

UNA PROPUESTA DE MODELO DE DIFUSIÓN DE ALERTA TEMPRANA PARA DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL PERÚ USANDO LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

A PROPOSED MODEL FOR EARLY WARNING BROADCAST LANDSLIDE IN PERU USING TERRESTRIAL DIGITAL TELEVISION

Jimmy Rosales H.¹, Fredy Campos A.², Víctor Córdova B.³, Carmen Matos A.⁴ José Corimanya M.⁵, Walter Palomino E.⁶, José Castillo S.⁷

RESUMEN

Con la implantación de la Televisión Digital Terrestre (TDT) en los países latinoamericanos y su capacidad para desarrollar servicios interactivos, se abre un nuevo camino para mejorar la conectividad existente mediante aplicaciones que permitan la comunicación ubicua. El Perú es un país que se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico y tiene constantemente muchos desastres naturales siendo propenso a los deslizamientos de tierra. Por ello, en el presente trabajo se pretende usar la TDT para ayudar a las personas en caso de un desastre natural, mediante una alerta temprana, en forma de mensaje que aparecerá en el monitor de un televisor en forma de ventana, informando acerca de la situación existente, esta información es importante ya que proporciona la comunicación de alerta en situaciones de emergencia y es vital para reducir el número de víctimas que se podría producir. El propósito de este trabajo es proponer un modelo de alerta temprana en el caso de ocurrencia de un deslizamiento (huayco), el cual podría ser aplicado en el futuro en algunas zonas propensas a estos eventos naturales. Este modelo propone su adecuación a la realidad Peruana y sirve como punto de partida para usar la TDT en el caso de otro tipo de emergencia similar.

Palabras clave.- Sistemas de alerta temprana, Huayco, Deslizamiento de tierra, Televisión digital terrestre.

ABSTRACT

With the implementation of Digital Terrestrial Television (DTT) in Latin American countries and their ability to develop interactive services, it opens a new way to enhance existing applications that allow connectivity using ubiquitous communication. Peru is a country located in the Ring of Fire and has many natural disasters constantly being prone to landslides. Therefore, in the present work it is to use DTT to help people in the event of a natural disaster through early warning, as a message that will appear on a TV monitor as a window informing about the situation, this information is important as it provides communication alert in emergency situations and is vital to reduce the number of victims could be produced. The purpose of this paper is to propose a model of early warning in case of occurrence of a landslide (landslide), which could be applied in the future in some of these natural events prone areas. This model proposes its relevance to the Peruvian reality and serves as a starting point for using DTT in the case of other similar emergency.

Key words.- Early warning systems, Huayco, Landslide, Terrestrial digital television.

¹Magister docente investigador de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica-UNI, ²Ing. egresado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica-UNI ³Ing. docente investigador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica-UNI, ⁴Magister docente de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica-UNI ⁵Magister docente de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica -UNI ⁶Ing. Investigador Inictel-UNI, ⁷Doctor docente investigador de la Universidad de Alcalá, España .

INTRODUCCIÓN

En una época de cambios climáticos globales, los diferentes países del mundo están tratando de adaptarse a los cambios y a las nuevas tendencias tecnológicas. En Latinoamérica, el Perú es un país sísmico que se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico [9] y está propenso permanentemente a muchos desastres naturales. Por ello, es necesario contar con la ayuda de desarrollos tecnológicos que permitan mitigar sus efectos.

La Cordillera de los Andes, que se extiende a lo largo de América del Sur, es el sistema montañoso más importante del continente americano. Atraviesa siete países: Argentina, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Perú y Venezuela. Alrededor de ella, la dinámica geológica se manifiesta no sólo con la generación de recursos, sino también con amenazas o peligros: sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa que pueden afectar negativamente a los seres humanos y su hábitat.

Un problema común que se presenta en las diferentes regiones del Perú son los huaycos o huaico (del lenguaje quechua wayqu «quebrada»), también lloclla (del quechua: llullla, 'aluvión') que es una violenta inundación, donde gran cantidad de material del terreno de las laderas es desprendido y arrastrado por el agua vertiente abajo hasta el fondo de los valles, causando enormes sepultamientos a su paso. En términos científicos modernos según el Proyecto Multinacional Andino [16], un huayco se conoce como flujos de detritos, o flujo de escombros, dependiendo de la cantidad de sedimento y bloques que traiga. Los huaicos se producen en lugares donde llueven constantemente [1].

