

PODER EJECUTIVO NACIONAL  
MINISTERIO DE ECONOMIA  
SECRETARIA DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS  
SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

*INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA*

REPUBLICA ARGENTINA

# INPRES

**REVISTA N°. 2**

SAN JUAN, Mayo de 1974

PODER EJECUTIVO NACIONAL

MINISTERIO DE ECONOMIA

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS

SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

I N P R E S

SUMARIO

Informe técnico de la Comisión del Instituto Nacional de  
Prevención Sísmica que inspeccionó la zona más afectada  
por el sismo de SALTA - JUJUY del 19/11/1973.-

- Ing. Juan C. Castano e Ing. Salvador Torrisi 1

Ingeniería Antisísmica - Ing. José L. Zamarbide 16

Información 23

Intensidad y Magnitud - Ing. Juan C. Castano 32

ROGER BALET N°47 (Norte) - SAN JUAN - ARGENTINA

DIRECTOR NACIONAL  
ING. JULIO S. AGUIRRE RUIZ

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA

IMPRES

CONTENIDO

Informe técnico de la Comisión del Instituto Nacional de  
Investigación Científica que investigó la zona más afectada  
por el sismo de SALTÁ - JUNIO del 1911/12 -

- Ing. Juan C. Castano e Ing. Salvador Ferrás

Ing. Juan C. Castano - Ing. José L. Lavaredo

Informe

Investigación y Reporte - Ing. Juan C. Castano

En toda reproducción total o parcial de los artículos conteni-  
dos en esta publicación deberá citarse su procedencia y en-  
viar copia al Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

INFORME TECNICO DE LA COMISION DEL INSTITUTO  
NACIONAL DE PREVENCION SISMICA QUE INSPECCIONO LA  
ZONA MAS AFECTADA POR EL SISMO DE SALTA-JUJUY DEL  
19 DE NOVIEMBRE DE 1973

---

Introducción:

El 19 de noviembre de 1973 a las 08 h - 19 m - 28,8 seg, hora argentina, 11 h - 19 m - 28,8 seg G.M.T., se produjo un terremoto cuyo epicentro fue ubicado en forma preliminar por el INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA en la región Sud-Este de la Provincia de Jujuy, a los 24,3 grados de latitud Sur y a los 64,4 grados de longitud Oeste. La magnitud de este evento fue calculada en 6,5 de la escala Richter y el mismo se sintió con bastante intensidad desde Corrientes hasta San Antonio de los Cobres y desde Tartagal hasta Tucumán, causando gran pánico en los habitantes de las zonas cercanas al epicentro, especialmente en las ciudades de Salta y San Salvador de Jujuy ubicadas a aproximadamente 100 kilómetros del mismo. El grado de intensidad de este terremoto dejó como saldo un gran número de construcciones dañadas en la región epicentral alcanzando su más alto nivel de destructividad en la localidad jujeña de Arroyo Colorado donde el moderno Centro Cívico allí levantado ha quedado en pie pero con daños de una cuantía tal que lo hacen inhabitable. Los efectos del sismo se observan también en la ciudad de Salta, donde numerosos edificios presentan agrietamientos de paredes y techos en mayor o



menor grado, destacándose entre ellos numerosas escuelas, la Iglesia Catedral, el edificio de la Legislatura, el cuartel de Bomberos, etc..

En el presente informe se estudiarán los aspectos sismológicos de este terremoto y se evaluarán los daños ocasionados por el mismo.

#### SISMICIDAD DE LA ZONA AFECTADA POR EL SISMO

Los antecedentes sísmicos de la región Nor-Oeste de nuestro país son numerosos, alcanzando la misma un grado de sismicidad similar al de la zona muy activa de San Juan y Mendoza. Los terremotos con distintos grados de intensidad, han sido frecuentes de acuerdo a los relatos históricos y a los datos instrumentales que se poseen; alcanzando en algunas ocasiones un grado de destructividad muy importante. Así podemos mencionar en primer lugar el terremoto de Esteco del 13 de septiembre de 1692 que destruyó completamente a esta población de la provincia de Salta, produciendo gran cantidad de víctimas. Los efectos del violento sismo se hicieron sentir en la ciudad de Salta, donde si bien no se produjeron colapsos, se constataron gran cantidad de daños en los edificios de los templos y demás casas de la ciudad, según consta en los escritos de la época.

Otro terremoto destructivo del que se tiene abundante información es el ocurrido el 18 de octubre de 1844, que alcanzó mayor intensidad que el anterior en la ciudad de Salta, produciendo en la misma derrumbes de algunas viviendas. Los efec-

tos fueron también considerables en las construcciones de la ciudad de Jujuy.

En lo que va del presente siglo podemos mencionar el terremoto de La Poma de septiembre de 1930 que causó grandes daños y un elevado número de víctimas, y el último sismo destructivo de la región, ocurrido el día 25 de agosto de 1948 que causó gran pánico en las ciudades de Salta y Jujuy, además de agrietamientos de paredes y techos. La magnitud del mismo fue de 7 en la escala de Richter, ubicándose el epicentro en las cercanías de la localidad salteña de El Piquete, la que fue casi completamente destruida por la violencia del sismo.

Estos antecedentes de terremotos destructivos, junto con otros de menor trascendencia por no haber causado mayores daños, son suficientemente demostrativos de que las provincias de Salta y Jujuy se encuentran dentro de una región sísmicamente activa y que las construcciones de la zona están sometidas a un riesgo sísmico considerable, por lo que es necesario adaptarlas a dicha peligrosidad sísmica empleando normas de edificación que contemplen el posible efecto de los terremotos.

#### ASPECTOS SISMOLOGICOS DEL TERREMOTO DEL 19 DE NOVIEMBRE

El día 19 de noviembre de 1973 fue sentido un sismo con gran intensidad en Salta y Jujuy, con características similares a la de los terremotos históricos precedentemente citados. El evento fue violento y prolongado, causando pánico y algunos daños en una extensa zona que abarcó la mayoría de las provin



cias del norte argentino. Las estaciones sismológicas del INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SISMICA -INPRES- registraron el fenómeno obteniéndose los siguientes datos:

E S T A C I O N	HORA DE ARRIBO ONDA P	DISTANCIA EPICENTRAL
JUJUY	-	90 Km
CHOYA (Catamarca)	11 - 20 - 34,5 (G.M.T.)	490 Km
VINCHINA (La Rioja)	11 - 20 - 53,2 (G.M.T.)	610 Km
CORONEL FONTANA (San Juan)	11 - 21 - 26,8 (G.M.T.)	900 Km

Además se recibió la siguiente información de otras estaciones sismológicas argentinas y extranjeras:

E S T A C I O N	HORA DE ARRIBO ONDA P	HORA DE ARRIBO ONDA S
LA PAZ (Bolivia)	11-21-41,5 (GMT)	- -
HUANCALLO (Perú)	11-23-22,5 (GMT)	11-26-36,0 (GMT)
NAÑA (Perú)	11-23-34,0 (GMT)	11-26-54,0 (GMT)
HUARAZ (Perú)	11-24-04,0 (GMT)	- -
LIMA (Perú)	11-23-33,5 (GMT)	- -
CHINCHONA (Colombia)	11-25-51,0 (GMT)	- -
BOGOTA (Colombia)	11-25-48,0 (GMT)	11-30-49,0 (GMT)
BUENOS AIRES	11-22-16,0 (GMT)	- -
ALTO COMEDERO (Jujuy)	11-19-45,0 (GMT)	11-19-56,0 (GMT)

El análisis de toda esta información permitió ubicar el epi-

centro en forma preliminar en el punto ubicado a los 24,3 grados de latitud sur y a los 64,4 grados de longitud Oeste entre las localidades de Santa Clara (Jujuy) y Apolinario Saravia (Salta).

