

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA

**CONFERENCIA INTERAMERICANA  
SOBRE REDUCCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES**  
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA  
MARZO 21-24, 1994

***LA PREVENCIÓN SISMICA EN LA REPUBLICA ARGENTINA***

**Juan Carlos Castano\***  
**Alejandro P. Giuliano\*\***  
Marzo 1994

\* Director Nacional del INPRES.

\*\* Subdirector Nacional del INPRES.

# LA PREVENCIÓN SÍSMICA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

*Ing. JUAN CARLOS CASTANO, Director Nacional del INPRES*  
*Ing. ALEJANDRO P. GIULIANO, Subdirector Nacional del INPRES*

## 1. INTRODUCCIÓN

Todo el oeste argentino constituye una región sísmicamente activa que ha experimentado numerosos terremotos a lo largo del tiempo. Sin embargo, dicha actividad no es uniforme, mostrando concentraciones en diferentes áreas, destacándose dos principales: la central, que abarca las provincias de San Juan y Mendoza y la norte, que coincide con las provincias de Salta y Jujuy. En todos los casos se observan dos niveles de sismicidad en relación a la profundidad; uno superficial, que se extiende hasta los 50 Km aproximadamente y otro intermedio, correspondiente a la zona de subducción, variable entre 80 y 250 Km, según el área de que se trate. Además hay una zona más reducida de sismos profundos, que se ubica en el este de la provincia de Salta y en el centro de la provincia de Santiago del Estero, cuyos hipocentros se localizan entre los 550 y 700 Km.

El terremoto que afectó al norte argentino el 13 de septiembre de 1692 fue el primero en el país del que se tienen referencias escritas, en tanto que el último evento sísmico importante ocurrió el 26 de enero de 1985, produciendo daños en la ciudad de Mendoza.

Analizando las consecuencias de cada uno de los terremotos ocurridos en este intervalo de varios siglos y las reacciones gubernamentales correspondientes, se observa que recién después de aquél que destruyó a la ciudad de Mendoza el 20 de marzo de 1861, los gobiernos de esta región tomaron conciencia de la existencia del problema sísmico y de las posibles consecuencias catastróficas de estos fenómenos naturales, lo que se materializó en el dictado de ordenanzas provinciales o municipales que intentaron corregir los defectos observados en cada terremoto y minimizar pérdidas humanas y materiales en eventos futuros. Es por eso que desde entonces se pudo apreciar una relación directa entre la ocurrencia de terremotos en la región y el posterior dictado de medidas oficiales tendientes a mejorar o hacer más efectiva la aplicación de reglamentaciones que aseguraran la estabilidad de las construcciones. Dentro de este contexto, el terremoto que destruyó a San Juan el 15 de enero de 1944, marcó el momento culminante a partir del cual comenzó una verdadera concientización de la existencia del problema sísmico en los diferentes niveles de población, fundamentalmente en la provincia de San Juan, y de la necesidad de enfrentarlo aprovechando el desarrollo científico y tecnológico que ya comenzaba a vislumbrarse en esos años, en lo concerniente a la sismología e ingeniería sísmica. ...

Las consecuencias catastróficas del terremoto de 1944 y la posibilidad de que se repitiera este fenómeno, pudiendo afectar a otros importantes núcleos urbanos e infraestructura expuestos a elevados niveles de riesgo sísmico en la República Argentina, llevó al gobierno nacional a tomar la decisión de implementar una política de prevención sísmica para todo el país, iniciando un proceso vinculante entre los conocimientos de las ciencias y disciplinas involucradas, con las necesidades reales de cada región, buscando una respuesta adecuada a la condicionante sísmica. Esta idea se materializó en la creación del Instituto Nacional de Prevención Sísmica, INPRES, el 8 de mayo de 1972, mediante la ley nacional N° 19616.

Inmediatamente después de su creación el INPRES inició la ejecución del Plan Nacional de Prevención Sísmica, comenzando la construcción y equipamiento de las redes nacionales de instrumental sismológico y del laboratorio de ensayo de estructuras, materiales y suelos, herramientas fundamentales para la obtención de los datos necesarios para las investigaciones proyectadas.

El accionar del INPRES continuó con el dictado de un Reglamento para Construcciones Sísmorresistentes aplicable a todo el país, el cual fue actualizándose a medida que surgieron avances

significativos en las disciplinas correspondientes. También tuvieron un rápido desarrollo los estudios de sismicidad y de evaluación del peligro sísmico, tendientes a mejorar los mapas de zonificación sísmica nacionales, regionales y locales. Posteriormente, estos aspectos fueron ampliados, incorporándose los estudios de riesgo sísmico y microzonificación sísmica de áreas urbanas, los que han tenido un rápido desarrollo, especialmente en la última década.

Debido a nuestro sistema federal de gobierno, todo este esfuerzo no hubiera sido completamente exitoso de no mediar la predisposición y colaboración de los gobiernos provinciales y de las asociaciones profesionales correspondientes, quienes brindaron su desinteresado apoyo a las actividades del INPRES y, fundamentalmente, adoptaron como propias las reglamentaciones dictadas por este Instituto.

Sin embargo los importantes y trascendentes resultados obtenidos en los estudios de microzonificación sísmica de algunos grandes conglomerados urbanos del área sísmica nacional, no han sido aprovechados totalmente por los organismos provinciales responsables de la planificación del desarrollo, lo que demuestra la falta de un mecanismo práctico que relacione a los grupos de investigación con aquellos encargados de la aplicación efectiva de los resultados obtenidos, situación que se está tratando de mejorar en la actualidad.

Una posible causa de que esto ocurra tiene que ver con la idiosincrasia de la sociedad argentina, ya que, en general, ésta a descargado totalmente las responsabilidades inherentes a la prevención sísmica en los encargados del cálculo y la dirección técnica de las estructuras y en los organismos de control, sin comprender que la responsabilidad va más allá del cálculo estructural e involucra otras disciplinas que deben participar en la planificación del desarrollo regional, incluyendo la planificación del uso del suelo, de la emergencia sísmica y de la reconstrucción post terremoto.

Como primer paso para mejorar esta situación el INPRES ha iniciado, en conjunto con los gobiernos provinciales y municipales, un programa de enseñanza de la prevención sísmica, que tiene como finalidad proporcionar los elementos básicos sobre el tema, comenzando por las escuelas de nivel primario para luego extenderlo paulatinamente a todos los niveles de la población. El uso de videos, publicaciones y demostraciones prácticas in situ, constituyen la base fundamental de éste programa.

## **2. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS TERREMOTOS DESTRUCTIVOS**

Si bien la región noroeste argentina ha soportado terremotos destructivos en los últimos 300 años, éstos no han afectado mayormente a las zonas más densamente pobladas y, en consecuencia, no se le ha dado al problema sísmico la importancia que realmente tiene en función del elevado nivel de peligro sísmico potencial. El terremoto del 25 de agosto de 1948, con epicentro en la zona este de la provincia de Salta, fue quizás el de mayor trascendencia de la región por los daños que produjo en varias pequeñas poblaciones de esa zona, si bien fue reducido el número de víctimas.

Totalmente diferente ha sido la situación en la zona centro-oeste del país, donde los terremotos se han constituido en verdaderos desastres regionales. El terremoto del 20 de marzo de 1861 marca el inicio de una serie de eventos sísmicos que afectaron a las provincias de San Juan y Mendoza. Este terremoto destruyó totalmente a la ciudad de Mendoza, dejando un saldo de muertos equivalente a la tercera parte de la población, según los informes de la época, constituyéndose en uno de los terremotos más desastrosos del siglo pasado en todo el mundo.

El sur argentino, por debajo de los 35° no ha experimentado eventos sísmicos de importancia. Sin embargo ha sufrido, en algunos casos, las consecuencias de los grandes terremotos chilenos que alcanzaron a producir daños de menor cuantía en las poblaciones limítrofes.

A continuación se resumen las características principales de los terremotos históricos ocurridos en la Argentina:

- > **13 de setiembre de 1692:** Un terremoto de gran duración e intensidad destruyó la pequeña población de Talavera del Esteco, en la provincia de Salta, ocasionando numerosas víctimas. Produjo daños considerables en la ciudad de Salta.
- > **22 de mayo de 1782:** Se produjo el primer terremoto importante que afectó a la ciudad de Mendoza desde su fundación. Ocasionó daños en varios edificios sin producir víctimas.
- > **19 de enero de 1826:** Un terremoto de considerable intensidad produjo daños importantes y algunas víctimas en la región de Trancas, provincia de Tucumán.
- > **18 de octubre de 1844:** Un nuevo terremoto con epicentro en la región este de la provincia de Salta afectó a varias poblaciones y a la ciudad capital, produciendo daños y algunas víctimas.
- > **20 de marzo de 1861:** Se produjo el terremoto porcentualmente más destructivo de toda la historia argentina. Destruyó a la ciudad de Mendoza dejando alrededor de 6.000 muertos sobre una población total de 18.000 habitantes.
- > **8 de octubre de 1871:** Un terremoto destruyó la localidad de Orán, en el norte de la provincia de Salta, produciendo daños y víctimas.
- > **27 de octubre de 1894:** Un gran terremoto, posiblemente el de mayor magnitud de todos los ocurridos en Argentina, con epicentro en la zona noroeste de la provincia de San Juan, produjo grandes daños y algunas víctimas en toda esta Provincia y en la de La Rioja. Además, ocasionó daños menores en las provincias de Catamarca, Córdoba, San Luis y Mendoza, a distancias de 500 Km de la zona epicentral.
- > **12 de abril de 1899:** Un terremoto produjo severos daños y víctimas en el oeste de la provincia de La Rioja, afectando principalmente a la pequeña localidad de Jagüe.
- > **12 de agosto de 1903:** Un terremoto de efectos moderados, afectó al Gran Mendoza, especialmente a la zona urbana del Departamento Las Heras, ocasionando daños y víctimas.
- > **10 de agosto de 1907:** Un terremoto con epicentro al oeste de la provincia de Tucumán causó daños importantes en varias localidades, especialmente en Montero y La Cocha.
- > **27 de junio de 1917:** Otro terremoto, que ocasionó daños moderados, afectó al Gran Mendoza. Nuevamente los mayores daños se concentraron en Las Heras y el norte de la ciudad Capital.
- > **17 de diciembre de 1920:** Un terremoto causó grandes daños y numerosas víctimas en un conjunto de poblaciones (El Central, Costa de Araujo, Lavalle, etc.) ubicadas a unos 30 Km al noreste de la Capital de Mendoza.
- > **14 de abril de 1927:** Un nuevo terremoto de efectos moderados afectó al Gran Mendoza, estando los mayores daños otra vez localizados en el Departamento Las Heras. También produjo algunas víctimas.
- > **30 de mayo de 1929:** Un terremoto con epicentro en el sur de la Provincia de Mendoza, a más de 200 Km de la Capital, causó daños importantes y varias víctimas, en las poblaciones de Villa Atuel y Las Malvinas.