Un Sistema de Alerta Temprana (SAT) es la primera línea de defensa para la población más vulnerable frente a las catástrofes naturales a gran escala. El SAT es una herramienta que consiste en un conjunto de mecanismos y procedimientos para la detección de los riesgos, el seguimiento de los indicadores, la comunicación de alertas, evacuación de los grupos vulnerables de poblaciones a zonas seguras [4]. En este trabajo se propone un modelo de alerta temprana para el caso de deslizamientos de tierras usando como medio de difusión del mensaje el sistema de Televisión

Digital Terrestre (TDT) basado en el estándar SBTVD-T (adoptado por el Perú). Esto con el fin de que las personas que viven en los alrededores del evento puedan ponerse a buen recaudo en los lugares seguros determinados por las autoridades locales y por consiguiente mitigando los daños.

SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS

Los sistemas de alertas tempranas (SAT) suministran la información oportuna y eficaz, que permiten a los individuos expuestos al peligro a tomar medidas para evitar o reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva. Además presenta la integración de los cuatro elementos principales de acuerdo con la “*Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (EIRD)*” (Naciones Unidas, 2006) [2] son:

Conocimiento del riesgo.- Evaluación del riesgo que proporciona información esencial para establecer las prioridades para la mitigación y estrategias de prevención y sistemas de diseño de alerta temprana.

Monitoreo y predicción.- Sistemas de monitoreo y capacidades de predicción que proporcionan información oportuna y estimaciones de los posibles riesgos que enfrentan las comunidades, economías y el medio ambiente.

La difusión de la información.- Se necesita sistemas de comunicación para la entrega de mensajes de advertencia a los lugares que puedan verse afectados para alertas locales y agencias regionales. Los mensajes gubernamentales tienen que ser confiables, sintéticos y simples para ser entendidos por las autoridades y el público.

Respuesta.- La coordinación, el buen gobierno y los planes de acción adecuados son puntos claves en la efectiva alerta temprana. Del mismo modo, la conciencia pública y la educación son aspectos fundamentales en la mitigación de desastres naturales.

De acuerdo a [2], los diversos sistemas de alertas tempranas existentes, poseen varias aplicaciones locales y regionales alrededor del mundo, pero aún no se tiene un sistema global único debido a las limitaciones de las zonas horarias. Por lo tanto, los SAT deben ser diseñados para tener un alcance de nivel local y regional, los cuales son carentes en algunas zonas de alto riesgo sísmico, tales como Perú, Chile, Irán, Pakistán e India.

SISTEMAS DE ALERTAS TEMPRANAS EN EL PERÚ

Algunos antecedentes: El Nevado de Hualcán y sus lagunas

En el año 2010 [11], un bloque de hielo se desprendió del nevado de Hualcán y causó una ola

de 28 metros en la laguna 513 ubicada al pie del glaciar como se ve en la figura 1a. Las obras de contención que desde el año 1990 se realizaban en la laguna lograron que solo se desborde en cinco metros. Debido a que el aluvión ocasionado arrasó con campos de cultivo y casas, monitorear el desarrollo de la laguna se volvió vital.



Fig. 1 (a) Aluvión del Nevado de Hualcán, (b) Laguna 513 ubicada en las faldas del Nevado de Hualcán.

El nevado de Hualcán está ubicado a 6122 metros de altitud en la ciudad de Carhuaz, se localiza aproximadamente a dos horas de la Pampa de Shonquil, alberga en sus faldas a lagunas como Rajupaquina, 513, Cochca y Yanahuanca. El daño causado por el aluvión pudo ser peor: “En los años 90, en la laguna 513 se pudo construir un túnel el cual ha permitido que el agua se filtre, como se ve en la figura 1b. Sin este túnel, los daños han podido ser mayores, este tipo de acciones deben ser imitadas”. Con el apoyo de la Cooperación Suiza, la Universidad de Zúrich y a través de Care Perú [12] se establece el proyecto Glaciares 513, con el cual se busca mitigar los impactos producidos por el cambio climático y el retroceso de los glaciares.

Este sistema es utilizado en caso de deslizamientos, avalancha de roca y hielo, aluviones o inundaciones con origen en la alta montaña; el sistema resulta ser bastante complejo, que requiere además de un alto grado de involucramiento y apropiación de la comunidad y las autoridades locales, además de una estrecha vinculación y coordinación permanente con instituciones técnicas y académicas.

Es indudable que los fenómenos naturales constituyen eventos que no se pueden evitar. Sin embargo, con una adecuada gestión de riesgos y de la mano con el desarrollo tecnológico, podemos ser menos vulnerables [8].



