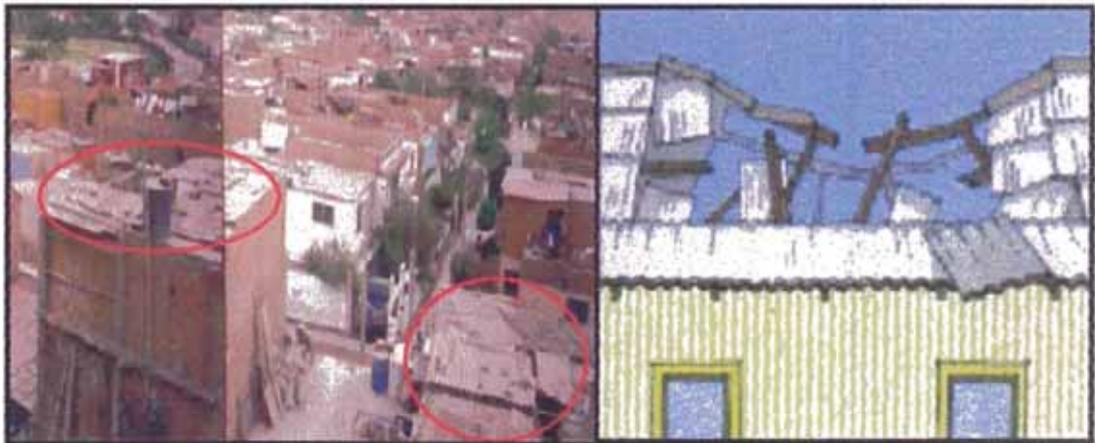


Fig. 3.2.4.4

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

La Fig. 3.2.4.4 pertenece al local de Los Padres Pasionistas afectado en el sismo del 03 de Octubre de 1974.

- Daños en la cubierta se presenta cuando no esta bien empotrada en los muros, este tipo de construcción es muy vulnerable a los esfuerzos laterales. En la **Figura 3.2.4.5** mostramos dos vistas, la primera correspondiente a una vivienda de la urbanización Musa, donde se puede apreciar que la cubierta utilizada para su techo es de material liviano apoyados sobre listones de madera y que utilizan ladrillos como elementos de sujeción; la segunda vista corresponde a como este tipo cubierta utilizada podría fallar ante la presencia de un evento sísmico.



## ***CAPITULO IV***

### ***Vulnerabilidad de Viviendas***

#### **4.1 Metodología empleada**

Para analizar vulnerabilidad para diversos tipos de edificaciones se utilizan diferentes métodos de análisis. Estos métodos para la estimación de daños o pérdidas anticipadas permiten indicarnos la forma por la cual se puede disminuir o mitigar la vulnerabilidad sísmica, no solo usando los resultados para planes de emergencia o preparativos par afrontar desastres, sino también utilizarlos en la planificación urbana de la población ubicadas en zonas sísmicas.

En el caso del distrito de la Molina se realizaron dos tipos de análisis: primero un *análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica*, sin considerar la contribución de las condiciones del suelo y segundo *análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elostoplásticos*, generado en base al análisis preliminar, considerando la contribución de las condiciones del suelo.

La base de datos para realizar los análisis correspondientes, se obtuvo mediante el levantamiento de información a través de visitas de campo, a las manzanas de las siguiente urbanizaciones:

- Rinconada del Lago
- La Planicie
- La Fontana
- Aprovisa
- Sirius

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- El Remanso
- La Molina Vieja
- Las Lomas de la Molina Vieja
- Portada del Sol I
- Portada del Sol Hosp.
- Valle de la Molina
- Las Viñas de la Molina
- La Capilla
- Musa

Teniendo en cuenta que las propiedades dinámicas y las características de resistencia, rigidez y disipación de energía inelástica de las edificaciones varían notablemente durante los terremotos dependiendo del tipo de material , altura, proceso de construcción, edad y otras consideraciones, fue necesario considerar ciertos aspectos de las edificaciones, tal como lo detallamos a continuación:

- Tipo de cimentación existente.
- Número de pisos de la edificación.
- Material de construcción predominante en los muros, tipo de mortero empleado.
- Elementos sismorresistentes del refuerzo vertical y horizontal.
- Tipo de cobertura de cada nivel de la edificación.

- La antigüedad y el estado de conservación o mantenimiento de cada una de las edificaciones evaluadas.
- Área del terreno
- Área construida

Para llevar a cabo el muestreo se utilizó el siguiente formato de encuesta

**Fig. 4.1.1.**

#### **4.2 Análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica**

Para la determinación del análisis preliminar se tomó como factor importante el año de construcción de las viviendas, porque a partir de la vigencia del Código de Diseño Sísmico de 1997, las edificaciones nuevas se deben construir para tener un buen comportamiento sísmico, con el fin de reducir el riesgo de daños materiales y pérdidas de vidas; esto nos llevaría a reducir el nivel de vulnerabilidad sísmica, ya que este factor no era tomado en cuenta en el Código de Diseño Sísmico anterior vigente desde 1977.

Tomando como base el año de construcción se puede realizar una clasificación de vulnerabilidad de edificaciones de acuerdo a lo siguiente:

***Edificaciones con nivel de Vulnerabilidad Alta:*** son edificaciones con mayor probabilidad de falla total o que presenten daños muy severos en su estructura, que hagan muy difícil su reparación (más del 75% de daños en

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

 <b>CONVENIO CISMID/UNI – MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA</b> <b>ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA</b> 		
<b>UBICACIÓN:</b> ..... <b>MZ:</b> ..... <b>LOTE:</b> ..... <b>TIPO DE EDIFICACIÓN:</b> Vivienda Familiar ( ) Vivienda Multifamiliar ( ) Vivienda Comercio ( ) Comercial ( ) Institución Pública ( ) Institución Privada ( ) <b>CARACTERÍSTICAS:</b> Independiente ( ) Dpto. en edificio ( ) Vecindad ( ) Quinta ( ) Otro ..... <b>TENENCIA:</b> Propia ( ) Alquilada ( ) <b>ANTIGÜEDAD DE LA VIVIENDA</b> ..... años		<b>CROQUIS:</b>
<b>NÚMERO DE PERSONAS:</b> ..... <b>PROFESIÓN U OFICIO:</b> Profesional ( ) Técnico ( ) Oficios ( ) Sin Profesión u Oficio ( )		
<b>AREA DE TERRENO:</b> ..... x ..... = ..... m <sup>2</sup> <b>AREA CONSTRUIDA:</b> ..... x ..... = ..... m <sup>2</sup> <b>NÚMERO DE PISOS:</b> ..... <b>SOTANO:</b> SI ( ) N° ..... NO ( ) <b>ALTURA POR PISO:</b> ..... m <b>SEMISÓTANO:</b> ( ) <b>EDIFICACIÓN DE:</b> Adobe ( ) Albañilería ( ) Concreto Armado ( ) Otro .....		
ADOBE	ALBAÑILERÍA	CONCRETO ARMADO
<b>CIMENTACIÓN</b> Piedra y barro ( ) Piedra, Cal y Cemento ( ) Otro ..... <b>CONSERVACIÓN:</b> Buen Estado ( ) Regular ( ) Malo ( ) Sin asentamientos ( ) Con asentamientos ( )	<b>CIMENTACIÓN</b> Corrida c/rfzo. ( ) Corrida s/rfzo. ( ) Otro ..... <b>CONSERVACIÓN:</b> Buen Estado ( ) Regular ( ) Malo ( ) Sin asentamientos ( ) Con asentamientos ( )	<b>CIMENTACIÓN</b> Zap. aislada ( ) Zap. corrida. ( ) Otro ..... <b>CONSERVACIÓN:</b> Buen Estado ( ) Regular ( ) Malo ( ) Sin asentamientos ( ) Con asentamientos ( )
ADOBE	ALBAÑILERÍA	CONCRETO ARMADO
<b>TECHO</b> Madera ( ) Caña ( ) Torta de barro ( ) Otro: .....	<b>TECHO</b> Losa de concreto ( ) Aligerado ( ) Otro: .....	<b>TECHO</b> Losa de concreto ( ) Aligerado ( ) Otro: .....
<b>ESTADO DE LOS MUROS</b> Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Con revestimiento ( ) Sin revestimiento ( ) Comentario: .....	<b>ESTADO DE LOS MUROS</b> Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Con revestimiento ( ) Sin revestimiento ( ) Comentario: .....	<b>ELEMENTOS:</b> Columnas ( )  Si Fisuras ( )  No Fisuras ( )
<b>REFUERZO EN LOS MUROS</b> Si ( )  No ( )  Comentario: .....	<b>REFUERZO VERTICAL U HORIZONTAL</b> En los muros: Si tiene ( ) No tiene ( ) Si su respuesta es Si: Solo columna ( ) Solo Viga ( ) Vigas y Columnas ( ) Con refzo. ( ) Comentario: .....	<b>VIGAS:</b> .....  Si fisuras ( ) No fisuras ( )  Muros de Concreto: .....  Si fisuras ( ) No fisuras ( )

**Fig. 4.1.1**

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

total), además de ocasionar heridos graves y peligro de muerte a sus ocupantes. Por ejemplo:

- Edificaciones construidas sin la contribución de ningún código de diseño sísmico, es decir aquellas construidas antes del Código de Diseño de 1977 y las llamadas viviendas auto – construidas.
- Edificaciones de adobe o ladrillo sin refuerzo ni confinamiento, con poca densidad de muros, debilitados por la humedad y con la presencia de fisuramiento en las esquinas.
- Muros altos de Ladrillos o adobe, de poco espesor y sin ningún arriostre.
- Techos o coberturas en pésimo estado.

***Edificaciones con nivel de Vulnerabilidad Media:*** son edificaciones donde pueden ocurrir daños importantes, que aunque no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización, a menos que sean rehabilitadas, porque pueden producir accidentes debido a caídas de bloques de albañilería o concreto, etc. Por ejemplo:

- Edificaciones construidas entre 1997 y 1997, con las exigencias del código de 1977.
- Edificaciones de ladrillo sin elementos de confinamiento, que provoque concentración de esfuerzos en algunos puntos, pero sin llegar a comprometer la estructura de la vivienda.
- Construcciones de adobe bien estructurado de un piso y construido en un terreno firme.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- Construcciones antiguas de quincha en aceptable estado de conservación.

***Edificaciones con nivel de Vulnerabilidad Baja:*** son edificaciones donde se esperan que puedan ocurrir daños moderados o leves. El sistema estructural de la vivienda conserva gran parte de su resistencia y puede seguir siendo utilizado sin mayor temor a peligro. Por ejemplo:

- Edificaciones construidas después del año 1997, es decir diseñadas y construidas con las exigencias del último código de diseño sísmico de 1997.
- Edificaciones de ladrillo con columnas de concreto armado, o de acero, diseñadas de acuerdo a las normas actuales de diseño sísmico, con materiales de buena calidad, construidas con asesoría técnica, buena mano de obra e inspección rigurosa.

### **4.2.1 Estimaciones**

La información fue obtenida por el levantamiento de información de 367 lotes, utilizando el formato mostrado en Fig. 4.1.1; la característica principal es que el material predominante, utilizado en la construcción de las viviendas es el ladrillo de arcilla cocida. A continuación mostramos las características de las viviendas:

*Muros:* en el 100% de los lotes el material utilizado para la construcción de los muros de las viviendas es el ladrillo, ya sea la vivienda de un nivel, dos o tres niveles. También se pudo observar

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

que en la urbanización Musa, la construcción de las viviendas son realizadas por maestros de obras, sin ninguna asesoría técnica de un profesional correspondiente.

*Coberturas:* de las evaluaciones realizadas a los lote se pudo apreciar que el 90% de las viviendas tiene techo aligerado constituido por ladrillo y viguetas de concreto armado, y el 10% de las viviendas restantes tienen techos cubiertos por calaminas, eternit, esteras o maderas. Sin embargo se mencionar que si bien el 10% no tienen techos de aligerados, los muros de estas viviendas son de ladrillo.

*Conservación:* durante las inspecciones realizadas a los lotes, se tomo como factor importante el estado de conservación de las viviendas evaluadas. Con los datos obtenidas en las evaluaciones pudimos generar el siguiente cuadro resumen, **Tabla. 4.2.1.**

En base al cuadro resumen **Tabla. 4.2.1** se puede apreciar que la mayoría de las viviendas de las urbanizaciones evaluadas, el 92.6% de ellas se encuentran en buen estado, solo el 0.6% presentan un estado de conservación malo; este porcentaje corresponde a la urbanización Musa.

*Antigüedad:* los años de vivienda es muy importante, para tener conocimiento en que época fue construida la vivienda y bajo que código de diseño sísmico; la información obtenida de inspecciones se clasifico de la siguiente manera:

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

- Edificaciones mayores a 25 años, viviendas que fueron construidas anteriores al código de diseño sísmico de 1977.
- Edificaciones entre 5 y 25 años, viviendas que fueron construidas después del código de diseño sísmico de 1977 y antes del código de diseño sísmico de 1997.
- Edificaciones menores a 5 años, viviendas que fueron construidas después del código de diseño sísmico de 1997.

Urbanización	Estado de Conservación (%)		
	Bueno	Regular	Malo
Rinconada del Lago	100.0	0.0	0.0
La Planicie	100.0	0.0	0.0
La Fontana	100.0	0.0	0.0
Aprovisa	94.1	5.9	0.0
Sirius	100.0	0.0	0.0
El Remanso	100.0	0.0	0.0
La Molina Vieja	100.0	0.0	0.0
Las Lomas de La Molina Vieja	88.2	11.8	0.0
Portada del Sol I	100.0	0.0	0.0
Portada del Sol Hospi	100.0	0.0	0.0
Valle de La Molina	90.6	9.4	0.0
Las Viñas de La Molina	95.6	4.4	0.0
La Capilla	100.0	0.0	0.0
Musa	85.9	12.5	1.6
Total	92.6	6.8	0.6

Tabla. 4.2.1

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Urbanización	Antigüedad (%)		
	Menor a 5 Años	Entre 5 y 25 años	Mayor a 5 Años
Rinconada del Lago	12.5	75.0	12.5
La Planicie	0.0	100.0	0.0
La Fontana	12.5	87.5	0.0
Aprovisa	52.9	47.1	0.0
Sirius	45.5	54.5	0.0
El Remanso	25.0	75.0	0.0
La Molina Vieja	27.3	63.6	9.1
Las Lomas de La Molina Vieja	29.4	70.6	0.0
Portada del Sol I	50.0	50.0	0.0
Portada del Sol Hospi	37.5	62.5	0.0
Valle de La Molina	50.0	50.0	0.0
Las Viñas de La Molina	35.3	63.2	0.0
La Capilla	72.7	27.3	0.0
Musa	0.0	46.1	53.9
Total	24.8	55.6	19.6

**Tabla 4.2.2**

En general, el 24.8% de las viviendas son menores a cinco años de construcción, el 55.6% corresponde a las viviendas que tiene entre 5 y 25 años de construcción y el 19.6% de las viviendas corresponde a las viviendas que tienen mas de 25 años de construcción. Con los datos obtenidas en las evaluaciones pudimos generar un cuadro resumen, tal como se muestra en la **Tabla 4.2.2.**

#### **4.2.2 Análisis de resultados**

De acuerdo a las inspecciones realizadas a las urbanizaciones se pudo observar que las viviendas tienden a poseer características muy similares. Para determinar el análisis preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se tuvo en consideración dos parámetros importantes, que son el estado de conservación y la antigüedad de la construcción de las viviendas.

