



[Titulada por la ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, Yolanda Torres investiga en el ámbito de la Ingeniería Sísmica](#)

“Adoptar soluciones constructivas adecuadas es lo que nos salva en caso de terremoto”

En la Navidad de 1884, Arenas del Rey sufrió el terremoto más destructor que ha vivido nuestro país. La catástrofe se mantiene viva entre sus vecinos, entre ellos, Yolanda Torres, natural de este pequeño pueblo granadino, que rememora cómo en el colegio hacían simulacros y aún celebran actos conmemorativos de aquel día. Por eso, “siempre he tenido muy presente la necesidad de protegernos contra esos eventos, y quizá por eso la asignatura de Geofísica fue una de mis favoritas”, señala.

Con esta experiencia, no es de extrañar que Yolanda decidiera estudiar Ingeniería Técnica en Topografía. Tras acabar la carrera, quería continuar su formación y no perder la vinculación con la Escuela. Así que contactó con Belén Benito, su profesora de Geofísica y directora del Grupo de Investigación en Ingeniería Sísmica de la UPM, y em-

pezó a trabajar con ella como becaria en 2008.

Máster en Ingeniería Geodésica y Cartografía por la UPM, Yolanda está culminando su doctorado en análisis de riesgo sísmico en zonas vulnerables del planeta. Su tesis doctoral consiste en el diseño de una metodología para estimar la vulnerabilidad de los edificios ante terremotos, basada en análisis de datos tomados por teledetección. Parte de su actividad son los trabajos de campo hechos en Haití tras el terremoto de 2010, y en Lorca, en 2011.

¿Qué proceso se sigue para evaluar el riesgo sísmico de una zona y qué factores se estudian?

Evaluar el riesgo sísmico en una ciudad consiste en determinar el daño que se espera sufran las edificaciones a causa de terremotos en el futuro, así como las pérdidas asociadas a estos daños, tan-

to humanas como económicas. El daño está condicionado a la ocurrencia de sismos (peligro sísmico) y la existencia de personas y bienes expuestos (exposición) que se quieren proteger, como edificaciones o infraestructuras. Estos bienes son caracterizados por su vulnerabilidad, es decir, su capacidad de sufrir daños por terremotos, y su coste de reposición. Zonas con alta peligrosidad sísmica pero baja exposición (un desierto, por ejemplo) o exposición poco vulnerable (como Japón o California), tienen poco riesgo. Y viceversa: regiones con poco peligro pero de estructuras vulnerables, tienen alto riesgo porque experimentan serios daños cuando tiene lugar un terremoto moderado. El objetivo final de estos estudios es conocer a qué se enfrentan las ciudades para que puedan tomar medidas de prevención y mitigación, evitando así catástrofes en el futuro.

¿En qué consiste exactamente su investigación de tesis y cuál es su objetivo fundamental?

El objetivo fundamental de mi tesis es definir una metodología para obtener una base de datos espacial de exposición por medio del análisis de datos tomados por teledetección, como imágenes de satélite, fotografías aéreas y nubes de puntos LiDAR. Principalmente me centro en detectar y clasificar edificios de viviendas y estimar el número de personas, que son los elementos expuestos que habitualmente se consideran en este tipo de estudios. En países como España, donde tenemos un buen catastro, la base de datos de exposición sería más fácil de generar, y no necesitaría un trabajo de teledetección tan exhaustivo. Pero en países en desarrollo generalmente no se cuenta con catastro, y es en esos escenarios donde precisamente esta metodología sería de gran aplicación.

¿Cuáles son las zonas del planeta de mayor riesgo sísmico?

Son aquellas en las que confluyen elevada actividad sísmica y elevada exposición vulnerable. Los terremotos ocurren en los límites de las placas tectónicas y en fallas interiores, al liberarse los esfuerzos acumulados en el terreno debido al movimiento de estas placas. Por tanto, las zonas del mundo donde se registran más terremotos están asociadas a estos accidentes tectónicos. Por ejemplo, el conocido como “Anillo de Fuego del Pacífico”, está formado por distintas zonas sísmicas, muy activas, en los límites del Océano Pacífico. Esto incluye la costa este de Asia y oeste de



“El diseño antisísmico puede encarecer, pero se trata más bien de una cuestión de buenas prácticas constructivas”

