

**XXVII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
LIMA, PERÚ, 28 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2016**

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN ZONA DE ALUVIONES

J. Chira La Rosa¹ y J.M. Kuroiwa²

1. Director General de Estadística e Informática. Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología del Perú

Email: jchira@senamhi.gob.pe

2. Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Email:

jkuroiwa@uni.edu.pe

RESUMEN:

En la cuenca media-alta del río Rímac en la región Lima Metropolitana se ha producido la ocupación irregular de quebradas aparentemente secas que se activan periódicamente por efectos de lluvias locales. La activación de estas quebradas genera flujos de lodos y detritos, conocidos como "huaycos" que son una forma de aluvión, lo que a su vez produce daños materiales y pérdidas a la salud y la vida, principalmente de la población del distrito de Chosica.

El presente trabajo presenta una propuesta de mejora del Sistema de Monitoreo de Peligros existente, manejado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, organismo encargado de la emisión de avisos de peligros.

La propuesta consiste en una mejora en el diseño de la red, incrementando el número de estaciones automáticas; una propuesta tecnológica que implicaría un cambio en las telecomunicaciones con un sistema GPRS y la adquisición de un radar meteorológico del tipo LAWR (Radar Meteorológico de Área Local, en inglés); así como un modelo de gestión del sistema, lo cual vendría a constituir un **Sistema de Alerta Temprana** para la zona de Chosica.

ABSTRACT:

In the upper middle basin of the Rimac River in the Metropolitan Lima region, illegal settlements have occurred on steep creeks that are usually dry but become active during a rainfall event. Creek activation generate sludge and debris flow, , known as "huaycos" which are a form of alluvium, which, in turn, causes material damages, life losses and potential injuries, mainly of the Chosica district population.

This paper presents a proposal for improving the existing hazard monitoring system, managed by the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru, the agency in charge of issuing hazard warnings.

The proposal constitutes an improvement in the design of the network, increasing the number of automatic stations; a technological proposal would imply a change in telecommunications with a GPRS system and the acquisition of a Local Area Weather Radar (LAWR) and a system management model, which would become an Early Warning System for the area of Chosica.

PALABRAS CLAVES: Aluvión, Huayco, Sistema de Alerta Temprana, Chosica

I.- INTRODUCCIÓN

La ciudad de Lima tiene una población de aproximadamente 9.75 millones de habitantes y un crecimiento anual de 1.3 % para el periodo 2010-2015; ocupa la cuenca baja y parte de la cuenca media del río Rímac. La cuenca del río Rímac, desde la naciente hasta su desembocadura ocupa una superficie de 3504 km², de los cuales 2302 km² corresponden a la cuenca seca, en la cual no se genera mayor escorrentía (Fig. 1). En la cuenca media se han producido ocupaciones de quebradas de fuerte pendiente y zonas aledañas. Esta es una zona árida, donde por lo general no ocurren lluvias intensas, lo que genera acumulación de material coluvial en las laderas y quebradas. Sin embargo cuando ocurren lluvias, éstas generan escorrentía en las quebradas que habitualmente son secas, hecho que, aunado a la fuerte pendiente y la acumulación de sedimentos, induce a la ocurrencia de aluviones, conocidos en el Perú como huaycos.

La distribución de la precipitación en la cuenca media y alta tiene un fuerte efecto orográfico. La precipitación media anual es aproximadamente 0 mm en el litoral, 100 mm a 1000 msnm y 900 mm en la divisoria, aproximadamente a 5000 msnm. La ocurrencia de aluviones ha generado pérdidas de vidas humanas y pérdidas económicas la ciudad de Chosica, ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, que se desarrolla entre los 900 y 1000 msnm y tiene una población aproximada de 219,000 habitantes. Se han identificado al menos 08 quebradas en las que vive población en riesgo inminente. En los años 1987, 2002, 2014 y 2015 se han generado aluviones que han destruido propiedades y/o han ocasionado la muerte de personas en Chosica. En el largo plazo la población debe necesariamente ser reubicada en zonas seguras. A pesar de la ocurrencia reciente de un aluvión en el año 2015 (Villacorta et al., 2015) los pobladores se oponen a abandonar el lugar y las autoridades locales y nacionales no han podido trasladar las viviendas a una ubicación segura. Por lo tanto, es necesario generar una alerta que permita salvar vidas mientras se resuelvan los problemas sociales. En la actualidad, el Sistema de Monitoreo Hidrometeorológico con que cuenta el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) tiene limitaciones en su diseño y equipamiento tecnológico. En la evaluación realizada en este estudio se determinó que el sistema de alerta temprana no respondería en forma oportuna en caso de un aluvión debido a la rápida activación de la quebrada, estimada en media hora después que empezaba la lluvia. Por este motivo se ha planteado un sistema de alerta temprana para poder dar aviso en forma adecuada y oportuna a los habitantes de la zona y al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a cargo del mantenimiento de la Ruta Nacional PE-22, que cruza la zona del estudio.