- > **24 de diciembre de 1930:** Un terremoto de magnitud moderada ocasionó importantes daños y numerosas víctimas en la pequeña localidad de La Poma, provincia de Salta.
- > **3 de abril de 1931:** Un terremoto de magnitud moderada ocasionó daños importantes en la localidad de El Naranjo, provincia de Tucumán.
- > **11 de junio de 1934:** La localidad de Sampacho, en el sureste de la provincia de Córdoba, zona aparentemente no sísmica, fue parcialmente destruida por un terremoto local que produjo además algunas víctimas.
- > **22 de mayo de 1936:** Un terremoto de magnitud moderada produjo daños y víctimas en la localidad de San Francisco del Monte, provincia de San Luis.
- > **3 de julio de 1941:** Un terremoto de efectos moderados, ocasionó daños y un número reducido de víctimas en los Departamentos del este de la provincia de San Juan, especialmente Caucete y 25 de Mayo.
- > **15 de enero de 1944:** Un terremoto de alto nivel destructivo afectó a la ciudad de San Juan, y varios Departamentos vecinos causando alrededor de 10.000 muertos sobre una población de 90.000 habitantes. También ocasionó daños en Mendoza, especialmente en el Departamento Las Heras.
- > **16 de enero de 1947:** Un fuerte sismo produjo gran alarma y pequeños daños en la localidad de Huerta Grande y zonas vecinas, en la provincia de Córdoba.
- > **25 de agosto de 1948:** Un terremoto ocasionó daños y víctimas en varias localidades del este y sureste de las provincias de Salta y Jujuy. También afectó a las ciudades capitales de ambas provincias.
- > **11 de junio de 1952:** Otro terremoto de efectos moderados afectó a San Juan, causando daños en algunas poblaciones del sur y oeste de la Provincia y un número reducido de víctimas.
- > **28 de mayo de 1955:** Un fuerte sismo produjo gran alarma y algunos daños en la localidad de Villa Giardino, provincia de Córdoba.
- > **24 de octubre de 1957:** Un terremoto de magnitud moderada ocasionó daños de consideración en la localidad de Villa Castelli, provincia de La Rioja.
- > **12 de mayo de 1959:** Un fuerte sismo produjo gran alarma y algunos daños en la localidad de San Andrés, provincia de Salta.
- > **21 de octubre de 1966:** Un fuerte sismo produjo gran alarma y algunos daños en la localidad de Belén, provincia de Catamarca.
- > **30 de octubre de 1966:** Un fuerte sismo produjo gran alarma y algunos daños en la localidad de Tartagal, provincia de Salta.
- > **25 de abril de 1967:** Un movimiento sísmico causó leves daños en la ciudad Capital de Mendoza.
- > **19 de noviembre de 1973:** Un terremoto de magnitud moderada ocasionó daños en varias localidades del este de las provincias de Salta y Jujuy, especialmente en la localidad de Santa Clara.

- > **17 de agosto de 1974:** Un fuerte sismo afectó la localidad de Orán, provincia de Salta, ocasionando algunos daños y gran alarma en la población.
- > **23 de noviembre de 1977:** Un gran terremoto produjo daños importantes en casi toda la provincia de San Juan, especialmente en la Ciudad de Caucete, donde murieron 65 personas. También causó leves daños en la zona norte del Gran Mendoza.
- > **9 de mayo de 1981:** Un fuerte sismo produjo daños menores en las localidades de Burruyacú, y Villa Benjamín Aráoz, provincia de Tucumán.
- > **25 de enero de 1985:** Un nuevo terremoto causó daños considerables en todo el Gran Mendoza, aunque muy pocas víctimas, debido a que, por su reducida magnitud ( $m_b = 5.7$ ) y corta duración, no produjo colapsos de importancia.
- > **17 de diciembre de 1993:** Un fuerte sismo produjo daños menores en la localidad de San Francisco, provincia de Jujuy.

En el resto del territorio nacional, la actividad sísmica destructiva disminuye considerablemente, especialmente hacia el este de los 64° oeste. Sin embargo, existen antecedentes de terremotos moderados en la zona considerada asísmica. Prueba de ello son los siguientes eventos sísmicos: 5 de junio de 1888, con epicentro en el Río de la Plata, alcanzó intensidad V en Buenos Aires y produjo algunos daños en pequeñas poblaciones del Uruguay; 11 de junio de 1934, con epicentro en el sur de la provincia de Córdoba, que causó graves daños en la población de Sampacho; 21 de enero de 1948, con epicentro en el límite de las provincias de Entre Ríos y Corrientes, que ocasionó algunos daños en la población de Monte Caseros; 28 de octubre de 1965, con epicentro en la provincia de La Pampa, no causó daños pero sí pánico en la ciudad de Santa Rosa y otras poblaciones, y 15 de octubre de 1968, con epicentro en la provincia del Chaco, que produjo daños leves en varias poblaciones del centro de esa Provincia.

### 3. LOS TERREMOTOS Y LAS REGLAMENTACIONES SISMORRESISTENTES

Cuando analizamos el desarrollo de las reglamentaciones para construcciones sismorresistentes en la Argentina, debemos referirnos exclusivamente a las provincias de San Juan y Mendoza, ya que las del resto del país han ido adoptando, con mayor o menor grado de actualización, las normativas que fueron surgiendo de esta región. Esta circunstancia está directamente relacionada con la ocurrencia de terremotos destructivos que afectaron los centros poblados más importantes de San Juan y Mendoza, situación que, como se dijo anteriormente, no se repitió en las otras provincias argentinas.

Es notable observar, tanto en la provincia de San Juan como en la de Mendoza, una relación directa entre la ocurrencia de terremotos destructivos y el casi inmediato dictado de disposiciones oficiales tendientes a implementar o mejorar las reglamentaciones sismorresistentes, lo que si bien puede interpretarse como una carencia de políticas provinciales de prevención sísmica, demuestra sin embargo la preocupación de los gobiernos y la toma de conciencia de la existencia y posible repetición del fenómeno.

Para demostrar estas afirmaciones, se presenta en la Tabla 1 una síntesis de las medidas adoptadas en ambas provincias, destacando las fechas de los terremotos que forzaron a tomarlas.

**TABLA 1**

**Relación cronológica entre la ocurrencia de terremotos y el dictado de reglamentaciones sismorresistentes en las Provincias de Mendoza y San Juan**

| Fecha del Terremoto     | Fecha de la Disposición | Tipo y Contenido de la Disposición  |
|-------------------------|-------------------------|---|
| 20-3-1861<br>(Mendoza)  |                         | Se realizan estudios y se hacen recomendaciones respecto a los lugares de emplazamiento de la nueva ciudad, decidiendo el Gobierno levantarla al oeste de la ciudad destruida.  |
| 24-11-1873<br>(Mendoza) | 16-12-1873              | El Gobierno de Mendoza designa una Comisión de Arquitectos que prepara un acuerdo estableciendo normas de seguridad para edificios públicos. Se constituye la Inspección Municipal de Obras.  |
| 27-7-1917<br>(Mendoza)  | 12-12-1902              | Se promulga El Reglamento General de Construcciones de Mendoza.   |
| 17-12-1920<br>(Mendoza) | 5-10-1917               | Mediante Ordenanza N° 249 se prohíben, en Mendoza, las cornisas y balaustradas de adobe y barro.  |
| 17-12-1920<br>(Mendoza) | 17-12-1923              | Mediante Ordenanza N° 553, el Gobierno de Mendoza promulga un nuevo Reglamento General de Construcciones, que establece y hace obligatorias para edificios de uso público, normas de cálculo "para las construcciones, contra temblores". Además, exige los encadenados de vinculación en los muros de todas las construcciones.  |
| 14-4-1927<br>(Mendoza)  | 26-8-1927               | Mediante Ordenanza N° 1101, en Mendoza, se exige que todos los edificios públicos y privados sean construidos "contra temblores".   |
| 15-1-1944<br>(San Juan) |                         | Por leyes N° 1055 y 1122, de la Provincia de San Juan, se aprueba y pone en vigencia el Plan General y Urbanístico de la ciudad de San Juan y poblaciones afectadas<br><br>Por ley 1286 se aprueba el Plan Regulador de la ciudad de San Juan.  |
|                         | 1-7-1944                | El Gobierno Nacional dicta un decreto creando el "Consejo de Reconstrucción de San Juan", organismo autárquico dependiente del Ministerio del Interior que entre otras atribuciones, se le encomienda confeccionar el Código de Edificación de la Provincia de San Juan y organizar una Oficina de Control del cumplimiento de las reglamentaciones insertas en dicho Código. |
|                         | 25-8-1944               | En Mendoza, por Ordenanza N° 3824, se modifica nuevamente el Reglamento General de Construcciones, prohibiéndose hacer nuevas construcciones de adobe o modificar las ya existentes.  |
|                         | 28-6-1945               | Por Decreto Nacional N° 14164 se aprueba el Código de edificación de la Provincia de San Juan y el Planeamiento General y Plan Regulador y de Extensión de la ciudad de San Juan.   |
| 11-6-1952<br>(San Juan) |                         | Se comprueban las bondades de la aplicación del Código de Edificación de la Provincia de San Juan.  |

TABLA 1 (Continuación)

| Fecha del Terremoto      | Fecha de la Disposición | Tipo y Contenido de la Disposición  |
|--------------------------|-------------------------|---|
|                          | 1964                    | Se confecciona el Proyecto de Reglamento Argentino para Estructuras de Hormigón (PRAEH), cuyo Capítulo VII está dedicado a las estructuras ubicadas en zonas sísmicas. Aunque este proyecto de Reglamento nunca fue aplicado oficialmente, su Capítulo VII constituye el primer intento de aplicar una normativa sismorresistente a todo el país. |
| 25-4-1967<br>(Mendoza)   | 1967                    | El Ministerio de Obras y Servicios Públicos de Mendoza designa una Comisión para estudiar el nuevo Código de Construcciones Antisísmicas.   |
| 23-6-1970                |                         | Por Decreto N° 2241, el Gobierno de Mendoza promulga el Código de Construcciones Antisísmicas para la Provincia de Mendoza y crea el Consejo del Código   |
|                          | 1970                    | El Consejo Nacional de Construcciones Antisísmicas y de Reconstrucción de San Juan, dicta las Normas CONCAR-70, de aplicación obligatoria en la provincia de San Juan y recomienda su uso en el resto del país.   |
|                          | 8-5-1972                | El gobierno nacional crea, por ley N° 19616, el Instituto Nacional de Prevención Sísmica, INPRES, dependiente del Ministerio de Obras Públicas.   |
|                          | 5-6-1972                | El INPRES dicta la Resolución 4/72, declarando de aplicación obligatoria en todo el país las Normas Antisísmicas CONCAR 70  |
| 23-11-1977<br>(San Juan) | 1978                    | Se crea, en el ámbito del Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Nación, el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para Obras Civiles (CIRSOC).   |
|                          | 1980                    | El INPRES comienza el estudio de Microzonificación Sísmica del Gran San Juan que finaliza y publica en 1982.  |
|                          | 25-2-1981               | El INPRES dicta la Resolución 28/81, declarando de aplicación obligatoria en todo el país las Normas Antisísmicas Argentinas NAA 80, versión mejorada de las CONCAR 70  |
|                          | 3-6-1983                | El INPRES dicta la Resolución 121/83, declarando de aplicación obligatoria en todo el país el cuerpo normativo denominado Reglamento INPRES-CIRSOC 103 - Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes, que reemplaza a las NAA 80.   |
| 26-1-1985<br>(Mendoza)   | 1987                    | El INPRES comienza el estudio de Microzonificación sísmica del Gran Mendoza, que se finaliza en 1989.   |
|                          | 31-7-1987               | Una nueva versión del Código de Construcciones Antisísmicas de Mendoza sustituye y amplía el anterior.  |
|                          | 24-5-1989               | El Poder Ejecutivo de Mendoza crea el Comité de Planificación de la Emergencia Sísmica. Misión: desarrollar acciones de planificación en el campo de la Prevención y Mitigación que incluya: Educación, Microzonificación, Ingeniería Sismorresistente y Manejo operativo de emergencia provincial y comunal.                                     |
|                          | 7-8-1991                | La Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos de la Nación dicta la Resolución 18/91 aprobando y poniendo en vigencia las modificaciones que actualiza el Reglamento INPRES-CIRSOC 103.  |