Luego en base a los datos obtenidos de las **Tabla 4.2.1** de Estado de Conservación se generaron tres planos que a continuación presentamos:

- C – 1 Estado de Conservación Bueno: en este plano apreciamos que la mayoría de las urbanizaciones inspeccionadas presentan sus viviendas en buen estado, casi en el 100% de su totalidad.
- C - 2 Estado de Conservación Regular: en este plano nos muestra que solo algunas urbanizaciones en porcentajes pequeño Regular estado, como son las urbanizaciones: Aprovisa, Las Lomas de la Molina Vieja, el Valle de la Molina, Las Viñas de la Molina y Musa.
- C - 3 Estado de Conservación Malo: este plano observamos que la urbanización Musa es la única que presenta un estado

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

de conservación Malo, pero sólo en el 1.6% del total de las viviendas que conforman la urbanización.

De lo observado en los planos y de la Tabla 4.3.1, se deduce que la mayoría de las viviendas de la zona en estudio se encuentran en estado de conservación Bueno, además las viviendas que se encuentran en las urbanizaciones de Las Lomas de la Molina Vieja y Musa, que representan el 10% del total presentan un estado de conservación Regular, y sólo el 1.6% de las viviendas que se encuentran ubicadas en la urbanización Musa se encuentran en Estado de conservación Malo.

En base a la **Tabla 4.2.2** se pudo generar los planos que a continuación detallamos:

- **Plano A – 1:** en este plano nos muestra las viviendas menores a 5 años de construcción, las cuales deben haber sido construidas según el Código de Diseño Sísmico 1997, para lo cual las urbanizaciones fueron agrupadas de acuerdo al porcentaje similar de antigüedad de viviendas tal como lo apreciamos en el siguiente cuadro:

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Urbanizaciones	Porcentaje (%)
La fontana, La Molina Vieja, Rinconada del Lago, La Planicie y Musa.	0 – 30
Aprovisa, Sirius, Las Viñas de la Molina, Valle de la Molina, Portada del Sol y Las Praderas de la Molina.	30-60
La Capilla	60 -100

Luego basándonos solo en los años de antigüedad de las viviendas, sin tomar en consideración la contribución de las condiciones del suelo, y relacionando con la contribución del Código de Diseño Sísmico de 1997, podemos decir que las viviendas de la urbanización La Capilla presentan un nivel de **Vulnerabilidad Baja**.

- **Plano A – 2:** en este plano nos muestra las viviendas que tienen entre 5 y 25 años de construcción, las cuales deben haber sido construidas según el Código de Diseño Sísmico 1977 y antes del Código de Diseño Sísmico 1997, para lo cual las urbanizaciones fueron agrupadas de acuerdo al porcentaje similar de antigüedad de viviendas tal como lo apreciamos en el siguiente cuadro:

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Urbanizaciones	Porcentaje (%)
La Capilla	0 – 30
Aprovisa, Sirius, Valle de la Molina, Portada del Sol y las Praderas de la Molina.	30-60
La Fontana, La Molina Vieja, El Remanso, Las Viñas de la Molina, Las Lomas de la Molina Vieja, Rinconada del Lago y La Planicie.	60 -100

Luego basándonos solo en los años de antigüedad de las viviendas, y sin tomar en consideración la contribución de las condiciones del suelo, podemos decir que las viviendas de las urbanizaciones: La Fontana, Aprovisa, La Molina Vieja, El remanso, las Viñas de la Molina, Las Lomas de la Molina Vieja, Rinconada de Lago y La Planicie presentan un nivel de **Vulnerabilidad Media**.

- **Plano A – 3:** en este plano nos muestra las viviendas mayores a 25 años de construcción, las fueron construidas antes Código de Diseño Sísmico 1977, para lo cual las urbanizaciones fueron agrupadas de acuerdo al porcentaje similar de antigüedad de viviendas tal como lo apreciamos en el siguiente cuadro:

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Urbanizaciones	Porcentaje (%)
La Fontana, Aprovisa, La Molina Vieja, El Remanso, Sirius, Las Viñas de la Molina, La Capilla, el Valle de la Molina, Las Lomas de la Molina Vieja, Portada del Sol, Las Praderas de la Molina, Rinconada del Lago y La Planicie.	0 – 30
Musa	60 -100

Luego basándonos solo en los años de antigüedad de las viviendas, y sin tomar en consideración la contribución de las condiciones del suelo, podemos decir que las viviendas de la urbanización Musa presentan un nivel de **Vulnerabilidad Alta**, por tener un mayor porcentaje de viviendas construidas mayores a 25 años de construcción.

- **Plano A – 4:** este plano muestra el resumen de la clasificación del nivel de vulnerabilidad de las zonas de estudio del distrito. Y según esta clasificación la urbanización que presenta un nivel de **Vulnerabilidad Sísmica Baja** es la urbanización La Capilla, porque el mayor porcentaje de viviendas tienen una antigüedad menor de 5 años y fueron construidas después de puesta en vigencia el Código de Diseño Sismorresistente de 1997; luego las urbanizaciones como La Fontana, Aprovisa,

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

La Molina Vieja, El Remanso, Sirius, Las Viñas de la Molina, El Valle de la Molina, Las Lomas de la Molina Vieja, Portada del Sol, Rinconada del Lago y La Planicie, presentan un nivel de *Vulnerabilidad Sísmica Media*, es decir estas viviendas fueron construidas bajo el Código de Diseño sísmico de 1977, y por último la urbanización Musa presenta un nivel de *Vulnerabilidad Alta* porque la mayoría de sus viviendas tiene una antigüedad mayor a 25 años, entonces estas viviendas fueron construidas antes del código del año 1977.

### 4.3 Análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elostoplásticos

La Norma Técnica E.030 del Reglamento Nacional de Construcciones establece que cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a las categorías dadas en la Tabla 3 del capítulo 3.3, mostramos a continuación un pequeña tabla resumen **Tabla 4.3.1**. Ubicamos a las viviendas que se encuentran en la categoría C.

TABLA 3 CATEGORÍA DE EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como <i>viviendas</i> , oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1.0

**Tabla 4.3.1**

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Según el resultado de las inspecciones y visitas realizadas a las diferentes urbanizaciones del distrito de La Molina, las viviendas han sido construidas con albañilería confinada con pórticos de concreto armado y sistemas duales (cimientos corridos, vigas y columnas con muros de ladrillo). Este tipo de sistema se comporta como edificios de corte, la resistencia de este sistema se basa en gran parte a la resistencia de sus muros.

En función a este comportamiento de los edificios y en base a los resultados del análisis preliminar, se seleccionaron expedientes técnicos de edificaciones de viviendas de las zonas que resultaron más críticas, en total se seleccionaron 40 expedientes técnicos de viviendas, con el fin de determinar modelos dinámicos equivalentes de corte para estas, utilizando estos modelos se determina la respuesta sísmica de cada vivienda, para diversas excitaciones y de acuerdo a su ubicación del FAD (Factor de amplificación dinámica obtenido de los estudios geotécnicos).

Con el fin de determinar la respuestas sísmica para cada una de las edificaciones (viviendas) seleccionadas, se calculó la rigidez elástica del sistema estructural, considerando la resistencia de los muros y las características geométricas de las mismas. En la **Tabla 4.3.2** mostramos rigideces elásticas de las 40 viviendas seleccionadas.

De la experiencia recogida por el Cismid, debido a los ensayos de laboratorio realizados en estructuras de mampostería, se ha identificado que para un nivel de distorsión máxima (6/1000) los muro se encuentran con un alto contenido de fisuramiento.

RIGIDECES DE VIVIENDAS SELECCIONADAS									
I	Urbanización	Mz. Lte.	Kx1 T/cm	Kx2 T/cm	Ky1 T/cm	Ky2 T/cm	Kx3 T/cm	Ky3 T/cm	
1	Musa	Mz "12" Lt "15"	519.262	636.540	519.262	923.785			
2	Musa	Mz "A" Lt "08"	287.722	280.305	559.772	143.183			
3	Las Viñas	Mz "O" Lt "24.26"	202.429	380.261	1210.797	1695.784			
4	La Ensenada	Mz "S" Lt "27"	170.353	454.754	1006.908	1093.015			
5	Musa	Mz "9" Lt "05"	322.713	372.217	633.057	775.009			
6	Las Viñas	Mz "S" Lt "6"	132.153	367.334	995.419	695.574	365.132	359.762	
7	Valle de la Molina	Mz "C" Lt "13"	572.847	488.873	2732.574	2434.239			
8	Las Viñas	Mz "U" Lt "33"	179.855	217.035	557.964	777.126			
9	Las Viñas	Mz "S" Lt "04"	152.215	137.173	1250.903	671.305			
10	Musa	Mz "1" Lt "15"	405.988	324.477	645.856	597.097	324.477	597.097	
11	Las Viñas	Mz "U" Lt "32"	92.081	298.217	907.914	298.217	141.259	327.208	
12	Valle de la Molina	Mz "C" Lt "05"	206.146	533.237	788.182	598.538			
13	Las Viñas	Mz "O" Lt "24"	1176.135	323.951	1668.065	1735.055			
14	La Molina Vieja	Mz "T-1" Lt "19"	456.359	636.661	891.873	2091.473			
15	La Molina Vieja	Mz "T-1" Lt "08"	494.268	878.919	1480.363	962.436			
16	Musa	Mz 22 Lt 14	322.108	0.000	364.231	0.000			
17	Valle de la Molina	Mz "D" Lt "03"	2053.518	280.305	559.772	143.183			
18	La Capilla	Mz "A" Lt "26"	257.248	0.000	1180.232	0.000			
19	La Planicie	Mz "64-C"	2560.438	0.000	863.747	0.000			
20	Solde la Molina	Mz "3-T" Lt "22"	703.165	0.000	739.359	0.000			
21	Las Lomas de la Molina	Mz "O" Lt "4"	826.371	0.000	2022.034				
22	Las Lomas de la Molina	Mz "G-1" Lt "9"	1086.991	554.891	653.184	624.039			
23	Las Viñas	Mz "22" Lt "14"	582.299	0.000	372.678	0.000			
24	Las Viñas		688.124	0.000	728.760	0.000			
25			826.371	0.000	2022.034	0.000			
26	Musa	Mz. Lt. 6	227.350	968.685	365.335	917.841			
27	La Rinconada	Mz P. Lt. 7	2438.920	1294.862					
28	Musa	Mz. Lt. 3	160.798	498.339	187.765	1061.305	174.569	273.000	
29	Valle de la Molina	Mz. Lt. 01	894.483	889.310	912.329	582.427			
30	ASPOVIM		414.051	1086.086	310.962	1320.078			
31	La Molina Vieja	Mz. T1 Lt. 3 Calle los Nogales	2167.954	801.521					
32	La Ensenada	Mza. ULI. 40	115.000	844.301	203.307	1086.789			
33	Las Viñas	Calle Arboleda Mz. S Lt. 5	220.158	525.617	378.257	425.929			
34	El Sol de la Molina	Mz. A Lt. A-2 Calle Cerro Azul	4031.433	1934.145	2526.349	847.213			
35	La Planicie	Sub-Parcela N°67 de la Parcela N°67	2637.737	2487.076					
36	La Rinconada	Mz. J Lt. 19	501.813	752.561	571.473	962.455			
37	La Molina Vieja	Mz. T Lt. 21	2004.610	1743.347	587.948	799.693			
38	La Molina Vieja	Mz. T Lt. 13	3778.449		450.768				
39	Las Lomas de la Molina	Mz. F Lt. 17	324.899	823.207	533.504	749.447			
40	Las Lomas de la Molina	Mz. M Lt. 06	581.686	533.504	823.207	799.200			

Tabla 4.3.2.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Según la Norma Técnica E.030 se debe calcular la distorsión máxima de la estructura multiplicando el desplazamiento elástico por el Coeficiente de reducción sísmica R, dadas en la Tabla 6 del capítulo 3.5, mostramos a continuación un pequeña tabla resumen **Tabla 4.3.3**, para el caso de mampostería, R toma el valor de 6.

<b>TABLA 6</b>		
<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>		
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente de reducción, R para estructuras regulares</b>	<b>Límite de altura</b>
<b>Albañilería Armada o Confinada</b> Sistema en el cual los muros de albañilería resisten cargas verticales y horizontales. El sistema pueden incluir algunos elementos de concreto armado para resistir estas cargas.	6	15 m

**Tabla 4.3.3**

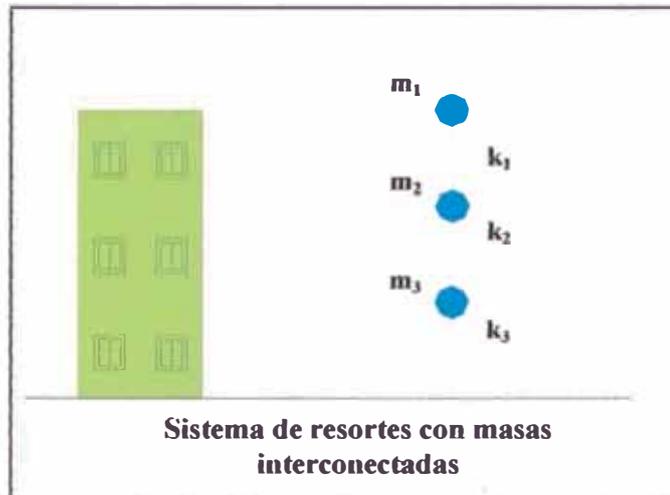
Entonces el desplazamiento máximo se definiría de la siguiente manera:

$$\Delta_{MÁX} = \Delta_E \times R$$

Tomando un valor máximo de distorsión, calculamos el desplazamiento elástico correspondiente. Asumiendo que el sistema tiene un comportamiento definido trilinealmente, se calcularía el valor de la cortante límite multiplicando la rigidez de la vivienda por el desplazamiento elástico.

$$Q_{Lim} = \Delta_E \times K_v$$

Se asumió que cada vivienda sería representada por un sistema de resortes con un comportamiento trilineal definido con masas interconectadas.



#### 4.3.1 Estimaciones

Para determinar la respuesta sísmica de los modelos equivalentes de las viviendas, luego de calcular las rigideces respectivas de cada una de ellas, se seleccionaron las que tenían valores similares, resultando de esta selección siete grupos; por cada grupo se tomó un valor representativo, que es el promedio de las rigideces de cada uno de ellos, y de manera determinamos los siete modelos equivalentes que representarían a las cuarenta viviendas de los expedientes técnicos revisados.

Una vez determinados los modelos dinámicos equivalentes de cada vivienda se procede a calcular la respuesta sísmica de los representantes, mediante el uso del programa *WAVEANA* (desarrollado en la Universidad de Tokio-Japón, por el Dr. Kusonoki).

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Cada uno de los siete modelos fue sometido al sismo de Lima del 17 de octubre de 1966, considerando las siguientes aceleraciones:

FAD	Aceleración (Gals)
1	270
2 - 4	316
4 - 5	232
> 5	163

También se realizó una simulación de la ocurrencia de un sismo de mayor intensidad que el del 17 de octubre de 1966, un sismo de periodo de retorno de 475 años, equivalente al sismo de diseño de la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente, considerando las siguientes aceleraciones:

FAD	Aceleración (Gals)
1	600
2 - 4	702
4 - 5	515
> 5	362

### 4.3.2 Análisis de resultados

Las siete viviendas tipo seleccionadas, de cada uno de los grupos fueron sometidas a la simulación descritas en los párrafos anteriores.