Fig. 2 Sistemas de alerta temprana en la laguna 513, Carhuaz-Perú.

El sistema implementado en piloto consta de dos cámaras de video, geófonos (sensores de movimiento) y pluviómetros que vigilan en tiempo real la laguna 513, como se ve en la figura 2. La información es transmitida a Zurich (Suiza) y en caso de una emergencia, luego de procesar la información se retransmite la emergencia a la municipalidad para que esta pueda alertar a la población. Esta es la primera ciudad en tener este sistema de alerta temprana en el Perú. Existen tres niveles de peligro y de acuerdo con ello, existen planes de evacuación para cada tipo de emergencia. En el caso de una alarma de alto peligro, los pobladores de Carhuaz tienen 35 minutos para evacuar hacia las zonas seguras, afirma el responsable de Defensa Civil de la comuna. De acuerdo al proyecto, se observa que en los niveles de peligro se ha considerado: las

rutas de escape, el plan de evacuación y las zonas seguras en caso de emergencia.

Actualmente, las autoridades y el Perú entero están en alerta ante situaciones de emergencia, siendo este sistema utilizado en caso de una avalancha de rocas y hielo, aluviones o inundaciones con origen en la alta montaña, resultando ser un sistema bastante complejo, que requiere además un alto grado de participación de la comunidad y las autoridades locales, además de una estrecha vinculación y coordinación permanente con instituciones técnicas y académicas. Por tanto, dado que los fenómenos naturales son eventos que no se pueden evitar. Sin embargo, con una adecuada gestión de riesgos de la mano con el desarrollo tecnológico, se puede minimizar [10].

LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL PERÚ

Las nuevas tecnologías forman parte de la vida diaria de los ciudadanos proporcionando bienes y servicios que contribuyen a mejorar su calidad de vida. La Televisión Digital Terrestre (TDT) es un avance tecnológico que transmite los contenidos audiovisuales a través de una codificación digital. A diferencia de una señal analógica, la señal digital envía los sonidos e imágenes sin distorsión y ruido, con mejor detalle y resolución, además permite la interacción entre el televidente y las aplicaciones ubicadas en lugares remotos, a través de un canal de retorno que por lo general es ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Loop), haciendo uso de aplicaciones denominadas interactivas.

Como ventajas tenemos: mejor resolución, mejor cobertura, mejor calidad de video y audio, mayor cantidad de canales de televisión, más contenidos e interactividad, movilidad y portabilidad.

El proceso definitivo de la sustitución de la televisión analógica por la digital está planificado en el Perú para el 2020, realizándose ésta de manera progresiva en cuatro zonas departamentales, que son:

1. Lima y Callao
2. Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo
3. Ayacucho, Chimote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna.
4. Demás localidades del país.

El Perú ha adoptado el estándar SBTVD-T [6] que utiliza el middleware Ginga [7] para el uso de aplicaciones interactivas. Sin embargo, en el Perú, actualmente, la implementación de aplicaciones interactivas está todavía en una fase inicial; el desarrollo de este tipo de aplicaciones sólo se realiza en algunas universidades y centros de investigación; siendo la UNI (Universidad Nacional de Ingeniería) una de las pioneras en el Perú, a través del INICTEL-UNI (Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones). Las aplicaciones interactivas es una de las necesidades en el futuro de los canales de televisión que emiten su señal en formato digital y una posible aplicación práctica sería la difusión de alertas tempranas.

La TDT como medio de difusión de alerta de desastres

Una vez implementada la TDT en el Perú, ésta puede ser usada para la prevención de desastres, debido a su tecnología, tal como el caso de Japón [17], este posee la norma de TV digital ISDB-T y la alerta consistió en una ventana informativa que apareció en la pantalla del receptor mostrando el epicentro del terremoto y también las áreas más vulnerables al temblor. Cabe mencionar, que el sistema de alerta temprana de la TDT fue utilizado por primera vez en Japón como alerta de tsunami que fue causado por un terremoto de grado 9 de escala de Mercalli (2010), las alertas de tsunami fueron emitidas y todas las señales de radio y televisión en las áreas bajo advertencia estaban en sintonía con la central NHK de World Radio Japón [18] en el momento en que se activó el sistema, por lo que las advertencias fueron recibidas oportunamente.

En el Perú no existe un sistema local ni regional de alertas tempranas usando los medios de difusión masivos. En nuestra investigación usamos el estándar de TDT seleccionado en el Perú y la alerta enfocada se orientará a informar a los espectadores si existe o no un riesgo de deslizamientos (huayco), por ejemplo, tenemos el caso de un deslizamiento en el año 2012 ocurrido en la localidad de Chosica (Lima) como se muestran en las Figuras 3a y 3b [10], cuyos resultados de daños colaterales pudieron haberse mitigado.