#### **4. EVOLUCION DE LA PREVENCION SISMICA EN LA ARGENTINA**

##### **4.1. El terremoto de San Juan del 15 de enero de 1944**

El 15 de enero de 1944, unos minutos antes de las 9 de la noche, se produjo un terremoto de gran magnitud que destruyó casi completamente a la ciudad de San Juan y muchas localidades vecinas. Por su tremendo poder destructivo y el elevado número de víctimas que ocasionó, este terremoto constituye el desastre natural más significativo de la Argentina durante este siglo, solamente comparable con el mismo fenómeno que destruyó a la ciudad de Mendoza el 20 de marzo de 1861.

Su epicentro se ubicó a unos 20 Km al norte de la ciudad de San Juan, en las proximidades de la localidad de La Laja, departamento de Albardón. Alcanzó una magnitud de 7,4 grados en la escala de Richter y dejó evidencias superficiales de su ocurrencia en los desplazamientos verticales que sufrió la falla geológica de La Laja, los que promediaron 40 cm en una longitud cercana a los 10 Km. La muestra más notable del movimiento de esta falla se observó en el camino que conduce a la mencionada localidad, el que quedó cortado por un escalón de más de medio metro, que se formó como consecuencia de ese movimiento vertical, situación que fue documentada fotográficamente por un vecino del lugar. Esta falla fue, sin lugar a dudas, la fuente generadora del terremoto de 1944.

El área de mayor destrucción del terremoto de 1944 se localizó en la ciudad de San Juan, especialmente en su sector norte (Concepción), y los departamentos de Albardón, Angaco, Ullum, Chimbabue, San Martín y Caucete. Es importante hacer notar que en toda el área afectada predominaban las construcciones de adobe o de ladrillo cerámico macizo, generalmente de mucha antigüedad y, lógicamente, sin ningún tipo de refuerzo para resistir los efectos de los terremotos.

Es bastante difícil estimar el número total de muertos que se produjeron como consecuencia de este terremoto, por las contradictorias informaciones que aparecen en los documentos de la época como resultado de la tremenda conmoción y lógica confusión que produjo este gran desastre. Los datos más precisos se refieren a las pequeñas localidades de aquel tiempo, donde fue más fácil establecer la cantidad de víctimas resultante de la catástrofe. Así podemos leer que en Albardón hubo 115 muertos y 300 heridos, en San Martín 100 muertos y 220 heridos, en Angaco 47 muertos y 26 heridos, en Chimbabue 32 muertos y 62 heridos y en Caucete 3 muertos y 7 heridos. Estas cifras dan una idea de la elevada cantidad de muertos en relación al número total de habitantes, teniendo en cuenta la reducida población de estas localidades.

Además, es necesario resaltar que, para evitar epidemias dado lo avanzado del verano, las autoridades provinciales ordenaron incinerar los cadáveres, lo que dificultó aún más conocer con exactitud el número total de víctimas.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la información oficial brindada el 19 de enero de 1944 consignaba que, hasta ese momento, se habían incinerado 3 000 cadáveres, se puede inferir que el número total de muertos superó ampliamente los 5.000 y puede haber estado próximo a los 10.000, como lo han estimado los sobrevivientes de aquella catástrofe.

Por otra parte, la presencia de un desplazamiento en superficie de la falla de La Laja constituyó una clara evidencia de la poca profundidad del foco de este terremoto, lo que fue ratificado por la gran cantidad de réplicas que siguieron al sismo principal. Al respecto puede leerse en el diario Los Andes del 20 de enero de 1944 lo siguiente: "Es interesante consignar que tiembla en forma intermitente en la Capital, aún cuando en forma más o menos leve, por lo cual ya los habitantes sólo se alarman ante los sismos de mayor intensidad". Algunas de estas réplicas fueron de tal magnitud que produjeron nuevos daños o terminaron de derrumbar lo que había quedado en pie. Las réplicas más destacables en el primer mes posterior al terremoto ocurrieron el 16, 19 y 29 de enero y el 7 y 11 de febrero. En estos cinco casos se produjeron "caídas de paredes, techos y restos de edificios ya destruidos".

Es importante hacer notar que el terremoto de 1944 no produjo daños en la infraestructura básica de la ciudad de San Juan, como puede inferirse del siguiente informe: La ciudad conserva intactas sus calles pavimentadas, sus caminos, sus vías férreas, sus líneas de teléfonos y telégrafos, sus cañerías de agua corriente y de cloacas. Este buen comportamiento de la infraestructura está directamente relacionado con el suelo de la ciudad de San Juan, el que, por sus características, no sufrió los efectos dañinos que a veces producen los terremotos.

Sin embargo, en el valle contiguo a la ciudad de San Juan ocurrieron algunos casos de licuación de suelos, en mucha menor proporción que durante el terremoto de 1977. En un informe de los efectos producidos por dicho terremoto en el departamento San Martín, se puede leer que: En la cancha de fútbol allí existente vimos grietas surgentes por las que afloraban aguas sulfurosas y arena.

Es difícil evaluar las pérdidas económicas ocasionadas por este terremoto. Un informe preparado por la Secretaría de Obras Públicas de la Intervención en San Juan, pocos días después de ocurrida la catástrofe, indicaba que se estimaban valores de 100 millones de pesos en daños materiales y de 300 millones en pérdidas en el comercio y la industria, o sea un total de 400 millones de pesos, de aquella época, equivalente a 200 millones de dólares de 1944, aproximadamente.

#### **4.2. El Instituto Nacional de Prevención Sísmica**

El terremoto del 15 de enero de 1944 fue una verdadera catástrofe para la provincia de San Juan, tanto por el número de víctimas y daños que ocasionó, como por la manera en que afectó la estructura íntegra de la provincia. Sin embargo, esta triste y dolorosa experiencia fue aprovechada positivamente por toda la comunidad sanjuanina, que se concientizó de la ineludible necesidad de tener que convivir con los terremotos, pero también de la asistencia que la ciencia y la tecnología podían ofrecer para ayudar a enfrentarlos con éxito, mediante construcciones adecuadas.

Todo este sentir de la comunidad provincial, apoyado por el gobierno nacional, se vio plasmado con la creación de Consejo de Reconstrucción de San Juan, organismo autárquico dependiente del Ministerio del Interior que, entre otras atribuciones, se le encomendó confeccionar el Código de Edificación de la Provincia de San Juan y organizar una Oficina de Control del cumplimiento de las reglamentaciones insertas en dicho Código.

El 28 de junio de 1945, por Decreto del Poder Ejecutivo Nacional se aprobó el Código de Edificación de la provincia de San Juan, el Planeamiento General y el Plan Regulador y de Extensión de la ciudad de San Juan.

El firme accionar del Consejo de Reconstrucción y muy especialmente el de la Oficina de Control de cumplimiento del Código, fue fundamental para lograr la ciudad reconstruida de nuestros días. Los terremotos ocurridos en 1952 y 1977 dieron pruebas elocuentes del buen comportamiento de las construcciones diseñadas de acuerdo con las normas sismorresistentes y demostraron la extraordinaria labor desarrollada por las autoridades encargadas del control de su cumplimiento.

Después de aproximadamente 20 años de fructífera labor, el Consejo de Reconstrucción de San Juan se transformó en el Consejo Nacional de Construcciones Antisísmicas y de Reconstrucción de San Juan, conocido con la sigla CONCAR, que extendió su accionar al resto del país, construyendo e instalando las primeras estaciones sismológicas y redactando, en 1970, las ampliamente difundidas Normas Antisísmicas CONCAR 70, que durante muchos años constituyeron el reglamento nacional para estructuras sismorresistentes.

En 1972, considerando el Poder Ejecutivo Nacional que el CONCAR había cumplido con creces su cometido en lo referente a la reconstrucción de San Juan, resolvió disolverlo. Sin embargo, comprendiendo sus autoridades que no solamente San Juan estaba expuesta a un elevado nivel de riesgo sísmico, sino que éste se extendía a una amplia zona del país y que el CONCAR disponía de

una importante infraestructura en equipamiento y personal, decidió crear un nuevo instituto que amalgamara a todo el personal especializado en estas disciplinas y que se hiciera cargo de las obras y el instrumental disponible. Así surgió el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), creado por la ley 19.616 de 8 de mayo de 1.972, con dependencia del entonces Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Nación, hoy Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, con sede en la ciudad de San Juan y con jurisdicción en todo el país. Dicha dependencia se materializa a través de la Secretaría de Minería.

