

6ta. Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales
“Escenarios Prospectivos acerca del Desarrollo del Territorio. Una Reflexión Estratégica”

- **Mesa Temática:** La Sustentabilidad Ambiental
- **Título:** “**DESARROLLO URBANO Y RIESGO SÍSMICO. LA PREVENCIÓN COMO REFLEXIÓN Y ACCIÓN.**”
- **Autores:** NACIF, Nora Elsa; ESPINOSA, María del Pilar; SORIA Sergio
- **Unidad Académica:** Gabinete de Investigaciones Urbanas, IRPHa, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan
- E mail: noranaci@farqui.unsj.edu.ar; noranacif@yahoo.com.ar

RESUMEN

El sismo puede ocasionar diversos impactos en el medio urbano, con consecuencias tales como pérdida de vidas, bienes y alteración del normal desenvolvimiento de las funciones urbanas. En zonas sísmicas su consideración es imprescindible en propuestas de planificación y desarrollo urbano.

Este trabajo presenta una evaluación de la ciudad de San Juan en cuanto a su ubicación en zona de alto riesgo sísmico, considerando la Prevención como una eficaz herramienta para enfrentar esta problemática urbana de cara al futuro.

Una clara percepción del riesgo y la vulnerabilidad sísmica ante un potencial terremoto destructivo constituye el primer paso para la mitigación de dicho riesgo y sus efectos. Se ha estudiado la Vulnerabilidad Sísmica Urbana, en sus dos aspectos, vulnerabilidad directa y funcional y los efectos del Riesgo Sísmico. Sus resultados, con la construcción de Mapas, representan herramientas para la prevención, permitiendo manejar el espacio urbano, en cuanto a localización de asentamientos humanos, infraestructura, actividades productivas y medidas organizativas para la emergencia sísmica. En particular, los Mapas de Riesgo pueden considerarse escenarios de posibles efectos ante un sismo de envergadura, de no variar la situación del área estudiada dando respuestas integrales a las distintas problemáticas que este fenómeno puede ocasionar en la ciudad.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Introducción

El desarrollo urbano en zonas sísmicas debe basarse en pautas que surgen de la consideración del sismo, y que deben ser incorporadas e internalizadas para actuar en cualquiera de las escalas en que se interviene en un área urbana. Cualquier intervención urbana, independientemente de su dimensión, provoca impactos y debe procurarse que éstos no sean negativos en relación con el sismo.

Los trabajos de investigación realizados en el Gabinete de Investigaciones Urbanas (GIUR), abordan la problemática sísmica inserta en la temática general del desarrollo urbano con un enfoque ambiental y en particular están referidos a la ciudad de San Juan y a otros centros urbanos de la provincia. No obstante ello, el mayor aporte de estas investigaciones a la línea temática, se centra en el desarrollo de metodologías de trabajo que pueden aplicarse, con las adaptaciones requeridas, a distintos centros urbanos ubicados en zonas de riesgo sísmico y que constituyen herramientas de prevención para la planificación de los asentamientos humanos.

Los trabajos de investigación aludidos apuntan a encontrar las soluciones o al menos a acercarse al entendimiento de esta compleja problemática, siempre orientada hacia el nivel urbano. Esto es, enmarcada en la ciencia urbanística y no de los edificios como construcciones aisladas, pues es desde el enfoque de la arquitectura sismorresistente que se aborda la problemática del diseño estructural.

En nuestro caso el problema central es estudiar, entonces, en qué medida el proceso de urbanización colabora en el aumento de la vulnerabilidad urbana. Es decir, reflexionar preventivamente para actuar en consecuencia.

“El Desarrollo Urbano en zonas de alto riesgo sísmico será Sustentable cuando logre demostrar que no es sólo técnicamente realizable, económicoamente posible y socialmente deseable, sino además que es sísmicamente defendible”¹.