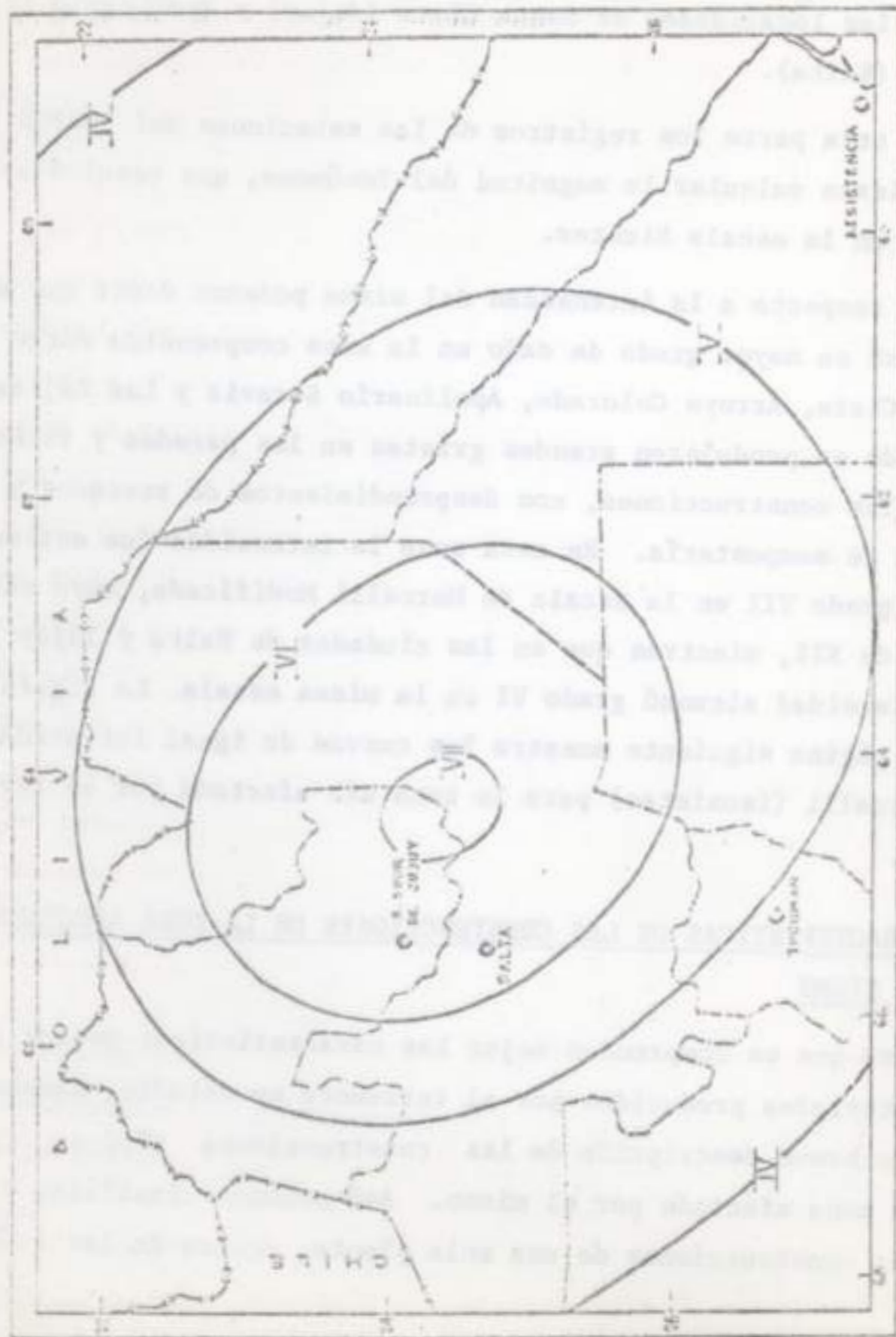
Por otra parte los registros de las estaciones del INPRES permitieron calcular la magnitud del fenómeno, que resultó ser 6,5 en la escala Richter.

Con respecto a la intensidad del sismo podemos decir que alcanzó su mayor grado de daño en la zona comprendida entre Santa Clara, Arroyo Colorado, Apolinario Saravia y Las Lajitas, donde se produjeron grandes grietas en las paredes y techos de las construcciones, con desprendimientos de revoques y trozos de mampostería. En esta zona la intensidad fue estimada de grado VII en la escala de Mercalli Modificada, cuyo máximo es de XII, mientras que en las ciudades de Salta y Jujuy la intensidad alcanzó grado VI en la misma escala. La figura de la página siguiente muestra las curvas de igual intensidad Mercalli (isosistas) para la zona más afectada por el terremoto.

#### CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA ZONA AFECTADA POR EL SISMO

Para que se comprendan mejor las características de los daños materiales producidos por el terremoto en estudio, haremos una breve descripción de las construcciones típicas de la zona afectada por el mismo. Así podemos clasificar a éstas en: construcciones de una sola planta, dentro de las cuales





ISOBARAS DE INTENSIDAD DEL TERREMOTO DE SALTAPUNJUNY DEL 19/VI/1933.

haremos una subdivisión en antiguas y recientes; construcciones de planta baja y primer piso; y construcciones de planta baja y de dos o más pisos. Las características principales de cada una de ellas son las siguientes:

a) Construcciones antiguas de una sola planta:

En general, se encuentran dentro de esta agrupación las viviendas y locales comerciales con cierta antigüedad. Las mismas están construídas con ladrillos macizos, formando mampostería de 0,30 m de espesor para los muros exteriores y de 0,15 m para las divisiones internas. Los encuentros de muros se han realizado trabando ladrillos, no existiendo en consecuencia, columnas de encadenado. Tampoco existen columnas de enmarcado ni vigas de encadenado inferior y superior. Los dinteles están constituídos por elementos aislados, de madera u hormigón, que cubren escasamente el correspondiente vano. Las cubiertas de techos están construídas con cabriadas de madera, que apoyan directamente sobre la mampostería, teniendo como elementos de cubierta tejas o chapas de zinc engrampadas en correas y cabios de madera. Los cielorrasos son de yeso extendido sobre metal desplegado.

b) Construcciones recientes de una sola planta:

Conservan las características generales de las anteriores variando únicamente los tipos de techos, que actualmente se construyen utilizando losas de hormigón o ladrillos cerámicos, siempre apoyadas en la mampostería.

c) Construcciones de planta baja y primer piso:

Las características constructivas son, en general, simila

res a las de planta baja, notándose en las más recientes algunos elementos estructurales, como vigas de encadenado superior y columnas, que sin lugar a dudas están destinados a absorber únicamente cargas verticales.