Los artículos 2º y 3º de dicha ley expresan la finalidad y las atribuciones del INPRES, de la siguiente manera:

*"El INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SISMICA tendrá por finalidad realizar estudios e investigaciones básicas y aplicadas de sismología e ingeniería antisísmica destinados a la prevención del riesgo sísmico mediante el dictado de normas que permitan en forma óptima la estabilidad y permanencia de las estructuras civiles existentes en las zonas sísmicas del país."*

*Son atribuciones del INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SISMICA las siguientes:*

*a) Planificar y realizar el estudio de la sismicidad del territorio nacional, evaluando el riesgo sísmico en todas y cada una de las zonas del mismo.*

*b) Continuar la construcción, montaje y operación de la Red Sismológica Nacional, de la Red Nacional de Acelerómetros y Sismoscopios y del Laboratorio Central de Construcciones Antisísmicas y sus anexos.*

*c) Proyectar y aconsejar normas que reglamenten las construcciones antisísmicas adecuadas a cada una de las zonas sísmicas del país, que carezcan de ellas, o que, disponiendo de ellas, sean deficientes a juicio del INPRES.*

*La aplicación de las mismas será de carácter obligatorio en toda obra pública nacional, por parte de las autoridades responsables de su proyecto, ejecución y control. Para las obras públicas y/o privadas de carácter provincial o municipal, serán las autoridades provinciales competentes las encargadas del cumplimiento de dichas normas y de aplicar sanciones a los responsables, en caso de verificar transgresiones a las mismas.*

*d) Proyectar y realizar estudios e investigaciones tecnológicas referentes a materiales y sistemas de construcción antisísmica*

*e) Realizar campañas de divulgación, en todos los niveles destinadas a crear una conciencia del problema sísmico y sus soluciones; realizar publicaciones de divulgación técnica y organizar y mantener la Biblioteca y Archivo Nacional de Sismología y Construcciones Antisísmicas.*

*f) Actuar como consultor en la solución de los problemas de carácter sísmico que se planteen, asesorando a los Organismos Nacionales, Provinciales o Municipales.*

*g) Celebrar convenios relativos a su función específica con entidades públicas y privadas del país y del extranjero.*

*h) Propiciar la creación y otorgamiento de becas para estudios técnicos y científicos relacionados con la actividad del INPRES en el país o en el extranjero.*

*i) Realizar congresos técnicos y cursos de especialización, por sí o en conjunto con otras entidades, para la capacitación de profesionales del país.*

*jj) Establecer y mantener vinculaciones e intercambios con las entidades técnicas y científicas oficiales y privadas del país y del exterior.*

*k) Prestar asistencia técnica específica en los casos de desastres ocasionados por sismos, a fin de solucionar los problemas derivados de la destrucción de edificios e infraestructuras civiles.*

*l) Proyectar y realizar las obras necesarias para el cumplimiento de su función específica.*

A su vez la provincia de San Juan no quedó desprotegida respecto al control del cumplimiento del Código, ya que se creó la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, dependiente del Gobierno Provincial, integrada con personal del Consejo de Reconstrucción que se había especializado en estos temas y que desde entonces cumple una labor muy positiva.

Para realzar la importancia que el Gobierno le otorga al INPRES, el Poder Ejecutivo Nacional, mediante el Decreto N° 82 del 10 de enero de 1975, designó al Instituto Nacional de Prevención Sísmica, "representante oficial ante todas las entidades científicas, nacionales e internacionales, dedicadas a la ingeniería antisísmica y sismología, y Organismo Nacional de Enlace con el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS)".

## **5. REDES NACIONALES DE INSTRUMENTAL**

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 3° de la ley de su creación, el INPRES, continúa con la construcción, montaje y operación de las redes nacionales de instrumental, que proveen la información básica para el desarrollo de sus investigaciones: la Red de Estaciones Sismológicas y la Red de Acelerógrafos.

### **5.1 Red Nacional de Estaciones Sismológicas**

Esta Red (Figura 1) está en pleno proceso de desarrollo, buscando darle una geometría adecuada para cubrir la totalidad del territorio nacional. Actualmente cuenta con 20 estaciones sismológicas en funcionamiento, 14 construidas y en proceso de equipamiento y 12 proyectadas para construir y equipar durante el presente año. Un importante número de estas estaciones envían la información por telemetría a una Central teniéndose como objetivo la telemetría total para el año 1996.

### **5.2 Red Nacional de Acelerógrafos**

Esta red (Figura 2) cuenta con 94 acelerógrafos instalados, de los cuales 79 son analógicos y 15 digitales. Además se han adquirido y se instalarán inmediatamente que se reciban, otros 70 acelerógrafos digitales, con lo que se completarán 164 a fines de 1994.

La Red proyectada para 1996 estará compuesta de alrededor de 400 acelerógrafos.

## **6. LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

Como parte de las atribuciones que le confiere su ley de creación, el INPRES construyó un laboratorio de estructuras a fin de realizar programas experimentales en elementos estructurales y estructuras, con el propósito de estudiar su comportamiento ante cargas cíclicas reversibles como las impuestas por los terremotos.

El recinto principal del laboratorio cuenta con una losa reactiva tipo cajón, de 15m de largo por 9m de ancho, solidaria con un muro reactivo de 8m de altura por 9m de ancho (Figura 3). Ambos componentes de la estructura reactiva son de hormigón armado. Los actuadores hidráulicos pueden disponerse prácticamente en cualquier posición sobre el muro reactivo mediante una placa metálica interfase. Los especímenes a ensayar se fijan a la losa reactiva por medio de bulones que atraviesan agujeros pasantes. Se cuenta con un puente grúa de 10 toneladas de capacidad que permite trasladar y colocar en posición a los especímenes a ensayar, a los actuadores hidráulicos y al utillaje. Además en locales accesorios al recinto principal se ubican la sala de control, la sala de procesamiento de datos y la sala de bombas. Los modelos a ensayar se elaboran en una playa exterior, donde se ubican también los depósitos para almacenamiento de materiales. Un pórtico-grúa-carril permite el traslado de los modelos hasta el recinto principal.

Desde su puesta en funcionamiento, en el año 1989 se han realizado ensayos sobre muros de mampostería confinada y con armadura distribuida para calibrar el equipo.

En el año 1992 se comenzó un proyecto de investigación sobre nudos viga-columna interiores, de hormigón armado con ductilidad limitada. Este proyecto, financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación, surgió como consecuencia de los problemas que presentaba la aplicación práctica de las prescripciones reglamentarias relativas al control de la adherencia de las barras longitudinales pasantes.

En lo que resta de la década se piensa continuar con el programa de nudos con ductilidad limitada investigando la posible relajación de los requerimientos de armadura transversal. De la misma manera, se comenzará con un programa experimental dedicado al estudio de muros de hormigón armado con ductilidad limitada, de manera que, cuando finalice la década se cuente con recomendaciones para el diseño de este tipo de estructuras que puedan ser incorporadas a una futura revisión del Reglamento vigente.

## **7. DESARROLLO DE LAS REGLAMENTACIONES PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE**

### **7.1. Reseña de las Previsiones Sismorresistentes del Código de Edificación de San Juan**

En el Código de Reconstrucción de San Juan las acciones de diseño se especificaban como fuerzas estáticas laterales, aplicadas en los diferentes niveles de los edificios.

Estas fuerzas se obtenían multiplicando el peso del nivel considerado, por un coeficiente sísmico de diseño constante con la altura, especificado a nivel de servicio y que variaba entre 0,075 y 0,15 en función del tipo de suelo e independiente de las características dinámicas de las estructuras. Para el diseño (dimensionamiento y detallamiento) de estructuras de hormigón armado, se adoptó la norma alemana DIN 1045 del año 1933.

En el año 1964 se desarrolló el Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, -PRAEH-. El Capítulo VII del mismo estaba dedicado a las estructuras sismorresistentes. Aunque este proyecto nunca tuvo vigencia legal, su capítulo VII debe considerarse como el primer intento de extender las reglamentaciones sismorresistentes a la totalidad de las zonas sísmicas del país.

Las prescripciones contenidas en el Capítulo VII, con pequeñas modificaciones, fueron adoptadas por el Consejo de Construcciones Antisísmicas y de Reconstrucción de San Juan, sucesor del primitivo Consejo de Reconstrucción, quien las puso en vigencia en la Provincia de San Juan y recomendó su adopción en las otras provincias, bajo el nombre de Normas Antisísmicas Argentinas, CONCAR 70.

Estas normas fueron puestas finalmente en vigencia en el orden nacional con la creación del INPRES.

## 7.2. Reseña de las Normas Antisísmicas CONCAR 70

El territorio argentino fue dividido en cuatro zonas de acuerdo con la peligrosidad sísmica, tal como muestra la Figura 4a.

Las acciones sísmicas de diseño se especificaban en función de las características del suelo de fundación y de las características dinámicas de las estructuras, a través de espectros de diseño normalizados. (Figura 4b). Estos espectros se escalaban, en fase de diseño, por un coeficiente sísmico básico,  $C_0$ , que era función de la zona sísmica, por un coeficiente de importancia que dependía del destino del edificio y por un coeficiente de estructura que implícitamente tenía en cuenta la posible incursión en el campo inelástico. Estas acciones sísmicas estaban especificadas a nivel de servicio y se consideraban actuando independientemente en dos direcciones perpendiculares del edificio.

Los métodos de análisis especificados, eran el método estático y el modal espectral.

Para el diseño de estructuras de hormigón armado, normalmente se utilizaba el PRAEH con algunas consideraciones adicionales para el confinamiento en las zonas de nudos.

En el caso de estructuras de mampostería, sólo se especificaba la encadenada. Su diseño se realizaba teniendo en cuenta ciertas reglas empíricas relacionadas con dimensiones mínimas y cuantías de los encadenados, dimensiones máximas de los paneles, ubicación de aberturas, alturas máximas de las construcciones, etc.

## 7.3. Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Actualmente Vigente

El 23 de noviembre de 1977 un terremoto de magnitud,  $M_s = 7.4$ , con epicentro a aproximadamente 55 Km de la ciudad de San Juan, produjo importantes daños en la ciudad de Caucete y en varios Departamentos vecinos, incluida la Capital provincial. En ese momento se encontraba en vigencia la Norma CONCAR 70 que regulaba el diseño y construcción de estructuras sismorresistentes en la Argentina. El análisis de los daños sufridos por las estructuras, sumado al cambio en el estado del arte en la ingeniería sísmica a nivel mundial, fuertemente impulsado por los efectos producidos por el terremoto de San Fernando de 1971 en la costa oeste de los Estados Unidos, mostraban la desactualización de la Norma aludida. Como consecuencia de esta situación, en el año 1980 se empezó a trabajar en un nuevo reglamento para construcciones sismorresistentes que, incorporando los avances producidos en el estado del arte, tuviese en cuenta también la experiencia y el nivel tecnológico alcanzados en el país. Intertanto, se puso en vigencia un Reglamento provisional, NAA-80, que contenía pequeñas modificaciones sobre el CONCAR-70, producto de la experiencia vivida durante el terremoto. Las NAA-80 básicamente aumentaban las acciones sísmicas de diseño y presentaban una redacción más cuidadosa y comprensible que las CONCAR 70. Además, presentaban como novedad el nuevo mapa de zonificación sísmica del país, dividido en cinco zonas con sus correspondientes coeficientes sísmicos zonales, como se muestra en la Figura 5.

El propósito de las NAA-80 fue proveer a la comunidad ingenieril con una herramienta de fácil aplicación, mientras se desarrollaba el nuevo reglamento.

En el año 1983 se puso en vigencia, a nivel nacional, el Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Dado el carácter federal de la República Argentina, las provincias no están obligadas a aceptarlo. En vista de ello y con el propósito de que las mismas adoptaran el Reglamento nacional, se organizó una amplia campaña de difusión, mediante el dictado de cursos y participación en paneles de discusión. De esta manera se fue recabando la opinión de los usuarios, se escucharon sugerencias y se detectaron inconvenientes que surgían de su aplicación práctica. Todos estos aspectos impulsaron una revisión

del Reglamento vigente que se cristalizó en una nueva versión publicada en el año 1991 y enmarcada dentro de las acciones que el Instituto Nacional de Prevención Sísmica lleva a cabo dentro de la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

La nueva versión del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 tuvo una amplia acogida y progresivamente fue poniéndose en vigencia en las diferentes provincias.