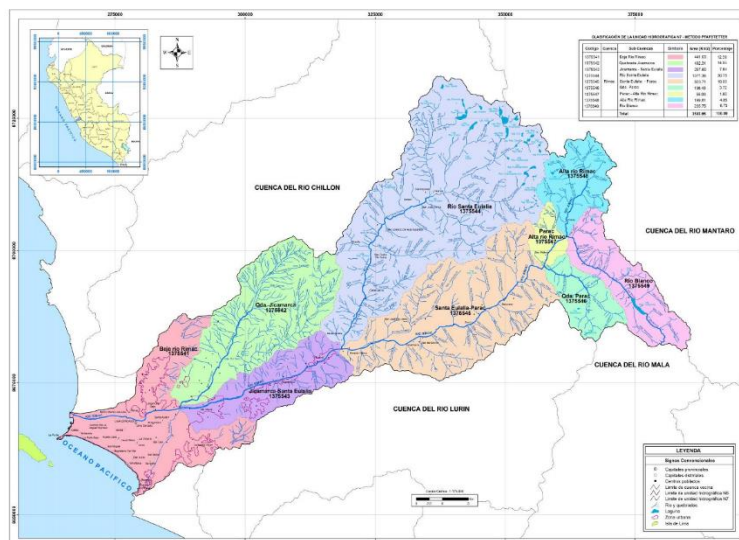


Figura 1.- Mapa de la Cuenca del Río Rímac (ANA, 2010)

II.- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ALUVIONES

La cuenca media del río Rímac, es donde se producen huaycos (aluviones), deslizamientos de tierra e inundaciones (Kuroiwa, 2010) (Fig. 2).



Figura 2.- Huayco del 23 de Marzo de 2015 en Chosica (Gestión, 2015)

Gran cantidad de población asentada en el cauce de las quebradas del río Rímac (provincias de Lima y Huarochirí), se encuentra en situación vulnerable por la exposición de viviendas localizadas en conos de deyección de quebradas, principalmente en Chosica, la carretera central (única ruta de conexión entre Lima y la sierra central), así como de infraestructura eléctrica y de captación de agua para la ciudad de Lima. (Sato, 2012)

JICA (1988), INDECI (2005), entre otros han identificado 7 y 18 quebradas respectivamente, donde se producen huaycos e inundaciones en la cuenca media y alta del río Rímac.

Recientemente la Autoridad Nacional del Agua, ANA (2015), ha identificado 8 zonas críticas en las quebradas próximas a la ciudad de Chosica. Estas zonas se encuentran asentadas cerca de las quebradas Mariscal Castilla, Cupiche, Carossio, Corrales, Pedregal, Huayaringa, Las Cruces y Cashahuacra. (Fig.3)

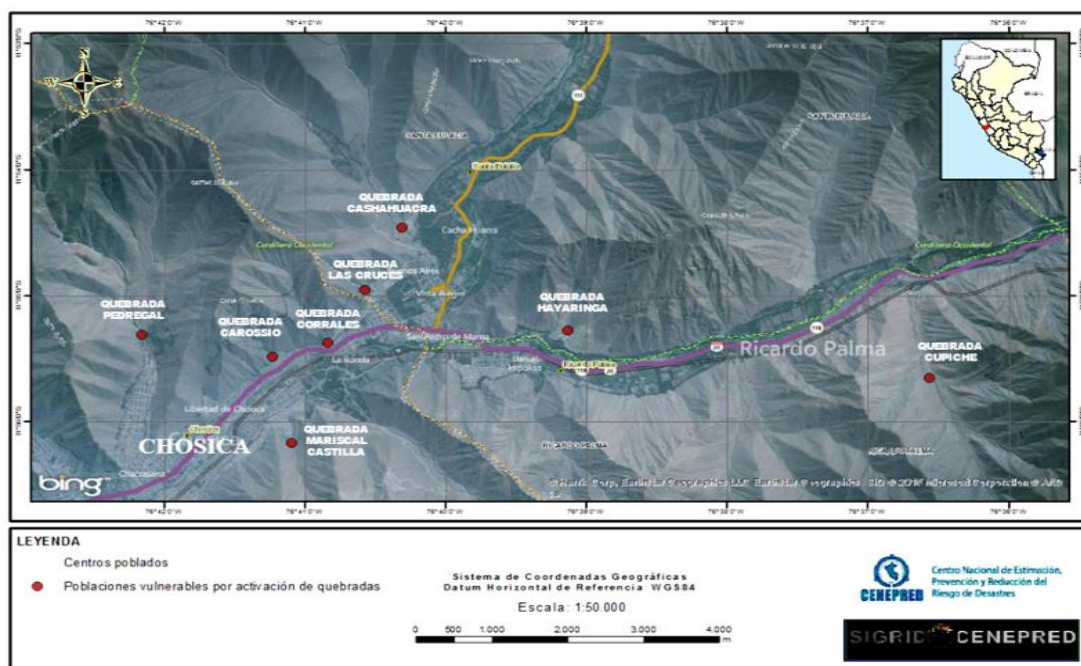


Figura N° 3.- Mapa de Poblaciones Vulnerables (elaboración propia: datos ANA 2015 y SIGRID/CENEPRED 2015)

Según la ANA (2015) existe potencialmente un aproximado de 9500 habitantes de esas zonas de ser afectado de forma directa e indirecta.