América. También es muy activa la zona sur de Malasia e Indonesia y el norte de Australia. En la placa de Eurasia se registran importantes terremotos en el sureste de Europa (Italia, Grecia, Turquía...) y centro de Asia. De todas estas regiones, el riesgo será muy alto en las grandes ciudades que sean más vulnerables, especialmente ciudades en expansión, donde existan asentamientos informales. Ciudades así encontramos en países como Haití, Pakistán, India o Indonesia. Recordemos, por ejemplo, la reciente tragedia de Nepal. Por el contrario, países como Japón, EEUU o Chile

son los mejor preparados para resistir terremotos, ya que tienen más cultura antisísmica y cuentan con soluciones tecnológicas preventivas.

Hizo trabajo de campo en Haití después del terremoto de 2010. ¿Cómo fue su experiencia allí?

Como experiencia personal, fue muy enriquecedora. Conocí a personas magníficas que habían sufrido mucho dolor y, a pesar de ello, no habían perdido las ganas de luchar y salir adelante. La situación que viven en Haití miles de familias es realmente dura, con muy pocos recursos y aún menos apoyo, lo que hace muy difícil tener esperanza. Como experiencia profesional ha sido un tanto agri dulce. El trabajo de nuestro grupo ha sido fantástico, he podido colaborar con verdaderos profesionales en todos los campos que cubre la ingeniería sísmica, tanto de España como de otros países (de Noruega, Italia, Japón, Cuba, Puerto Rico, República Dominicana... además de Haití). Hemos realizado proyectos e impartido cursos durante cuatro años, en colaboración con técnicos locales del Ministerio de Medioambiente y Vulnerabilidad de Haití, y aún continuamos. La parte agria viene, sobre todo, por la falta de apoyo e implicación práctica que hemos tenido de parte de algunas instituciones locales y externas.

Fundamentales en este tipo de catástrofes, ¿qué medidas preventivas son más eficaces en su opinión?

Sin duda, la medida de prevención más eficaz para evitar que un terremoto se convierta en una catástrofe es la con-



Mapa de peligrosidad sísmica de Centroamérica en términos de PGA y para periodo de retorno de 475 años. El mapa fue elaborado en el marco de los proyectos RESIS I y II, financiados por la Agencia de Cooperación Noruega.



Detección de edificios en Puerto Príncipe, Haití, mediante el análisis de puntos LiDAR, tras el terremoto de 2010. Forma parte del proyecto de investigación de la Tesis Doctoral.

cienciación de toda la sociedad. Una sociedad consciente del peligro a que está sometida, se prepara para combatirlo. Así, por un lado, los ciudadanos deberían saber cómo actuar en caso de terremoto, qué documentos tienen que tener preparados y cuál es su papel en la gestión de la emergencia (¿Usted sabe qué debe hacer en caso de terremoto?). Y, por otro, las autoridades deberían fomentar medidas mitigadoras, como la construcción sismorresistente, y tener elaborados sus planes de emergencia. El terremoto no se puede evitar, lo que sí podemos evitar es que las edificaciones sufran daños severos y colapso, y adoptar soluciones constructivas adecuadas es precisamente lo que nos salva.

¿Es posible predecir un terremoto?

Decir exactamente qué día, a qué hora y en qué lugar se producirá el próximo terremoto no es posible a día de hoy. Lo que sí se puede hacer, y es lo que hacemos en nuestro trabajo, es determinar el nivel de peligro que hay en una determinada zona (puede ser un país entero o una ciudad en particular). Predicimos la aceleración que experimentará el suelo debido a un terremoto concreto que simulamos, o la aceleración probable por los sismos futuros que podamos esperar durante un periodo determinado. Esto no se puede utilizar para lanzar una alarma y evacuar, pero sí para construir de manera que cuando el sismo ocurra, los edificios resistan esas aceleraciones.

Su especialidad es el estudio de la vulnerabilidad de estructuras. ¿Qué papel desempeña en ello el material de las construcciones?