El Reglamento está compuesto de tres partes. En la primera se presenta la zonificación sísmica global del país (Figura 6a), se estipulan las acciones sísmicas de diseño mediante espectros elásticos de pseudoaceleraciones en función de la zona sísmica y del tipo de suelo de fundación (Figura 6b), se prescriben los factores de reducción de las ordenadas espectrales elásticas a fin de considerar la capacidad de disipación de energía mediante deformaciones inelásticas de las estructuras, se detallan los métodos de análisis, el control de deformaciones y el diseño de fundaciones. La segunda parte está dedicada al diseño de las estructuras de hormigón armado y de hormigón pretensado ante cargas sísmicas. Se tratan en detalle las estructuras aperticadas y las constituidas por muros de hormigón armado. En ambos casos se especifican reglas de diseño y detallamiento. Finalmente, la tercera parte cubre el diseño de estructuras de mampostería. Se especifican los tipos de mampuestos y morteros a utilizar, se estipulan los ensayos para determinar las características mecánicas de la mampostería, se prescriben los tipos de mampostería sismorresistente y los métodos de análisis y de verificación de resistencias.

A fin de facilitar la comprensión de los conceptos fundamentales y el alcance de las prescripciones reglamentarias, se prepararon los comentarios al Reglamento en donde se incluye la fundamentación de los aspectos básicos. Al mismo tiempo se desarrollaron ejemplos de aplicación práctica acompañados con diagramas de bloque que muestran secuencialmente los pasos a seguir en el proceso general de diseño estructural.

El largo proceso de consolidación y aceptación del nuevo Reglamento por parte de las provincias, aunque todavía no terminado, se encuentra en un avanzado estado.

Por otro lado, el control de su aplicación sigue siendo pobre. Son muy pocas las provincias que tienen implementado un sistema efectivo de control. No obstante ello, al menos es un tema que se discute y que está presente en todas las reuniones, congresos y simposios nacionales. Naturalmente en un país extenso y de características poblacionales y socioeconómicas tan variadas, la modalidad a adoptar puede diferir en cada región pero, es necesario que dicho control exista, por lo que el INPRES destina parte de su esfuerzo en esa dirección.

## **8. ESTUDIOS DE MACRO Y MICROZONIFICACION SISMICA**

### **8.1. Estudios de Zonificación Sísmica a Nivel Nacional**

Los estudios de zonificación sísmica a nivel nacional fueron realizados teniendo como objetivo fundamental producir el mapa de zonificación del país debidamente actualizado, para ser usado en el correspondiente Reglamento para Construcciones Sismorresistente.

Por tal motivo existen diferentes versiones del mapa de zonificación sísmica de la Argentina, estando el actualmente vigente dividido en cinco zonas que corresponden a distintos niveles de peligrosidad sísmica (Figura 6a).

Estos mapas fueron desarrollados combinando adecuadamente la información geológica y sísmológica, tanto histórica como instrumental y están en constante proceso de actualización.

## **8.2 Estudios de Microzonificación Sísmica**

Es norma general, no sólo en la Argentina sino en casi todo el mundo, pensar en la planificación post-desastre y no en la pre-desastre. Esta situación se acentúa cuando el desastre previsto es el terremoto, por el hecho que, generalmente, los intervalos de recurrencia de este fenómeno natural son muy largos comparados con los tiempos que transcurren entre sucesivas generaciones humanas. Además, en nuestra región sudamericana, las acuciantes necesidades socioeconómicas que deben resolver nuestros gobernantes hacen que se posterguen o abandonen algunas políticas de prevención, especialmente la de prevención sísmica.

En la República Argentina, debido a la existencia del INPRES y al rol que esta institución viene desempeñando en el campo de la prevención sísmica, como ejecutora de una política nacional en esta materia, se está trabajando en forma coordinada con los gobiernos provinciales, manejando convenientemente la gran cantidad de información disponible, buscando obtener buenos resultados sin exigir mayormente las economías provinciales, teniendo como objetivo principal, incorporar los diferentes factores derivados del riesgo sísmico en la planificación del desarrollo y, en consecuencia hacer mas agresiva la política nacional de prevención sísmica.

Sin embargo esto no se logrará, dado el sistema federal de gobierno, sin adecuadas legislaciones provinciales que permitan realizar efectivas planificaciones del uso del suelo, de la emergencia y de la reconstrucción ya que, de no ser así, toda planificación tendrá carácter teórico y estará condenada al fracaso en lo que a su ejecución se refiere.

Por tal motivo, el INPRES cumple la doble función de proveer la información básica referida a la distribución del peligro y riesgo sísmico, pero también de asesorar a los gobiernos provinciales respecto a la forma de manejar esta información para hacerla efectiva en los distintos aspectos de la prevención sísmica, especialmente en la planificación de la emergencia sísmica, para que llegue a todos los niveles de la población.

Para tal fin se ha establecido como política general prioritaria desarrollar estudios de microzonificación sísmica de los aglomerados urbanos del área sísmica nacional, en base a una metodología que incluye cuatro disciplinas principales.

1) **Geología:** con el objeto de conocer el marco tectónico regional y local para identificar, localizar y caracterizar las fuentes potenciales de actividad sísmica;

2) **Sismología:** con el objeto de estimar los índices de sismicidad asociados a cada fuente sísmica potencial, mediante el análisis de la actividad sísmica histórica e instrumental y determinar además, las correspondientes funciones de atenuación regionales;

3) **Suelos:** con el objeto de conocer las distribuciones areales y verticales de los componentes de los diferentes tipos de suelos y sus comportamientos dinámicos, e inferir sus respectivas respuestas ante el efecto sísmico; y

4) **Construcciones:** con el objeto de clasificar los distintos tipos de construcciones que integran cada núcleo urbano y conocer su número y la distribución areal de las mismas, con sus respectivos niveles de vulnerabilidad ante los terremotos.

La adecuada combinación de los resultados obtenidos en los puntos 1, 2 y 3, permiten conocer detalladamente la distribución del peligro sísmico en cada una de las zonas estudiadas, factor fundamental para realizar una planificación del uso del suelo. Si a esta distribución se le superponen los resultados obtenidos en el punto 4, se puede estimar, en los núcleos urbanos, la distribución del riesgo sísmico para las diferentes alternativas de terremotos destructivos, cuantificando las pérdidas

máximas probables, tanto humanas como materiales, lo que constituye la base de una planificación de la emergencia y de la reconstrucción.

Hasta el momento se han completado las microzonificaciones sísmicas de las ciudades de Mendoza y San Juan, la zona de mayor nivel de riesgo sísmico del país, donde viven más de 1.000.000 de personas. Como ejemplo de los resultados obtenidos se presenta, en la Figura 7, la caracterización de las construcciones en la ciudad de San Juan, y en la Figura 8, la probable distribución de pérdidas humanas, debidas a terremotos en la ciudad de Mendoza.

Actualmente se ha comenzado a ejecutar el mismo trabajo en las ciudades de Salta y Jujuy, que representan la segunda zona de riesgo en el mapa nacional de zonificación sísmica.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Carmona, J. S. y otros: "Las Reglamentaciones Antisísmicas en la Provincia de Mendoza". Congreso Mundial Ciudad y Arquitectura en Area Sísmica, Mendoza, 1987.
- 2.- Castano, J. C.: "Zonificación Sísmica de la República Argentina". Publicación Técnica N° 5 del INPRES, 1977.
- 3.- Castano, J. C. et. al. "Análisis comparativo de los terremotos más importantes ocurridos en la región de baja sismicidad de la Argentina". Actas del Simposio de Sismicidad Intraplaca. Río de Janeiro, Brasil, 1989.
- 4.- Castano, J. C. y Fernández, E.: "Incorporación de los factores derivados del riesgo sísmico en la planificación: experiencia recogida en la República Argentina". Revista Geofísica del IPGH, N° 33, págs. 31 a 42, México D.F., diciembre de 1990.
- 5.- Castano, J. C. y Zamarbide, José L.: "Fuentes sismogénicas, sismicidad histórica y peligro sísmico en la zona centro-oeste Argentina". Revista Geofísica del IPGH, N° 34, págs. 17 a 38, México D.F., Junio 1991.
- 6.- Castano, J. C.: "La Verdadera dimensión del problema sísmico en la provincia de San Juan". Publicación Técnica N° 18. INPRES, Marzo 1993.
- 7.- Decanini, L. D.; Giuliano, A. P. y Prato, C.: "Consideraciones sobre algunos criterios básicos del Reglamento INPRES-CIRSOC 103", Publicación Técnica N° 13, INPRES 1986.
- 8.- Giuliano, A.P.: "Comentarios sobre la Parte III del Reglamento INPRES-CIRSOC 103, Construcciones de Mampostería", Comisión CLAES-SISMO, Segunda Parte, Junio 1987.
- 9.- Giuliano, A. P.; Amado, J. A.; Barros, E. A.; Leiva, M. A. y García, R.: "Nudos Viga-Columna de Hormigón Armado con Ductilidad Limitada", Memorias Congreso Internacional de Ingeniería Estructural y Tecnología del Hormigón, Julio 1993, Córdoba, Argentina.
- 10.- INPRES: "El Terremoto de San Juan de 23 de noviembre de 1977". Informe Preliminar, págs. 1 a 102. San Juan, diciembre de 1977.
- 11.- INPRES: "Microzonificación Sísmica del Valle del Tulum. Provincia de San Juan. Argentina". Informe Técnico General, Vol. I, II y III, 1982.
- 12.- INPRES: "Microzonificación Sísmica del Gran Mendoza". Informe Técnico General, Vol I al VII, 1990.
- 13.- Normas Antisísmicas CONCAR 70, 1972.
- 14.- Normas Antisísmicas Argentinas NAA 80, 1981.
- 15.- Reglamento INPRES-CIRSOC 103: "Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes". INPRES, 1983.
- 16.- Reglamento INPRES-CIRSOC 103. "Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Modificaciones y Anexo a la Parte I: Construcciones en General; Anexo a la Parte III: Construcciones de Mampostería y Nueva Edición de la Parte II: Construcciones de Hormigón Armado y Pretensado". Agosto 1991.
- 17.- Zamarbide, J. L. y Castano, J. C.: "Determinación de los coeficientes sísmicos zonales destinados a su incorporación a la norma argentina para construcciones sismorresistentes. "Actas de las XIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Vol. III, C 14, 1979.