Fig. 3 Deslizamiento (Huayco) ocurrido en la ciudad de Chosica en el año 2012
 (a) Minutos antes de ocurrido el evento (b) Instantes mismos del deslizamiento.

PROPUESTA DE MODELAMIENTO DEL CASO

La implementación de las alertas tempranas aplicadas a deslizamientos (huaycos) debe seguir las acciones de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT). Así las actividades a planear considerando las estrategias de la Alerta Temprana serán:

- Conocimiento del riesgo; se debe utilizar un conjunto de sensores de alarmas, para recolectar datos, los cuales deben enviarse a un centro de recolección de datos local.
- Monitoreo y predicción; en esta etapa se utiliza cámaras para monitorear y predecir posibles deslizamientos de terreno.
- Difusión de la información; se consideran los planes para avisar previamente a la población.
- Respuesta; acciones de respuestas: rutas de escape, plan de evacuación a zonas seguras en caso de emergencia.

Sin embargo, debe quedar claro que un sistema de alerta temprana no es sólo un conjunto de sistemas de vigilancia, también implica otros aspectos tales como la identificación de escenarios de riesgo, planes de emergencia, consideraciones sociales, conciencia pública, etc. Cada uno de estos componentes es necesario; si cualquier elemento falla, toda la cadena se vendría abajo y haría que el sistema inútil. Por ejemplo, la falta en el control o predicción puede causar un evento o por el contrario una falsa alarma y la consiguiente pérdida de confianza en el sistema. Por otro lado, una mala evacuación planificada puede producir

daños y pérdidas económicas; esto explica por qué la redundancia es tan importante, por lo que una sola ruptura del anillo de la cadena no debe poner en peligro toda la cadena [3].

Por ello, planteamos tener diversos planes de acciones frente a un deslizamiento (huayco). En este caso se plantea alarmar a los pobladores a fin de tener un tiempo mínimo para evacuar hacia zonas seguras (plan de contingencia). Se observa que dentro de estos planes se deben considerar un conjunto de sensores de alarmas para avisar previamente a la población, de forma equivalente al sistema utilizado en Carhuaz.

Este sistema debe enviar las alertas previamente al Centro de Alertas (podría ser el Municipio o el Instituto Geofísico del Perú.), la cual luego de ser analizada y validada será enviada al sistema de difusión TDT para que la población pueda ser advertida y que utilicen las rutas de evacuación. En forma paralela, la municipalidad podría ayudar a la difusión del mensaje de alerta temprana utilizando métodos tradicionales, tales como sistemas de perifoneo.

El sistema de monitoreo debe ser realizado en coordinación con las instituciones que cuenta el Perú para atender estas situaciones, como: El Instituto Geofísico del Perú [13], las Municipalidades e INDECI [14].

De otro lado, es necesario que el Instituto Geofísico cuente con una base de datos de localidades vulnerables a deslizamientos (Huaycos), ya que este instituto es el Organismo

Público Descentralizado del Ministerio de Ambiente que fue creado con la finalidad de estudiar todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra [13]. En caso contrario deberá realizar las estadísticas para identificar las localidades vulnerables a desbordamiento.

Con la base de datos de localidades vulnerables a deslizamientos, las municipalidades deben programar: limpieza de riberas de ríos, construcción de diques de los ríos, instalación de sensores de alertas en lagunas ubicadas en faldas de los cerros vulnerables a deslizamientos.

Modelo de alerta temprana en la TDT en el caso de un huayco

Por otra parte, los sensores de alertas tempranas consisten en la instalación de cámaras de video,

geófonos (sensores de movimiento) y pluviómetros que vigilan en tiempo real el cauce de los ríos. Las alarmas de los sensores deberán ser previamente evaluadas en Centros de Alertas primarias para luego ser analizadas en centro de validación de datos.

Para la comunicación de la alerta temprana usando la tecnología de la Televisión Digital usaremos el Modelo de Alerta Temprana de la TDT para el caso de un posible deslizamiento de tierra. Para lograr ello planteamos un escenario de simulación debido a que a la fecha no se tiene implementado a nivel nacional la TDT en el Perú.

Primero planteamos el modelo genérico de alerta temprana, en el caso de huaycos, como se observa en la Figura 4.

