

Durante los años 1997,1998, 1999, 2002 y 2003 en el marco de este Proyecto de Investigación se instaló una estación de registro continuo de tres componentes en los predios de la Universidad Nacional de Salta. Fue posible monitorear durante estos años la actividad sísmica de la región, con la estación de registro continuo ubicada en la Universidad. A raíz de estos datos, se determinó la dirección, distancia hipocentral y magnitud de los eventos registrados.

Se realizó también un estudio de peligrosidad sísmica, utilizando herramientas estadísticas, e infiriendo valores regionales de parámetros de daño que son usados en las normas sismorresistentes. En el caso de nuestro país, este parámetro es la aceleración máxima en roca. A tal fin se realizó una revisión y análisis de datos geológicos y neotectónicos de estudio previos emprendidos en el área bajo estudio.

Se encaró la tarea de recopilación de datos de sismicidad histórica, de datos instrumentales de distintas fuentes a fin de completar catálogos existentes.

Esta primera información y en el conocimiento de que Salta es el centro urbano más poblado de la Provincia del mismo nombre y con considerable riesgo sísmico, es que se decidió dar continuidad a las actividades con el objetivo de ahondar en el conocimiento de la actividad sísmica en esta ciudad.

Proyecto 2: Aplicación de registros de vibraciones para el estudio de la respuesta sísmica del suelo en la ciudad de Salta.

Este Proyecto de Investigación, todavía en etapa de ejecución, se está llevando a cabo en las dependencias del Instituto de Ingeniería Civil y Medio Ambiente de Salta (ICMASa), de la Facultad de Ingeniería y del Instituto Geonorte, de la Facultad de Ciencias Naturales, ambos de la Universidad Nacional de Salta y es continuación del proyecto antes descrito. Con el anterior fue posible ampliar el conocimiento de la sismicidad regional que afecta a la Ciudad. Este estudio por su parte, se encamina a la microzonificación de la ciudad, en base a las características del suelo y su particular respuesta a los posibles eventos sísmicos que posarían afectarla.

El objetivo principal de este trabajo de investigación consiste en la determinación del período de los suelos en que se operan las máximas amplificaciones de ondas vibratorias, tanto naturales como artificiales, como así también las amplificaciones relativas del lugar en estudio con respecto a un punto de referencia, en distintos sitios de la ciudad, en vista sobre todo a prever el comportamiento de los suelos ante una situación de gran riesgo como las provocadas por un movimiento sísmico. Para la determinación experimental de los parámetros dinámicos del suelo se utilizó el método de Nakamura, contándose con una estación móvil de tres componentes, facilitada por el Instituto Andaluz de Geofísica. Simultáneamente se realizó el estudio analítico de la respuesta del suelo, empleándose el clásico modelo unidimensional de transmisión de ondas de corte, entre los más simples.

Por medio de la cooperación con geofísicos de Servizio Geológico Regionale (Roma), se determinó un mapa del subsuelo de la ciudad haciendo uso de medidas gravimétricas, con lo que se tiene conocimiento de la estructura hasta la roca base.

Aportes específicos

Este trabajo es un avance en el proceso de microzonificación sísmica de la Ciudad ya que permite visualizar efectos de sitio que pueden originar solicitaciones mayores a las estructuras que las determinadas en base a la Normativa vigente. Juntamente con el conocimiento del nivel de la construcción del medio, es posible afinar localmente los requisitos normativos a niveles aceptados de riesgo y economía, que beneficiará tanto a la seguridad como a la economía de la construcción, teniendo en cuenta no solo el costo inicial, sino como es ahora norma en países avanzados, considerando la vida útil total de la estructura, su servicialidad, mantenimiento, degradación en el tiempo y como sería afectada por varios sismos posibles de ocurrir en el lugar donde está fundada.

Proyecto 3: Aplicación de registros de vibraciones ambientales para la determinación de períodos fundamentales de vibración de edificios en la Ciudad de Salta.