Entre las construcciones recientes y antiguas, la diferencia más notable reside en la altura de sus muros, que pasan de 5 a 6 m en las antiguas a aproximadamente 3 m en las recientes.

d) Construcciones de planta baja y de dos o más pisos:

Poseen una estructura resistente ejecutada en hormigón armado destinada únicamente a absorber cargas verticales, situación que ha sido confirmada por consultas efectuadas a profesionales de la zona.

De lo anteriormente expuesto se desprende que las construcciones públicas y privadas existentes en las provincias de Salta y Jujuy, afectadas por el reciente sismo, no cumplen en general, con requerimientos sismorresistentes como para catalogarlas de antisísmicas.

EFFECTOS DEL SISMO EN LAS CONSTRUCCIONES

Al evaluar los daños producidos por el terremoto en estudio debemos señalar en primer lugar que estos no se distribuyeron uniformemente alrededor del epicentro. Esto es explicable teniendo en cuenta que hay un gran número de factores que influyen en forma conjunta para finalmente producir un efecto determinado en un punto dado. Entre dichos factores debemos mencionar en primer lugar la magnitud del sismo, la cual re-



presenta una medida de la cantidad de energía liberada por el mismo. Pero también debemos considerar que dicha energía no se irradia en forma uniforme en todas direcciones, sino que los esquemas de irradiación dependen del mecanismo de foco de cada terremoto, y que además el efecto en superficie dependerá en gran medida de la profundidad a la que se haya producido el fenómeno sísmico. Existen también otros factores a considerar para interpretar la no uniforme distribución de los daños en los edificios; ellos son: las aceleraciones máximas alcanzadas por el terremoto, las frecuencias predominantes en dichas aceleraciones y la duración de la fase más intensa del sismo. Todos estos parámetros actúan en forma conjunta y variarán finalmente de acuerdo a la calidad del suelo de fundación, a la distancia del epicentro y lógicamente al tipo de construcciones existentes.

Lo expresado precedentemente explica por qué en la ciudad de Salta, ubicada a 110 kilómetros del epicentro se produjeron mayores daños, como consecuencia del sismo, que en San Pedro de Jujuy o General Güemes de Salta que se encuentran ubicados a distancias epicentrales menores.

En los párrafos siguientes se detallarán los daños observados en los edificios más importantes, por la función que desempeñan, en la ciudad de Salta, y en localidades más cercanas al epicentro.

Los daños observados en las construcciones afectadas por el sismo presentan en todos los casos las mismas características, consistentes en agrietamientos de muros, desplazamientos de

los apoyos de las cabriadas que forman los techos, y como consecuencia de esto último, desprendimientos de cielorrasos.

En la ciudad de Salta, ubicada a 110 kilómetros del epicentro, se inspeccionaron los siguientes edificios:

ESCUELA INDALECIO GOMEZ (Virrey Toledo esq. Pasaje San Lorenzo)

Presenta grietas de muros y dinteles, y desprendimiento de revoques en los cielorrasos. En uno de los muros interiores de la casa habitación destinada a la Directora del establecimiento se observó un fuerte agrietamiento acompañado por un asentamiento del muro.

IGLESIA CATEDRAL (España esq. Caseros)

Se observan en la nave central y en una de las laterales, agrietamientos con desprendimiento de revoques en el intradós de la zona de la clave. Además, dos de las cúpulas de la nave lateral mencionada anteriormente han sufrido agrietamientos a lo largo de un paralelo próximo a sus apoyos.

EDIFICIO DE LA LEGISLATURA (Mitre esq. Leguizamón)

Ha sufrido daños en el techo de la sala de reuniones, ubicada en la planta alta del edificio, consistentes en el agrietamiento del cielorraso, como consecuencia de las causas señaladas precedentemente.

EDIFICIO DE LA SECCIONAL PRIMERA DE POLICIA (Deán Funes esq. Gral. Güemes).

Presenta grietas en muros y dinteles, desplazamientos de las cabriadas en sus puntos de apoyo y agrietamiento de los cielo



rrasos con desprendimiento de revoques. Además los muros exteriores están fuera de plomo implicando un gran riesgo de colapso.

#### CUARTEL DE BOMBEROS

Este edificio construido en el año 1970 y que linda con la Seccional Primera de Policía, presenta grietas en muros y dinteles de la planta alta. De las observaciones preliminares puede inferirse que para la construcción de este edificio no se han tenido en cuenta los requerimientos sismorresistentes necesarios, dada su ubicación en una zona de alta actividad sísmica y considerando la importancia fundamental que este tipo de edificio público reviste para la seguridad de la población en el caso de catástrofes.

Los edificios escolares, en general construcciones de antigua data, construidos sin tomar recaudos antisísmicos, entre los que podemos nombrar las escuelas: JACOBA SARAVIA (Deán Funes esq. Avda. Entre Ríos); ZORRILLA (20 de Febrero esq. Caseros) y SARMIENTO, presentan muros y dinteles agrietados en mayor o menor grado y cielorrasos desplazados.

Es de hacer notar que dichos edificios no ofrecen ninguna seguridad ante la posible ocurrencia de sismos de intensidad igual o superior al ocurrido, y constituyen un riesgo permanente para la integridad física de los niños.

Entre otros edificios que presentan similares niveles de daños, podemos mencionar la Sede del Rectorado de la Universidad Nacional de Salta, la Cárcel Modelo de la Capital, la



Iglesia de la Viña y otros edificios públicos y privados de menor importancia.

En el interior de la provincia, en el Departamento de Anta, cercano a la zona epicentral, los edificios públicos y escuelas, como también las construcciones privadas presentan, en general, muros y cubiertas agrietadas. Daños similares, aunque en menor grado, han sufrido las construcciones de Rosario de la Frontera y de Metán.

Las construcciones existentes en las vecindades del Parque Nacional El Rey (zona epicentral) también han sufrido daños de consideración, especialmente las escuelas.

En la provincia de Jujuy la localidad más afectada fue Arroyo Colorado, donde las construcciones del Centro Cívico, aparte de muros y dinteles agrietados, presentan columnas (de mampostería) y muros fuera de plomo; estos últimos en algunos sectores han sufrido un deslizamiento del orden de los 7 cm como pudo observarse en el edificio de La Capilla. Las cabriadas que forman la estructura de los techos, acompañando el movimiento de muros y columnas, han sufrido el deslizamiento de sus apoyos. Las condiciones de estabilidad en que han quedado estas construcciones son muy precarias, por lo que consideramos que las mismas no pueden ser nuevamente utilizadas.

En Santa Clara, zona dedicada al cultivo de citrus, las viviendas y demás construcciones se encuentran bastante dispersas, presentando además de los daños característicos en muros, dinteles y cubiertas de techos, daños en tan-

ques de agua, los cuales en algunos casos han tenido que ser demolidos.

En Arenales el edificio de la Comisaría, de reciente construcción, presenta agrietamientos en sus muros y daños en el tanque de agua consistentes en el fisuramiento de las paredes del recipiente y en el desplazamiento de los apoyos.

### COMENTARIOS

Visto las características estructurales y el comportamiento de las construcciones existentes ante el sismo del día 19 de noviembre de 1973, se desprende que las mismas no son aptas para absorber las solicitaciones que producen las fuerzas horizontales originadas por el movimiento sísmico.

En lo que hace a ciertos edificios dañados, en particular escuelas y dependencias públicas, podría en algunos casos proponerse la consolidación de los mismos, previo conocimiento de sus estructuras, siempre que la solución propuesta resulte razonablemente económica y garantice su estabilidad ante un nuevo evento sísmico.