¹ Roitman, Dora; Espinosa, M. del Pilar y otros: “Estimación relativa del riesgo sísmico por Dptos. del área urbana del Gran San Juan”. Proyecto investigación GIUR- FAUD- UNSJ. 2002

La Problemática de Estudio

La ciudad de San Juan ha sido caracterizada como una ciudad-oasis, ubicada en la zona de mayor riesgo sísmico del país, como lo demuestran los numerosos terremotos que la han afectado a lo largo de su historia. En particular, el Terremoto del 15 de Enero de 1944 evidenció la peligrosidad del soporte natural al riesgo sísmico, provocando la pérdida de 10.000 habitantes (el 10% de la población en ese año), la destrucción de la ciudad y el colapso del aparato productivo.

Este suceso, si bien negativo, fue aprovechado positivamente en su momento para lograr la ciudad reconstruida de nuestros días, la cual tiene alrededor de 430.000 habitantes y un patrimonio habitacional de aproximadamente 100.000 viviendas, de las cuales el 70 % han sido construidas bajo normas de sismorresistencia. No obstante ello, aun queda un 30 % de viviendas No Sismorresistentes que representan un porcentaje relativamente alto de construcciones que deben erradicarse o acondicionarse para soportar los efectos de terremotos destructivos. Además, otros elementos del sistema urbano como equipamiento y redes de infraestructura deben ser pensados en forma integral en estas medidas de prevención. Por lo tanto, considerando el riesgo sísmico que tiene la zona, estamos en presencia de una ciudad “nueva” pero sin terminar de construir asumiendo esta percepción.

En ese sentido se ha estudiado la Vulnerabilidad Sísmica Urbana, en sus dos aspectos, vulnerabilidad directa y funcional, como así también los efectos del Riesgo Sísmico. La mitigación del riesgo sísmico y el manejo de los desastres sólo puede construirse basándose en una clara percepción del riesgo y de la vulnerabilidad, ante un potencial desastre en términos de efectos. Para ello se requiere de herramientas apropiadas que permitan manejar el espacio de la ciudad, en lo referente a la localización de asentamientos humanos, infraestructura, actividades productivas y medidas de organización de la ciudad frente a la emergencia sísmica.

VULNERABILIDAD SÍSMICA URBANA

Frente a la realidad de la Amenaza Sísmica, sobre la cual no se puede actuar, se hace indispensable ocuparse de la reducción de la Vulnerabilidad. Trabajar en el conocimiento y alcance de las causas físicas, materiales, económicas, sociales, organizacionales, educacionales, políticas y culturales que influyen en la Vulnerabilidad, ayudará a identificar y actuar sobre las áreas que tendrán más dificultades para organizar rescates y responder al desastre. Por ello parece necesario concebir la vulnerabilidad como un problema global para evaluar y luego para resolver. De ahí la importancia que adquieren los mapas de vulnerabilidad para el área de estudio.

La vulnerabilidad sísmica se entiende como la propensión de personas, bienes y actividades a sufrir daños o modificaciones ante los efectos de terremotos de alta intensidad. Por lo tanto, la vulnerabilidad es eminentemente un concepto de interrelaciones entre algunos elementos físicos de la estructura urbana y la población involucrada. Para su estudio se discrimina:

- **Vulnerabilidad Directa:** expresa el posible comportamiento físico de los elementos de la estructura urbana frente al sismo. Para su análisis se construye un Coeficiente que relaciona el número y el estado constructivo de los elementos que conforman dicha estructura urbana y la cantidad de población afectada en el sector de la ciudad analizado.
- **Vulnerabilidad Funcional:** expresa el comportamiento funcional de los elementos de la estructura urbana frente al sismo. En este caso, su Coeficiente relaciona la cantidad de población con sus respectivas actividades y con la cantidad de horas de uso de los espacios adaptados donde estas actividades se llevan a cabo.

El estudio de la vulnerabilidad urbana representa un diagnóstico detallado de la situación sísmica y permite conocer exhaustivamente los problemas que presenta la ciudad respecto al sismo.

La Vulnerabilidad Directa nos da una visión del estado de la edificación de los elementos urbanos, tal como el parque habitacional y el equipamiento.

La Vulnerabilidad Funcional representa las condiciones de operatividad funcional del área analizada, porque involucra el funcionamiento del equipamiento (edificios) y de la red vial como trama circulatoria que permite la accesibilidad. El estudio se particulariza para cada sector urbano lo que posibilita visualizar los problemas funcionales en todos sus detalles.