Este proyecto es continuación de los proyectos mencionados anteriormente. Tiene como objetivo principal la determinación del período fundamental de la edificación típica de la Ciudad de Salta, a fin de que cotejando y relacionando los resultados con los obtenidos del estudio de las características dinámicas del suelo, sea posible avanzar en el conocimiento de la posible respuesta de los mismos ante eventuales acciones sísmicas intensas, fundado en bases empíricas.

La norma sismorresistente en vigencia propone métodos de determinación del período fundamental de edificios de vivienda, tanto basados en conceptos empíricos como en métodos dinámicos. Juntamente con el estudio experimental se harán determinaciones analíticas a fin de juzgar la bondad de tales procedimientos, como así también los alcances de su aplicación, considerando el particular modo de construcción en la Ciudad de Salta, esto es considerando las tipologías estructurales existentes en el ejido urbano de la ciudad. Tal análisis analítico, se hará mediante la aplicación de métodos estáticos y dinámicos lineales y no lineales de uso común en la práctica profesional. Especial énfasis se pondrá en el estudio de la respuesta de estructuras de poca altura con cubierta flexible que es la tipología mayormente adoptada en las viviendas particulares construidas en la región.

En donde sea posible se harán determinaciones experimentales de vibraciones en campo libre y las proximidades de las edificaciones a fin de analizar la interrelación entre las vibraciones propias del suelo y las de las construcciones y detectar de manera empírica el posible efecto de interacción suelo-estructura de manera simple.

Proyecto 4: Mitigación de desastres en el sector educativo de la Provincia de Salta, a través de la reducción de la vulnerabilidad sísmica funcional.

Este proyecto tuvo como principal objetivo contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica funcional del sector educativo. Para ello se desarrolló un programa que incluye el diseño de la inserción de la Prevención sísmica en la currícula oficial en todos los niveles educativos, confección de bibliografía y capacitación de docentes y estudiantes de todos los niveles sobre prevención sísmica desde las causas y efectos de los terremotos hasta al organización en brigadas y simulacros, a fin de que en cada institución educativa sea

desarrollado su propio plan de respuesta a la emergencia. En estas tareas, participa activamente personal de defensa Civil provincial.

Actualmente y mediante un convenio entre el Ministerio de Educación y la Universidad Nacional de Salta, se está llevando a cabo el estudio preliminar de evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de los edificios escolares.

El trabajo se lleva a cabo a partir del método de examen visual rápido para determinación de riesgo sísmico potencial desarrollado por la Federal Emergency Management Agency, el cual tiene como propósito encontrar si el edificio debe o no ser sometido a una investigación detallada para adecuarlo a las normas sismorresistentes. Dicho método fue adaptado a las tipologías constructivas locales, a la reglamentación de construcciones sismorresistentes vigente y a las características de los edificios escolares. Su aplicación, rápida y económica, permite crear un banco de datos que proporciona información suficiente para fijar prioridades para una posterior evaluación cuantitativa.

En el sector de la salud, se efectuó la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad estructural y no estructural del Hospital San Bernardo, el más grande y complejo de la Provincia y que atiende a pacientes de todo el norte argentino. Está previsto ampliar estos estudios a los demás hospitales públicos y privados que fueron construidos antes de la vigencia de la norma sismorresistente.

APORTES DE ESTOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN AL MEDIO Y COOPERACIÓN CON OTROS ORGANISMOS.

Se considera que los resultados obtenidos con estos proyectos de investigación, serán un aporte valioso para el **avance en la determinación del riesgo sísmico operante sobre la Ciudad de Salta**, ya que se aplican a analizar la peligrosidad en ciernes sobre la Ciudad (que es un parámetro que no puede cambiarse) y la vulnerabilidad (que es posible reducir con medidas adecuadas), por lo que es posible el diseño de políticas coherentes y posibles de mitigación del riesgo sísmico y la modelización de escenarios de desastres, para la gestión del riesgo.

Se está reuniendo una cantidad importante de datos parciales a los que se agregarán más a medida que se completen los proyectos en ejecución que precisan ser cotejados, cruzados y sobre todo volcarlos en mapas temáticos que permitan una visualización directa y clara de los sitios más o menos riesgosos para la vida y pertenencias de las personas. Por ello el interés de este equipo de tomar parte de este Curso, pues la utilización de SIG es el paso natural a seguir para la clasificación racional y útil de los datos logrados, a fin de alcanzar el objetivo primordial que es contribuir a reducir la vulnerabilidad y por ende los riesgos sísmicos.