Asimismo, se ha realizado una estimación de los 3 últimos huaycos (febrero 2015, marzo 2015 y abril 2012), ocurridos en Chosica; basados en los reportes de INDECI (2015 y 2012), se observa que al menos se ha tenido una cantidad de 11 personas fallecidas y 29 heridos. (Tabla 1).

Tabla 1.- Afectaciones por Huaycos en Chosica (elaboración propia)

FALLECIDOS	HERIDOS	DAMNIFICADOS	AFFECTADOS	VIVIENDAS DESTRUIDAS	VIVIENDAS AFECTADAS	INSTUTO EDUCATIVO AFECTADO
11	29	1808	6086	698	1124	60

Análisis de la Precipitación en la Cuenca

Las precipitaciones medias, tienen una relación dependiente de la altitud; a mayor altitud se presenta una mayor precipitación; sin embargo las precipitaciones máximas son más independientes de la altitud (Fig. 4). Este aspecto climático, aunado a la geomorfología de la zona, explicaría la ocurrencia de eventos extremos (huaycos, inundaciones), en zonas donde la precipitación media anual es prácticamente nula o muy escasa.

Si al hecho anterior se le suma los problemas sociales; trae como consecuencia que la población ocupe indebidamente quebradas aparentemente secas, pero que se encuentran en peligro inminente, ante la activación de dichas quebradas por lluvias intensas.

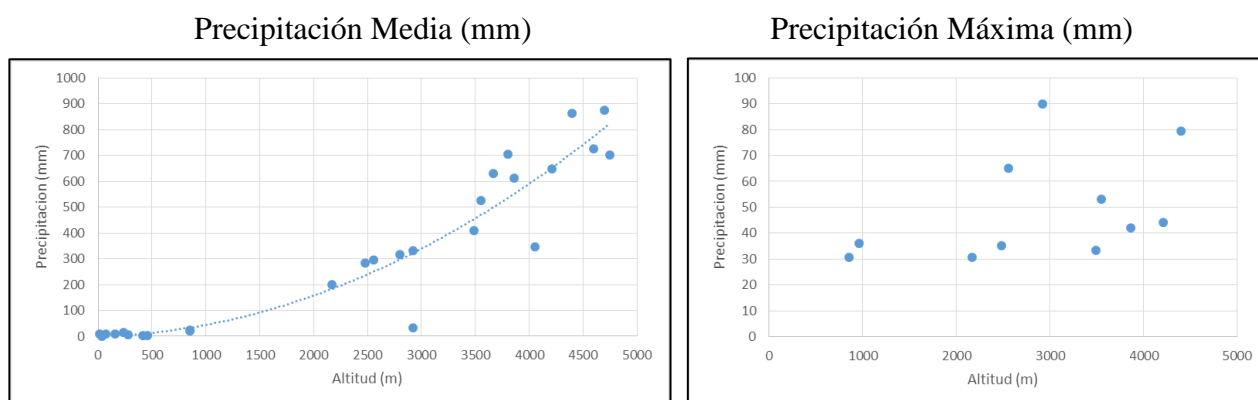


Figura 4.- Variación de la Precipitación Media y Máxima con la Altura (elaboración propia)

Análisis de los Caudales en la Cuenca

Según ANA (2010), los caudales máximos instantáneos en la estación Chosica, variaba desde 227 m³/s, para un periodo de retorno de 5 años hasta 452 m³/s, para un periodo de retorno de 100 años.

De acuerdo a un estudio del SENAMHI (2012), para un período de retorno de 5 años, los caudales máximos se encuentran alrededor de 152 m³/s, mientras que para un periodo de retorno de 100 años, los caudales máximos se encuentran alrededor de 257 m³/s. Las diferencias de ambos estudios, se deben principalmente a la serie de datos utilizada.

El SENAMHI (2012) ha establecido umbrales críticos de desborde de 50 m³/s, 70 m³/s y 95 m³/s; para la generación de una alerta amarilla, naranja y roja respectivamente, por elevación del caudal del río Rímac, considerando la estación de medición Chosica. Esta información es muy útil para el caso de una onda que se genere aguas arriba de Chosica y posteriormente, luego de su “tiempo de concentración”, llegue después de algunas horas a la ciudad de Chosica con lo cual la población podría ponerse a buen recaudo ante una inminente inundación.

Se requiere, sin embargo, una mejora en la red observacional y en recursos que permitan generar avisos para la ocurrencia de huaycos en las diferentes quebradas en riesgo cercanas a Chosica.