Puede anticiparse que algunas construcciones, en especial los edificios escolares, podrán ser reacondicionados desde el punto de vista estético, es decir sellando grietas y fisuras, reparando revoques, etc., pero no desde el punto de vista sísmico, por cuanto no ofrecen una estructura a partir de la cual sea posible proponer su consolidación.

Debemos enfatizar que ciertos edificios públicos como escuelas, hospitales, cuarteles de bomberos, policías, usinas, etc.

deben reunir características de estabilidad y de seguridad antisísmica, tales que permitan asegurar el cumplimiento de la doble función que deben desempeñar en caso de un evento sísmico destructivo, ya que en dichos casos, además de las funciones específicas a las que están destinados, algunos de ellos deben convertirse en albergues, centros sanitarios y asistenciales, etc..

### CONCLUSIONES

De las observaciones efectuadas y confirmadas por los profesionales del medio consultados, puede concluirse que tanto en la provincia de Salta como en la de Jujuy, ubicadas en una zona de alta actividad sísmica, no se tiene en cuenta, salvo en casos excepcionales, ningún tipo de previsión sismorresistente en el proyecto y construcción de los edificios.

Es por ello de fundamental importancia que este serio llamado de atención que implica el sismo que nos ocupa, no sea desoído, y que las autoridades provinciales competentes tomen los recaudos necesarios para poner en vigencia a la brevedad, adecuados códigos de edificación que contemplen normas antisísmicas. Además es necesario que organicen una eficiente e inflexible policía edilicia que haga cumplir en todos los casos tales especificaciones. A tal efecto el INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SISMICA, en cumplimiento de las funciones que le otorga la Ley de su creación, pone a disposición de los estados provinciales el asesoramiento y la experiencia de sus planteles técnicos.

Es de hacer notar que con el instrumental de Ingeniería Anti-



sísmica que el INPRES posee instalado en las localidades de ORAN, TARTAGAL y SAN ANTONIO DE LOS COBRES en la provincia de Salta, y TILCARA, HUMAHUACA Y SAN SALVADOR DE JUJUY en la provincia de Jujuy, se obtuvieron registros sumamente importantes que junto con los que se podrán obtener en el futuro, permitirán deducir especificaciones con las cuales completar y/o mejorar los códigos de construcciones antisísmicas.

SAN JUAN, 10 de diciembre de 1973.

Ing. JUAN C. CASTAÑO

Ing. SALVADOR TORRISI

Jefe del Area de Sismología

Area Ingeniería Antisísmica

**Agradecimiento:**

Los autores desean expresar su agradecimiento a las autoridades del Gobierno de la Provincia de Salta y muy especialmente al Ing. Agustín Caffaro y al Doctor Juan C. Apaza.

## INGENIERIA ANTISISMICA

### OBJETIVOS Y DESARROLLO

La Ingeniería Antisísmica propende al proyecto y ejecución de construcciones seguras frente a la acción de terremotos con el fin de: evitar pérdidas de vidas y disminuir la posibilidad de daños físicos a personas; evitar el colapso de las construcciones por efecto de sismos de gran intensidad y pequeña probabilidad de ocurrencia, disminuyendo los daños materiales a niveles económicamente admisibles; evitar daños a otras construcciones o cosas; asegurar la continuidad de funcionamiento de los servicios vitales ante la ocurrencia de terremotos destructivos.

A fines del primer tercio del presente siglo comenzaron, principalmente en EE.UU. y Japón, los estudios referentes a Ingeniería Antisísmica motivados especialmente por la necesidad de satisfacer los requerimientos que originaban el incremento de la altura y la cantidad de edificios de envergadura como consecuencia del aumento de la población; por el avance tecnológico traducido en la utilización de nuevos materiales y procesos constructivos como así también por la aparición de estructuras especiales (Centrales nucleares por ejemplo) cuyo colapso significaría un grave riesgo para la seguridad de los habitantes de la zona de emplazamiento.

En lo referente a nuestro país, con posterioridad al terremoto de San Juan de 1944, se empezó a aplicar en San Juan las primeras normas antisísmicas, adoptadas en base a especifica-

ciones existentes en otros países, pero recién a fines de la década del 50 comienza a trabajarse en planes de investigación con la creación del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de Cuyo (hoy Universidad Nacional de San Juan).

Es justamente durante las últimas tres décadas cuando se ha producido un extraordinario incremento de los profesionales y científicos dedicados a perfeccionar los estudios de Ingeniería Antisísmica en todo el mundo, como así también se ha conseguido un gran progreso en la investigación, tanto de campo como de laboratorio, en la práctica del diseño sismorresistente y en la formulación matemática de los problemas de Ingeniería Antisísmica. Pero no siempre ha sido exitosa la transformación de tan completos y complejos estudios, en convenientes prácticas constructivas.

Es fundamental que todo el inmenso trabajo de investigación realizado y por realizarse, se traduzca en adecuadas especificaciones cuyas metas sean correctas técnicas constructivas. No debe olvidarse que en la mayoría de los casos, la acción de los terremotos sobre las edificaciones y obras en general, pone de manifiesto los errores de proyecto y/o construcción por pequeños que ellos sean.

#### LOS SISMOS Y SUS EFECTOS SOBRE LAS CONSTRUCCIONES

Sin entrar en detalle en el campo de la Sismología, puede decirse que las causas más frecuentes del origen de los sismos son:



- Causas tectónicas (deslizamientos bruscos en superficies de fallas por reacomodación de la corteza).
- Erupciones volcánicas.
- Derrumbes de cavernas.
- Explosiones artificiales.

Sin lugar a dudas, y desde el punto de vista de la Ingeniería Antisísmica, los temblores debidos a causas tectónicas son los más importantes, y en general puede argumentarse que una construcción diseñada para resistir sismos de origen tectónico resistirá satisfactoriamente movimientos debidos a las otras causas.

En ciertas regiones de la corteza terrestre se producen fenómenos que originan acumulación de tensiones que aumentan con el tiempo. Cuando la magnitud de tales tensiones o esfuerzos supera la resistencia del estrato de la corteza que afectan, ésta se rompe bruscamente generándose así, ondas sísmicas que caracterizan al terremoto. Este fenómeno va generalmente acompañado por la aparición de una falla, que puede o no, tener manifestación en la superficie. Cuando dichas ondas, cuyo mecanismo de transmisión es complejo, alcanzan el punto de localización de una construcción, hacen que ésta comience a vibrar, y se generan en sus distintos elementos "deformaciones -y por lo tanto tensiones- dinámicas", cuyos valores dependerán principalmente de la distancia al epicentro, de la calidad y condiciones del terreno de fundación y de las características vibratorias de la estructura.

Un sismo por sí mismo no es fuerza, sino movimiento y energía, los que inducen fuerzas de inercia, proporcionales a la masa y a la aceleración del movimiento, en todo lo que tienda a resistir tal movimiento; generalmente hablando, mientras mayores sean la masa y la rigidez de lo que se opone al movimiento, mayor será la fuerza inducida.