Son resultados directos de este estudio los mapas de vulnerabilidad. Estos mapas constituyen la espacialización gráfica de las variables de vulnerabilidad directa y funcional, permitiendo su interrelación con otras variables urbanas. Ellos representan una evaluación de las condiciones sísmicas de un centro urbano en

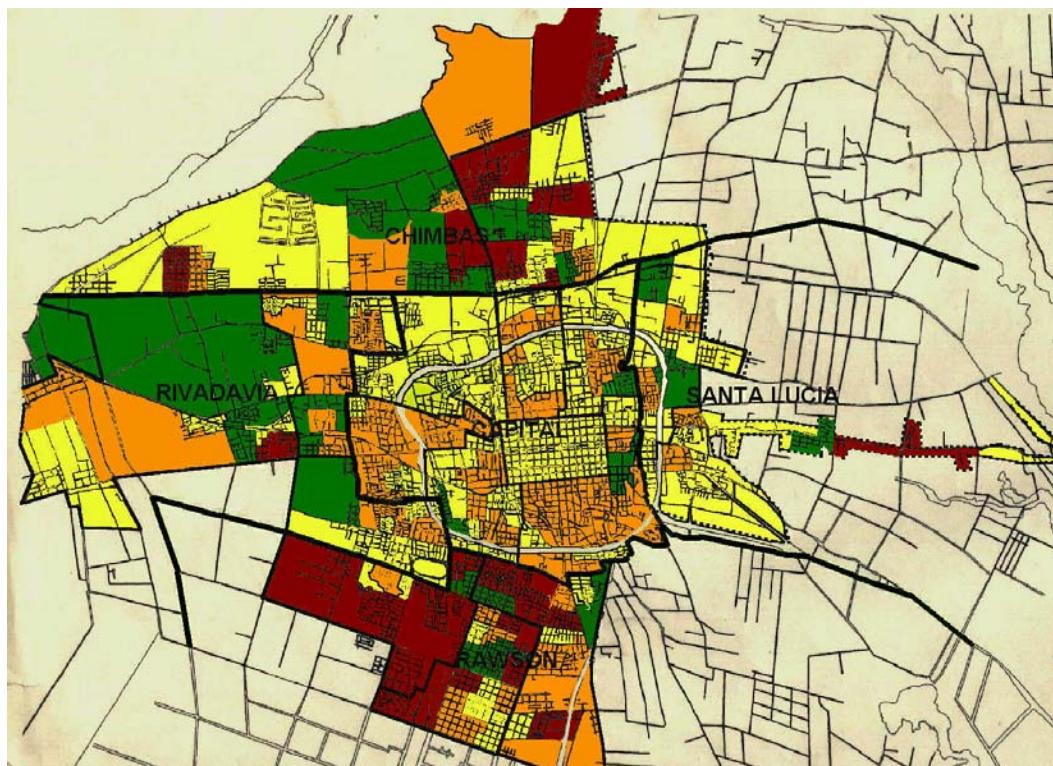
un momento específico y coadyuvan a obtener una imagen global de toda el área. Su construcción surge de la necesidad de generar instrumentos de planificación urbana que puedan abarcar la problemática sísmica en forma integral.

Así, el mapa de Vulnerabilidad Directa representa una evaluación de las condiciones sísmicas de la población de acuerdo a las características edilicias de los distintos sectores urbanos en un momento específico. En tanto que, el de Vulnerabilidad Funcional relaciona a la población con la estructura de actividades de la misma.

Los cortes temporales que se pueden realizar, en función de los datos disponibles en cuanto a población, cantidad y uso de edificaciones, calidad constructiva y estado de la red vial permiten conocer la evolución de las características de la vulnerabilidad sísmica hasta la situación actual.

Para su elaboración se trabaja con los respectivos coeficientes de Vulnerabilidad Directa o Funcional. En nuestro caso, fueron realizados para el Gran San Juan en una primera etapa de la investigación y posteriormente se abarcan distintos departamentos como el de Zonda, como un avance en la metodología inicial, incorporando estudios sobre las características geológicas del área.