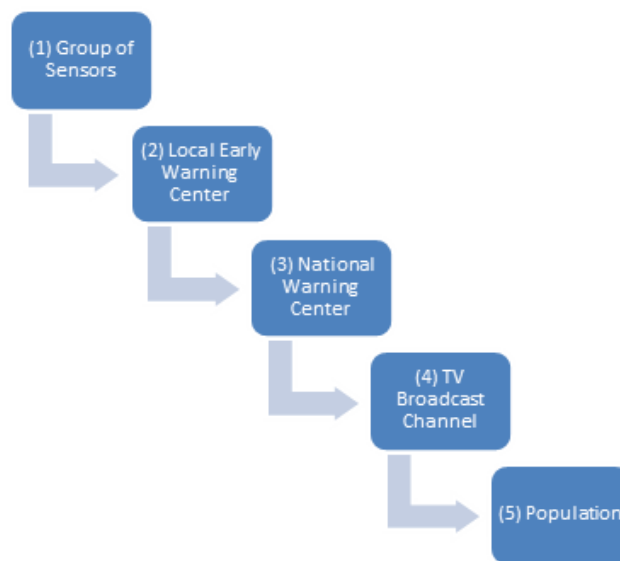


Fig. 4 Modelo genérico de alertas tempranas para deslizamiento (Huaycos).

En este modelo, se observa en primer lugar el grupo de sensores ubicados en localidades previamente identificadas propensas a huaycos, luego se observa la Central Local de Alertas Tempranas o Central Primaria, en la cual se recolecta la información de los sensores (nivel de agua de las lagunas, monitoreo de lagunas, sensores de ubigeo), posteriormente esta información tiene que ser validada en un Centro Nacional o General de Alertas, la cual se encargará de alertar al canal de radiodifusión por televisión para emitir la alerta temprana a través de la tecnología de la televisión digital.

El ubigeo es un factor fundamental porque permite identificar el área posible a ser afectada de manera que cuando se transmita la señal de alerta temprana por parte del canal de televisión con el parámetro del ubigeo se puede establecer a qué tipo de televidentes y en qué lugares se debe transmitir la alerta temprana.

Diseño del sistema de alerta temprana para huaycos

De acuerdo a lo anterior, se presentan los principales componentes del sistema propuesto

presentados dentro de los dos subsistemas principales (monitoreo, predicción, y difusión del mensaje), según se indica en la Figura 5.

El subsistema de monitoreo y predicción, tiene como objetivo detectar cualquier evento natural

relacionado con los huaycos en la zona bajo supervisión, para luego analizarlo, clasificarlo y validarlo como una alerta de emergencia según sea el caso tanto para la central primaria de alerta local como para la central general de alertas nacional.