En general durante un sismo, los edificios estarán sometidos a movimientos -y por lo tanto a fuerzas- horizontales y verticales. Debido a que al calcular una determinada estructura para soportar cargas verticales, se adoptan coeficientes de seguridad amplios, la mayoría de los reglamentos no exigen la verificación de la estructura ante los efectos debidos a las fuerzas sísmicas verticales, sobre todo cuando se trata de cálculo elástico, considerando que dichos efectos son absorbidos por los usuales coeficientes de seguridad, teniendo en cuenta que cuando ocurre un terremoto la estructura se encuentra en una situación de emergencia que sólo se produce ocasionalmente -y puede no producirse nunca- durante su vida útil.

En cambio, la mayoría de los reglamentos exige la verificación de ménsulas ante los efectos de las fuerzas sísmicas verticales. Tampoco se puede prescindir de verificar las vigas de grandes luces, estructuras abovedadas, cupuliformes y laminares, y ciertos tipos de obras especiales, como por ejemplo centrales nucleares, ante los efectos de fuerzas sísmicas verticales.

En contrapartida, por lo general las construcciones carecen de la suficiente resistencia ante sollicitaciones horizontales,



y al verse afectados por dichas fuerzas sísmicas, sufrirán daños e incluso podrán sufrir el colapso total. Por lo tanto, el principio fundamental del diseño sismorresistente es proveer deliberadamente a una estructura de la suficiente resistencia frente a sollicitaciones horizontales.

El sismo transfiere o suministra energía a las estructuras, la que se manifiesta como energía de deformación, parte de la cual es energía de deformación elástica y el resto plástica. En la aptitud de la estructura para disipar una suficiente cantidad de energía estará su capacidad de resistir al sismo y de no sufrir el colapso.

#### SEGURIDAD vs. ECONOMIA

Es económicamente factible proyectar y construir estructuras sismorresistentes.

La eficiencia de la Ingeniería Antisísmica -o sea la posibilidad de proyectar estructuras con una muy pequeña probabilidad de colapso ante sollicitaciones sísmicas- no es generalmente bien entendida. Como un argumento contra la posibilidad de obtener estructuras completamente seguras, se suele arguir que los movimientos de fallas o desplazamientos del suelo pueden ser de tal magnitud que ninguna estructura sobreviva. Pero como ello, si se produjese, estaría limitado a zonas muy restringidas, puede comparárselo con la probabilidad de que una construcción sea alcanzada por un meteorito (\*).

---

(\*) "Earthquake Engineering" - J. Ferry Borges - A. Ravara L.N. E.C. - Lisboa.



El peligro o riesgo de un terremoto, en cuanto a sus efectos inmediatos, tiene dos aspectos que pueden estudiarse por separado, ellos son: la seguridad de las personas y la limitación de los daños a las propiedades.

Si se considera sólo el primero de ellos, se llega a que puede admitirse un cierto grado de daño estructural siempre que las construcciones no colapsen y que no ofrezcan peligro para sus ocupantes. Las consecuencias de esta alternativa pueden derivar en un excesivo gravamen económico para los propietarios, debido a la necesidad de grandes reparaciones, consolidación, o reemplazo de toda la estructura. Esta alternativa puede ser aceptable sólo en una comunidad de grandes recursos económicos, o donde el riesgo sísmico se estime mínimo, pero no lo será en aquellas de escasos recursos.

Se está por lo tanto en presencia de un neto problema de costo-beneficio, o de cuánto puede gastarse en control de daño para la vivienda básica, o sea, cuál es el nivel permisible de daños. Este problema generalmente provoca discusiones y todavía no ha sido dilucidado satisfactoriamente.

Los niveles admisibles de daños están en realidad fijados tácitamente por los Códigos de Construcciones Antisísmicas, los cuales en su casi mayoría, al establecer parámetros de diseño (coeficientes sísmicos) menores que los necesarios para que las estructuras resistan al sismo trabajando dentro del campo elástico, están permitiendo que en su trabajo resistente la estructura incurra (hasta un cierto límite) dentro del campo de la plasticidad, de manera tal que la energía de deforma

ción plástica antes citada se acumule y se disipe en ciertos puntos que no afecten la estabilidad general de la estructura.

### LOS CODIGOS DE CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS Y SU IMPORTANCIA

Para que los resultados alcanzados por las investigaciones sobre Ingeniería Antisísmica signifiquen viviendas y construcciones más seguras ante el efecto destructivo de los terremotos, ellos deben traducirse en normas y especificaciones sobre diseño, cálculo y construcción sismorresistente contenidas en códigos de edificación de aplicación obligatoria.

El Código de Construcciones Antisísmicas constituye por el momento, el medio más eficaz para prevenir y minimizar los efectos destructivos de los terremotos, pero no debe olvidarse que el mejor Código de Edificación del mundo resulta ineficaz si no se administra correctamente su aplicación obligatoria. Es por lo tanto indispensable que los Códigos de Construcciones Antisísmicas se vean complementados por capacitadas "Policías Edilicias" que reglamenten su aplicación tanto durante el proyecto como durante la construcción.

Ing. JOSE L. ZAMARBIDE  
Jefe Dpto. de Investigación

## I N F O R M A C I O N E S

### Actividades del INPRES

#### OBRAS

- Se encuentra en terminación la obra que se ejecuta por contrato correspondiente a la 2da. Etapa del Laboratorio Central de Ingeniería Antisísmica-Sector Administrativo, Sala de Conferencias y Biblioteca.

#### PROYECTOS

- Estación Sismológica de Tanti (Provincia de Córdoba)

Se ha dado término al proyecto de la citada estación y a los pliegos de condiciones, encontrándose actualmente en trámite de licitación, de acuerdo con el compromiso contraído con el Gobierno de la Provincia de Córdoba.

- Redes locales de Estaciones Telesísmicas

Se concluyó el proyecto de la Red Telesísmica "San Juan" habiéndose licitado y adjudicado la obra que se encuentra en pleno proceso de construcción.

- Estación Sismológica de Salta

Se ha dado comienzo a los estudios y trámites correspondientes al proyecto definitivo, en cumplimiento del respectivo convenio.

#### CONVENIOS

- Con el Instituto Sismológico Zonda

Se ha elaborado un convenio con el Instituto Sismológico



Zonda por el cual se implementan las pautas de colaboración recíproca entre ambos Institutos, con el objeto de aunar esfuerzos tendientes a mejorar el conocimiento de la sismicidad regional, divulgar el mismo, e intensificar el intercambio de información técnico-científica.

. Con la Secretaría de Estado de Vivienda y Urbanismo

Se ha elaborado un convenio de orden general con la citada Secretaría, con especial énfasis en su implicancia dentro de la programática del Superior Gobierno, en el que se fijan las pautas básicas en las que este INSTITUTO colaborará en los planes de Vivienda de la Secretaría, planes éstos de fundamental importancia para la Nación.

. Con la Provincia de Córdoba

En cumplimiento de la misión específica de este INSTITUTO, el día 26/XI/73 se convino con el Gobierno de la Provincia la acción a desarrollar por ambas partes para la construcción de la Estación Sismológica de Tanti, y para iniciar una efectiva acción de prevención sísmica en el orden provincial. Dicho Convenio fue aprobado por Ley n°5711 de esa Provincia, del 28 de enero de 1974.

. Provincia de San Juan

A solicitud del Gobierno de la Provincia fue elaborado un convenio mediante el cual este INSTITUTO realizará los ensayos de resistencia de hormigones en servicio de la estructura sismorresistente de la obra "Centro Cívico de la Provincia de San Juan".