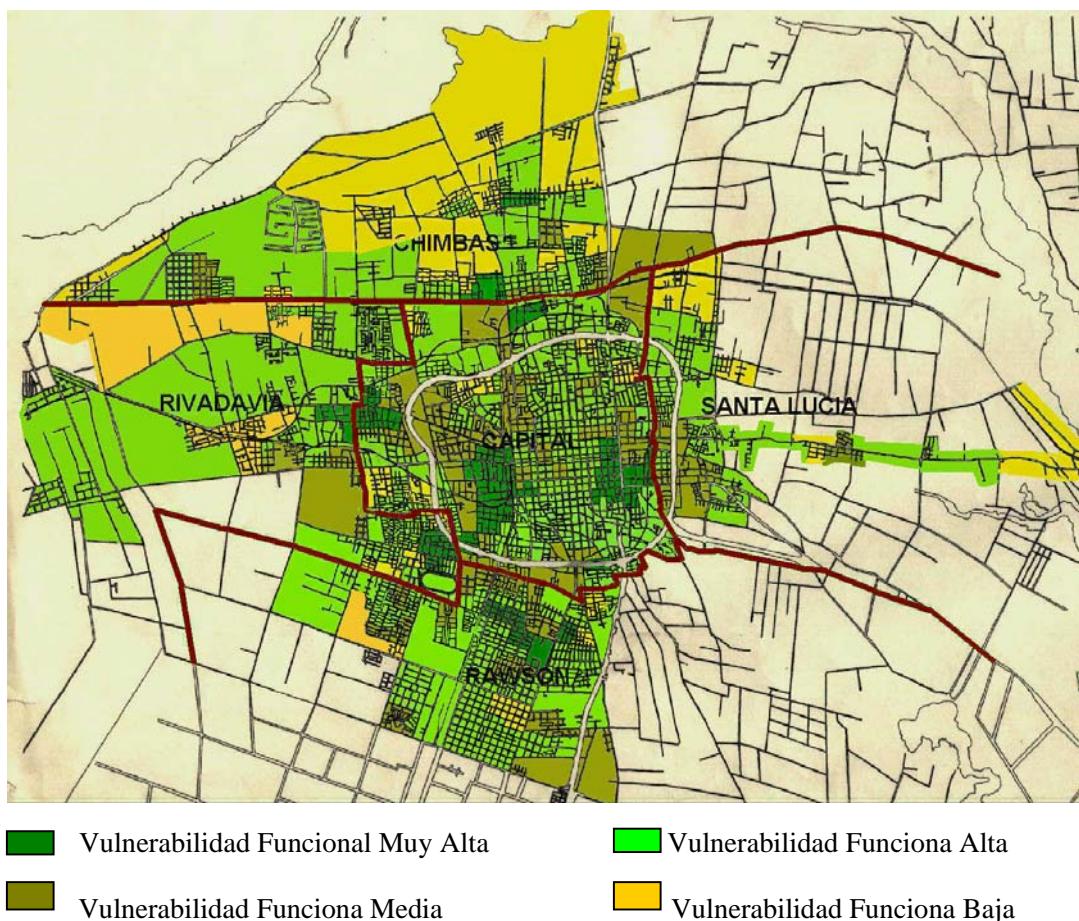
Mapa Vulnerabilidad Directa Gran San Juan



■	Vulnerabilidad Directa Muy Alta
■	Vulnerabilidad Directa Alta
■	Vulnerabilidad Directa Media
■	Vulnerabilidad Directa Baja

De la observación del mapa de Vulnerabilidad Directa del Gran San Juan, se desprende que los sectores urbanos de mejor calidad constructiva, son en general los que poseen vulnerabilidad directa baja ó media. Tal es el caso de los radios comprendidos en el casco urbano. El Dpto. Capital posee el mejor nivel en cuanto a la calidad de edificación del área urbana, lo que le aporta un insignificante porcentaje de radios con vulnerabilidad directa alta. Otros sectores periféricos que presentan baja vulnerabilidad, es debido a que poseen menos población y por ende, menor cantidad de construcciones, lo que reduce su coeficiente de vulnerabilidad directa.