Este grupo de trabajo realizó desde el principio muchos esfuerzos para involucrar otros organismos y entidades de poder político en el interés por avanzar en estos conocimientos. No es una tarea fácil pues depende mucho de la disponibilidad de los funcionarios de turno y como éstos cambian continuamente, la tarea pareciera siempre empezar.

De todos modos, puede decirse que se está avanzando positivamente en este objetivo. Actualmente, cooperan con estos proyectos las Asociaciones profesionales de la Provincia,

Asociación de Ingenieros de Salta y Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y profesiones afines. Este último organismo es el responsable de controlar la aplicación de las normas sismorresistentes en los cálculos estructurales. Ambas instituciones cooperan en la provisión de datos, y sobre todo en la tarea de actualización constantes de los profesionales del medio, mediante la organización de cursos y seminarios sobre la temática, por medio de los cuales, los investigadores pueden brindar sus conocimientos y experiencias en estos temas, como así también dar a conocer los resultados de sus investigaciones.

Estas mismas asociaciones han contribuido a interesar a organismos del gobierno municipal (y provincial) para receptor el conocimiento logrado en la universidad y plasmarlos en leyes y decretos que propenden a mitigar efectos de riesgos de distinta índole. Concretamente, varios docentes que toman parte de estos proyectos, contribuyeron a la redacción de una ley a fin de evitar la construcción en las laderas inestables de los cerros que rodean la Ciudad de Salta. También la Cámara de Diputados ha empezado a tomar cartas en el asunto. Igualmente, los primeros resultados sobre respuesta de suelos ya fueron comunicados a la gente de defensa Civil, Bomberos, y Policía de la Provincia, A raíz de estas contribuciones, se están desmantelando plantas de envasado de gas, situadas en barrios densamente poblados de la Ciudad.

La actuación de los Ministerios de Salud Pública y de Educación de la Provincia se pone de manifiesto en los proyectos aplicados a la determinación de la vulnerabilidad de escuelas y hospitales, con el fin de adoptar las medidas pertinentes al momento de contar con los resultados de tal relevamiento de datos, lo que significa la adopción de medidas de reforzamiento estructural y el adiestramiento de docentes y alumnos para la emergencia.

Finalmente, los medios de comunicación también han empezado a interesarse por estos temas, y consultan frecuentemente a los docentes de la universidad a fin de informar a sus oyentes, lectores y televidentes sobre temas de prevención.

En el ámbito científico y docente local los datos experimentales logrados permitirán contar con parámetros de calibración fehacientes para modelos estructurales de cálculo, ya definidos o a ser propuestos en el futuro en el ámbito de la respuesta de estructuras a acciones dinámicas horizontales, interacción suelo-estructura, definición de curvas de vulnerabilidad, dinámica de suelos, geotecnia, fundaciones en zonas sísmicas, etc. La transferencia a profesionales de la construcción (arquitectos, calculistas, constructores, etc.) es de vital importancia a fin de materializar en la práctica diaria los avances del conocimiento originados por estos proyectos.

Desde el punto de vista económico, el conocer tanto el comportamiento del suelo donde se fundan las construcciones del hombre como la respuesta dinámica de las mismas redundan en el largo plazo en beneficios para toda la comunidad, al contar con edificios públicos y privados, calles, tuberías, pistas de aeropuertos, que no precisen arreglos constantes o sufran colapsos aun para sismos moderados.

En cuanto a las tareas de prevención, ayudan a mitigar los efectos catastróficos por lo que es una tarea altamente rentable, pues por cada peso que se gaste adecuadamente en mitigación antes que ocurra un desastre, se ahorrarán enormes costos representados en pérdidas que no sucedieron. La mitigación no tiene costo, a largo plazo se paga en dinero real y vidas salvadas.