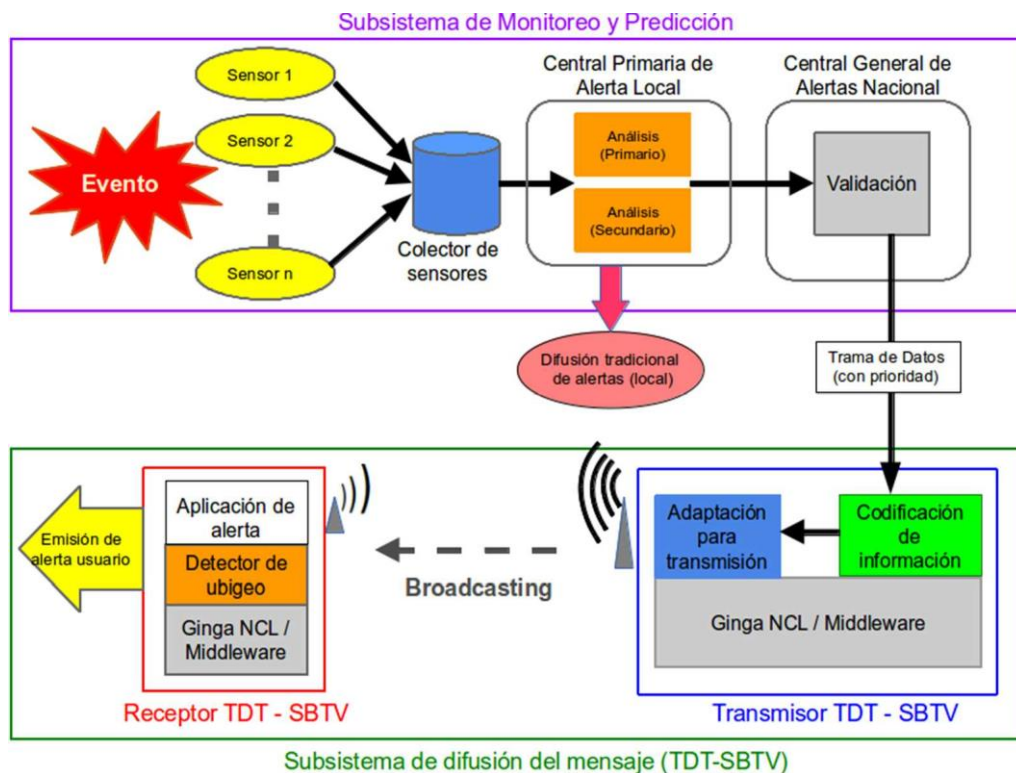


Fig. 5 Diagrama de bloques para el sistema de alerta temprana.

Su salida será toda la información necesaria requerida para ser usada por los sistemas de difusión del mensaje, en nuestro caso particular la TDT - SBTv Peruana.

Por otra parte, el subsistema de difusión TDT-SBTv Peruana, está compuesto por el transmisor, dentro del cual se han realizado la adaptación para recoger la información enviada por el subsistema de monitoreo y predicción, codificarlo para poder ser usado por el middleware Ginga y adaptarlo al transmisor de broadcasting.

Los sensores están definidos para que puedan captar las mediciones de los principales parámetros relacionados a los huaycos tales como los geófonos, pluviómetros y cámaras de video. Posteriormente estos sensores deberán enviar los valores medidos hacia un colector usando la red inalámbrica y/o telemétrica. Este colector también realizará un chequeo periódico del estado del

sensor a fin de asegurar su disponibilidad. Una vez que el colector haya logrado recolectar las informaciones enviadas, las derivará hacia los servidores de análisis, dispuestos en redundancia para mantener la operatividad continua del sistema, a fin de que estos puedan definir si el evento califica para ser catalogado como alerta temprana.

En caso que el resultado final es una alerta de emergencia de huayco, la central primaria enviará la información procesada hacia la central general de alertas nacional para que esta a su vez como ente único normalizado pueda enviar la trama de datos hacia la estación transmisora de TDT más cercana al evento y realizar la difusión del mensaje.

Como una medida alternativa auxiliar, se ha considerado que ante la activación de una señal de alerta temprana por la central primaria, el

municipio afectado inmediatamente realice la difusión de alerta en la población de forma tradicional (bocinas). Una vez recibido la trama de datos, el subsistema de difusión TDT-SBTD acondicionará lo recibido para que pueda ser codificado dentro del middleware Ginga y generar

los flujos de datos a ser incorporados directamente sobre la señal transmitida. Este proceso se divide en dos componentes: (1) Codificación de la trama de datos recibida, y (2) Adaptación de aplicación a la transmisión física.

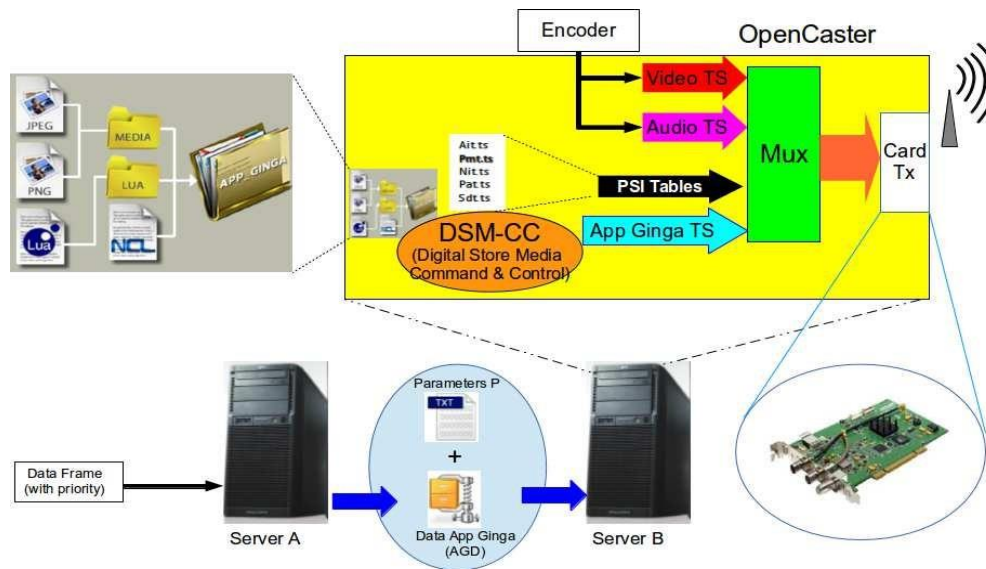


Fig.6 Detalle del transmisor de TDT-SBTV usando OpenCaster.