El material de la construcción es fundamental, no cabe duda, pues edificios construidos con materiales más resistentes como el hormigón armado sufren, en teoría, menos daño que otros como ladrillo, bloque o piedra. Y digo "en teoría" porque el método constructivo y el rigor en la construcción son también muy importantes. En Haití nos

"En un contexto mundial, la sismicidad de nuestro país se considera entre baja y moderada"



Evaluación de una vivienda en construcción en Cabo Haitiano, Haití, en 2011. Trabajo de cooperación para determinar la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en las ciudades del norte de Haití, donde existe alta probabilidad de ocurrencia de sismos.

hemos encontrado edificios con estructura viga-pilar de hormigón armado que podrían haber resistido, y sin embargo han colapsado, porque las barras de acero del armado eran lisas o estaban alabeadas, el hormigón era de mala calidad, o las dimensiones de la estructura no eran correctas (pilares muy esbeltos y losas muy gruesas y pesadas). Estas prácticas son frecuentes en países donde predomina la autoconstrucción. Aunque en otros países de Europa hemos visto recientemente que colapsan edificios modernos, aparentemente bien construidos, bien por no seguir correctamente las normas antisísmicas o bien por reducir costes empleando materiales de baja calidad. Eso hay que evitarlo.

Otros factores que influyen en la vulnerabilidad de los edificios son la presencia de sistemas aisladores y disipadores de energía sísmica, la regularidad de su geometría, tanto en planta como en alzado, y la separación de las estructuras vecinas, pues en ocasiones un edificio puede dañar al edificio colindante.

¿Hay diferencias notables de prevención entre las viviendas convencionales y otras estructuras, como presas o puentes?

Sí. De hecho, los estudios de peligro y riesgo sísmico de estas estructuras de especial importancia se hacen *ex profeso*. En la normativa sismorresistente se dan especificaciones de diseño más restrictivas para estas estructuras, de forma que resistan mayores sacudidas sísmicas (de menor probabilidad anual de excedencia, es decir, mayor periodo de retorno). Por supuesto, un mayor diseño antisísmico implica costes algo mayores. Por eso, en las viviendas convencionales se pueden asumir algunos daños (ligeros o moderados, siempre evitando el colapso) por razones de rentabilidad.

¿Cómo es la regulación de la seguridad de los edificios frente a los terremotos en los distintos países? ¿Y en nuestro país?

La regulación de la construcción se hace por medio del código sísmico (también llamado normativa sismorresistente). El código cuenta con mapas de peligrosidad sísmica para las edificaciones, distinguiendo entre viviendas convencionales y de especial importancia (edificios públicos, colegios, hospitales, etc.) y da unas recomendaciones y requisitos de diseño para que resistan la aceleración que indican los mapas. Hay países que no tienen aún código sísmico, como Haití, a pesar del fatídico terremoto y de los estudios que se han hecho (entre ellos, nuestro mapa de peligrosidad y recomendaciones para la primera normativa sismorresistente). En cambio, otros países como México o Chile, desarrollaron sus primeros códigos sísmicos tras sufrir precisamente terremotos destructivos, y

ahora son más resilientes. En España tenemos normativa desde el año 1962, que se ha venido revisando y actualizando periódicamente. Actualmente, la norma de 2002 está en revisión y nuestro grupo de investigación ha coordinado la elaboración del nuevo mapa de peligrosidad sísmica, que ha contado con el consenso de investigadores de todo el país.

Su trabajo se centra en países de Centroamérica. ¿Qué características o peculiaridades presentan?

Los países de Centroamérica se ven sometidos a una elevada actividad sísmica, y a otros peligros naturales como inundaciones, tifones, deslizamientos de laderas o vulcanismo. Cada año, la mayoría de estos países tiene que hacer frente a uno o varios eventos adversos. Además, las características constructivas en zonas rurales no son muy diferentes a las de Haití. A pesar de todo ello, Centroamérica ha experimentado una evolución muy positiva en los últimos 20 años. Ahora, prácticamente en cada país hay un observatorio de riesgos naturales, donde se monitorizan los peligros, se definen medidas de prevención y se elaboran los planes de emergencias. Nosotros trabajamos en colaboración con ellos, y hemos calculado la peligrosidad sísmica en toda la región y el riesgo en las capitales. Con el tiempo, la sociedad se ha vuelto más consciente y las ciudades más resilientes. No obstante, hay que seguir trabajando en esta línea.

"Se estima que en Madrid, un ciudadano que encuentra atasco al ir al trabajo, pierde 500€/año; y una víctima de tráfico cuesta a la sociedad 1,4M€"

¿Cuáles son las principales trabas por las que el diseño antisísmico de estructuras no está aún extendido en esos lugares?