Mapa Vulnerabilidad Funcional Gran San Juan



En vista de estos mapas, en forma global se puede concluir que mientras el Departamento Capital es el de mayor cantidad de radios con alta vulnerabilidad funcional, es por otra parte, el departamento con menor porcentaje de radios con alta vulnerabilidad directa.

La vulnerabilidad funcional elevada de Capital es producto de tener la mayor concentración de equipamiento y de la más alta complejidad a escala provincial, además de gran cantidad de vías primarias y con alto

volumen de tránsito, puesto que el sistema urbano del Gran San Juan se caracteriza por una marcada centralidad.

RIESGO SÍSMICO

El estudio de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico nos acercan a la posibilidad de prever situaciones no deseadas, puesto que ambos son necesarios para encarar acciones de Prevención.

El riesgo sísmico constituye un factor condicionante en la localización de los asentamientos humanos, por ello, debe tenerse en cuenta en todas las actividades que el hombre realiza para evitar un impacto social y económico negativo. Este impacto, que se traduce en pérdidas y daños (de vidas y bienes), además puede alterar el normal desenvolvimiento de todas las funciones urbanas.

"Riesgo Sísmico es la probabilidad de ocurrencia y el relativo grado de severidad en un determinado período de tiempo, del conjunto de posibles efectos producido por un terremoto". (Imbessi, Giuseppe. 1987).

También puede entenderse como *"la probabilidad de pérdidas provocadas por la acción sísmica."* (Giuliani, Hugo. 1989).

Los eventos sísmicos no impactan uniformemente en toda la extensión del área urbana. Por ello, se supone que cualquier tipo de construcción puede sufrir cuatro estados de daños:

Tabla: Estados de Daños

Designación	Estado de Daños - Descripción
D0	Sin daños; daños leves en paredes (fisuras, desprendimiento de revoque)
D1	Daños en elementos de tabiquería y otros no estructurales. Daños leves, reparables en elementos estructurales.
D2	Edificación condenada (pérdida total) aún cuando no ocurra desplome.
D3	Ruina total o parcial.

* Los Daños Irreparables, representados por la suma de D2+D3 en la distribución de daños, conforman el número y porcentaje de las construcciones que tendrían probabilidad de quedar inutilizadas.

Los efectos del riesgo sísmico se obtienen en función de tres variables que intervienen en la cuantificación de los daños esperables. Por una parte, la calidad constructiva de los edificios del Dpto. considerando