Para el sismo de Lima del 17 de octubre de 1966, dan los resultados

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

que se muestran en la **Tabla 4.3.2.1**, y además se puede observar que existe una relación entre los periodos de vibración fundamental de las viviendas tipo y la respuesta máxima alcanzada de acuerdo al factor de amplificación utilizado.

Rigidez (k)	Periodo (T)	Respuesta X <sub>máx</sub> (cm)			
		FAD = 1	FAD= 2 - 4	FAD= 4 - 5	FAD > 5
T/cm	Seg				
1766.67	0.071	0.071	0.017	0.018	0.013
519.26	0.115	0.266	0.114	0.089	0.098
322.71	0.144	0.286	0.166	0.146	0.128
287.72	0.163	0.271	0.194	0.148	0.127
257.25	0.164	0.253	0.187	0.141	0.123
245.00	0.196	1.759	2.377	0.196	0.204
202.43	0.228	2.358	2.468	2.779	0.442
170.35	0.241	2.324	3.182	2.628	2.470

**Tabla 4.3.2.1**

Tomando como base los resultados obtenidos en las simulaciones que se presentan en la **Tabla 4.3.2.1**, se hizo posible generar dos gráficos que se utilizó para evaluar la vulnerabilidad estructural de las viviendas; el primer gráfico la **Figura 4.3.2.1**, muestra la relación entre rigidez y periodo para una vivienda de mampostería.

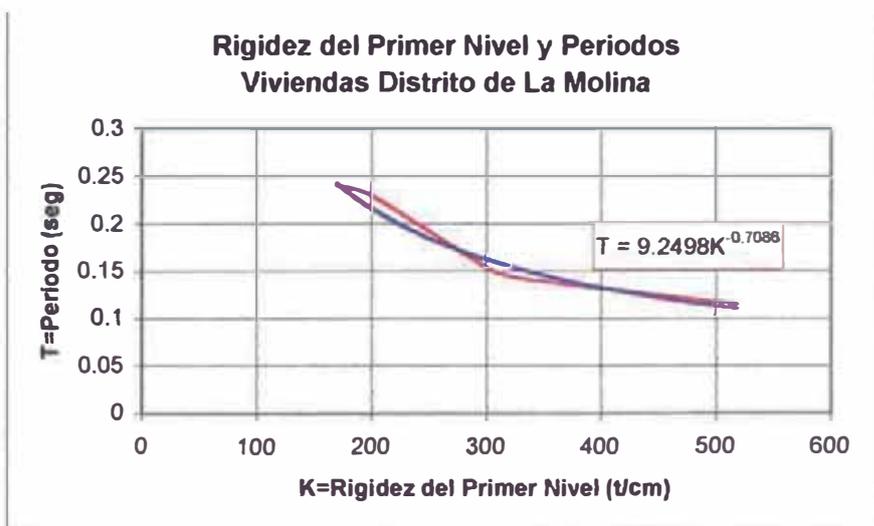


Figura 4.3.2.1

Utilizando el gráfico de la **Figura 4.3.2.1**, es posible obtener el periodo de la estructura a partir de su rigidez lateral. El segundo gráfico **Figura 4.3.2.2**, muestra las curvas deducidas a partir de una regresión de las respuestas halladas para los siete tipos de vivienda de la muestra para el sismo de Lima del 17 de octubre de 1966.

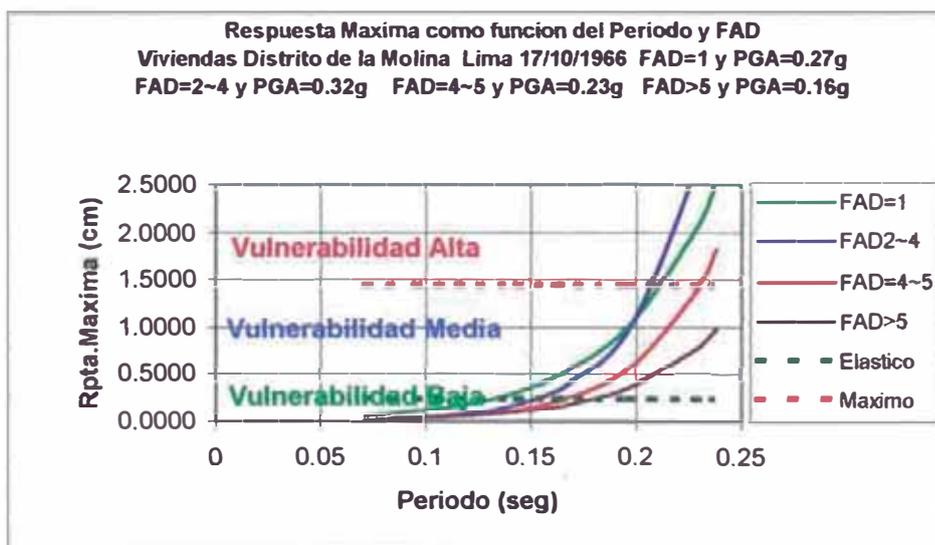


Figura 4.3.2.2

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

De acuerdo a la recomendación de la Norma técnica E.030 con referencia a los desplazamientos y lo descrito en el ítem 6.2.3; tomando una altura de 2.40 m.(altura promedio de las viviendas seleccionadas), de un entrepiso típico de una vivienda y una distorsión máxima de 6/1000( obtenida en los ensayos de laboratorio Cismid) entonces el desplazamiento máximo sería:

$$\Delta_{MÁX} = 240 \times 6/1000$$

$$\Delta_{MÁX} = 1.44 \text{ cm}$$

$$\Delta_{MÁX} = \Delta_F \times R$$

$$\Delta_E = \Delta_{MÁX} / R$$

$$\Delta_E = 0.24 \text{ cm}$$

Entonces es posible considerar que la deformación máxima elástica obtenida sería del orden de 0.24 cm. y la deformación máxima permitida sería de **1.44** cm, tal como lo podemos apreciar en Según los resultados experimentales obtenidos en muros de mampostería, se puede plantear que las deformaciones anteriormente expuestas definen umbrales de daño estructural en muros.

Entonces para una vivienda que posea una respuesta máxima debajo de la deformación de 0.24 cm. tendrá una **vulnerabilidad baja** frente a una excitación sísmica, mientras que para una vivienda cuya respuesta se encuentre entre **0.24** cm y **1.44** cm tendrá una **vulnerabilidad media** ya que existiría cierto nivel de agrietamiento

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

en los muros. Pero sin embargo si la respuesta máxima de la vivienda es mayor a 1.44 cm, la estructura se puede considerar *vulnerable*.

Las siete viviendas tipo seleccionadas, de cada uno de los grupos también fueron sometidas a la simulación de la ocurrencia de un sismo de periodo de retorno de 475 años, equivalente al sismo de diseño sismorresistente, esta simulación dan los resultados que se muestran en la **Tabla 4.3.2.2**.

Rigidez (k)	Periodo (T)	Respuesta X <sub>máx</sub> (cm)			
		FAD = 1	FAD = 2 - 4	FAD = 4 - 5	FAD > 5
T/cm	Seg				
1766.67	0.071	0.065	0.038	0.039	0.030
519.26	0.115	0.516	0.256	0.186	0.218
287.72	0.163	1.756	0.421	0.417	0.184
245.00	0.196	4.734	8.338	4.787	1.845
202.43	0.228	4.700	5.942	10.770	1.580

**Tabla 4.3.2.2**

Para el caso de este sismo de periodo de retorno de 475 años, los valores que se muestran en la **Tabla 4.3.2.2** nos señalan que la estructura va estar sometida a una mayor demanda sísmica, lo que va a generar mayores desplazamientos, lo que se manifestaría en mayores deformaciones; esto ocasionaría que estructuras con periodos mayores a 0.17 segundos superen los requerimientos, en cuanto a desplazamientos máximo exige la Norma, al superar el desplazamiento máximo produciría daño estructural y no estructural en las viviendas.

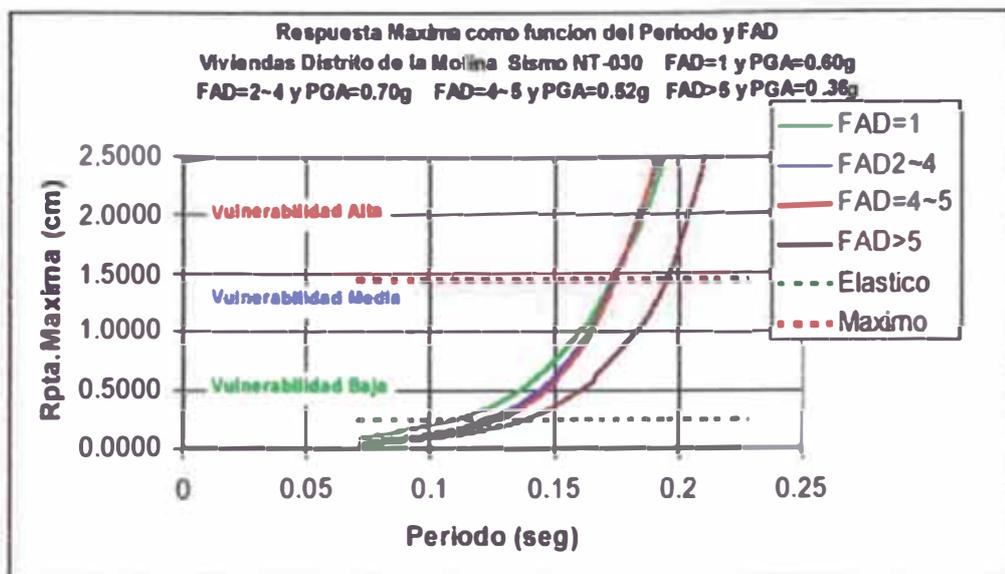


Fig. 4.3.2.3

En base a las gráficas de las figuras 4.3.2.2 y 4.3.2.3, es posible deducir lo siguiente:

Que para un sismo de las características del año 1966 las viviendas presentarían un grado de vulnerabilidad de acuerdo a su periodo, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

Periodo (T)	Vulnerabilidad
< 0.14	Baja
0.14 – 0.20	Media
> 0.20	Alta

Que para un sismo de las características de 475 años de periodo de retorno las viviendas presentarían un grado de vulnerabilidad de acuerdo a su periodo, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Periodo (T)	Vulnerabilidad
< 0.12	Baja
0.12 – 0.16	Media
> 0.16	Alta

Tomando como referencia la Norma Técnica E.030 en el ítem 4.2.2, asumiendo una altura de 2.40m para cada nivel de las viviendas y un  $C_T$  de 45, hallamos los periodos respectivos:

Nivel	Periodo
1	0.0533
2	0.1067
3	0.1600
4	0.2133

Luego con el porcentaje de números de pisos de las viviendas, del análisis preliminar; y de acuerdo a la zona **FAD** donde se ubican y el periodo respectivo que presentan se generaron 6 planos.

- **Plano V – 1:** corresponde a las viviendas de un piso donde el periodo correspondiente  $T= 0.053$ , y para cualquier zona **FAD** donde están ubicadas serán no vulnerables, sometidas al sismo del 03 de octubre de 1974.
- **Plano V – 2:** corresponde a las viviendas de dos pisos donde el periodo correspondiente  $T= 0.107$ , y para cualquier zona **FAD** donde están ubicadas serán no vulnerables sometidas al sismo del 03 de octubre de 1974.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- **Plano V – 3:** corresponde a las viviendas de tres pisos a más donde el periodo correspondiente  $T= 0.160$  a más, y para cualquier zona FAD donde están ubicadas serán vulnerables, excepto en algunas partes de las urbanizaciones Valle de La Molina, La Viñas, Sirius, El Remanso, La Molina Vieja y La Planicie; sometidas al sismo del 03 de octubre de 1974.
- **Plano V – 4:** corresponde a las viviendas de un piso donde el periodo correspondiente  $T= 0.053$ , y para cualquier zona FAD donde están ubicadas serán no vulnerables, sometidas al sismo de 475 años de período de retorno.
- **Plano V – 5:** corresponde a las viviendas de dos pisos donde el periodo correspondiente  $T= 0.107$ , y para cualquier zona FAD donde están ubicadas serán no vulnerables, sometidas al sismo de 475 años de período de retorno.
- **Plano V – 6:** corresponde a las viviendas de tres pisos a más donde el periodo correspondiente  $T= 0.160$  a más, y para cualquier zona FAD donde están ubicadas serán vulnerables, sometidas al sismo de 475 años de período de retorno.

# ***CAPÍTULO V***

## ***Vulnerabilidad de Edificaciones Esenciales***

### **5.0 Vulnerabilidad de edificaciones esenciales**

Las Edificaciones Esenciales son sistemas también expuestos que pueden sufrir graves daños como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos naturales como los sismos. Es por eso que se hace necesario un estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Esenciales, para conocer o identificar sus debilidades, y así de esta manera hacer una planificación de diseño o reestructuración que sean necesarias, con el fin de tras la ocurrencia de un evento sísmico, estas sigan brindando el servicio correspondiente sin ningún tipo de obstáculos ni interrupciones.

Según la Norma de Diseño Sismorresistente NTE E.030, las edificaciones esenciales se encuentran clasificadas en la categoría A, tal como se muestra en el siguiente cuadro resumen:

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FACTOR U</b>
<b>A</b> Edificaciones Esenciales	Edificaciones Esenciales, cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua, Centros Educativos y edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre.  También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1.5

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Para nuestro caso, en el distrito de La Molina se encuentran ubicados una diversidad de Edificaciones Esenciales, un total 189 edificaciones, de las cuales se tomo una muestra de 19 edificaciones, que nos sirvió para generar un análisis del estado de ellas. Estas muestras corresponden a :

- Centros educativos: Nidos y Colegios.
- Centro de Salud: Postas Médicas y Clínicas
- Universidades Nacionales y Particulares.
- Estación de Policías
- Estación de Bomberos.
- Iglesias y Conventos

### **5.1 Metodología empleada**

Para el caso del distrito de La Molina, se utilizó el Método de Sigha propuesto en la 6<sup>ta</sup> Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica.

Este método se basa en la recopilación de información de edificios dañados en el Sismo de Takachioki 1968, Japón; para esto tomaron una muestra de 245 edificios de concreto armado, dentro de los cuales se encontraban colegios, hospitales, y otros. Para el tamaño de esta muestra, basados en la geometría que presenta el edificio en el momento del evento sísmico, se evaluó lo siguiente:

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- La relación del área de los muros al área del piso y la relación de área de columna al área de piso.
- La relación del esfuerzo de corte que se produce durante el sismo, el mismo que es aproximado al cociente de corte entre la suma de las áreas de columnas y muros.
- Y finalmente se comparan los esfuerzos de corte máximo del concreto, llegándose a definir como vulnerables a aquellas estructuras, cuya relación de corte exceden los valores máximos.

De esta manera Shiga propone una serie de curvas basados en los parámetros descritos anteriormente de manera que para una estructura cuyas características geométricas puedan calcularse, utilizando los gráficos podría determinarse si la estructura es vulnerable o no.

Para utilizar la metodología de Shiga, se tomó la muestra de 19 Edificaciones Esenciales, y también se tuvo que realizar inspecciones a cada uno de ellas.