III.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE MONITOREO EXISTENTE

El actual sistema de monitoreo hidrometeorológico en la cuenca, es manejado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el cual es un organismo público ejecutor, adscrito al Ministerio del Ambiente, cuya misión es “proveer productos y servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos confiables y oportunos”, y cuya visión es que “la sociedad peruana toma decisiones oportunas basadas en la información meteorológica, hidrológica y climática para su desarrollo sostenible”.

El sistema está compuesto por una red de estaciones meteorológicas e hidrológicas; medios de comunicación, tecnología de información y personal que gestiona los datos, monitorea los datos y elabora los pronósticos y avisos respectivos a los usuarios. (Fig. 5).

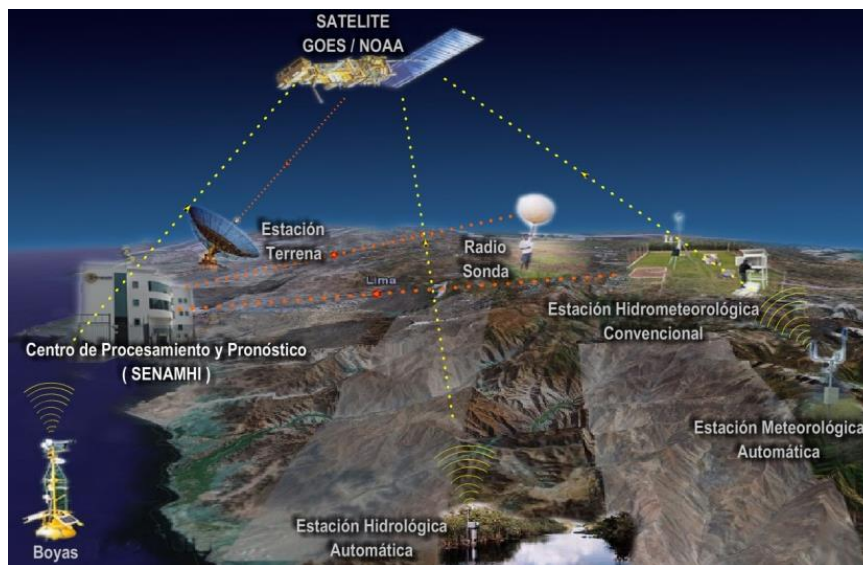


Figura 5.- Esquema del Funcionamiento de la Red de Estaciones del SENAMHI (elaboración propia)

La red del SENAMHI en la cuenca Media Alta consta de 17 estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuales sólo 7 son estaciones automáticas y el restante son estaciones convencionales, es decir son manuales; requieren de un observador el cual realiza observaciones entre 3 a 4 veces al día y no cuenta con medios de comunicación telemétrica de forma continua, a excepción de algunas estaciones que transmiten por medio de un sistema denominado Voz y Data que utiliza la transmisión digital de datos por medio de un sistema instalado en un teléfono celular.

Las estaciones automáticas ubicadas en la cuenca media y alta, utilizan como medio de comunicación al satélite GOES 13, perteneciente a la NOAA (Administración para la Atmósfera y el Océano de los Estados Unidos de Norteamérica, siglas en inglés), organización con quien el SENAMHI tiene un convenio para la utilización en forma gratuita de ésta comunicación.

Los datos de las estaciones automáticas son transmitidos cada hora a la estación terrena de SENAMHI, se procesan y finalmente se almacenan en una base de datos, los cuales están disponibles en la página Web de esta institución.

El SENAMHI realiza un monitoreo permanente a las condiciones meteorológicas e hidrológicas, así como elabora pronósticos diarios, apoyado con herramientas de modelamiento numérico y finalmente emite esta información utilizando varios medios de difusión (vía correo electrónico, Facebook, etc.) a autoridades y público en general. De existir condiciones para la ocurrencias de lluvias intensas, el SENAMHI emite un aviso meteorológico cuyo menor ámbito local es el provincial (una provincia se subdivide en distritos) y si existen condiciones para la elevación del nivel del río Rímac o un aumento de caudal, se emite un aviso hidrológico cuyo ámbito espacial es el de la cuenca, considerando umbrales de caudales principalmente del monitoreo de la estación hidrológica de Chosica, apoyado con datos de estaciones vecinas.

IV.- LIMITACIONES DEL ACTUAL SISTEMA DE MONITOREO

Georgakakos (1986) menciona que las crecidas repentinas son el resultado de varios procesos atmosféricos y terrestres interactuando en varias escalas espaciales y temporales. La completa descripción física de este fenómeno no es posible actualmente debido a limitaciones en la frecuencia de muestreo y la distancia de separación en las redes nacional de observación.

Los huaycos al igual que las crecidas repentinas son un fenómeno hidrometeorológico local, el cual permite un corto tiempo de antelación para la emisión del aviso; consecuentemente se debe realizar un esfuerzo meteorológico e hidrológico conjunto, a fin de recolectar datos a nivel de mesoescala, preparar y difundir el pronóstico, de tal forma que se minimice el intervalo de tiempo entre el instante en que se recolecta el dato y momento en el que el aviso llega al público.