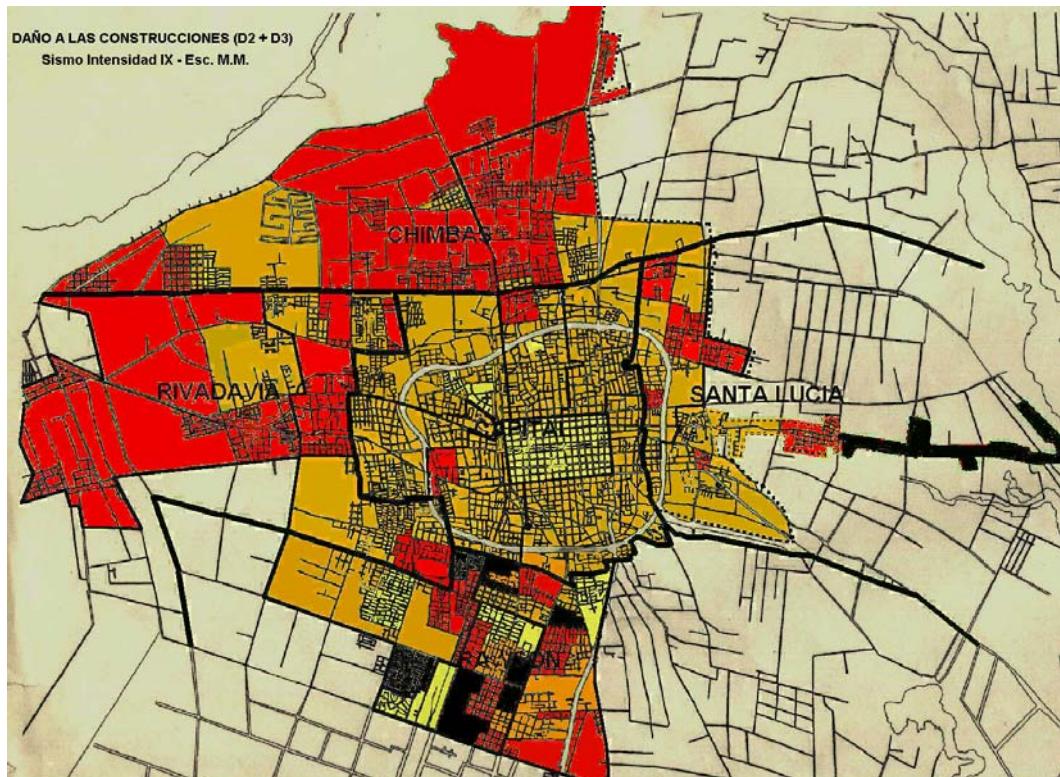
edificaciones sismorresistentes y no sismorresistentes, por otra parte se consideran cuatro estados de daños que varían desde daños leves hasta el colapso total, representando las distintas posibilidades de resultar afectados durante el sismo por cuestiones de tipo “probabilísticas” ó eventuales, y el índice de riesgo sísmico que abarca las distintas zonas del área de estudio con su peligrosidad asociada al sismo. Estas variables se trabajan conjuntamente para cada unidad de análisis, esto es los radios censales, y para tres intensidades de sismos con probabilidad de ocurrencia en la provincia de San Juan, IX, VIII y VII, Esc. Mercalli Modificada. Los daños irreparables graficados en los mapas representan los sectores urbanos que quedarían con viviendas inutilizadas que, entre otras consecuencias, dejarían personas sin hogar. Estos mapas permiten por lo tanto detectar los sectores que necesitarían prever lugares de albergue durante la emergencia sísmica, entre otras aplicaciones.

Además de constituir una base para el estudio de un diseño vial y de líneas vitales que permita el acceso fluido y operativo para posibilitar acciones de auxilio en estas áreas, las aplicaciones de los planos tanto de vulnerabilidad como de riesgo, son múltiples y pueden ser la base de diferentes proyectos que contemplen el riesgo sísmico como un condicionante ineludible del medio natural.

La síntesis de estos cálculos se transfiere gráficamente al plano de la ciudad, configurando los mapas de riesgo sísmico. Para su confección se consideran los porcentajes que corresponden a los daños graves o irreparables en las construcciones para sismos de intensidades IX, VIII y VII Escala Mercalli Modificada y se establecen rangos que categorizan dichos porcentajes.

Los mapas de riesgo sísmico representan herramientas que permiten diseñar y planificar el espacio urbano para nuevas localizaciones de asentamientos humanos, infraestructura y actividades productivas, facilitando las medidas de organización frente a la emergencia sísmica. Ellos constituyen la plasmación gráfica de la localización espacial de probables efectos del riesgo para distintas intensidades sísmicas de la escala Mercalli Modificada.

Mapa de Riesgo Sísmico - Sismo Int. IX Esc. M.M. - Área Urbana Gran San Juan



REFERENCIAS

- Más del 56% de Daños Irreparables en viviendas
- 36% a 55% de Daños Irreparables en viviendas
- 16% a 35% de Daños Irreparables en viviendas
- Hasta el 15% de Daños Irreparables en viviendas

De la visualización del mapa puede concluirse que los sectores urbanos con mayores porcentajes de daños esperables son aquellos que presentan mayor cantidad de viviendas no sismorresistentes, puesto que es el estado constructivo lo que influye directamente en el cálculo de daños irreparables para sismos de distinta intensidad. Esto tiene correspondencia con lo ya expresado para la Vulnerabilidad, donde los sectores del área central, en general, son los de mejor calidad constructiva y en consecuencia los de menores daños esperados.