. Provincia de Salta

El convenio se encuentra a aprobación del Poder Ejecutivo Provincial.

. Provincia de Tucumán

El anteproyecto preparado por el INPRES está a estudio del Gobierno de esa Provincia.

. Con el Colegio Notarial de San Juan

Se establece en el mismo un tratamiento preferencial en cuanto a honorarios (65 %) por escrituraciones de viviendas construídas por el ex-CONCAR.

OPERACION, MANTENIMIENTO Y DENSIFICACION DE LAS REDES NACIONALES

. Red Nacional de Sismoscopios y Acelerómetros

A raíz del gran incremento de la actividad sísmica en el territorio nacional, debió partir una comisión con la finalidad de extraer los registros ocasionados por el sismo del día 19/XI/73 con epicentro en la Provincia de Salta.

Se aprovechó la circunstancia para instalar diez sismoscopios más en las Provincias de Salta y Jujuy, y verificar el funcionamiento del instrumental instalado en La Rioja, Catamarca y Tucumán. En el transcurso del último año se han instalado treinta sismoscopios en Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, San Luis, Córdoba y San Juan.

. Red Nacional de Estaciones Sismológicas

Se han realizado las tareas normales de obtención de re-

gistros, mantenimiento y calibración periódica del instrumental en las cuatro estaciones que tiene actualmente en pleno funcionamiento el INPRES, para el cumplimiento de su misión específica y de programas de trabajos conjuntos con Universidades de Chile y EE.UU.

. Laboratorio Central de Ingeniería Antisísmica

Se ha dado comienzo a una serie de ensayos de resistencia a la comprensión de materiales locales, como parte de los estudios necesarios para la implementación de las normas antisísmicas actualmente en aplicación en el país y se continúa con el montaje del Laboratorio.

PREVENCION SISMICA

. C.I.M.O.P.

En el uso de sus atribuciones, este INSTITUTO participó activamente en la Primera y Segunda Asamblea Plenaria para la Reconstrucción Nacional del Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas -C.I.M.O.P.- presentando una ponencia mediante la cual se propiciaba la activa participación de los estados provinciales en la política nacional de Prevención Sísmica. Dicha moción contó con el apoyo unánime y mereció un voto de aplauso de las citadas Asambleas. El tratamiento definitivo se está realizando por la Comisión Especial de Prevención Sísmica integrada por seis provincias y el INPRES.

. Asesoramiento a entidades públicas y privadas

- Comisión Nacional de Energía Atómica



A pedido expreso de la Comisión Nacional de Energía Atómica, este INSTITUTO analizó y aprobó las normas antisísmicas aplicadas en el proyecto de la obra: "Central Nuclear Río Tercero" manteniéndose permanente contacto entre Técnicos de ese Organismo y el INPRES.

- Gas del Estado

Se brindó el asesoramiento requerido por el Distrito La Rioja, para la construcción de Depósito de Gas Licuado.

- Juntas de Defensa Civil

Se mantuvo una reunión con los representantes de las Juntas de Defensa Civil de La Rioja, San Juan, San Luis y Mendoza, a fin de coordinar un accionar conjunto en lo referente a medidas de emergencia en casos de sismos destructivos en poblaciones de importancia.

- Banco Hipotecario Nacional

Se ha establecido un amplio programa de colaboración con el Banco Hipotecario Nacional, a fin de que todas las viviendas que se financien por dicho Banco estén adecuadas a las normas de seguridad antisísmica.

- Asesoramiento a provincias y municipios

A tal efecto se han mantenido reuniones con los representantes de los Gobiernos de las Provincias de Córdoba, Salta y Tucumán, para organizar el dictado de cursos de perfeccionamiento para el personal técnico de las administraciones provinciales y brindar asesora-

miento sobre la aplicación y alcances de las normas antisísmicas.

Idem con la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba.

### EVALUACION DE DAÑOS PROVOCADOS POR SISMOS

#### Provincia de Catamarca

A solicitud del Gobierno de la Provincia, se destacó una comisión integrada por dos especialistas de este INSTITUTO a fin de observar los posibles daños ocasionados por el sismo registrado el día 3 de noviembre de 1973 con epicentro en las inmediaciones de la localidad de Antofagasta de la Sierra. El informe preliminar correspondiente fue oportunamente entregado al Gobierno Provincial.

#### Provincias de Salta y Jujuy

Con motivo de los sismos registrados por las estaciones sismológicas del INPRES, el día 19 de noviembre de 1973, y percibidos con singular intensidad en una amplia zona del país y en especial en las citadas provincias, a fin de constatar los daños ocasionados en edificios de la Ciudad de Salta, por expreso pedido del Gobierno de esa Provincia, se destacó una comisión integrada por especialistas, la que elaboró el correspondiente informe, el que se transcribe en la presente Publicación.

### LABORES COMPLEMENTARIAS DERIVADAS DEL CUMPLIMIENTO DEL DECRETO LEY N° 20.105/73

Como consecuencia de la liquidación del ex-CONCAR, el INPRES continúa la atención de todas las causas judiciales pendien-

tes al 31/5/72, hasta su total terminación, y procede a realizar las tareas administrativas tendientes a concretar la transferencia de dominio, a la Provincia de San Juan y Organismos Nacionales, Provinciales o Municipales y personas jurídicas que resultan acreedoras de los terrenos expropiados, como así también, las tareas relativas a la transferencia, cobranza, etc. de las 4.000 viviendas construídas por el ex-CONCAR.

#### DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

##### Area Electrónica del INPRES

A fin de disminuir costos operativos y de instalación, y como contribución a la política de Reconstrucción Nacional, el personal del Area Electrónica del INPRES, desarrolló un prototipo de reloj de precisión de bajo costo (alrededor de \$ 5.000,00 por unidad), destinado a reemplazar los relojes importados cuyo valor actual oscila alrededor de \$ 120.000,00.

Cabe destacar que las actividades del INPRES demandarán alrededor de treinta relojes destinados a la Red de Estaciones Sismológicas. El prototipo ha sido concluído y se encuentra en proceso de prueba.

#### DIVULGACION

##### Revista periódica del INPRES

Con el objeto de difundir el conocimiento del problema sísmico y sus soluciones, el INPRES inició una serie de publicaciones periódicas, destinadas a todos los técnicos



de los sectores públicos y privados del país.

. Boletines Sismológicos

Con la finalidad de intercambiar información sismológica con organismos nacionales e internacionales, se envía mensualmente a todos los centros específicos, el BOLETIN SISMOLOGICO del INPRES con los datos de los registros de la Red Nacional de Estaciones Sismológicas.

. Conferencias de Prensa

Con el importante apoyo de la prensa del país, fundamental para la divulgación del problema, personal técnico del INPRES efectuó conferencias de prensa en distintas provincias del Area Sísmica Nacional.

. Normas Antisísmicas

Ante la gran demanda, se procede a una reimpresión de las NORMAS ANTISISMICAS CONCAR 70, declaradas por el INPRES de aplicación en toda la zona sísmica del país.

CONGRESOS

. 1er. Simposio Argentino sobre Riesgo Sísmico

A raíz de una iniciativa del señor Ing. D. FERNANDO VOLPONI, Director del Instituto Sismológico Zonda de la Universidad Nacional de San Juan, el INPRES conjuntamente con el citado organismo, ha organizado la reunión citada en el epígrafe, para el 30/5/74.