Los sistemas nubosos de mesoescala ocupan unos pocos kilómetros, son difíciles de ubicar en las imágenes de satélite y pueden generarse en un corto lapso de tiempo (minutos), por lo que son más difíciles de pronosticar.

A continuación se describen algunas limitaciones en el monitoreo:

Avisos enfocados en umbrales de Caudales.- Los avisos en la cuenca del río Rímac están enfocados en la determinación del umbral de caudal del río. No se cuenta con avisos de precipitación intensa a nivel de quebradas. Asimismo, se ha observado del análisis de los datos de precipitación y de nivel del río y ocurrencia de huaycos en la zona de Chosica, las tormentas que dan origen a intensas precipitaciones, se dan de forma rápida y muy localizada, no necesariamente producen un incremento del caudal del río, aguas arriba de la cuenca. Mejorar esta limitación requeriría una mejora en las capacidades y en el sistema observacional del SENAMHI.

Datos no representativos.- De los casos analizados se ha observado que los datos disponibles para la emisión del aviso eran escasos, no llegaban a tiempo o estaban relativamente lejos del área afectada. Para poder contar una mayor cantidad de información y con una mayor frecuencia para detectar fenómenos de mesoescala se requeriría incrementar el número de estaciones automáticas y dotarlas de un medio de telecomunicación más efectivo que el utilizado actualmente.

Dificultad en seguimiento a los sistemas de mesoescala.- No se cuenta con herramientas para monitorear los sistemas nubosos de mesoescala, que probablemente sean los causantes de las intensas precipitaciones locales, que son el principal factor para la posterior ocurrencia de huaycos. Para poder monitorear el seguimiento de los sistemas nubosos que pueden dar origen a tormentas y lluvias intensas, se requeriría de la implementación de un radar meteorológico.

V.-MATERIALES Y MÉTODOS

En el curso de esta investigación se analizó información meteorológica, básicamente precipitaciones diarias e intensidades de lluvia de estaciones ubicadas en la zona del estudio y en sus alrededores y la información hidrológica, que se registra en la estación automática Chosica, R-2. Se analizó también información histórica, basada en los informes de instituciones del Estado Peruano que reportan, en forma diaria, partes de desastres como el Sistema Nacional de Defensa Civil (INDECI) y publicaciones en diarios y revistas locales y nacionales. Se compiló además reportes relacionados con la instalación y el diseño de los sistemas de recolección de datos hidrometeorológicos en la cuenca del río Rímac. Se ha tomado en cuenta los sistemas de transmisión de datos existentes como GPRS, disponible a través de la red de telefonía móvil, así como posibles sistemas que proporcionen redundancia al sistema, como el sistema de voz y data.

Se ha recopilado información de costos de construcción, instalación y mantenimiento en base a precios comerciales locales y cotizaciones de proveedores locales y se ha realizado un análisis de la relación Beneficio-Costo, estimándose además las Tasas Internas de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). Los beneficios considerados fueron los siguientes: (i) La reducción en pérdidas de vidas humanas (ii) El menor tiempo de respuesta para la limpieza de la vía con la

consiguiente reducción del tiempo de interrupción, (iii) Disminución de atención de heridos en centros de salud.

Análisis de Precipitación Durante Huaycos

Se tuvo conversaciones con personal del Centro de Operaciones de Emergencia en Chosica, quienes manifestaron que el tiempo entre la ocurrencia de precipitación y la generación de huaycos en la zona era de aproximadamente media hora.

Se analizó la precipitación la precipitación diaria y horaria durante la ocurrencia de huaycos, donde se observó que la precipitación superaba los 10 mm por día y los 2 mm por hora. También se pudo corroborar con los informes de INDECI que el tiempo entre el inicio de la precipitación y la ocurrencia del huayco era media hora. La Figura 6 muestra los datos de precipitación para el huayco del 23 de marzo 2015.

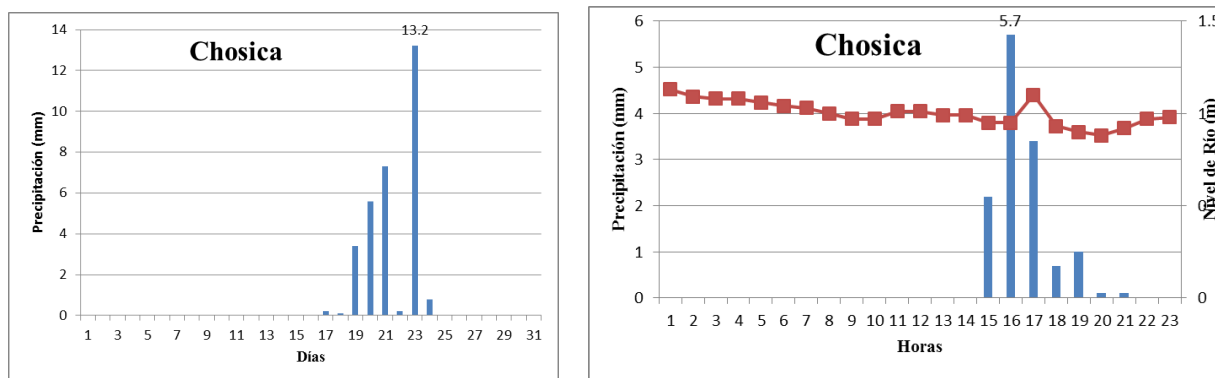


Figura 6.- Variación Diaria y Horaria de la Precipitación (mm) (elaboración propia)