### **5.2 Edificaciones esenciales inspeccionadas**

A continuación mostramos las 19 edificaciones esenciales con sus respectivas características

**Centro de Salud Musa del Ministerio de Salud  
Jirón Los Tulipanes S/N, Urbanización Musa II Etapa.**



Esta edificación tiene una antigüedad aproximadamente de 30 años, esta conformada por dos niveles, el primero esta completamente construido y el segundo nivel se encuentra en proceso de construcción. La estructura de la edificación se basa en muros portantes de albañilería confinados con columnas cada 3 metros, y con respecto al tipo de cimentación no hay información. El material de los muros portantes es ladrillo de arcilla, los muros tienen un espesor de 15 cm, las columnas son de 25x25 cm<sup>2</sup>, presenta una losa aligerada de 20 cm de espesor, excepto en el lado derecho donde la cobertura es calamina apoyada en listones de madera, estos listones se apoyan sobre los muros que no cuentan con viga collar de concreto, el área cubierta por calamina presenta ambientes estrechos con separaciones de triplay.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

Con respecto a las columnas y los muros no se aprecian daños visibles, pero se pudo apreciar una ligera inclinación en la parte izquierda de la edificación. Además se debe señalar que existe dificultad en desplazarse debido a la congestión que ocasionan los empleados y pacientes durante las horas de consulta, sobretodo en el área de cubierta de calamina, que en caso de que ocurriera un evento sísmico produciría grandes daños a nivel general.

### Centro de Salud El Haras del Ministerio de Salud Calle El Haras N° 380 Urbanización El Haras

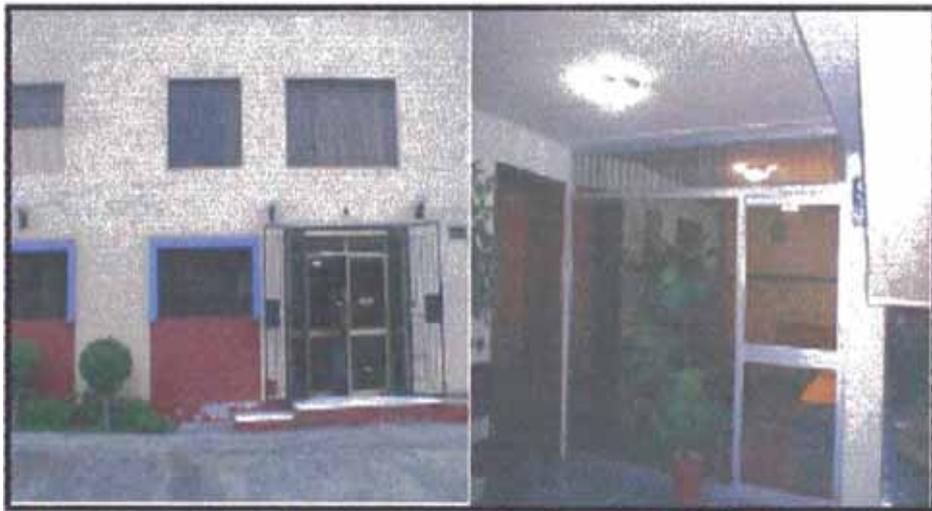


Este Centro de Salud se ubica en la zona donde se espera la mayor amplificación sísmica, esta conformada por un nivel, el cual esta completamente construido, además se pudo observar la existencia de una única puerta de evacuación en la parte frontal, en la parte posterior existe un jardín rodeado de árboles altos, esta zona podría servir de evacuación en

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

caso no contara con los árboles debido a que ellos se caerían ante el incremento de la vibración del suelo. También se pudo apreciar que en la zona destinada a sala de espera y triaje, utilizan de cubierta canalones que no cuentan con elementos de sujeción, se recomendaría de manera inmediata realizar el anclaje correcto a fin de evitar desprendimientos, asimismo se pudo apreciar en el departamento de Servicio Social rajaduras en los muros.

### **Clínica Particular Pérez Honores** Jirón las Cascadas N° 330 Urbanización La Ensenada



Esta edificación consta de tres niveles, tiene cuatro años de funcionamiento, su estructura esta basado en un sistema dual pórticos y muros portantes de 25 cm de espesor. Esta edificación desde el diseño fue destinada a clínica y no ha sufrido modificaciones.

En su construcción, no presenta daños en muros, columnas, vigas ni techos.

Se observo que tienen una adecuada señalización de salida y de zonas

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

seguras en caso de sismos, La circulación y evacuación es directa hacia la calle Las Cascadas.

### **Centro Educativo Cuna Maternal Calle El Haras Mza. C Lt.1 urbanización El Haras**



Esta Edificación consta de un solo nivel completamente construido y un amplio jardín donde los niños juegan en las horas de recreo, su estructura esta conformada por un sistema mixto de pórticos de concreto y muros de mampostería de ladrillo.

La edificación compuesta por varias aulas que tienen grandes ventanas y estas no cuentan con láminas de protección, se pudo apreciar la existencia de grietas en las juntas con los tabiques de los ambientes de recepción y deposito, este último es una construcción informal su cubierta esta conformada por pedazos de madera y eternit que descansan sobre el muro sin ningún tipo de sujeción, además en las paredes se pudo apreciar la existencia de salitre, se recomendaría la construcción del depósito en otro lugar, porque en caso de que suceda un sismo esta sería la mas afectada y provocaría daños a todo su alrededor.

**Cuna Jardín Sun Flower**  
Av. Los Fresnos esquina Pasaje Castaños Urbanización El Remanso



Esta edificación es de un solo nivel y ha sido construido para ser un nido, su estructura es de albañilería armada. En este nido existe un adecuado sistema de señalización y protección en los vidrios contra sismo. No se observaron problemas estructurales en el edificio, pero si frente a ella existe un cerco perimétrico de albañilería que pertenece a un terreno sin construir, que esta al frente del acceso del nido, el cual no cuenta con ningún arriostre y constituye un peligro para los niños que concurren a este Jardín.

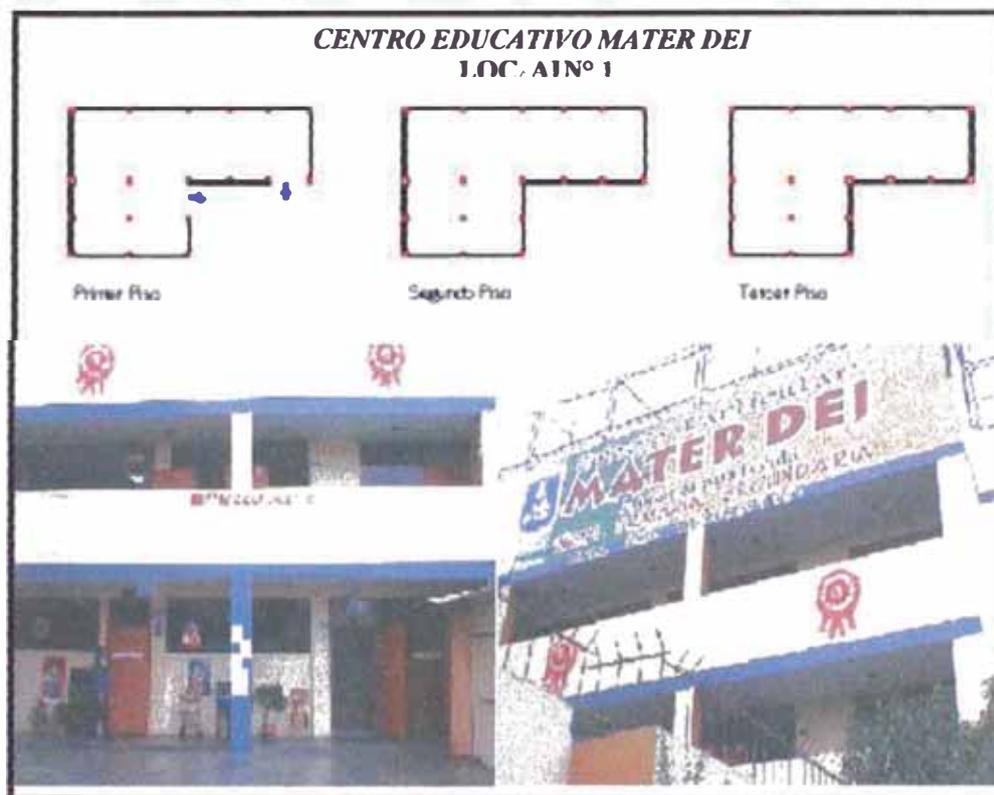
**Centro Educativo Particular Inmaculado Corazón de María**  
Pasaje Las Lantanas 400, Urbanización MUSA

Esta edificación es una vivienda adaptada a centro educativo, esta constituida por tres niveles, sus muros son de albañilería confinada; los dos primeros niveles se encuentran completamente construido, mientras que el tercero se encuentra en proceso de construcción están culminados.



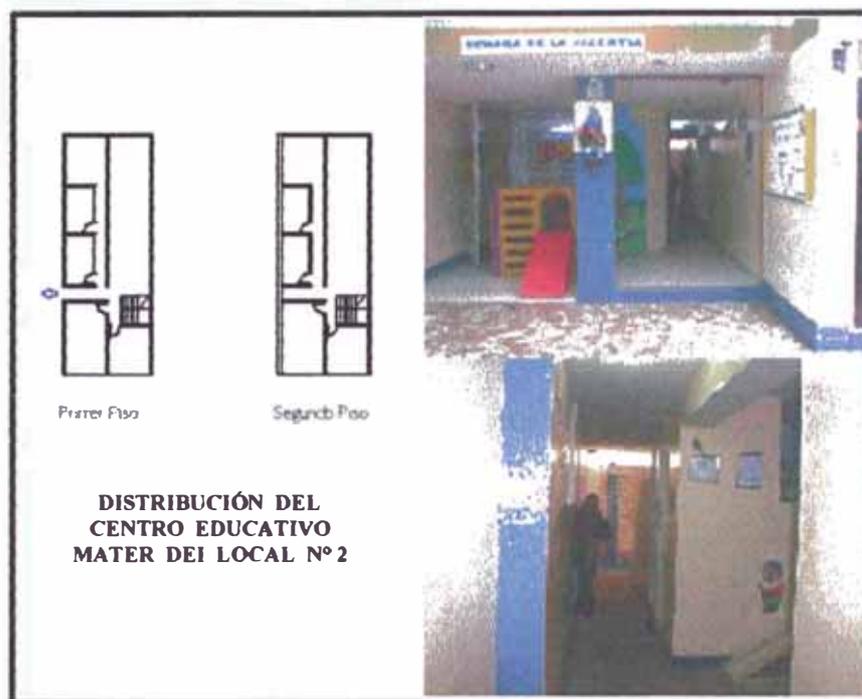
La circulación en el interior de esta edificación es confusa, especialmente en el segundo piso, debido a que los pasadizos y escaleras son muy estrechos esto genera que las facilidades de evacuación sean mínimas. El centro educativo funciona en solo turno el de la mañana donde alberga alrededor de 72 niños. En parte interna no cuentan con zona libre, todos evacuan hacia la parte frontal del colegio. Con la finalidad de descongestionar los ambientes estrechos e inseguros se recomendaría que el centro educativo divida su único turno en dos, desde inicial hasta el 2° grado de primaria en el turno de la mañana, y desde 3° hasta 6° grado de primaria en el turno de la tarde, para prevenir en el caso de que suceda una emergencia durante un evento sísmico.

**Centro Educativo Particular Mater Dei**  
Av. Alameda del Corregidor Urbanización Las Viñas de la Molina



**Local N° 1.-** esta edificación tiene 6 años de construcción alberga alrededor de 150 alumnos, su estructura es aporticada de concreto armado de 3 niveles más azotea, el estado de las columnas, vigas y muros son aceptables, no presentan fisuras ni otro tipo de daño.

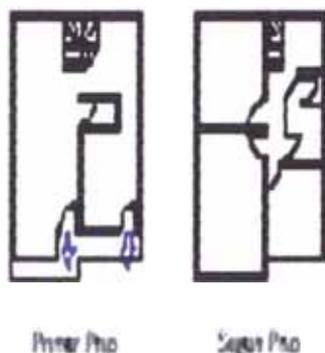
El centro educativo cuenta con un croquis de evacuación ubicado en un lugar visible, con señalización adecuada de zonas de seguridad sísmica distribuida en toda el área del colegio. Asimismo posee un equipo de primeros auxilios en caso de ocurrencia de una emergencia, solo que en caso de sismo podría verse afectada por Torsión de su estructura, por lo que se recomendaría se pararla en dos cuerpos mediante una junta.



**Local 2.-** Esta edificación tiene dos niveles completamente construido y una antigüedad aproximada de 9 años, su sistema estructural se basa en muros portantes de albañilería confinados con columnas de concreto armado, su techo es una losa aligerada de 20 cm de espesor, solo en el primer nivel, en la parte trasera de la edificación se encuentra cubierta por un material ligero y esta apoyada directamente sobre los muros, este local funciona en una vivienda adaptada para centro educativo inicial.

Las condiciones generales de la edificación es aceptable, además se debe resaltar que esta edificación posee un equipo de primeros auxilios ubicado adecuadamente al lado de la puerta principal, y es aquí por donde evacua la población estudiantil hacia el parque ubicado frente al centro educativo. Pero en caso de la ocurrencia de un evento sísmico la edificación estructuralmente no se dañaría, sino presentaría una vulnerabilidad estructural debido al congestionamiento que se produciría por sus pasadizos estrechos.

**Centro Educativo Inicial Los Sauces**  
Av. la Alameda del Corregidor Mz. El Lt.1 Las Viñas de la Molina

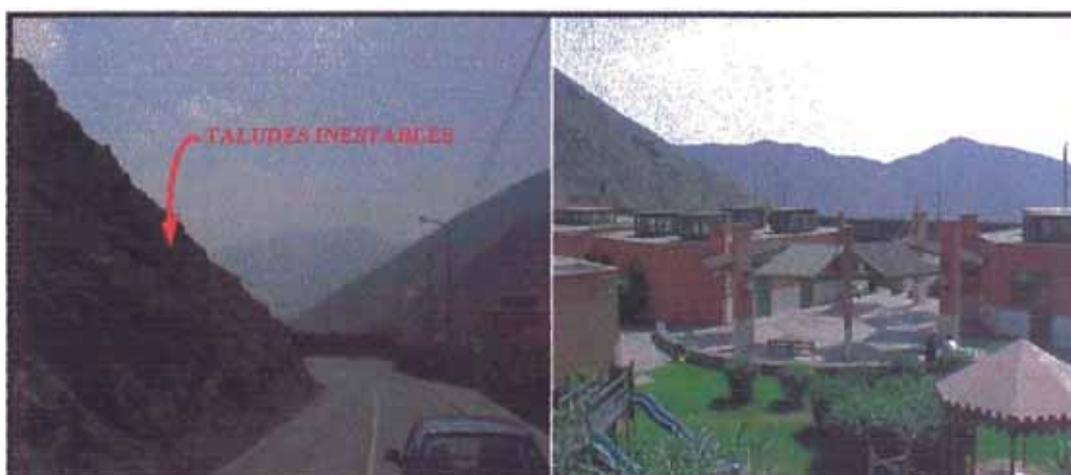


**DISTRIBUCIÓN DEL CEI LOS SAUCES**



Debemos destacar que este centro educativo inicial es una vivienda que ha sido adaptada para funcionar como nido, tal como la mayoría de centros educativos iniciales y nidos. Este local educativo no cuenta con señalización alguna de las rutas de escape y no posee láminas protectoras contra el sismo en las ventanas. Asimismo existe un vitral en la escalera que sería un peligro para los niños en caso de vibración extrema.