Fundamentalmente falta de formación, y lo que podemos definir como vulnerabilidad administrativa. En los países menos desarrollados es más difícil encontrar marcos legales e institucionales para implementar normativas antisísmicas, además de la falta de conocimiento técnico. El diseño antisísmico puede encarecer, pero no desmesuradamente. Es más bien una cuestión de buenas prácticas constructivas; el coste es más intelectual que económico. Ese sobre coste es siempre menor que el coste de reparación o reconstrucción cuando llegue el terremoto, menor también que el coste de gestionar una catástrofe caótica, e incomparable con el coste de perder una vida. Pero esto cuesta verlo, y aun cuando se comprende o se aprende tras un evento, no se lleva a cabo si

existen necesidades básicas que atender como la alimentación, habitabilidad, empleo, etc.

En España se han registrado en los últimos años terremotos como los de Lorca o Albacete. ¿Cómo valoraría el riesgo potencial?

En España, la zona donde ocurren terremotos de mayor tamaño y con mayor frecuencia es el sur-sureste. No obstante, a pesar de que no haya fallas cartografiadas por todo el territorio nacional, se podría producir un terremoto en cualquier punto, como ocurrió en Lugo, Albacete o Pedro Muñoz. En un contexto mundial, la sismicidad (por tanto, el peligro) de nuestro país se considera entre baja y moderada. Sin embargo, el riesgo puede ser alto en algunas zonas, ya que depende, no sólo de la localización de las fallas, sino también de la vulnerabilidad de las estructuras, como hemos mencionado anteriormente, y de la concienciación antisísmica de la población. Para poder evaluar el riesgo, habría que estudiar tanto la sismicidad como las estructuras de cada ciudad en particular.

Junto a su actividad investigadora y de cooperación, también ha iniciado su carrera como emprendedora con la puesta en marcha de MOVi-TeC. ¿En qué consiste este proyecto?

MOVi-TeC es una tecnología para Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) que

MOVi-TeC
Tecnología para Controlar Objetos en Movimiento a partir de Vídeo



detecta los vehículos, los cuenta y clasifica, calcula su velocidad y la distancia entre ellos, y localiza incidentes como vehículos parados, accidentes, atascos, etc. En tiempo real transmite toda esta información al centro de control de tráfico de una ciudad o una infraestructura de transporte para que se puedan tomar decisiones, enviar alarmas a policía o ambulancias y hacer estadísticas. La gran novedad de *MOVi-TeC* es que sólo necesita una cámara de vídeo como sensor, lo que permite ahorros de entre el 40% - 80% con respecto a las soluciones actuales. Además, es modular, adaptándose a las necesidades de cada cliente o a cada punto de la carretera (cruce, túnel, tramo recto...).

¿Cuál es su aplicación práctica?

Tanto España como el resto de la Unión Europea, están de acuerdo en que el control del tráfico en el futuro pasa por los ITS, ya que cada vez hay más vehículos en nuestras carreteras, más población en las ciudades y, lamentablemente, los accidentes de tráfico no terminan de reducirse. Se estima que en Madrid, por ejemplo, un ciudadano que encuentra atasco al ir al trabajo, pierde 500€/año; y una víctima de tráfico cuesta a la sociedad 1,4M€El objetivo final de un ITS como *MOVi-TeC* es regular el flujo del tráfico para evitar que los vehículos se detengan o se pasen de velocidad. Esto aporta más seguridad a la conducción, nos permite ahorrar combustible, prevenir accidentes y cuidar el medioambiente. Nos dirigimos tanto a ciudades, en el concepto de *smartcity*, como a empresas que ofrecen este tipo de tecnologías, como Indra o Abertis. Actualmente estamos desarrollando un proyecto piloto con la ciudad de Rivas-Vaciamadrid, para integrar *MOVi-TeC* en su centro de control. Queremos presentar los resultados en el Congreso Internacional de *Smart City* de Barcelona el próximo mes de noviembre, donde esperamos alcanzar gran repercusión.

¿Qué le animó a crear una empresa?

