

VIII CONCLUSIONES

Los sistemas de alerta hidrometeorológica descritos en este documento, son los primeros de su tipo utilizados en México y fueron desarrollados específicamente para apoyar a las Unidades de Protección Civil de los municipios en la detección temprana de condiciones que pudieran propiciar súbitas avenidas y daños por inundaciones derivadas de intensas lluvias.

Los sistemas de medición remota, de comunicación y de procesamiento fueron diseñadas en el CENAPRED por personal del Área de Instrumentación Hidrometeorológica de la Coordinación de Instrumentación y del Área de Riesgos Hidrometeorológicos de la Coordinación de Investigación de este Centro. Ello permitió no sólo desarrollar esta nueva herramienta tecnológica de bajo costo, sino también diseñarla a la medida de las necesidades particulares de las cuencas de interés. Considerando el impacto socio-económico que fenómenos como el huracán Paulin tuvo en Acapulco en 1997, los sistemas de alerta desarrollados ofrecen una relación costo-beneficio muy favorable, pudiendo salvar vidas y cuantiosos daños.

Las mediciones obtenidas por las estaciones pluviométricas han ayudado a comprender la hidrología superficial de varias de las cuencas y a identificar las de mayor riesgo de inundación y escurrimientos. La confiabilidad en los pronósticos del sistema aumentará a medida que se cuente con más datos de lluvia y de niveles en los ríos, ya que ello permitirá afinar la calibración de las pérdidas debidas a infiltración y algunos parámetros de los hidrogramas unitarios instantáneos geomorfológicos. Para mejorar los pronósticos del sistema, es necesario hacer una campaña de mediciones de gastos, o escurrimientos, durante un cierto tiempo en algunas secciones transversales de los ríos para calibrar los métodos empleados para estimar dichos gastos.

No obstante que el modelo lluvia - escurrimiento en que están basados los sistemas descritos es de tipo hidrológico, en particular del tipo de parámetros concentrados, su implantación resulta adecuada, ya que requiere menos información que un modelo del tipo distribuido, el cual resulta todavía un tanto complicado de aplicar en forma operativa en protección civil. Los modelos lluvia - escurrimiento de parámetros concentrados estiman la lluvia media para una subcuenca en especial. A partir de estas precipitaciones se calculan las lluvias efectivas, por medio de un coeficiente de escurrimiento, que varía de acuerdo con la precipitación antecedente, por lo que se infiltra menos cuando el suelo se humedece; sin embargo, como se han dividido algunas de las cuencas hidrológicas por el tamaño de éstas, y se ha aplicado el método anterior a cada una de las subcuencas, se puede decir que en los sistemas se ha utilizado un modelo semidistribuido.

Con base en esta lluvia, y a través de los hidrogramas unitarios, se estima el escurrimiento asociado a la tormenta que cae en cada subcuenca. Al comparar los escurrimientos con los umbrales fijados previamente, si estos son rebasados es posible que se presente una situación de peligro, por lo que el color del semáforo de aviso cambia de verde, a amarillo o a rojo. Como no se dispuso de registros simultáneos de escurrimiento y precipitaciones, se emplearon hidrogramas unitarios geomorfológicos, y en cuencas pequeñas con corrientes de orden inferior, se utilizó un hidrograma unitario sintético.

El funcionamiento de los sistemas ha sido, en general, satisfactorio hasta ahora, y sólo se han presentado aislados problemas de operación en algunas estaciones. Algunos de estos problemas se han presentado por pluviómetros atascados en su mecanismo de balancín o porque sus conos de captación se encontraron tapados por basura. También fallas por interferencias en las bandas de radiocomunicación, vandalismo de equipos o descargas eléctricas han provocado ocasionalmente pérdida de datos. Muchos de estos problemas están directamente asociados a la falta de supervisión y mantenimiento preventivo por parte del personal de protección civil encargado de operar los sistemas.

Los sistemas instalados hasta ahora han demostrado ser muy útiles en la toma de decisiones de las autoridades de protección civil ya que les han permitido conocer el comportamiento hidrológico de las cuencas en estudio e inferir con anticipación el momento y la cantidad de agua que escurrió en un determinado sitio.

Basado en la experiencia adquirida con los cinco sistemas descritos, se contempla próximamente instalar nuevos sistemas de alerta en otras cuencas de alto riesgo en el País y continuar con el desarrollo de estas tecnologías para incorporar también parámetros climatológicos a las estaciones de medición de lluvia.

IX RECONOCIMIENTOS

Los recursos materiales para el desarrollo de los sistemas de alerta hidrometeorológica descritos fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. Asimismo se recibió apoyo por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM para la realización de estos proyectos.

Además de estas instituciones, participaron en la instalación y operación de los sistemas las Unidades Municipales de Protección Civil de Acapulco, Monterrey, Tijuana, Tapachula y Motozintla.

TÍTULOS PUBLICADOS DE LA SERIE INFORMES TÉCNICOS

ÁREA DE RIESGOS QUÍMICOS

Medidas de prevención y atención de accidentes carreteros donde se involucran sustancias químicas; Laura Angélica de la Cruz y Martha Alcántara.

Lineamientos generales para la evaluación de sitios contaminados y propuesta de acciones para su restauración; Cecilia Izcapa.

Prácticas apropiadas para disminuir los riesgos ambientales por el manejo de las gasolinas en estaciones de servicio; Efraín Altamurano y Georgina Fernández.

Minimización de la peligrosidad en plantas y talleres de cromado; Ramón Maubert y Georgina Fernández.

Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas; Martha E. Alcántara y Tomás González.

Metodologías para la evaluación del riesgo en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos; Rubén Darío Balboa

ÁREA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y GEOTECNIA

El sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999; Sergio M. Alcocer, Gerardo Aguilar, Leonardo Flores, Daniel Bitrán, Roberto Durán, Oscar A. López, Miguel A. Pacheco, Carlos Reyes, Claudia M. Uribe, Manuel J. Mendoza.

El sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999; Oscar A. López, Carlos Reyes, Roberto Durán, Daniel Bitrán y Javier Lermo.

Efecto del refuerzo horizontal en el comportamiento de muros de mampostería confinada ante cargas laterales; Gerardo Aguilar y Sergio M. Alcocer.

Comportamiento ante cargas laterales de muros de ladrillo de arcilla perforado y multiperforado; José A. Zepeda y Sergio M. Alcocer.

Estudio analítico de estructuras de mampostería confinada; Leonardo E. Flores y Sergio M. Alcocer.

Comportamiento de vigas peraltadas diseñadas con el modelo de puntales y tensores; Claudia M. Uribe y Sergio M. Alcocer

Monitoreo de laderas con fines de evaluación y alertamiento; Manuel J. Mendoza, Leobardo Domínguez, Ignacio Noriega y Enrique Guevara.

ÁREA DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS E INSTRUMENTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Sistemas de alerta hidrometeorológica en Acapulco, Tijuana, Motozintla, Tapachula y Monterrey; Roberto Quaaas, Miguel Ángel Franco, Javier González, Oscar Arturo Fuentes, Martín Jiménez y Héctor Eslava