**Centro Educativo Particular Villa Caritas**  
Calle Hurón 405 Urbanización Rinconada del Lago



## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Este centro educativo fue construido en el año de 1984. El área del centro educativo se encuentra rodeada de cerros con taludes abruptos los cuales han sido estabilizados con plantación de árboles pinos, con excepción de los cerros que colindan con la carretera de acceso a este centro educativo y a la del colegio San Pedro, donde estos presentan taludes inestables que en el caso de la presencia de un evento sísmico produciría desprendimientos de rocas lo que ocasionaría que la carretera quede bloqueada. Las estructuras que constituyen las aulas se han cimentado sobre terrazas con corte y relleno con estructuras con techos con cubiertas no convencionales. Además se observó que este centro educativo no cuenta con señalización de evacuación y zonas seguras para casos de sismo.

### **Congregación de Misioneras Colegio Reina del Mundo Calle San Vicente de Paúl. Urbanización Rinconada del Lago Etapa I**



Esta área de los misioneras comprende tanto el local de la Congregación como en el Colegio Reina del Mundo que es administrado por la madres de la Congregación. En la inspección realizada a ambos locales se observó la existencia de rajaduras en columnas del Comedor de empleados y la capilla

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

del colegio presenta pequeñas grietas en la zona de viga central. El Colegio sufrió daños durante los terremotos de 1966 y 1974, habiendo sido reparados los problemas de columna corta que existieron. El local donde se ubica el nido es una construcción nueva, este se encuentra en las faldas del Cerro con pendientes abruptas, que si bien es cierto el talud ha sido estabilizado, pero existe riesgo de caída de rocas de las partes altas del talud, por lo que se sugiere colocar una malla de dos cuerpos de alto; además se pudo apreciar que los vidrios de los salones del nido carecen de láminas protección contra sismos.

### **Universidad Agraria La Molina**

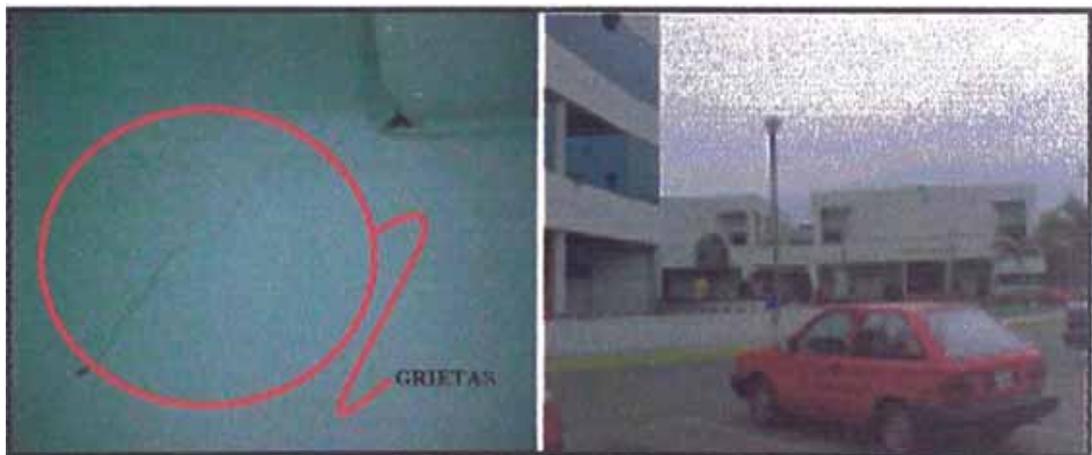


La mayoría de las edificaciones de esta casa de estudio es de un nivel; en terremotos anteriores ha sufrido varios daños incluso han colapsado varias

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

de sus edificaciones que han tenido que ser construidas nuevamente, de las inspecciones realizadas a algunos locales de esta universidad se pudo apreciar la presencia de edificaciones antiguas como el Departamento de Actividades Culturales, que esta por muros de bloquetas de 5 m. de alto, y con mochetas del mismo material. También se inspeccionó la Capilla de la Universidad, este edificio se encuentra en regular estado, sus muros tienen una altura de 5 m, cubierto con un techo ligero de calamina, el mismo que se apoya sobre los muros y estos carece de viga collar. La Universidad Nacional Agraria de La Molina dispone de una extensa área libre que serviría como zona de refugio en caso de un gran evento sísmico, que afecte a las urbanizaciones circundantes.

### **Universidad San Martín de Porras Facultad de Medicina Av. la Alameda del Corregidor Urbanización El Remanso**



Esta universidad esta constituida por un conjunto de edificios, la estructura esta basado en un sistema dual de concreto armado, cuyos elementos sismorresistentes están constituidos por muros, vigas y columnas, como la universidad cuenta con varios edificios, para la inspección se tomo al azar tres de ellas y estos son: administrativo, Laboratorios y Aulas. En el

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

edificio Administrativo se pudo observar la adecuada señalización de las rutas de escape. la existencia de rutas de escape bien señalizadas y también la existencia de extintores ubicados en lugares adecuados del edificio. En el edificio de Laboratorios se encontró pequeñas grietas en el tercer piso donde se encuentran ubicados los laboratorio de Genética y Biología Molecular y en el edificio de aulas se pudo verificar la falta de señalización de las rutas de escape, por lo que se recomienda implementarlas. Se concluye que por tratarse de edificaciones relativamente nuevo, construido con normas de sismorresistencia, ante la presencia de un evento sísmico tendría un buen comportamiento.

### **Estación de Bomberos**

Jirón La Chalana Mz. A Lt. 4ª Urbanización Las Lagunas



La estructura de esta edificación esta constituido por un sistema dual de muros y columnas de concreto armado con vigas peraltadas y Tijerales

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

metálicos en el patio de maniobras de camiones. Durante la visita se observo algunas fisuras en el tarrajeo de los techos, así como humedad en algunos paños, lo que sería atribuible a algunas ondulaciones existentes en el ladrillo pastelero de la azotea, tal como se puede apreciar en la fotografía de la parte superior, que estarían causando estancamiento del agua de lluvia. En general muestra un buen estado de conservación.

### **Comisaría La Planicie**

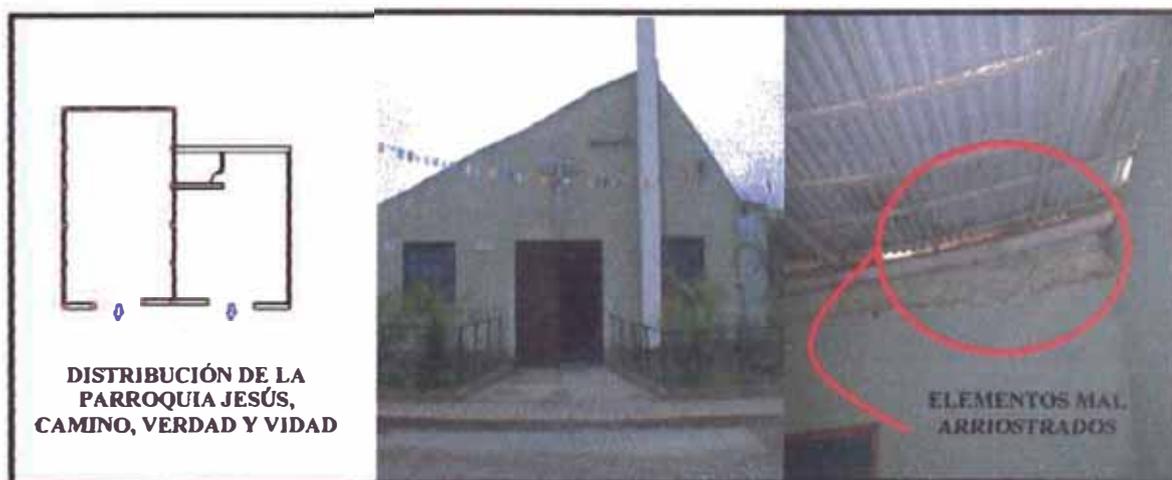
Av. Ricardo Elías Aparicio Mz. A Lt. 1ª. Urb. Las Lagunas III Etapa



El establecimiento donde se ubica la comisaría presenta un sistema estructural basado principalmente en mampostería de ladrillo con inclusión de algunos pórticos de concreto armado. De la inspección realizada se observo la existencia de columnas cortas en algunos de los corredores, esto

provocaría la concentración de esfuerzos durante los sismos y estas fallarían; en este caso es recomendable liberar las columnas de los muros mediante una junta a fin de evitar daño en las columnas. También se pudo observar en estos corredores la existencia de elementos que obstaculizan el libre desplazamiento por ellos originando turgurización que constituye una fuente de vulnerabilidad no estructural, ante la presencia de un evento sísmico estos elementos obstaculizarían las rutas de escape, provocando que la evacuación sea difícil, por lo que se recomendaría el traslado de estos elementos a zonas mas despejadas. Asimismo en el departamento de Investigaciones Criminales se encontraron rajaduras en los muros y techos, aparentemente originadas por la contracción de fragua del concreto y también se aprecio la existencia de filtraciones en muros y techos atribuibles a fugas de agua que pueden originar deterioro de los elementos resistentes del edificio, por lo que se recomienda una pronta reparación de los mismos.

**Parroquia Jesús: Camino, Verdad y Vida**  
Pasaje Las Fresas 123, Urbanización MUSA, III Etapa.



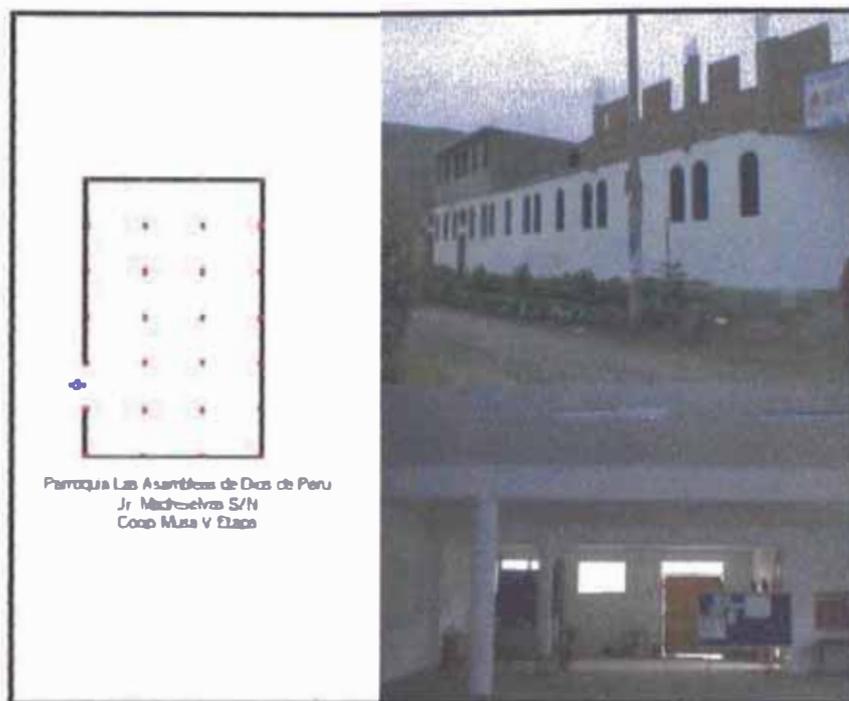
## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Esta edificación tiene un área construida de 208 m<sup>2</sup>, cuenta con dos ambientes principales: Salón Parroquial y Capilla.

*Salón Parroquial.-* su estructura esta conformada por muros portantes de ladrillo de 25 cm de espesor y 3.50 m de alto. Su techo es ligero de eternit, apoyado sobre troncos de eucalipto. Adyacente a los muros existen columnas de concreto, las cuales que no confinan a los muros. Los troncos que sirven de soporte a la cobertura se apoyan directamente sobre los muros, y estos ambiente carecen de una viga collar perimetral, además se pudo observar en la base de los muros manchas salitrosas; de acuerdo a versiones recogidas la mezcla en el proceso constructivo se efectuó con agua salada. Esta construcción tiene unos 23 años de antigüedad.

*Capilla.-* Es un ambiente amplio con capacidad para albergar a 100 personas aproximadamente. Su estructura se basa en un sistema aporticado viga-columna en los muros perimetrales del ambiente y de una cobertura ligera de calamina, apoyada sobre reticulados de acero, con una altura máxima de 10 m en la parte central de la nave, los muros perimetrales tienen viga collar. Se observó también, la existencia de 16 columnas de concreto armado de 30 x 40 cm<sup>2</sup> de sección distribuidas en los cuatro muros de la nave. Se detectó la presencia de algunas fisuras muy leves en muros, pero que solamente han afectado el revestimiento. En cuanto a una posible evacuación en caso de emergencia, ésta es directa a través de la puerta principal, y en dirección al parque.

**Iglesia Evangélica “Asambleas de Dios”.**  
Jirón Madreselvas s/n, Urbanización MUSA V Etapa.



La estructura de esta edificación se basa en un sistema aporticado con una antigüedad aproximada de 12 años y con capacidad de recibir 100 a 150 personas. Esta constituida por dos niveles: un primer nivel construido y en funcionamiento, un segundo nivel construido parcialmente, y en proyecto un tercer nivel, y una profundidad de cimentación de 1.20 m según versiones de los administradores del local. El techo es una losa aligerada de 20 cm de espesor, excepto en el sector delantero de la nave principal existe una cobertura ligera con carácter provisional. Esta cobertura se apoya en la viga collar que existe sobre los muros. No se aprecian fisuras ni problemas en la base de los muros, ni en las columnas que tienen una sección de 25 x 40 cm<sup>2</sup>. Existe sin embargo, un riesgo de desprendimiento de rocas sueltas que se encuentran en el cerro colindante, por lo que se estabilizarlos adecuadamente. Este templo no cuenta con una señalización de rutas de escape.

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

### Iglesia Bautista de La Molina

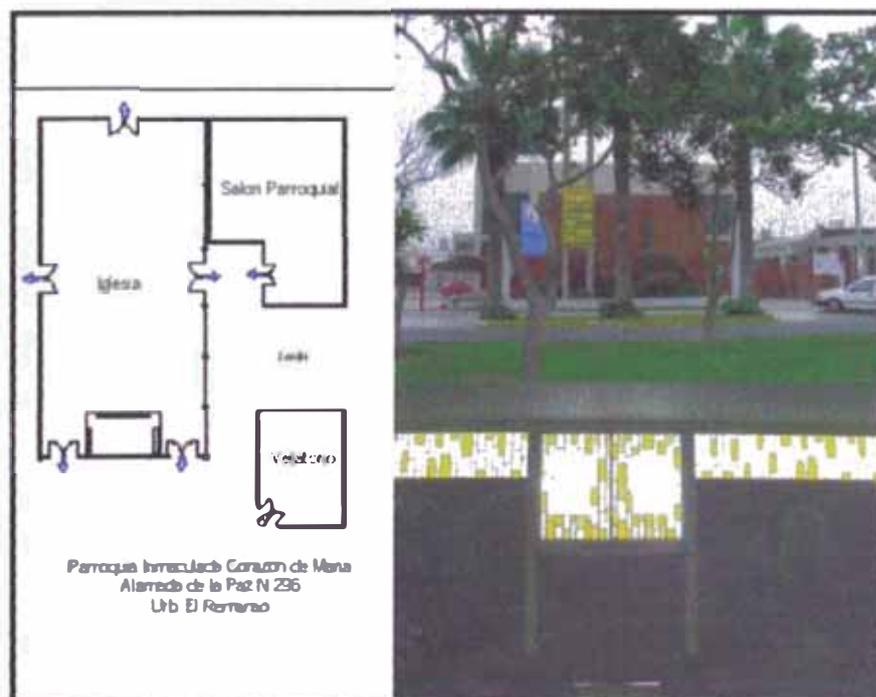
Av. La Molina Este 142. Urbanización La Rinconada del Lago



La estructura de esta edificación esta conformada por muros de mampostería que sirve de apoyo a una cobertura de techo metálico y falso cielo. En la inspección se pudo observar la no existencia de señales de rutas de escape, además se apreciar la falta de extintores. Y por último los grandes vitrales que presentan no tiene láminas protectoras, así como en la guardería.