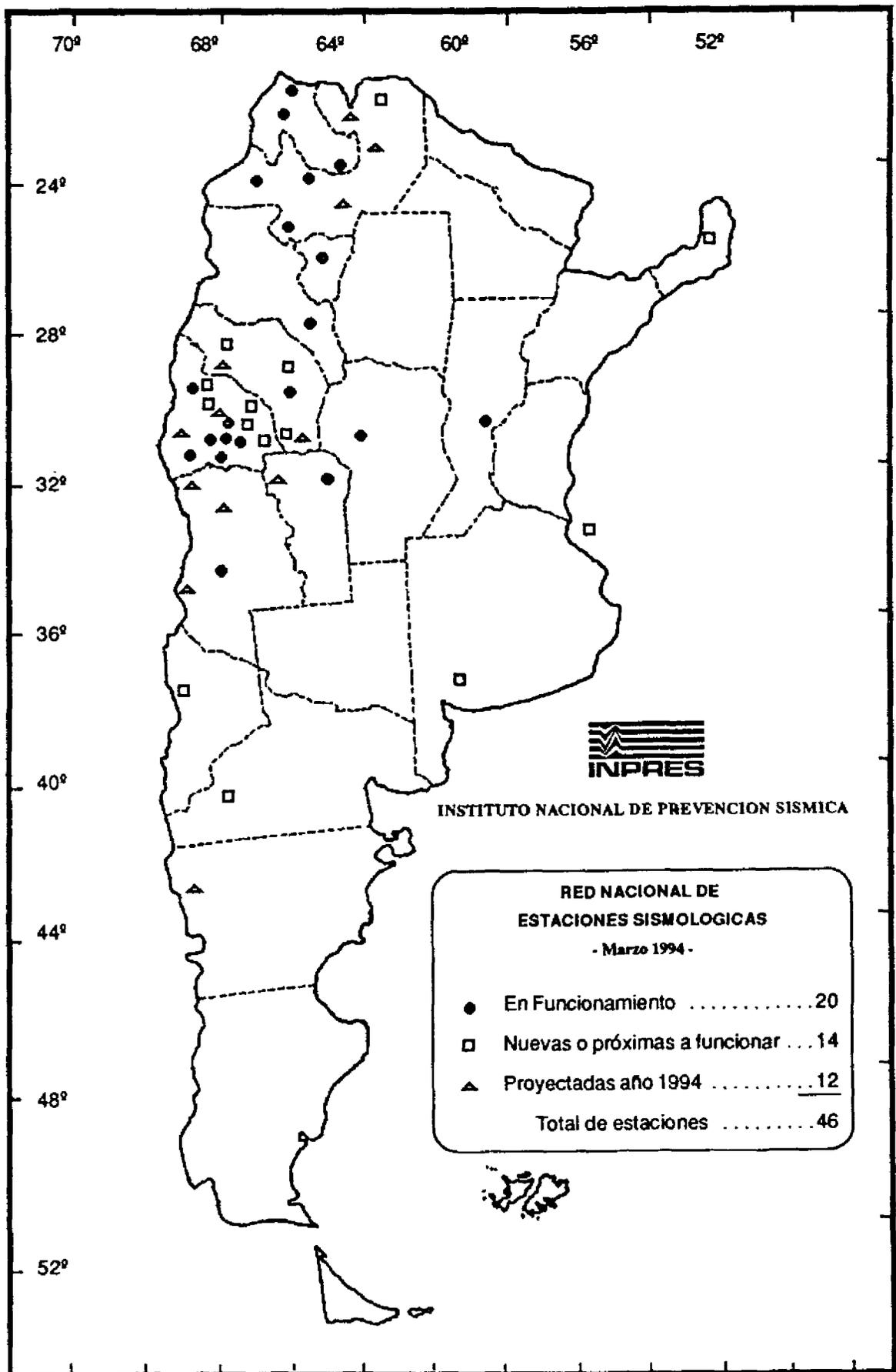


FIGURA 1: Red Nacional de Estaciones Sismológicas.

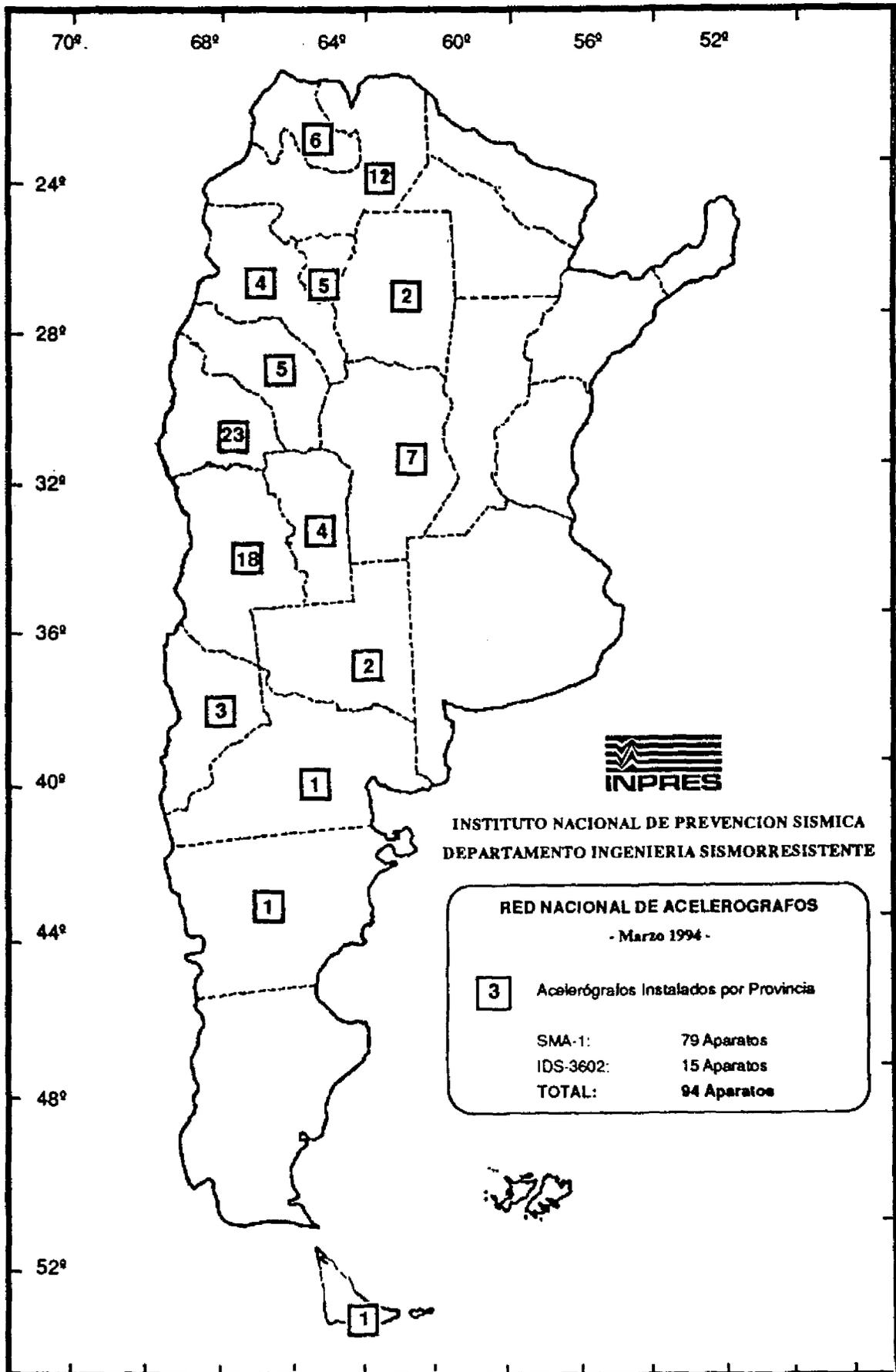
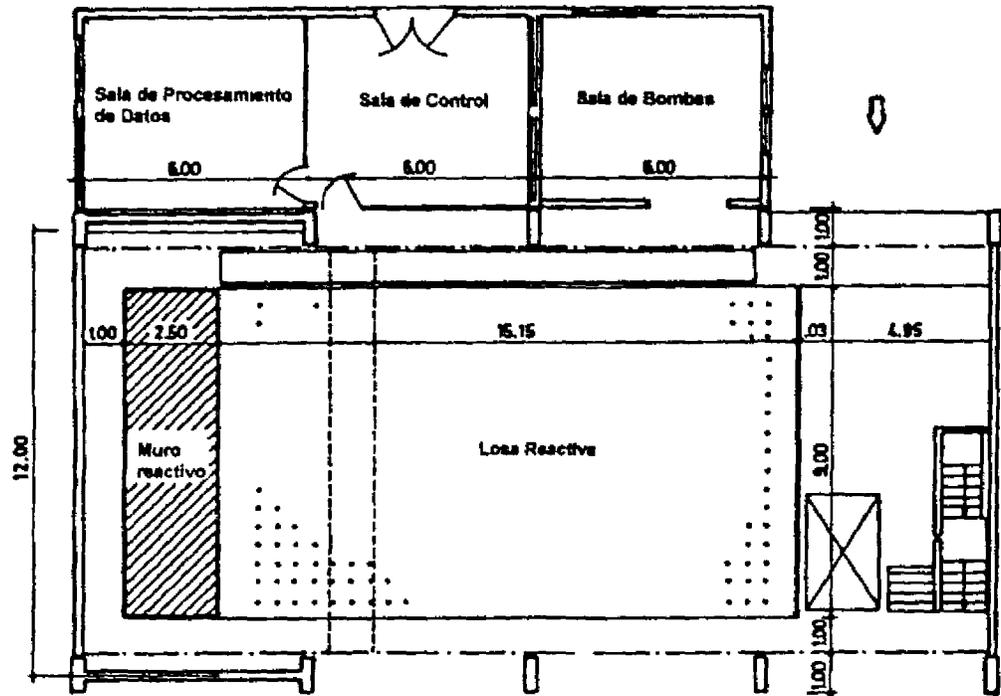
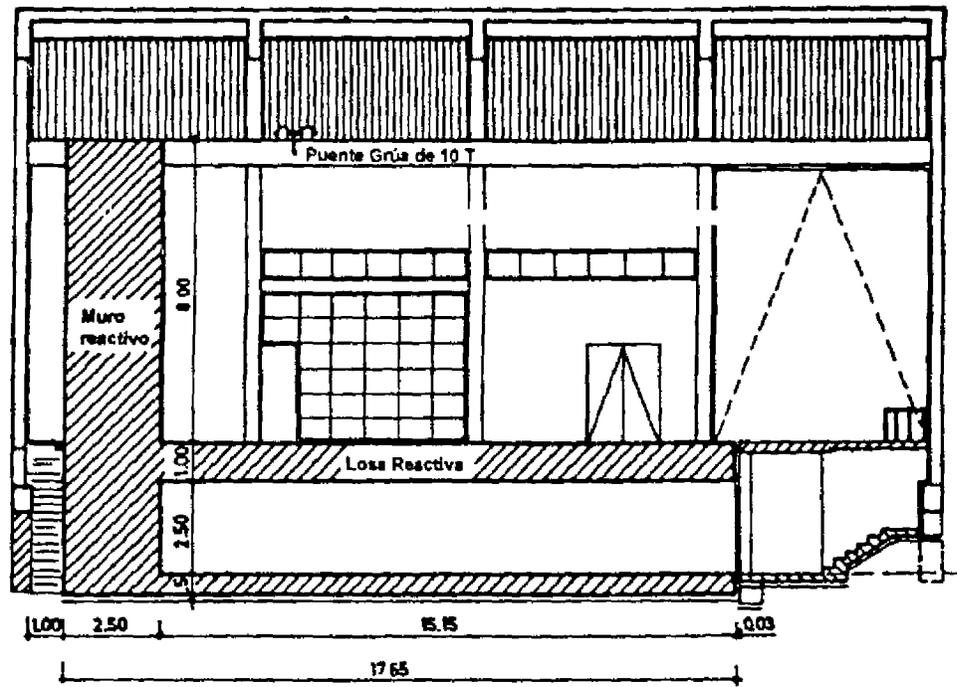


FIGURA 2: Red Nacional de Acelerógrafos.