Se revisó imágenes de satélite en la fecha de ocurrencia de huaycos, y se ha observado que la nubosidad se forma en la vertiente occidental de los andes, probablemente asociada a flujos vientos del oeste que arrastrarían la humedad del Océano Pacífico hacia las pendientes de las montañas de la sierra central del Perú.

Propuesta de Mejora

A fin de poder advertir de manera adecuada y oportuna a la población en riesgo en las quebradas de la zona de estudio, se requiere una mejora en el Sistema Observacional del SENAMHI.

Una mejora en el diseño de la red, con el incremento de por lo menos 4 estaciones automáticas; 2 meteorológicas y dos hidrológicas, en las zonas de Milloc, San Mateo de Huanchor, Ñaña y Río Blanco. Si bien la densidad de estaciones no mejoraría mucho, esto permitiría conocer las variaciones de los fenómenos aguas arriba y aguas debajo de la ciudad de Chosica.

Una mejora en la capacidad de transmisión telemétrica de la red, a través de comunicación GPRS (Fig.7). Esta forma de comunicación de las estaciones automáticas requiere el acceso a Internet a través de un Proveedor de Servicios de Internet. Esto podría mejorar enormemente la frecuencia de transmisión de datos, transmitiendo cada 5 minutos, la misma que sería redundante a la que actualmente viene siendo utilizada con telemetría satelital GOES, transmitiendo cada hora.

Una mejora en el registro espacial de la precipitación, a través de la implementación un radar meteorológico LAWR de banda X. Este tipo de radar es de bajo costo, fácil de mantener y efectivo para la estimación de la precipitación en un radio de 20 kilómetros y para detección de nubosidad en un radio de 60 kilómetros, con una anticipación de 1 hora. Este tipo de radar ya se viene utilizando ampliamente en países como El Salvador, Ecuador y recientemente en Bolivia (Fig.8).

Finalmente, se plantea también la implementación de un programa de gestión que considere el monitoreo y vigilancia permanente de las condiciones meteorológicas e hidrológicas de la cuenca, el análisis y pronóstico respectivos, con el apoyo de imágenes de satélite y radar, así como el desarrollo y difusión de los avisos.

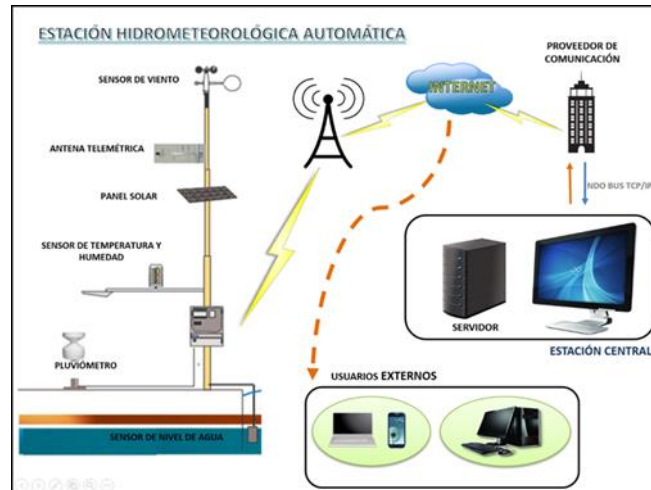


Figura 7.- Transmisión GPRS (elaboración propia)