### Iglesia Inmaculado Corazón

Av. Alameda de la Paz 296 Urbanización El Remanso



## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

Esta edificación está conformada por tres bloques: templo, velatorio y salón parroquial. La estructura del templo esta constituido por muros perimetrales con techo de cubierta metálica y falso cielo, se observo que no existe una señalización de las rutas de escape y que los grandes vitrales, no poseen ningún tipo de protección en el caso de vibración extrema. El velatorio es una estructura de mampostería con techo ligero y posee un Tijeral con Fibrablock de cubierta, no cuenta con una señalización de rutas de escape. Finalmente el salón Parroquial es una estructura con muros y pórticos de concreto armado cuya construcción finalizo en 1996. Aquí se pudo observar la falta de señalización de las rutas de escape. En ninguno de los bloques se encontraron evidencias de falla estructural.

### **5.3 Estimaciones**

Para el caso del distrito de La Molina se tuvo que deducir las curvas de Shiga mediante una simulación teórica, ya que las condiciones planteadas por él en su estudio original son diferentes para nuestro medio; para este fin teniendo en cuenta los valores máximos alcanzados en el Sismo de Lima del 17 de octubre de 1966 que afecto este distrito se considero los siguientes parámetros de sitio:

- Aceleración Máxima: 270 gals = 0.27g
- Peso por metro cuadrado incluyendo sobrecarga: 1.0 t/m<sup>2</sup>
- Resistencia ultima promedio del concreto  $f'_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Factores de Amplificación Dinámica – FAD = 1,2~4,4~5,>5

## VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA

- Cortante unitario máximo del concreto –  $F_v = 0.45 \sqrt{f_c}$

Con estas condiciones tomadas se llega a deducir las curvas que se muestran en las Fig. 5.3.1 hasta la Fig. 5.3.8, tanto para el sismo del 17 de octubre de 1966 como para el sismo de diseño de periodo de retorno de 475 años, requerido por la Norma Técnica E.030 de diseño sismorresistente, estas curvas deducidas nos servirán para la evaluación de la Vulnerabilidad Estructural.

Para evaluar de la vulnerabilidad estructural de edificios esenciales se hará siguiendo los siguientes pasos:

- Determinar la densidad de muros y columnas en la dirección más crítica de la estructura (edificio).
- Ubicar en que zona se encuentra el edificio según la **Figura 1.5.1**( ver ítem 1.5 Cap. I), para obtener el FAD correspondiente.
- Con estos valores se entran al gráfico y si el valor determinado se encuentra sobre la línea azul la estructura será *vulnerable* y si se encuentra debajo de esta nos indicara que la estructura *no es vulnerable*.

### 5.4 Análisis de resultados

Para el caso del distrito de La Molina donde existen aproximadamente 186 edificaciones esenciales, se han tomado en cuenta 19 edificaciones como muestra, determinándose en los casos que fue posible la densidad de elementos