PLANTA



CORTE

FIGURA 3: Laboratorio de Estructuras.

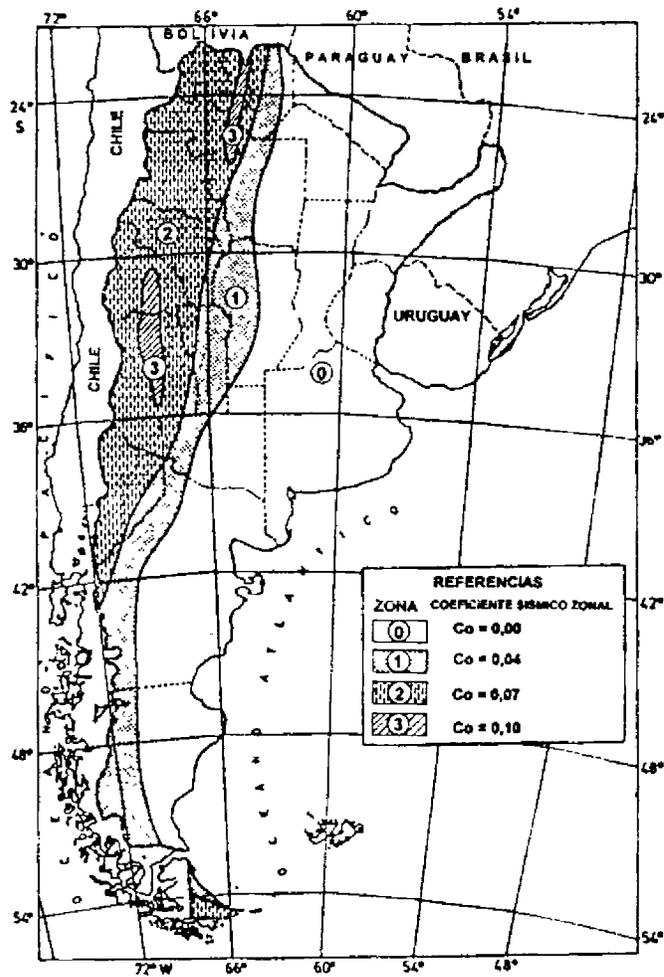


FIGURA 4a: Zonificación Sísmica de la República Argentina Según Reglamento CONCAR 70.

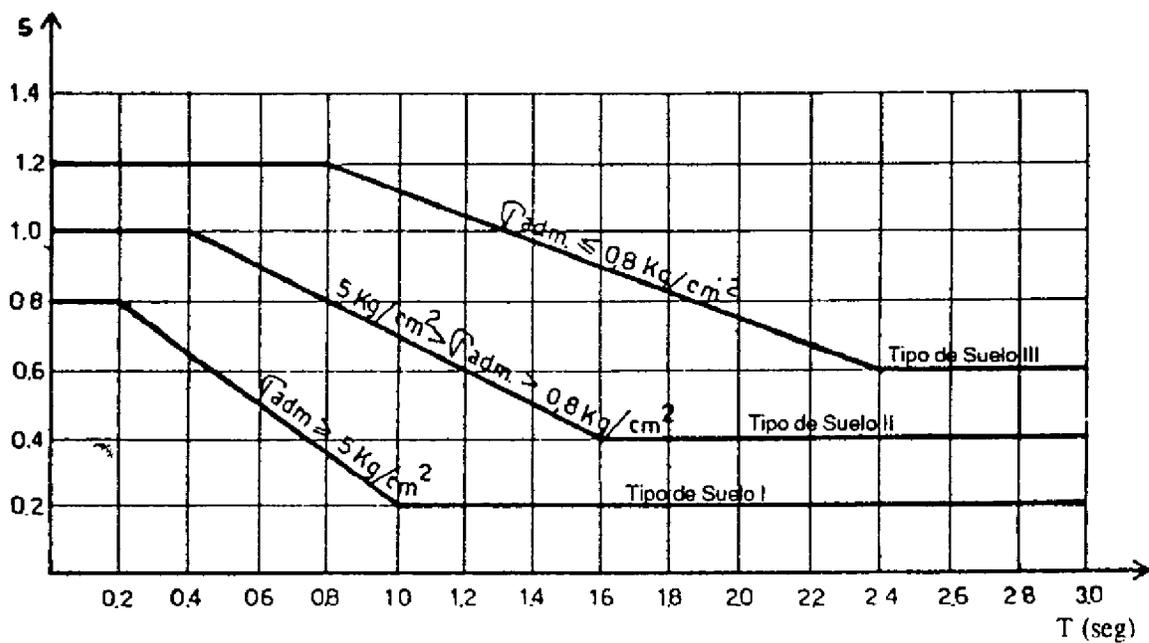


FIGURA 4b. Espectro de Diseño Normalizado Según Reglamento CONCAR 70

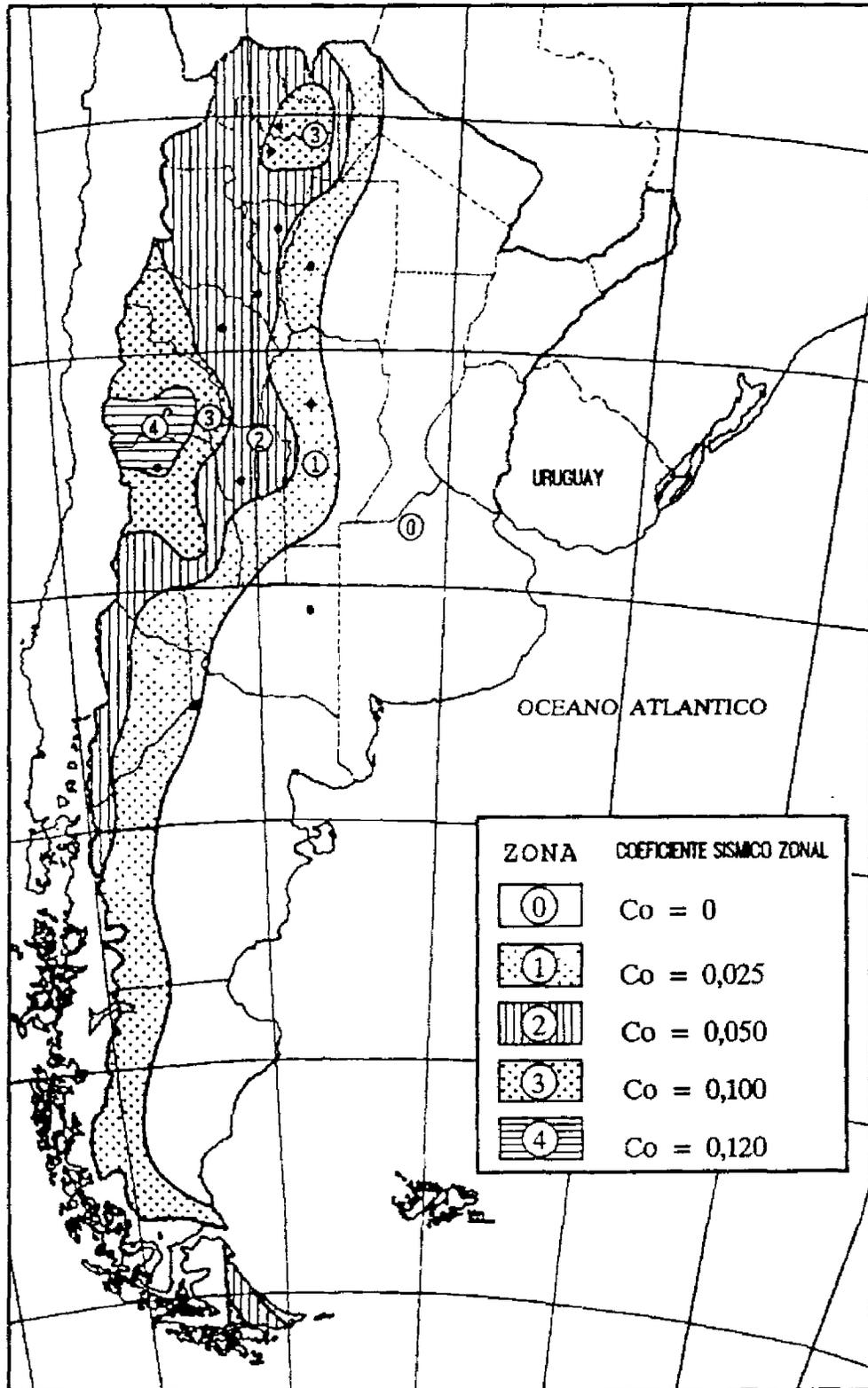


FIGURA 5: Zonificación Sísmica de la República Argentina (Normas NAA-80)

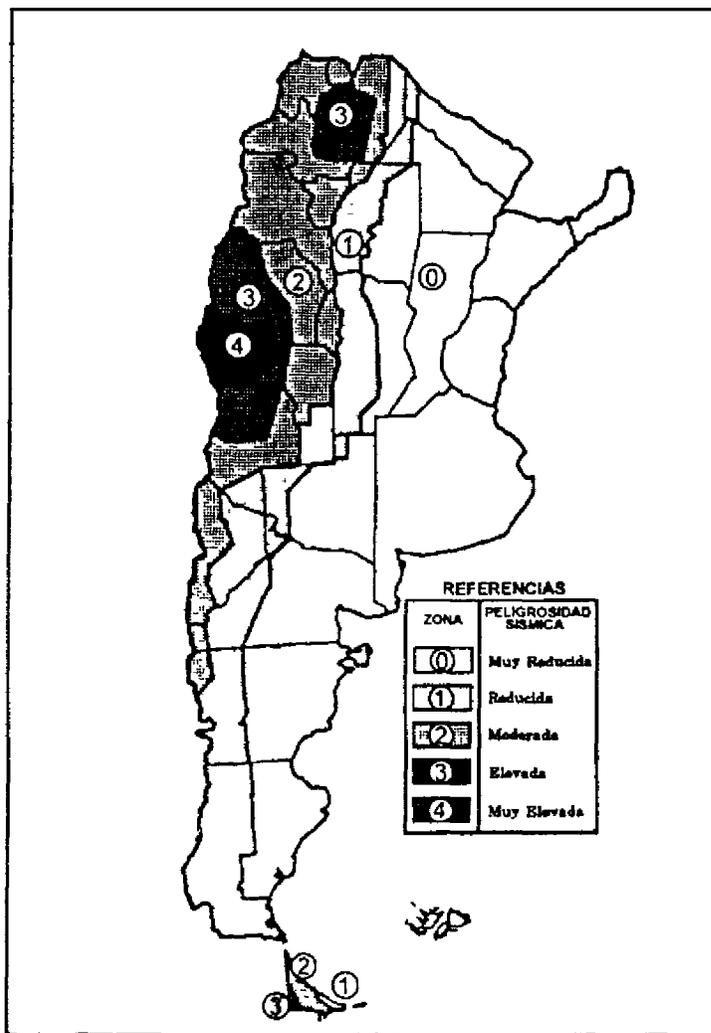


FIGURA 6a: Zonificación Sísmica de la República Argentina, Reglamento INPRES-CIRSOC 103, Actualmente Vigente.