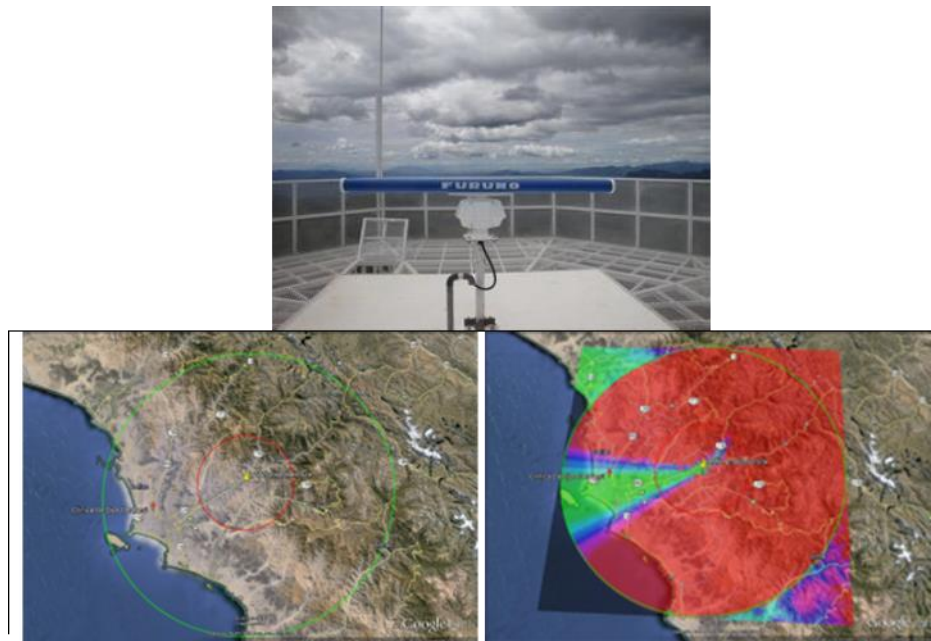


Figura 8.- Radar LWR y posible cobertura en la zona (DHI, comunicación personal 31/08/2015)

Estas mejoras deberían ir acompañadas plan organizado de difusión de la información y mecanismos de respuesta coordinado con la población y con todas las organizaciones que tienen una implicancia con la interrupción de las actividades en la cuenca, es decir un Sistema de Alerta Temprana para la zona de Chosica.

VI.- RESULTADOS

En base al análisis de información hidrológica e histórica se estimó el tiempo de inicio de escorrentía y ocurrencia de aluviones en aproximadamente media hora. El umbral de escorrentía es una intensidad relativamente baja, de 3 mm/hora y una precipitación diaria total de 10 mm. El sistema de monitoreo actual cuenta 04 estaciones meteorológicas y 03 estaciones hidrológicas automáticas en la cuenca media-alta, los cuales utilizan transmisión satelital con el apoyo de la

National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) de la Estados Unidos, a través del satélite GOES 13. Estas estaciones generan reportes cada hora, los que son transmitidos al SENAMHI, para la generación de los avisos de peligro respectivos. Por otro lado, el sistema existente, cuenta con la estación hidrológica automática Chosica R-2 que genera alertas de crecida en el río Rímac pero esto solo es útil para generar alertas de inundación en las planicies de este río, ubicadas en la parte baja de valle. Sin embargo, en las quebradas han ocurrido aluviones debido a la interacción de masas de vapor de agua desde el Océano Pacífico con la orografía de la zona, que han dado lugar a tormentas convectivas y precipitaciones localizadas que han generado escorrentía que finalmente ha ocasionado aluviones que han causado muertes y la destrucción de viviendas y otras propiedades. Si se planteara el uso de un umbral de precipitación, la alerta se emitiría solo minutos antes de la ocurrencia de un aluvión. Por este motivo, se considera necesario generar una anticipación mínima de 1 hora lo que permitiría generar una alerta oportuna y adecuada a la población en riesgo, tomando en cuenta que la población organizada podría evacuar en 15 minutos. Se planteó también ampliar la red de estaciones automáticas existentes, la implementación de un sistema de telecomunicaciones basado en GPRS y el uso de un Radar Meteorológico de Área Local (LAWR, siglas en inglés) de banda X, para poder predecir la precipitación que puede ocurrir en la zona del estudio. Si el umbral de intensidad y/o precipitación que genera escorrentía es igual o mayor al que genera un aluvión, entonces se declara la alerta y se emite la señal para evacuación de la población ubicada en zonas de alto riesgo. Se ha considerado una propuesta de proyecto de Sistema de Alerta Temprana para Chosica, con un costo de inversión de \$ 567008 dólares americanos con un gasto de operación y mantenimiento anual del sistema \$ 273811 dólares americanos. Asimismo, basado en un estudio del Ministerio de economía y Finanzas, se ha calculado las pérdidas evitadas, considerando la interrupción a la carretera y a los gastos en salud evitados, como Pérdidas de Tiempo Evitadas, Costo de Tránsito Carga evitados, Pérdidas productos Perecibles evitados, Pérdidas en Atención Hospitalaria, los cuales totalizaban anualmente \$ 561331 dólares evitados, el cual se generó una relación B/C de 1.47, un TIR de 36 % y un VAN de \$ 942857 dólares americanos, lo cual hace de la propuesta viable económicamente.

VII.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado del presente estudio determinó que en la cuenca media alta del río Rímac, la ocurrencia de huaycos se debía principalmente a intensas precipitaciones asociadas a rápidas tormentas que se desarrollaban en menos de una hora, que es justamente la frecuencia de transmisión de datos del sistema actual. Ello ocasiona la limitación en emitir pronósticos con la suficiente anticipación para avisar a la población potencialmente afectada; lo cual se espera corregir con el nuevo sistema, cuyo tiempo mínimo de transmisión será cada 5 minutos. Asimismo se pudo determinar umbrales críticos de precipitaciones 10 mm/día y de 3 mm/hora, los que servirán de insumos para el sistema. Se ha propuesto el uso de un radar de banda X LAWR en la zona de Chosica, integrado a un sistema de telemetría adecuado, con tecnología de información y comunicación que responda a las condiciones físicas del área en estudio.