Fueron varios factores los que nos hicieron a mi colega Héctor Lamolda y a mí iniciar esta aventura. En primer lugar, nos animamos a crear una empresa porque creemos en nuestra idea de negocio. Resuelve un problema de tráfico real al que los gobiernos se tienen que enfrentar tarde o temprano, y nosotros estamos aportando una solución innovadora y totalmente viable. Por otro

“El control del tráfico en el futuro pasa por los Sistemas Inteligentes de Transporte”

lado, dado que la situación laboral es tan inestable ahora mismo, vimos que emprender era una buena alternativa. Además, mis compañeros del grupo de investigación participaron en *actúaupm* el año anterior y me recomendaron presentar *MOVi-TeC*.

Finalista de la XI edición de *actúaupm*, ¿cómo valora esta experiencia?

Muy positiva y enriquecedora. Lo más sorprendente para mí fue descubrir el gran talento que hay en la Universidad. Había muchos proyectos realmente increíbles, que presentaban soluciones tecnológicas relacionadas con materiales ultraligeros, chips reducidos a un tamaño impensable, y hasta un prototipo de dron. Todos ellos presentados por estudiantes que apenas acababan de terminar el grado. Y lo que más valoro es la formación. Me he acercado al mundo de la empresa, los negocios y las finanzas, que me era totalmente ajeno, y que me faltaba para completar mi perfil.

Titulada por la UPM, ¿cómo valora la formación que ha recibido en esta Universidad? ¿Recomendaría estudiar en ella?

¡Sin duda! Es una de las mejores universidades públicas de España, y es valorada y reconocida a nivel internacional. No sólo lo digo por las cifras (como el ranking QS o el del BBVA-IVIE), sino por mi propia experiencia. Antes de terminar Ingeniería Técnica en Topografía, durante la ejecución de mi Proyecto Fin de Carrera, estuve trabajando en un túnel. Me encargaba de la topografía interior y del guiado de la tuneladora. El proyecto fue un éxito: no sólo no tuve ningún problema, sino que me vi perfectamente capacitada para hacer todos los trabajos topográficos necesarios. Y posteriormente, en otros puestos de trabajo, he tenido la misma sensación. Es una carrera en la que hacemos muchas prácticas desde el primer curso y eso, en el entorno laboral, se nota. En cuanto al Máster, me ha aportado una

visión amplia y actualizada del presente y el futuro de mi ingeniería, y me ha ayudado a tener proyección internacional. Tras el primer año fui a un congreso mundial de Sismología en Moscú a presentar una ponencia. Allí conocí a unos investigadores alemanes del Centro Helmholtz – GFZ que se interesaron mucho por mi investigación, y especialmente por la formación que estaba recibiendo en el Máster. Así que me propusieron firmar un Memorandum de Entendimiento y hacer una estancia de investigación con ellos, para la que conseguí incluso una beca del DAAD, además de la de movilidad de la UPM. Ahora, aparte de trabajar en mi Escuela, soy miembro del Consejo de Cooperación y de la Comisión de Dirección del Centro de Innovación en Tecnologías para el Desarrollo Humano. Esto me ha dado la oportunidad de trabajar con profesores e investigadores de otras escuelas, y entre ellos hay grandes profesionales, que trabajan con vocación y que son referentes internacionales en sus campos de investigación.

¿Qué recomendaría a los estudiantes recién titulados que se plantean investigar o emprender?

Ambas cosas no están reñidas, sino que pueden ir más bien de la mano. Para emprender necesitas una idea que resuelva un problema, y muchas veces esa idea viene como resultado de una investigación. Un investigador se termina convirtiendo en un experto, y para emprender tienes que ser muy experto en un campo; así que son perfectamente compatibles. De ahí que en nuestra Universidad tengamos tantas buenas ideas que salen de los grupos de investigación.

¿Hacia dónde quiere encaminar su futuro profesional?

Mi futuro cercano pasa por terminar la tesis este año, impartir mis horas de colaboración docente y llevar un buen proyecto *MOVi-TeC* al congreso de *Smart City* (que no es poco...). A medio-largo plazo, habrá que ver en qué circunstancias se encuentra el panorama laboral, pero no me gustaría tener que desvincularme de la Universidad. De hecho me entristecería dejar todo lo que he ido construyendo en estos últimos nueve años, desde que entré en el grupo de investigación. Me apasiona lo que hago, especialmente la docencia, así que espero poder dedicarme a ello en el futuro.