Para la codificación de la trama, se toman los datos enviados por la central general de alertas. Estos datos están conformados por: (a) mensaje a ser mostrado en los terminales, (b) hora local de ocurrencia del evento y (c) Ubigeo del lugar afectado. Al recibir esta trama, el servidor “A” de codificación generará un nuevo archivo de parámetros P el cual se enviará junto a la aplicación Ginga de datos (AGD) a ser difundida. El AGD contiene los archivos necesarios para generar el tren de transporte (transport stream, ts) de datos con la prioridad necesaria de una alerta de emergencia.

La adaptación a la transmisión es realizada por el servidor “B” el cual recibe el archivo P y la aplicación AGD. De ellos extrae los datos particulares del evento (mensaje a terminal, hora local y ubigeo), así como su opción de reproducción (AUTOSTART) y prioridad de la aplicación (1, máximo) para generar todas las tablas necesarias requeridas por la normativa MPEG-2.

En esta parte, seleccionamos OpenCaster como herramienta que permita la generación de los transport streams y su respectiva multiplexión.

Esto debido a que es uno de los aplicativos Free Open Source Software [15] que disponen de un conjunto unificado de utilitarios ejecutados sobre una plataforma Linux y permitir la integración con otros codificadores de audio/video, tal como hemos observado en la Figura 6.

El receptor recibirá la señal de difusión y solamente activará la señal de alerta temprana si comprueba que su ubigeo coincide con la del broadcasting. Si esto es verdadero mostrará el mensaje de alerta inmediatamente ya que fue priorizado y considerado de reproducción automática en el transmisor, (ver Fig. 10).

PRUEBAS Y RESULTADOS

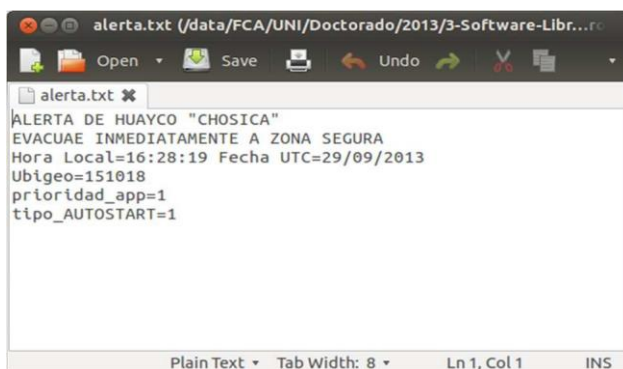
Considerando que actualmente no se cuenta con una infraestructura total de TDT el modelo de alerta para huayco se ha validado en un laboratorio controlado para su simulación.

En este caso, se ha mantenido una red pequeña de sensores basadas en geófono y pluviómetros con conexión directa al colector. Para el caso del colector se ha usado el Arduino Ethernet Shield R3 por su facilidad de configuración.

En el caso de servidores se ha usado los modelos HP Proliant ML350E Gen8 con 8GB de RAM cada uno. En el caso de los servidores A y B usados en el transmisor de TDT, se ha empleado el sistema operativo Ubuntu Server 12.04LTS, además del entorno de desarrollo Eclipse. La versión de OpenCaster usada fue la v2.4, a la cual fue necesario agregar los parches respectivos para soportar Gingga NCL [15]. Considerando el desarrollo realizado, la aplicación Gingga NCLua,