CONCLUSIONES: Reflexiones para la Actuar preventivamente

Teniendo en cuenta un escenario prospectivo del desarrollo urbano, frente a esta realidad ineludible de nuestro medio natural, consideramos que en ciudades de alto riesgo sísmico, la Prevención representa la mejor herramienta para la mitigación de sus efectos destructivos, ante la imposibilidad de la predicción temporal del evento sísmico. *“En el plano internacional, hay una creciente necesidad de enfatizar la mitigación en vez de la respuesta a la emergencia y se la concibe como el proceso de producir acciones por adelantado para minimizar los efectos del Riesgo Sísmico, es una inversión a largo plazo para el bienestar de todos”².*

El impacto urbano que el sismo puede ocasionar, como factor condicionante del soporte natural, se refleja en consecuencias tales como pérdidas de vidas y bienes y la alteración del normal desenvolvimiento de todas las funciones urbanas. Esta razón hace imprescindible la consideración del sismo en las medidas y propuestas relativas a la planificación y el desarrollo urbano, y para ello es importante contar con instrumentos que den respuestas integrales a las distintas problemáticas que éste puede ocasionar en la ciudad.

Es fundamental que los recursos estén concentrados en reducir la vulnerabilidad de los “elementos claves” de la estructura urbana, sobre todo de aquellos imprescindibles después de producido el sismo. Entre los elementos clave deben señalarse: Las redes de infraestructura de servicios básicos, llamadas “redes vitales”; la red vial, los centros de salud y las escuelas.

Otra acción imperiosa es la identificación de áreas aptas para la expansión urbana teniendo en cuenta los daños esperables a las construcciones y su mapeo como herramientas indispensables de planificación urbana. En función de los mapas de daños, se debe viabilizar el modo de que todos los sectores del área, en especial aquellos más afectados, dispongan de accesibilidad y evacuabilidad al sistema vial principal para operaciones de socorro en caso necesario.

La tarea de concientización de la población es imprescindible para la reducción de la vulnerabilidad y, por ende de los daños esperables. Conducir a la población a asumir un rol activo en esta tarea, es decididamente necesario para abordar en forma eficaz el problema.

La reflexión sobre el estudio de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico nos acercan a la posibilidad de prever situaciones no deseadas, puesto que ambos son necesarios para encarar acciones de Prevención.

Finalmente, consideramos que disponer de instrumentos como los Mapas de Riesgo o los de Vulnerabilidad, que permiten analizar en forma integral el sismo con el conjunto del medio urbano, facilita la evaluación del estado de riesgo para establecer medidas adecuadas para su prevención y definir alternativas de ocupación del espacio que posibiliten la formulación de estrategias para un desarrollo urbano sostenido.

² Roitman, Dora Espinosa, M. del Pilar y otros, (2002)- Op.cit

BIBLIOGRAFÍA

- Espinosa, María del Pilar; Nacif, Nora. 2000. "**IMPACTO URBANO DEL RIESGO SÍSMICO: MAPAS DE DAÑOS ESPERABLES EN LAS CONSTRUCCIONES**". Revista "Territorios", (CIDER), Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.
- Fera, Giuseppe, 1991. "**LA CITTÀ ANTISISMICA**", Gangemi Editore. Roma, Italia.
- Gabinete De Investigaciones Urbanas - Proyecto Investigación, D. Roitman, Nacif, Espinosa, Martinet. 1997- 1999. "**LA PREVENCIÓN SÍSMICA COMO PROYECTO CONTINUO DE DESARROLLO URBANO**" – IRPHA – FAUD - UNSJ.
- Gil, Nafá Y Zamarbide, Ings. 1982. "**MICROZONIFICACION SÍSMICA DEL VALLE DE TULUM. PROVINCIA DE SAN JUAN**". Informe Técnico General. Vol. I, II Y III. INPRES.
- Institution Of Civil Engineers. 1995. "**MEGACITIES**". London.
- Institution Of Civil Engineers: 1995. "**STRUCTURES TO WITHSTAND DISASTERS**", London.
- Leveratto, M. 1968. **GEOLOGÍA DE LAS ZONAS AL OESTE DE ULLUM – ZONDA, BORDE ORIENTAL DE LA PRECORDILLERA DE SAN JUAN, ERUPTIVIDAD SUBVOLCÁNICA Y ESTRUCTURA.** RAGA. 23 (2). Bs. As.