. 4ta. Reunión Argentina de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones

Con los auspicios de la Sociedad Argentina de Mecánica de

Suelos, y por iniciativa del señor Director del Instituto de Materiales y Suelos de la Universidad Nacional de San Juan, Ing. FRANCISCO GIULIANI, se realizará en San Juan a mediados de setiembre próximo, esta importante reunión. El INPRES colabora con el citado Instituto en la organización del evento, propiciando la activa participación de reparticiones técnicas nacionales y provinciales.

PRESTACIONES MEDICO ASISTENCIALES

Después de múltiples gestiones, se logró la prestación de servicios médicos asistenciales para el personal del INPRES mediante la efectivización del convenio firmado hace un año entre la Obra Social para el personal de Obras Sanitarias de la Nación y el INPRES.

\*\*\*\*\*

E F I C I E N C I A

El gobernador de una provincia manda un telegrama al comisario de una población apartada, que dice lo siguiente:

"TOME PRECAUCIONES. HABRA MOVIMIENTO SISMICO. EPICENTRO EN SU PUEBLO".

El eficiente funcionario contesta:

"MOVIMIENTO SOFOCADO. EPICENTRO Y OTROS TRES CABECILLAS DETENIDOS.

\*\*\*\*\*

## INTENSIDAD Y MAGNITUD

### Intensidad Sísmica: Escalas de Intensidad.

La forma más simple de medir el efecto de un sismo en un lugar determinado es por medio de la "Intensidad Sísmica". Esta puede definirse como el valor de la destructividad potencial de un terremoto en un punto dado. Su evaluación tiene como base las sensaciones experimentadas por las personas durante un sismo, y los efectos producidos por el movimiento en las construcciones y también en las cosas y objetos naturales y artificiales. Por ello las escalas de intensidad sísmica son totalmente subjetivas, si bien en algunos casos se ha intentado relacionar las características de los registros de fuertes terremotos con las intensidades sísmicas en el lugar de registro, surgiendo así las llamadas escalas racionales de intensidad, cuya utilidad es muy restringida.

Según Sieberg las primeras escalas de intensidad sísmica son debidas a Gastaldi y de Poardi, y fueron escritas en los años 1564 y 1627 respectivamente. Una escala de cinco grados de intensidad fue presentada por el físico italiano Pignataro en 1783. Sin embargo, la primera escala adoptada simultáneamente en casi toda Europa y que aún tiene vigencia en algunos países fue la de Rossi-Forel, publicada por el suizo Forel en 1880 y revisada y ampliada por Rossi en 1883. Esta escala consta de diez grados para cubrir el espectro entre sismos no perceptibles y terremotos destructivos. En 1902, Mercalli presentó una nueva escala de intensidad de diez grados al



igual que la de Rossi-Forel, pero con algunas diferencias en los niveles de daños asociados a los grados superiores. En 1904, Cancani dio a conocer una escala "dinámica" de intensidad sísmica de doce grados, cada uno correspondiendo a un umbral máximo de aceleración del suelo. Esta escala perdió vigencia al comprobarse posteriormente que el nivel de daños debido a un sismo dependía de la interacción de varios factores, uno de los cuales, pero no el definitorio, era la aceleración máxima del suelo. En el año 1912 Sieberg publicó una nueva versión ampliada de la escala de Mercalli. En ella se tomó en consideración las diferencias en resistencias de las estructuras debido a diferencias en los materiales y en la mano de obra, y también se dividió el grado diez de la escala original en tres nuevos niveles, quedando la nueva versión de doce grados. Esta escala fue revisada y modificada en 1931 por Wood y Neumann del Servicio Geodésico de los Estados Unidos. En ella se introdujeron las propiedades de las construcciones modernas, especialmente el comportamiento de los edificios elevados sometidos al efecto sísmico. Surgió así la llamada escala de intensidad sísmica de Mercalli Modificada (M. M.) que consta de doce grados y su aplicación es internacional.

Paralelamente con el desarrollo de las escalas de intensidad en Europa y América, los japoneses introdujeron sus propias escalas de intensidad. La primera de ellas fue la de Sekiya, con cuatro grados de intensidad. A ésta le siguió la escala de Omori, de siete grados, basada solamente en los efectos de

los terremotos en las estructuras. La escala de Omori surgió como consecuencia de las observaciones realizadas por el autor después del terremoto de Mino-Owari de 1891. Esta escala, al igual que la escala dinámica de Cancani, establecía los grados de intensidad en función de las aceleraciones máximas registradas en cada punto. Estas dos escalas fueron superadas por la escala de intensidad J.M.A. (Japan Meteorological Agency) que hasta 1948 constaba de siete grados, desde cero hasta seis. Después del terremoto de Fukui de 1948, y teniendo en cuenta los efectos destructivos del mismo, se observó la conveniencia de dividir el grado seis en dos, el seis y el siete. Es por ello que en la actualidad la escala J.M.A. tiene ocho grados, desde cero hasta siete. En muchos países socialistas se utiliza la escala de intensidad M.S.K., que consta de doce grados al igual que la de Mercalli Modificada, de la cual se diferencia en muy pocos aspectos.

La determinación de la intensidad en un sólo punto del área afectada por un terremoto, no aporta mucho al estudio del mismo. En cambio, lo que se intenta hacer después de un sismo es determinar el grado de intensidad del mismo en diferentes lugares del área afectada, y construir luego las curvas de igual intensidad sísmica o curvas "isosistas" que dan inmediatamente una idea aproximada de la zona afectada. En general, los contornos resultantes muestran un máximo en la zona epicentral con regiones de menor intensidad rodeando este área, siendo las isosistas más o menos concéntricas respecto al epicentro. Las irregularidades que a veces se observan es



tán relacionadas generalmente con zonas de condiciones geológicas distintas al resto, y que pueden ser identificadas inmediatamente a partir de estos mapas de intensidad. Esta es la forma de aprovechar dichos mapas, ya que la determinación del lugar exacto del epicentro y otros parámetros del sismo, se obtienen con mayor exactitud a partir de los registros instrumentales.

Para ilustrar estos párrafos sobre escalas de intensidad sísmica presentamos, al final, la escala internacional Mercalli Modificada en su versión 1956, que es la usada en nuestro país.

#### MAGNITUD DE UN SISMO

El terremoto de San Juan de 1944 alcanzó una intensidad IX (M.M.) en la Ciudad de San Juan, mientras que la misma fue solamente de III (M.M.) en la Ciudad de Buenos Aires. Estos valores fueron estimados considerando los efectos producidos por el movimiento del suelo sobre las personas y cosas en estas dos ciudades. Sin embargo, este terremoto, al igual que cualquier otro sismo, puede medirse por un valor único que nos exprese el tamaño del mismo. Este valor es una función de la cantidad de energía liberada por el sismo, y se denomina magnitud de un terremoto. La energía potencial de deformación almacenada en la roca y liberada cuando se supera la resistencia de la misma, se gasta en parte, en realizar el trabajo mecánico necesario para mover grandes bloques de la corteza terrestre en contra de la gravedad; otra parte se disipa como calor, y la última parte se irradia en todas direcciones



en forma de ondas elásticas desde el lugar donde comienza la perturbación. La magnitud de un terremoto es una medida de esta energía, expresándose su valor por una relación del tipo:

$$\text{Log } E = 11,4 + 1,5 M.$$

siendo E la energía liberada por un sismo en forma de ondas y M. la magnitud Richter del mismo.