Se recomienda que las autoridades vinculadas a la gestión de riesgo, empoderen el sistema para que una vez organizados, respondan adecuadamente a las alertas emitidas por el sistema.

REFERENCIAS

Autoridad Nacional Del Agua (ANA) (2010) “Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac, Lima-Perú”. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/1_estudio_hidrologico_cuenca_rimac_-_volumen_i_-_texto_-_final_2010_0.pdf

Autoridad Nacional Del Agua (ANA) (2015) “Identificación de poblaciones vulnerables por activación de quebradas 2015 – 2016. Recuperado el 30 de marzo de 2016 . Disponible en: http://www.ana.gob.pe/media/1246711/informe%20-%20identificaci%C3%B3n%20de%20poblaciones%20vulnerables%202015-2016_ana.pdf

Georgakakos, K. P. (1986). “On the design of national, real-time warning systems with capability for site-specific, flash-flood forecasts”. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67, 1233-1239.

Gestión. (2015). Huaicos: Declararán en emergencia provincia de Huarochirí. [en línea] Disponible en: <http://gestion.pe/politica/huacos-declarara-emergencia-provincia-huarochiri-2127367> [Accesado 31 Mar. 2016].

Instituto Nacional De Meteorología Del Ecuador (INAMHI) (2010) Proyecto “Implementación Del Sistema De Alerta Temprana En La Cuenca Del Río Zarumilla. Ecuador. [en línea] Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/2013/04/PROYECTO-SAT-ZARUMILLA-INAMHI.pdf>

Instituto Nacional De Defensa Civil INDECI (2005), Mapa de Peligros y Plan de Usos del Suelo y Medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Chosica”. Lima. [en línea] Disponible en: <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/handle/123456789/1323>

Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI) (2012) Informe de emergencia N° 321 - 13/04/2012/COEN-INDECI/17:00 horas (INFORME N° 09) Disponible en: http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/COEN_Noticia/INFORME%20DE%20EMERGENCIA%20N%C2%BA%20321-%2013ABR2012%20-%20HUAYCOS%20AFECTA%20LAS%20PROVINCIAS%20DE%20LIMA%20%20Y%20HUAROCHIRI%20_9_%20CONSOLIDADO.pdf

Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI) (2015) Reporte de Situación N° 291-23/02/15 / COEN – INDECI/ 16:00 HORAS (Reporte N° 12) Disponible en: <http://www.indeci.gob.pe/objetos/alerta/MTIyNw==/20150223170828.pdf>.

Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI) (2015) Informe de emergencia N° 581 - 08/05/2015/COEN-INDECI/12:30 horas (INFORME N° 09) Disponible en: <http://www.indeci.gob.pe/objetos/alerta/MTM1Nw==/20150508202416.pdf>.

Japan International Cooperation Agency (JICA) (1988). Final report for the master plan study on the disaster prevention project in the Rímac River basin. Japan International Cooperation agency, Tokyo, 6 volumes.

Kuroiwa Horiuchi, J. (2010), Reducción de desastres, Editorial NSG. Lima, Perú

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (2010), “Evaluación de la Rentabilidad Social de las Medidas de Reducción del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión” Pública. Lima, Perú. [en línea]. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/Evaluacindelarentabilidadsocial_MEF_4.pdf

Sato, J (2012), “La Gestión del riesgo de desastres en el Perú: Documento País Perú 2012”. [en línea] [fecha de consulta: 29 de Marzo 2016] Disponible en: http://www.preventionweb.net/files/30760_perdocpaisperu2012.pdf

Stahli, M, et al. (2015), “Monitoring and Prediction in Early Warning Systems for Rapid Mass Movements”. *Nat. Hazard. Earth Sys. Sci.* [en línea]. Disponible en: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/905/2015/nhess-15-905-2015.html>

Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología SENAMHI (2012). Análisis de la Información Hidrológica de Caudales Máximos del Río Rímac, para su aplicación en la Determinación de Caudales Máximos Avenidas. Informe Interno de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Lima. Perú.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (2014). Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de vigilancia de Crecidas en ríos del Territorio Nacional. Documento Interno de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos.

Sigrid (s.f) Catalogo Del Sistema De Informacion Para La Gestion Del Riesgo De Desastre. [en línea] [fecha de consulta: 29 de Marzo 2016] Disponible en: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigrid/>

Villacorta, S., Nuñez, S., Huarez, S., y Fidel, L. (2015), “Evaluación Geológica y Consecuencias de los Huaycos de Chosica del 23-03-15: Crónica de un Desastre” [en línea] [fecha de consulta: 17 de Noviembre 2015] Disponible en: <http://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/HUAICOS-DE-CHOSICA-CR%C3%93NICA-DE-UN-DESASTRE-ANUNCIADO.pdf>