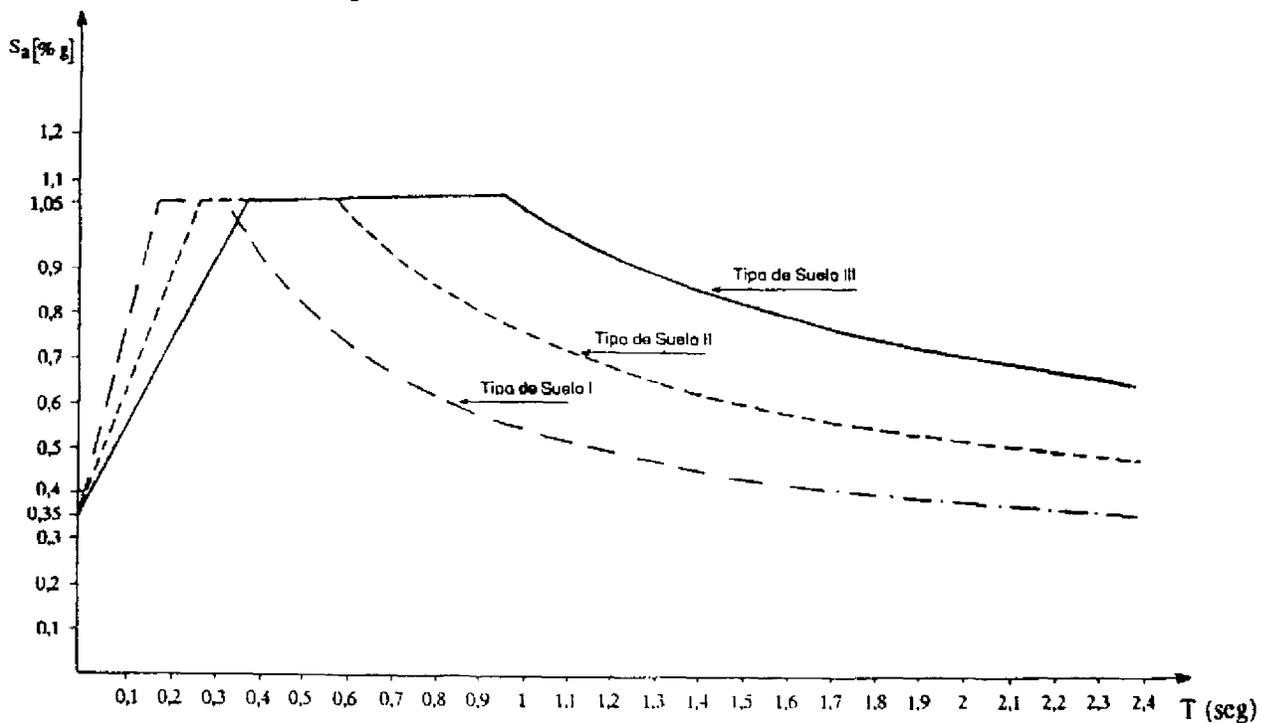
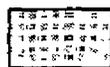
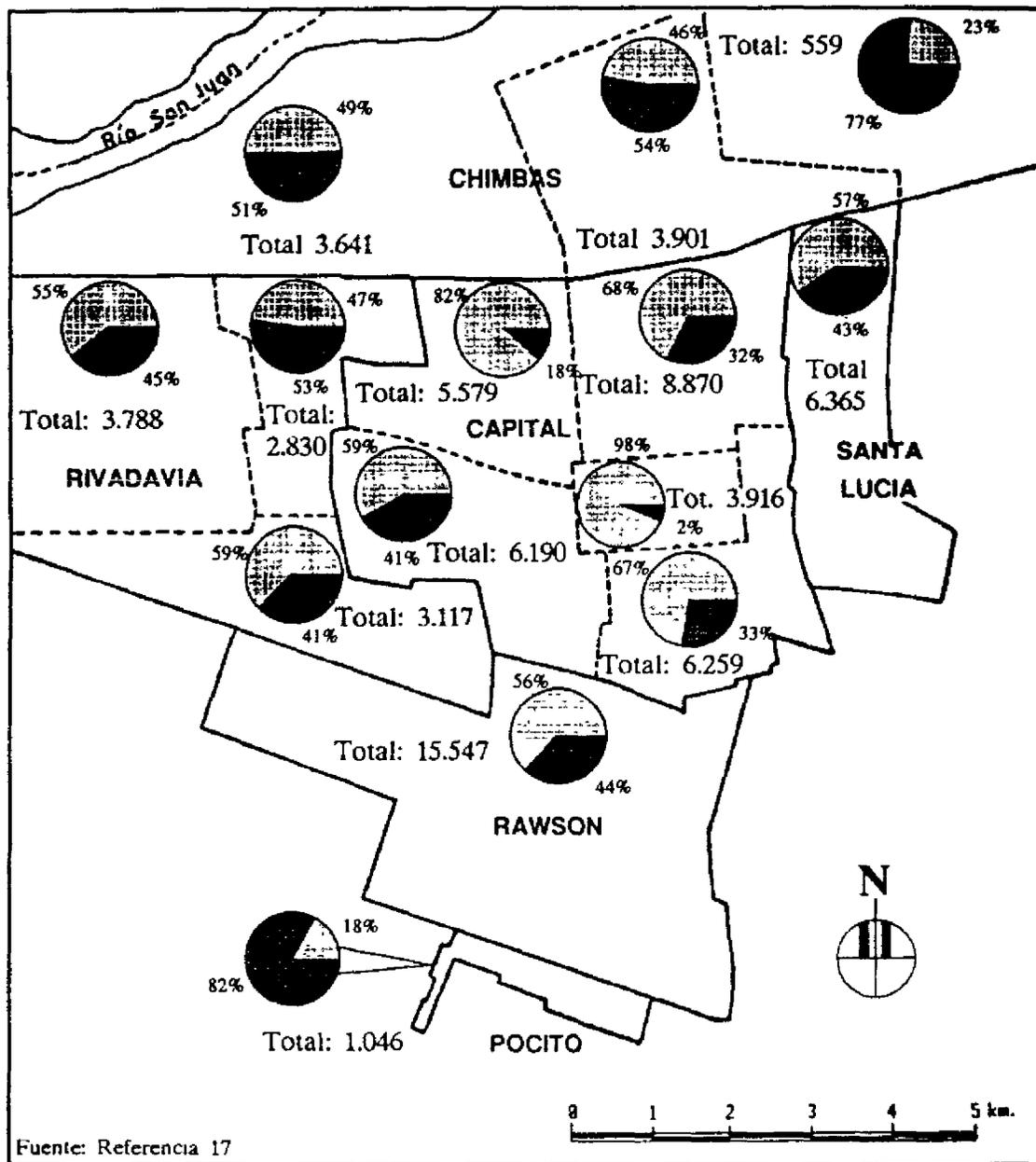
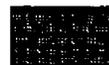


FIGURA 6b: Espectro de Diseño Elástico para la Zona 4, Reglamento INPRES-CIRSOC 103.

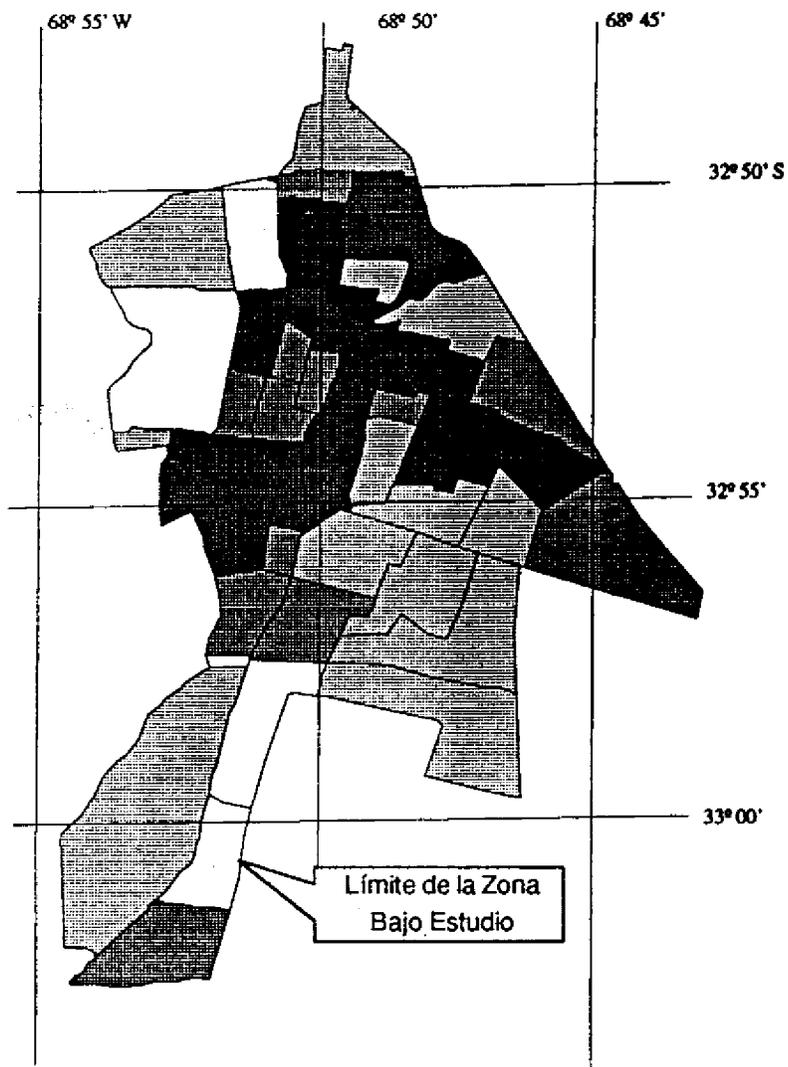


Construcciones Sismorresistente



Construcciones No sismorresistente

FIGURA 7: Caracterización de las construcciones en la ciudad de San Juan.



### REFERENCIAS

|   | Nº DE MUERTOS | Nº DE HERIDOS |
|---|---------------|---------------|
|  | < 20          | < 100         |
|  | 21 a 100      | 101 a 500     |
|  | 101 a 200     | 501 a 1000    |
|  | 201 a 500     | 1001 a 2500   |
|  | > 500         | >2500         |

**FIGURA 8:** Distribución probable de pérdidas humanas en la ciudad de Mendoza.