Se mencionan a continuación otros proyectos en vigencia que si bien no están directamente relacionados a la problemática sísmica, realizan un aporte valioso a la adquisición de datos que contribuyen a caracterizar mejor tanto el riesgo sísmico como otros riesgos naturales tales como deslizamientos por exceso de humedad, acción antropomórfica, etc.

Proyecto 5: Rasgos del paisaje antiguo ocultos por la urbanización: la Ciudad de Salta

El objetivo del trabajo es recrear en una base cartográfica accidentes topográficos hoy ocultos a la vista, tales como arroyos, tagaretes, cárcavas, barrancas, terrazas, lagunas, charcas, etc., que fue enmascarado por la urbanización mediante rellenos y nivelaciones puntuales para suavizar pendientes.

La metodología de trabajo consiste en el análisis y selección de información cartográfica, recopilar información histórica donde se reúnen testimonios, comentarios, crónicas, datos recogidos de la tradición oral, fundamentalmente sucesos o acontecimientos importantes ocurridos en la ciudad de Salta que indican las modificaciones sufridas en su topografía. Se completará la investigación con reconocimientos de terreno para verificar la ubicación de los elementos del paisaje modificados, como así para definir las reducciones de pendientes que disimulan la existencia de estos rasgos, y volcando simultáneamente en imágenes CAD los signos topográficos y geomorfológicos identificados.

Con ello se obtendrá un nuevo layer de la ciudad de Salta en carácter de mapa temático.

APORTES.

Que la ciudad disponga a través de su Universidad Nacional, como una transferencia al medio, de datos de interés para ingenieros, arquitectos y eventualmente a la solicitud de organismos del estado provincial, de una base de información sobre el sustrato urbano, cuando se programen trabajos de desagües pluviales o se planifiquen otras tareas que tengan que ver con la urbanización.

Asimismo que otras ciudades reconozcan el servicio que brinda esta información sobre el paisaje previo a la urbanización y lleven a cabo en sus distritos trabajos similares.

A nivel socioeconómico influirá notablemente en la economía de los proyectos de planeamiento urbano, y a nivel docencia transmitirá la necesidad e importancia de impartir a los estudiantes de ingeniería el conocimiento de la geografía original de los emplazamientos urbanos.

El resultado de este proyecto servirá como complemento a los estudios que se llevan a cabo para conocer mejor el comportamiento de suelo donde se fundan las construcciones y en consecuencia un aporte en el estudio de la peligrosidad sísmica de la ciudad de Salta.

Se mencionan también el proyecto titulado *Inestabilidad de laderas en la Ruta Nacional 51* que si bien no está focalizado su estudio para la Ciudad de Salta, la metodología empleada será en los meses próximos empleada para la evaluación de la inestabilidad de las laderas que rodean la Ciudad de Salta.

Finalmente, se menciona el proyecto en etapa de evaluación, "*Dinámica fluvial en torrentes intermontanos*", que analizará la relación existente entre la energía de la corriente en diferentes etapas del año, con la geometría del cauce y otros elementos de la geometría vinculados a la dinámica de la corriente. Para este estudio se tomará como modelo ríos ubicados en el extremo norte y que limitan la Ciudad de Salta.

Se espera que una vez determinadas las relaciones buscadas, sea posible establecer un índice de riesgo hidrológico para los centros poblados, áreas agrícolas y obras de infraestructura.

CONCLUSIONES

Se presenta en este artículo una serie de tareas emprendidas desde la Universidad Nacional de Salta, con el concurso de varias instituciones del medio y extranjeras a fin de profundizar el conocimiento de la problemática sísmica y de otros riesgos naturales que afectan la Ciudad capital.

Se cuenta hasta el momento con una gran cantidad de datos que es preciso analizar y reunirlos en forma racional a fin de que sean útiles en la toma de decisiones para la mitigación de estos riesgos naturales y la gestión de la emergencia.

Es de particular interés del grupo de investigación, adquirir el conocimiento de la metodología de los SIG a fin de integrar la información reunida y volcarlos en mapas temáticos de fácil visualización de los sitios de alto riesgo de la ciudad, a fin de que las autoridades correspondientes tomen las medidas adecuadas para mitigarlos eficientemente.