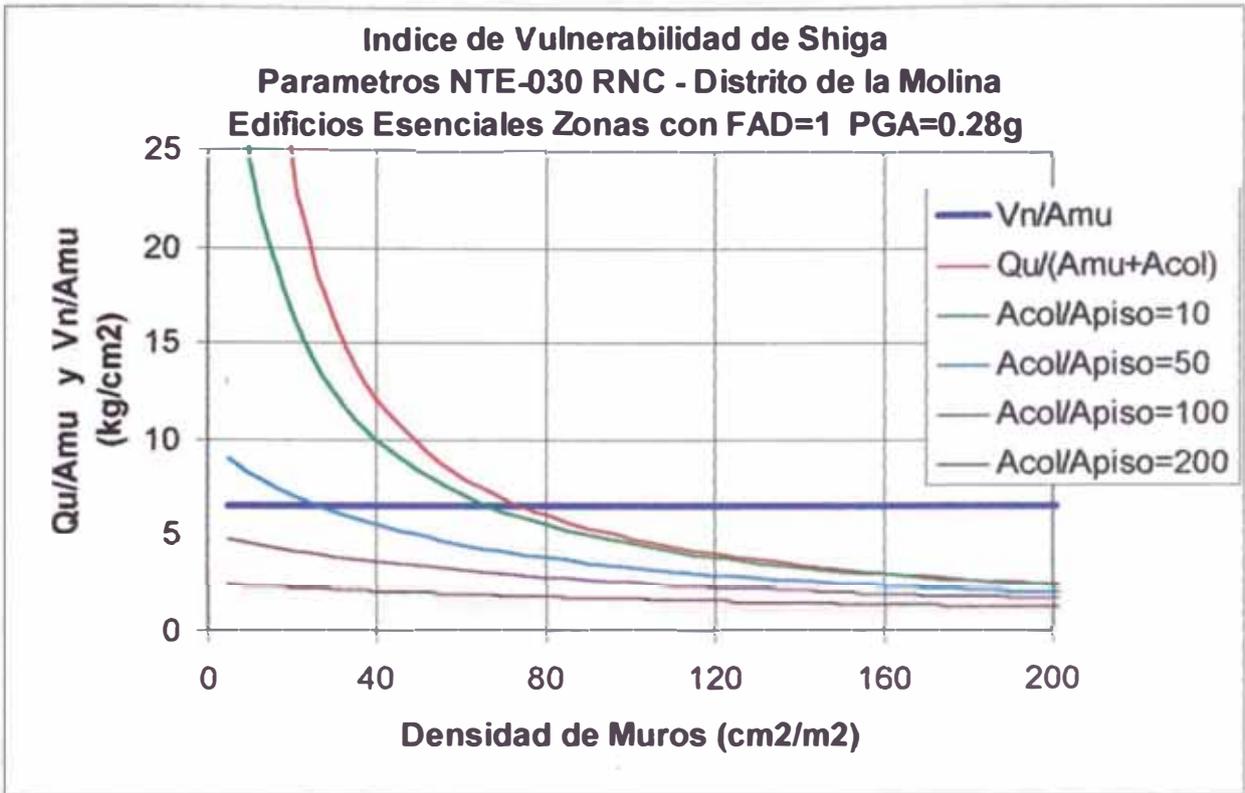


FIG. 5.3.1

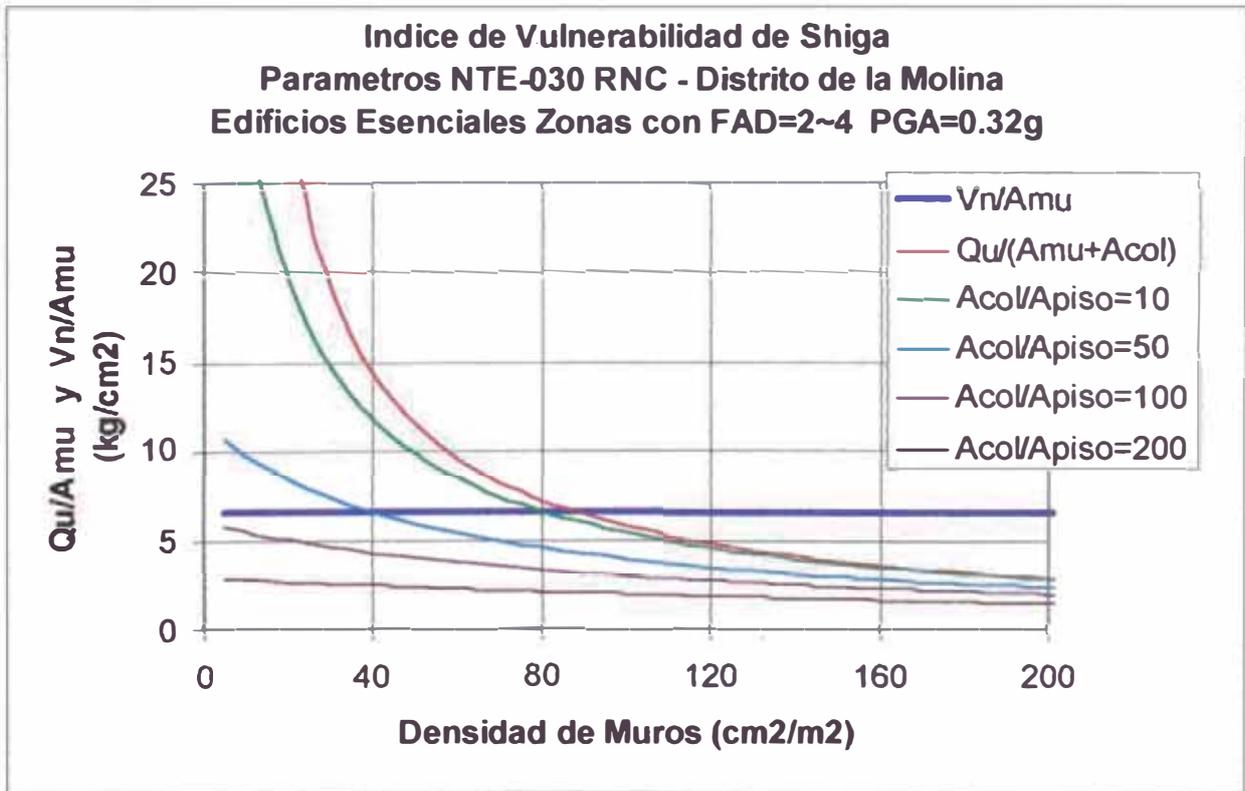


FIG. 5.3.2

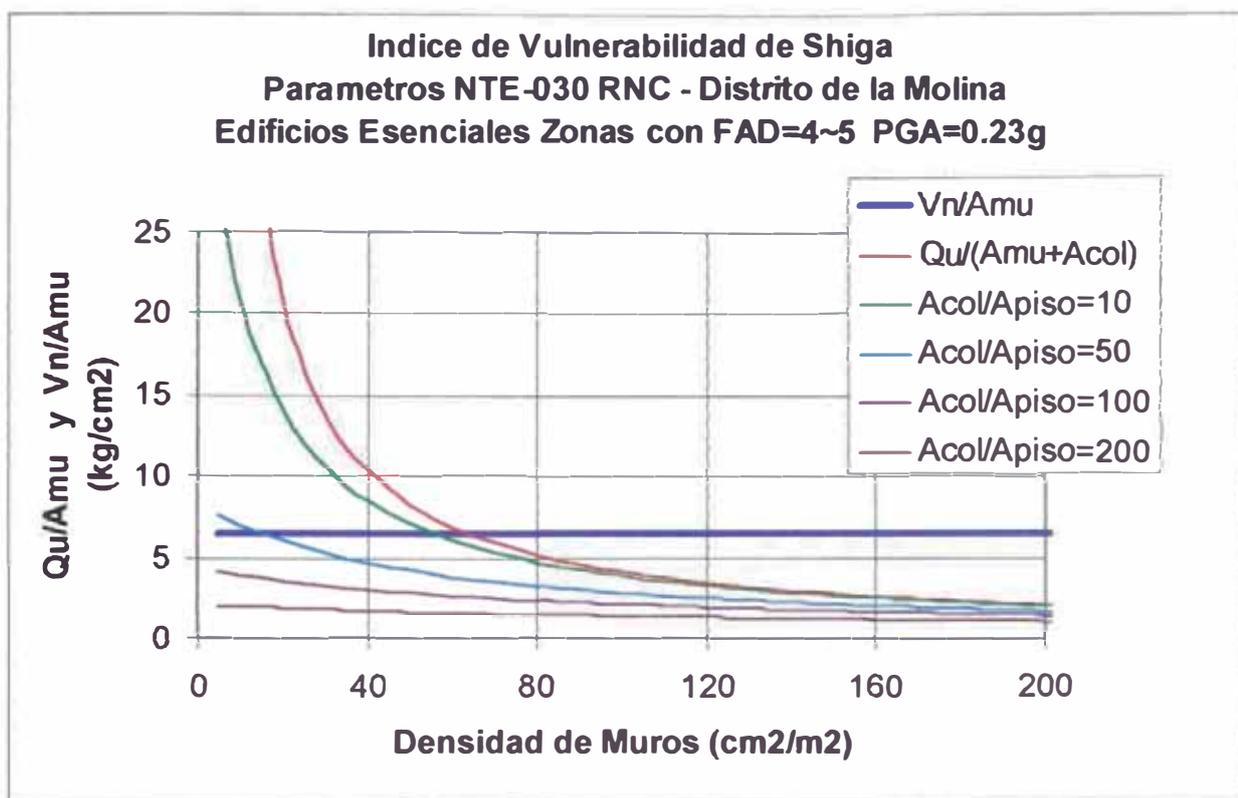


FIG. 5.3.3

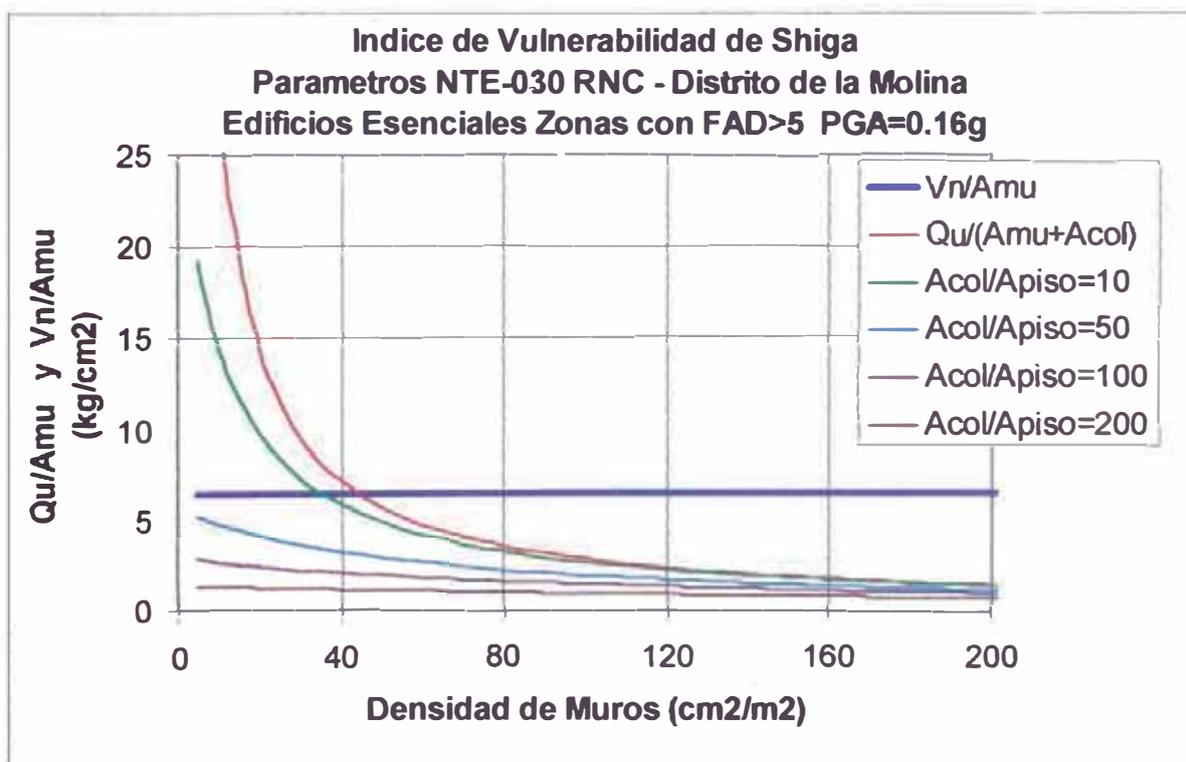


FIG. 5.3.4

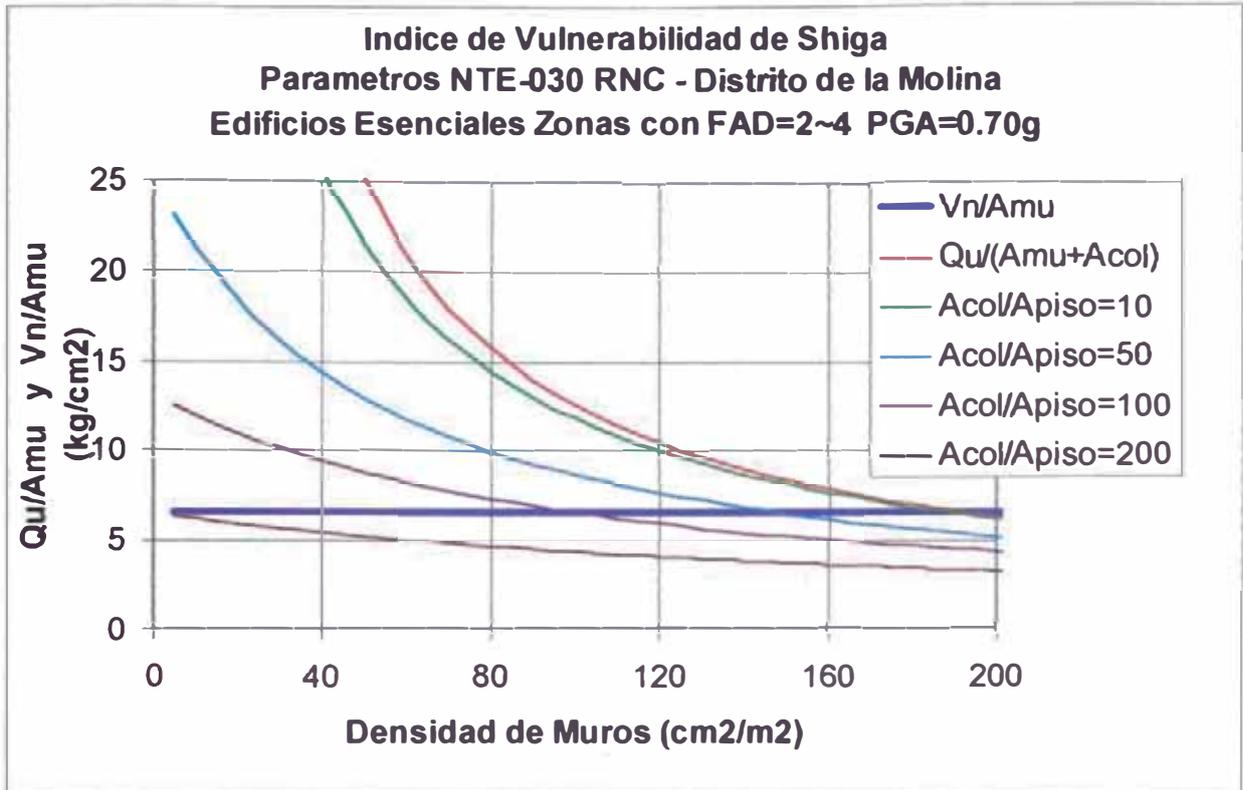


FIG. 5.3.5

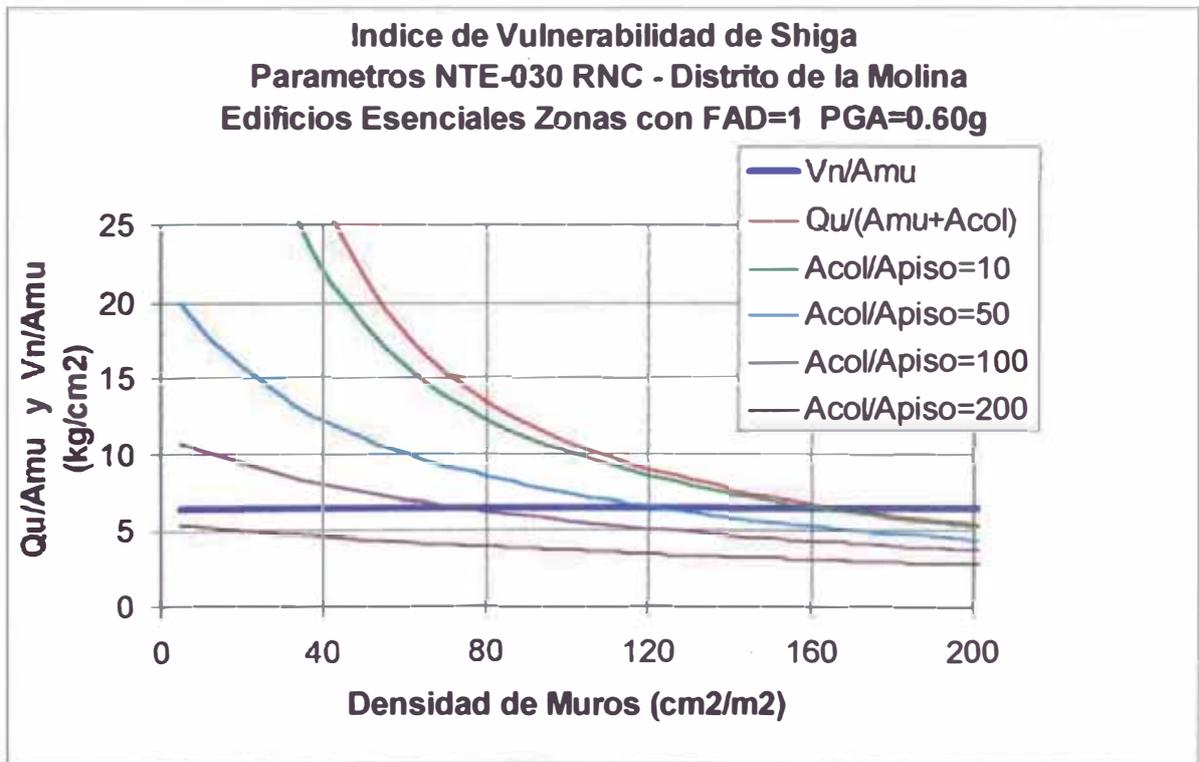


FIG. 5.3.6

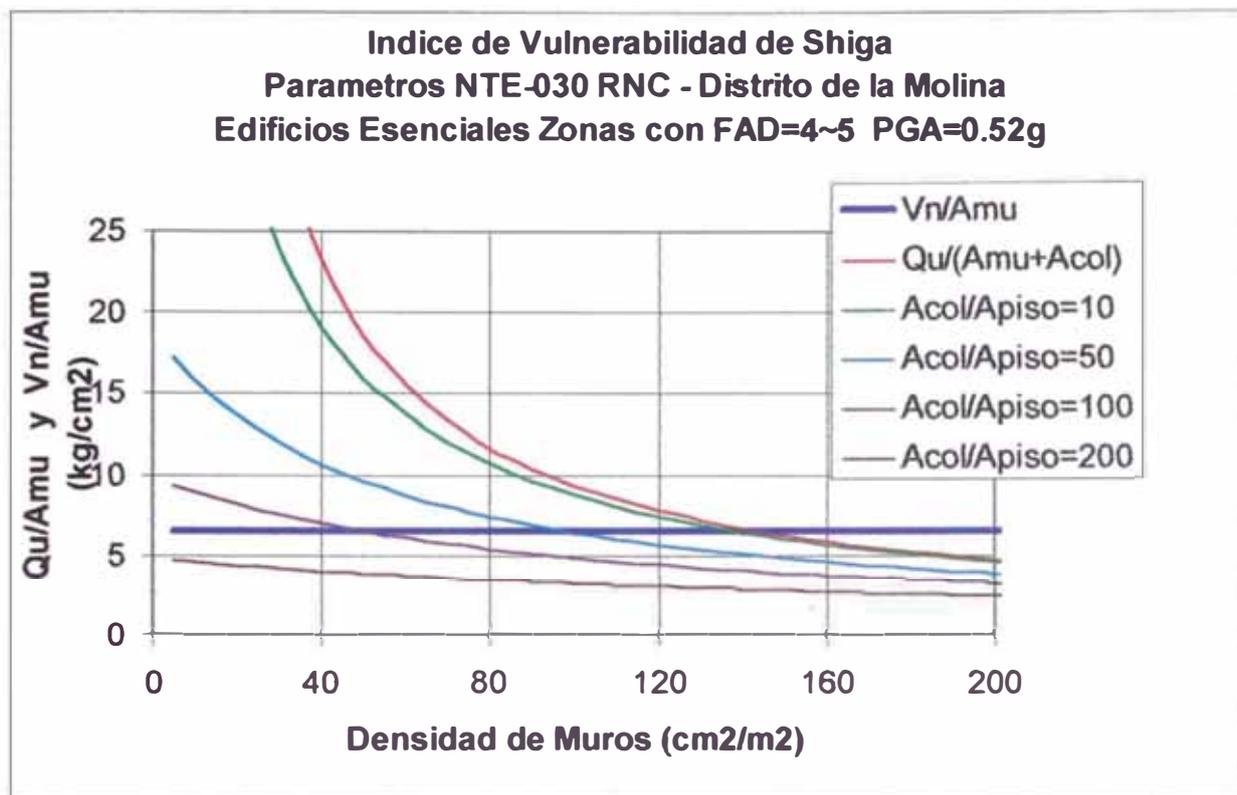


FIG. 5.3.7

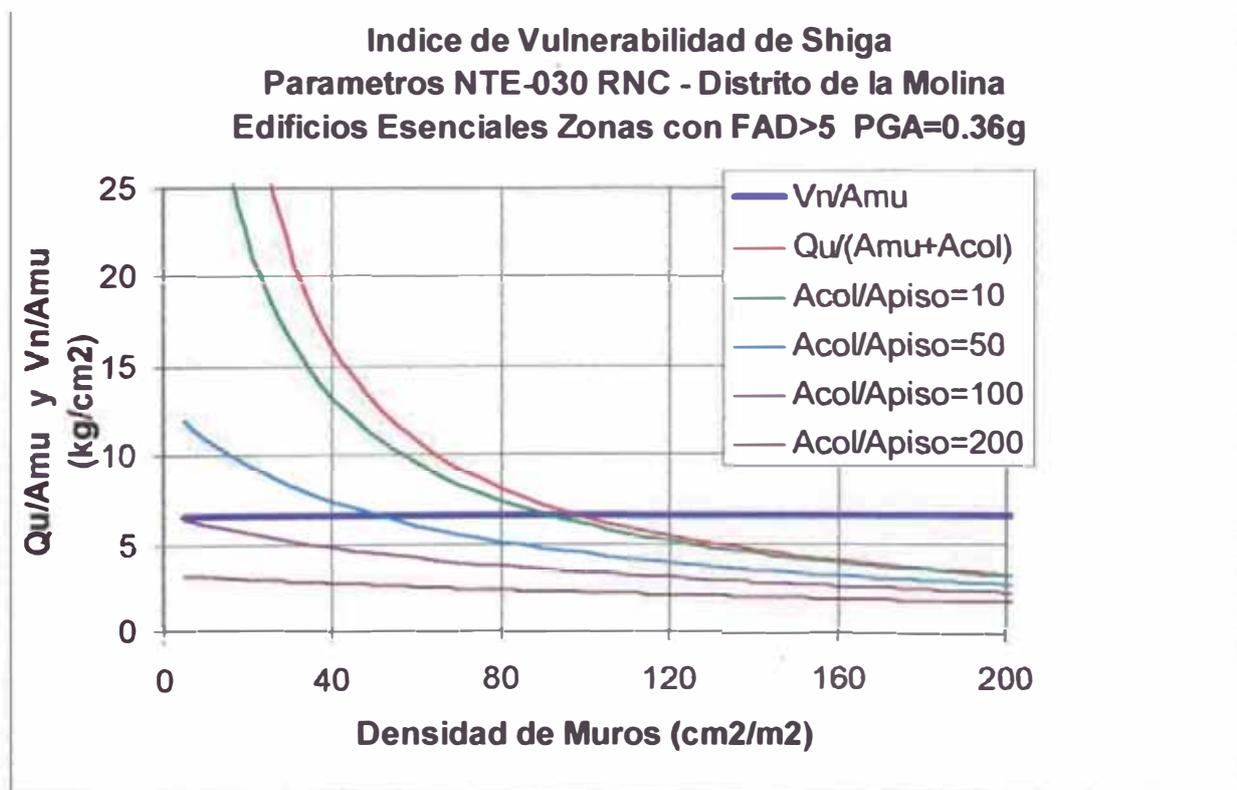


FIG. 5.3.8

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

resistentes. Luego de realizada la inspección a cada una de las edificaciones que componen la muestra y con la información presentada en los esquemas de cada edificación estudiada, mostrada en el **Ítem 5.2**, se determinó la densidad de muros y columnas para cada una de ellas tal como se muestra en la **Tabla 5.4.1**, seguidamente mostramos los resultados obtenidos de evaluar las edificaciones en la **Tabla 5.4.2** para el sismo de características similares al de 17 de octubre de 1966 y en la **Tabla 5.4.3** para un sismo de características de 475 años según la Norma Técnica E.030 de diseño sismorresistente de 1997.