La magnitud se obtiene de los registros instrumentales como resultante de la amplitud de las ondas elásticas y del período de las mismas, y no depende del lugar de registro como en el caso de la intensidad sísmica. Se mide en la escala internacional de Richter, que no tiene un límite superior, aunque los terremotos más fuertes registrados han alcanzado una magnitud de 8,6 en dicha escala. Este es el caso del terremoto del Sur de Chile del 22 de mayo de 1960. El sismo de San Juan de 1944 alcanzó una magnitud Richter de 7,8.

A continuación presentamos un cuadro con los valores de magnitud y energía liberada para un grupo de sismos, y los correspondientes valores de intensidad en distintos puntos, para cada uno de los mismos.

SISMO	Mag. (Richter)	Energía (ergs)	INTENSIDAD (M.M.)
27-X-1894 (San Juan- La Rioja).	8,0	$2,5 \times 10^{23}$	SAN JUAN :IX LA RIOJA :VIII MENDOZA :VII CORDOBA :VI BUENOS AIRES:IV

SISMO	Mag. (Richter)	Energía (ergs)	INTENSIDAD (M.M.)
15-I-1944 (San Juan)	7,8	$1,2 \times 10^{23}$	SAN JUAN : IX MENDOZA : VI BUENOS AIRES : III
10-VI-1952 (San Juan)	7,0	$8 \times 10^{21}$	SAN JUAN : VIII CORDOBA : IV BUENOS AIRES : II
22-V-1960 (Sur de Chile)	8,6	$2 \times 10^{24}$	VALDIVIA : X PUERTO MONT : X ANCUD : IX OSORNO : VIII BARILOCHE : VII SANTIAGO : VI MENDOZA : V
25-IV-1967 (Mendoza)	5,7	$10^{20}$	MENDOZA : VI SAN JUAN : IV
19-XI-1973 (Salta - Jujuy).	6,5	$1,6 \times 10^{21}$	EL REY (Salta) VII SALTA : VI S.S. de JU- JUY : VI TUCUMAN : IV CORRIENTES : IV RESISTENCIA : IV

ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA  
(versión 1956)

A los efectos de simplificar la descripción sin tener que hacer continuamente repeticiones se indica con las letras A, B, C y D diferentes clases de mampostería, conforme con las especificaciones siguientes:

Mampostería A: Construída con buenos materiales, buena mano de obra y buen proyecto. Reforzada con armaduras de acero o de hormigón armado, proyectada para resistir esfuerzos laterales.

Mampostería B: Buena mano de obra y buen mortero. Reforzada, pero no proyectada para resistir fuerzas laterales.

Mampostería C: Mano de obra y morteros corrientes. No demasiado débiles por falta de amarre en las esquinas, pero no reforzadas ni proyectadas para resistir fuerzas horizontales.

Mampostería D: Materiales débiles, como adobes, morteros pobres. Mala mano de obra. Débil horizontalmente.

GRADOS:

- I. No sentido por las personas. Efectos marginales y de períodos grandes de terremotos lejanos.
- II. Sentido por personas en reposo, en pisos superiores, o favorablemente situados.
- III. Sentido en el interior de las casas. Oscilan objetos colgantes. Vibraciones como las producidas por un camión liviano pasando. Se puede estimar la duración. No



se puede reconocer que se trata de un terremoto.

- IV. Oscilan objetos colgantes. Vibraciones como las producidas por un camión pesado pasando. Sensación de un golpe como el producido por una pesada pelota chocando las paredes. Balanceo de un camión parado. Puertas, ventanas y platos tintinean. Los vasos suenan. Las lozas chocan. En la parte superior de este grado, armaduras y paredes de madera crujen.
- V. Sentido en el exterior. Se puede estimar la dirección. Se despiertan las personas dormidas. Se agitan las superficies de los líquidos, parte se vuelca. Pequeños objetos se desplazan o caen. Las puertas oscilan, se abren o se cierran. Postigos y cuadros se mueven. Relojes o péndulo se paran, se ponen en marcha o alteran su marcha.
- VI. Sentido por todos. Muchos se asustan y corren afuera. Las personas caminan con dificultad. Ventanas, platos y vasos se rompen. Adornos, libros, etc., salen de las repisas. Cuadros se caen de las paredes. Los muebles se mueven o se tumban. Revoques débiles y mampostería clase D se agrietan. Pequeñas campanas suenan (iglesias y escuelas). Árboles y arbustos se mecen.
- VII. Difícil mantenerse en pie. Percibido por personas manejando autos. Objetos colgantes tiemblan. Los muebles se rompen. La mampostería D se daña, formando grietas. Chimeneas débiles se rompen a nivel de techo. Caen revo-

ques, se aflojan ladrillos, piedras, baldosas, cornisas: Se producen algunas grietas en la mampostería C. Ondas en los pantanos, se enturbia el agua con el barro. Pequeños deslizamientos de tierra y hundimientos en bancos de arena o de ripio. Campanas grandes suenan. Se dañan canales de concreto para irrigación.

VIII. Se hace dificultoso manejar un auto. Daños en la mampostería C, en parte se cae. Algunos daños en la mampostería B; ninguno en la mampostería A. Caída de revoques y de algunas paredes de mampostería. Rotación y/o caída de chimeneas de viviendas, chimeneas industriales, monumentos, torres, tanques elevados. Los armazones de las casas se salen de sus fundaciones si no están anclados. Débiles tabiques se tumban. Rotura de pilotes deteriorados. Se rompen ramas de los árboles. Cambio en el caudal, o en la temperatura en fuentes naturales y en pozos. Grietas en terrenos húmedos y pendientes fuertes.

IX. Pánico general. Se destruye la mampostería D; fuertemente dañada la mampostería C, parte con completa destrucción. Mampostería B, seriamente dañada. Las estructuras no bien ancladas se desplazan de la fundación. Las armaduras se rajan. Serios daños en los depósitos. Se rompen los caños subterráneos. Importantes grietas en el terreno. En terrenos aluvionales se producen eyecciones de arena y barro, cráteres de arena.

X. La mayoría de las construcciones de mampostería y las armaduras de las de madera son destruídas. Algunas es-

estructuras de madera bien construídas se destruyen. Serios daños en los diques y terraplenes. Grandes deslizamientos. El agua sale de su cauce en canales, ríos y lagos. Arena y barro se desplazan horizontalmente en las playas y en terrenos llanos. Se doblan ligeramente los rieles.

XI. Rieles que se doblan fuertemente. Canalizaciones subterráneas completamente destruídas.

XII. Destrucción casi total. Grandes bloques de roca desplazados. Cambio de niveles en el terreno. Objetos lanzados hacia arriba en el aire.

Ing. JUAN C. CASTANO  
Jefe Area Sismología

\*\*\*\*\*

Bibliografía:

- 1- Richter, Charles F.; "Elementary Seismology", Freeman and Company, San Francisco, U.S.A., 1958.
- 2- Roberts, E.B.; "Magnitude and Intensity scales", Bulletin of Seismological Society of América, Vol. 47, January 1957.



# ZONIFICACION SISMICA DEL TERRITORIO NACIONAL