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

**Tabla 5.4.1 Densidad de Muros de la Edificaciones Esenciales Inspeccionadas**

EDIFICACION	URBANIZACION	PRIMER PISO				SEGUNDO PISO				TERCER PISO			
		Área Const. m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Den. Col c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Área Const. m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Den. Col c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Área Const. m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Den. Col c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Dens. c m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Centro de Salud La Molina	EL HARAS	241.92	595.72	0.00	288.22		0.00						
Sunflower Cuna-Jardin	EL REMANSO	120.19	519.86	0.00	390.80		0.00						
Parroquia Inmaculado Corazón de María	EL REMANSO												
IGLESIA		404.33	73.05	9.27	564.21		188.75						
SALON PARROQUIAL		162.07	196.58	0.00	238.79		0.00						
VELATORIO		72.083	210.17	0.00	243.05		0.00						
C.E.I. Los Sauces - Jardín de Infancia	LAS VIÑAS	62.675	255.36	0.00	385.56		0.00	381.12	69.86	0.00	545.38	0.00	
Iglesia Evangélica "Asamblea de Dios"	MUSA	400	112.50	20.00	423.96		50.00						
Centro de Salud Musa	MUSA	168	362.50	0.00	316.96		0.00						
C.E.P. Mater Dei, Local N°2	LAS VIÑAS	83.6	430.62	0.00	1809.21		0.00	430.62	83.6	0.00	1809.21	0.00	
C.E.P. Mater Dei, Local N°1	LAS VIÑAS	180	679.06	190.00	351.85	0.00	0.00	704.31	180	0.00	496.53	190.00	496.53
Parroquia Jesús, Camino, Verdad y Vida	MUSA	270	506.17	55.56	631.17		35.56						
C.E.P. Inmaculado Corazón de María	MUSA	160	295.31	0.00	1598.96		0.00	295.31	160	0.00	1651.04	0.00	

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

**Tabla 5.4.2 Resultados obtenidos al evaluar con el sismo del 17 de Octubre de 1966**

EDIFICACIÓN	URBANIZACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD		
		FAD= 1-2	FAD= 2-4	FAD= 4-5
CENTRO DE SALUD LA MOLINA	EL HARAS			FAD > 5
SUNFLOWER cuna-jardin	EL REMANSO		NO VULNERABLE	NO VULNERABLE
PARROQUIA INMACULADA CORAZON DE MARIA	EL REMANSO			
IGLESIA			NO VULNERABLE	
SALON PARROQUIAL			NO VULNERABLE	
VELATORIO			NO VULNERABLE	
C.E. LOS SAUCES - JARDIN DE INFANCIA	LAS VIÑAS		NO VULNERABLE	
IGLESIA EVANGELICA "ASAMBLEA DE DIOS"	MUSA		NO VULNERABLE	
CENTRO DE SALUD - MUSA	MUSA		VULNERABLE	
C.E.P MATERDEI , Local N°2	LAS VIÑAS		VULNERABLE	
C.E.P MATERDEI , Local N°1	LAS VIÑAS		VULNERABLE	
PARROQUIA JESUS, CAMINO, VERDAD Y VIDA	MUSA		VULNERABLE	
CEP. INMACULADA CORAZON DE MARIA	MUSA		VULNERABILIDAD MEDIA	
*COMISARIA LA PLANICIE	LA PLANICIE		VULNERABLE	
*BOMBEROS	LA PLANICIE		NO VULNERABLE	
*COLEGIO REINA DEL MUNDO	RINCONADA		NO VULNERABLE	
*NIDO REINA DEL MUNDO	RINCONADA	VULNERABLE POR TALUDES		
*IGLESIA BAUTISTA	RINCONADA		NO VULNERABLE	
*COLEGIO VILLA CARITA	RINCONADA	VULNERABLE POR TALUDES		
*CLINICA PEREZ HONORES	LAS VIÑAS			NO VULNERABLE
*UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES	LAS VIÑAS		NO VULNERABLE	
*UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA	EL HARAS		VULNERABLE	VULNERABLE

\*INSPECCIÓN VISUAL.

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

**Tabla 5.4.3 Resultados obtenidos al evaluar con el sismo de diseño de periodo de retorno de 475 años**

EDIFICACIÓN	URBANIZACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD			FAD > 5
		FAD= 1-2	FAD= 2-4	FAD= 4-5	
CENTRO DE SALUD LA MOLINA	EL HARAS				VULNERABILIDAD MEDIA
SUNFLOWER <small>cuna-jardín</small>	EL REMANSO			NO VULNERABLE	
PARROQUIA INMACULADA CORAZON DE MARIA	EL REMANSO				
IGLESIA				VULNERABLE	
SALON PARROQUIAL				VULNERABLE	
VELATORIO				VULNERABLE	
C.E. LOS SAUCES - JARDIN DE INFANCIA	LAS VIÑAS		VULNERABILIDAD MEDIA		
IGLESIA EVANGELICA "ASAMBLEA DE DIOS"	MUSA		VULNERABLE		
CENTRO DE SALUD - MUSA	MUSA		VULNERABLE		
C.E.P MATERDEI, Local N°2	LAS VIÑAS		VULNERABLE		
C.E.P MATERDEI, Local N°1	LAS VIÑAS		VULNERABLE		
PARROQUIA JESUS, CAMINO, VERDAD Y VIDA	MUSA		VULNERABLE		
CEP. INMACULADA CORAZON DE MARIA	MUSA		VULNERABLE		
*COMISARÍA LA PLANICIE	LA PLANICIE		VULNERABLE		
*BOMBEROS	LA PLANICIE		NO VULNERABLE		
*COLEGIO REINA DEL MUNDO	RINCONADA		NO VULNERABLE		
*NIDO REINA DEL MUNDO	RINCONADA	VULNERABLE POR TALUDES			
*IGLESIA BAUTISTA	RINCONADA		VULNERABILIDAD MEDIA		
*COLEGIO VILLA CARITA	RINCONADA	VULNERABLE POR TALUDES			
*CLINICA PEREZ HONORES	LAS VIÑAS		VULNERABILIDAD MEDIA		
*UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES	LAS VIÑAS		NO VULNERABLE		
*UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA	EL HARAS		VULNERABLE		VULNERABLE

\*INSPECCIÓN VISUAL

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

En base a la **Tabla 5.4.2** y la **Tabla 5.4.3** se determinaron los siguientes planos:

- **Plano EE – 1:** en este plano se muestra el grado de vulnerabilidad de las edificaciones esenciales inspeccionadas, este grado de vulnerabilidad por el sismo de Lima del 17 de octubre de 1966; esta determinado por colores:
  - El color rojo nos define las edificaciones vulnerables
  - El color verde nos define las edificaciones medianamente vulnerables.
  - El color naranja las edificaciones vulnerables por taludes inestables.
  - El color celeste las edificaciones no vulnerables.
- **Plano EE – 2:** De manera similar en este plano se muestra el grado de vulnerabilidad de las edificaciones esenciales inspeccionadas, este grado de vulnerabilidad para el sismo de periodo de retorno de 475 años según señala la Norma de Diseño Sismorresistente de 1997.

## ***CAPITULO VI***

### ***Conclusiones y Recomendaciones***

## **6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones que se ha llegado a concluir durante el desarrollo del presente informe:

- Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de La Molina, se realizó dos tipos de análisis: primero un ***análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica***, sin considerar la contribución de las condiciones del suelo y segundo un ***análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elastoplásticos***.
- Por las características similares de los elementos constructivos empleados en las viviendas de las urbanizaciones inspeccionadas, se tomó en consideración dos parámetros para el ***análisis preliminar de vulnerabilidad sísmica***, el primero el estado de conservación y el segundo la antigüedad de construcción de las edificaciones.
- En base al primer parámetro Estado de conservación se llega a concluir que el 92.6% de las viviendas presentan un estado de conservación bueno, el 6.8% un estado de conservación regular y solo el 0.6% presentan un estado de conservación malo.
- El 0.6% de mal estado de conservación corresponde solo a la urbanización Musa, principalmente porque la mayoría de sus construcciones son realizadas con intervención de maestros de obra y personal obrero sin tener la asesoría técnica de un profesional de la especialidad; y además porque

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

sus coberturas se encuentran en estado deficiente, debido a que los materiales utilizados son provisionales.

- El segundo parámetro antigüedad de construcción de las edificaciones está relacionado directamente con los códigos de Diseño Sismorresistente vigentes a partir del año 1977, y en base a este parámetro se llega a concluir que el 19.6% de viviendas son mayores a 25 años de antigüedad (viviendas anteriores al código de 1977), el 55.6% de viviendas tienen entre 5 y 25 años de antigüedad (viviendas construidas después del código de 1977 y antes del código de 1997), y el 24.8% de viviendas menores a 5 años de antigüedad (viviendas posteriores al código de 1997).
- La gran mayoría de viviendas mayores a 25 años corresponde a la urbanización Musa, es decir viviendas que han sido construidas sin la contribución ningún código de diseño sismorresistente, en base a esto podemos concluir, sin tomar en consideración la contribución del suelo, que la urbanización Musa presenta viviendas con **nivel de vulnerabilidad sísmica alta**, esto también se deduce por tener un mayor número de viviendas que presentan un mal estado de conservación.
- Del porcentaje de viviendas que tienen entre 5 a 25 años de antigüedad corresponde a las urbanizaciones: La Planicie, La Fontana, El Remanso, y La Rinconada del Lago, estas fueron construidas bajo la contribución del código sísmico de 1977; tomando como función este código y sin tener en cuenta la contribución del suelo, se puede concluir que estas viviendas presentan un **nivel de vulnerabilidad sísmica media**.

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

- El porcentaje de viviendas con menos de 5 años de construcción corresponde en su mayoría a la urbanización La Capilla, estas viviendas fueron construidas bajo las exigencias del Código sísmico de 1997, considerando este código y sin tomar en cuenta la contribución del suelo se llega a concluir que estas viviendas tiene un ***nivel de vulnerabilidad sísmica baja***.
- Para el ***análisis de la respuesta sísmica en viviendas a partir de modelos elastoplásticos***, en base a los resultados obtenidos del análisis preliminar se examinaron 40 expedientes técnicos de viviendas; para cada vivienda se determino su rigidez en ambas direcciones, considerando la rigidez menor para la diagnosis de la vivienda.
- De las 40 viviendas examinadas se agrupo aquellas que tenían valores similares de rigidez, determinándose siete grupos, tomándose como representativa la rigidez promedio de cada grupo denominándose viviendas Tipo1 hasta vivienda Tipo 7.
- Se realizaron simulaciones con estos siete tipo de viviendas con modelos no lineales equivalentes para cada zona FAD con su respectiva excitación sísmica, determinándose respuestas sísmicas, y en base a esta respuestas y el periodo de vibración de la edificación se generaron curvas de vulnerabilidad.
- En base a las curvas de vulnerabilidad generadas para el sismo del 03 de octubre de 1974, las estructuras con periodos menores a 0.14 s. son no

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

vulnerables, estas corresponden a viviendas de uno a dos niveles, las estructuras con periodos de 0.14 s. a 0.20 s. son vulnerables medianamente y por último estructuras con periodos mayores a 0.20 s. son altamente vulnerables.

- En base a las curvas de vulnerabilidad generadas para el sismo de diseño de 475 años de periodo de retorno, las estructuras con periodos menores a 0.12 s. son no vulnerables, las estructuras con periodos de 0.12 s. a 0.16 s. son vulnerables medianamente y por último estructuras con periodos mayores a 0.16 s. son vulnerables altamente, estas corresponden a viviendas de tres a cuatro niveles
- Para un evento de sismo de las características similares al del 03 de octubre de 1974, las viviendas de uno a dos niveles serian ***no vulnerables***, esto correspondería a las viviendas ubicadas en la urbanizaciones: La Rinconada del Lago, parte de La Planicie, parte de La Capilla, parte de El Remanso y Las Viñas, ya que estas poseen gran porcentaje de viviendas de uno a dos niveles. Las viviendas de tres a mas pisos ***serian vulnerables***, aquí se encontrarían las urbanizaciones: Musa, parte de La Planicie, parte de La Rinconada del Lago, Parte de La Molina Vieja, Portada del Sol, parte de La Capilla, Las Lomas de La Molina Vieja
- Para un evento de sismo de las características similares al sismo de diseño de la norma de 475 años de periodo de retorno las viviendas de uno a dos niveles serian ***no vulnerables***, esto correspondería a las viviendas de todo el distrito. Las viviendas de tres a mas pisos ***serian vulnerables***, las

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

urbanizaciones mas afectadas serían: El Remanso, Sirius, Las Viñas, parte de la Portada del Sol, y parte de Las Praderas de La Molina.

- De las 186 edificaciones esenciales que existen en el distrito, se inspeccionaron 19 de ellas, a fin de dar una diagnosis del comportamiento sísmico frente a dos eventos: un sismo con las características similares a la del 03 de octubre de 1974 y el segundo al sismo de diseño de la norma de 475 años de periodo de retorno.
- En base a las consideraciones de estos dos eventos y de acuerdo a los FAD de cada zona, se elaboraron las curvas de vulnerabilidad de Shiga para este distrito. Estas curvas nos sirven de ayuda para determinar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 5.4.2 y 5.4.1 del Capitulo V.
- Observando las curvas de vulnerabilidad generadas tanto para el sismo de 03 de octubre de 1974 y el sismo de 475 años de periodo de retorno, se recomendaría que se limite la construcción de las viviendas a 3 pisos principalmente en las zonas que tengan un FAD (factor de amplificación sísmica) de 4, porque las estructuras que tengan periodos de vibración mayores a 0.20 s. sufrirían daños severos.
- Las edificaciones de albañilería mayores a 4 pisos no son recomendables para el distrito de La Molina, debido a que tendrán un alto grado de vulnerabilidad, por lo que se recomendaría para las estructuras existentes

## ***VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA***

sean revisadas por profesionales especializados que analicen y den soluciones que puedan disminuir la vulnerabilidad de estas.

- De acuerdo a lo indicado en los ítem anteriores, se recomendaría que la construcción de viviendas de albañilería se limite el número de pisos de acuerdo a la zona FAD donde se esta ubicado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Zona Geotecnica	Factor de Amplificación Dinámica (FAD)	Numero Pisos Máximo Recomendados
ZONA I	1 – 2	3
ZONA II	2 - 4	3
ZONA III	4 – 5	3
ZONA IV	>5	2

## ***CAPITULO VII***

### ***Bibliografía***

**BIBLIOGRAFIA**

1. **Lazares F. (1994)**, "Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en los departamentos de Moquehua y Tacna", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
2. **Ríos J. (1991)**, "Estudio de la Vulnerabilidad y Medidas de Prevención Sísmica en el Cercado de Lima", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
3. **INGEOMINAS (1997)**, "Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá", Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia.
4. **Martínez J. (1997)**, "Ensayo de Microtrepidaciones y Apreciaciones Geotécnicas para la Microzonificación del distrito de La Molina". Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
5. **Rodríguez G. (1994)**, "Vulnerabilidad Sísmica en Ciudades representativas del Departamento de Arequipa y Recomendaciones Técnicas para la Mitigación de Desastres" ", Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

6. **Reglamento Nacional de Construcciones**, “Norma Técnica de Edificación E.030-Diseno Sismorresistente”.
7. **CISMID**, “Memorias VII Curso Internacional Sobre Microzonificación y su Aplicación al Planeamiento Urbano para La Mitigación de Desastres”, (1995).
8. A. Gieseke, L. Ocola, E. Silgado, J. Herrera y H. Giuliani. **El Terremoto de Lima del 3 Octubre de 1974**. Ceresis/Unesco Lima – 1980.
9. Diario El Comercio, Archivo de fecha 03 de Octubre de 1974.
10. *H. Tavera. Peligro sísmico en Lima y el país. Revista del Centro de Estudios y Prevención de Desastres, Año 8, Número 14, 30-35 (2001).*
11. <http://www.acerosarequipa.com/ingc0300.asp>
12. [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)
13. [www.igp.gob.pe](http://www.igp.gob.pe)
14. [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)
15. <http://www.ineter.gob.ni/geofisica/sis/vulne/cali>

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO DE LA MOLINA**

16. <http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin.htm>

17. <http://www.utp.ac.pa/investigaciones/escuela.html>

18. [www.paho.org/spanish/ped/pedsres.htm](http://www.paho.org/spanish/ped/pedsres.htm)