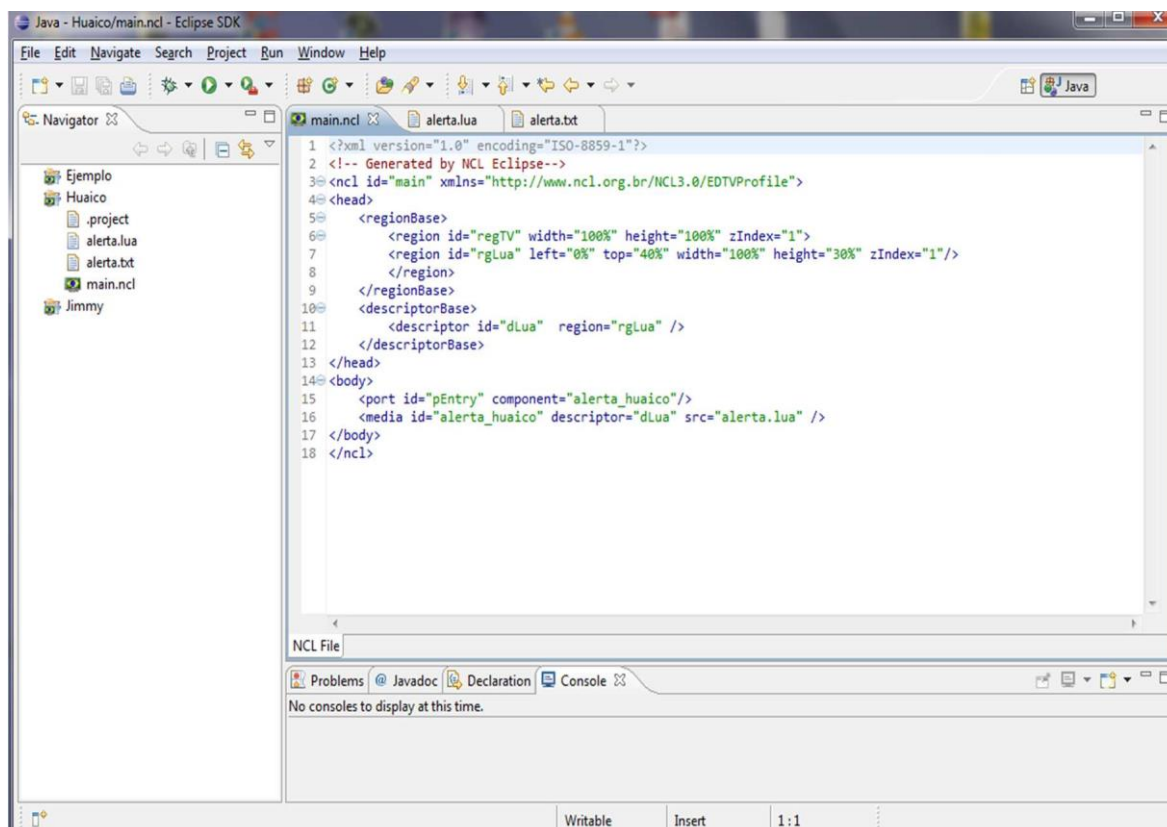
está conformada para las pruebas de laboratorio de los tres archivos básicos indicados a continuación:

- main.ncl = código GINGA NCLua (ver Figura 8).
- alerta.lua = script LUA que interpreta el archivo de texto “alerta.txt” (ver Figura 9).
- alerta.txt = Archivo de texto plano inicialmente generado por el colector (Arduino) con la información de los sensores (ver Figura 7).



```
ALERTA DE HUAYCO "CHOSICA"
EVACUAE INMEDIATAMENTE A ZONA SEGURA
Hora Local=16:28:19 Fecha UTC=29/09/2013
Ubigeo=151018
prioridad_app=1
tipo_AUTOSTART=1
```

Fig. 7 Archivo alerta.txt



```
1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <!-- Generated by NCL Eclipse-->
3 <ncl id="main" xmlns="http://www.ncl.org.br/NCL3.0/EDTVProfile">
4 <head>
5 <regionBase>
6 <region id="regTV" width="100%" height="100%" zIndex="1">
7 <region id="rgLua" left="0%" top="40%" width="100%" height="30%" zIndex="1"/>
8 </region>
9 </regionBase>
10 <descriptorBase>
11 <descriptor id="dLua" region="rgLua" />
12 </descriptorBase>
13 </head>
14 <body>
15 <port id="pEntry" component="alerta_huaico"/>
16 <media id="alerta_huaico" descriptor="dLua" src="alerta.lua" />
17 </body>
18 </ncl>
```

Fig.8 Archivo main.ncl.

El archivo “alerta.txt”, contiene dentro de sus tres primeras líneas, la información enviada por el Arduino, posteriormente las líneas 4, 5 y 6, fueron

adicionadas por el servidor A para definir el comportamiento del transport stream de la aplicación Ginga de datos (AGD).

```

1 --VARIABLES GLOBALES
2 -----
3 local TEXTO = '\0' -- Texto para el parseo
4 local lineaY = 77 -- Línea Y
5 local lineaX = 15 -- Línea X
6 local a = 0 -- Para la primera línea
7 local xx = 85 -- para correr coordena x
8 local dx, dy = canvas:attrSize() -- ancho y alto al 100%
9
10 -- Función textoAlerta() para mostrar texto línea por línea
11 -----
12 function textoAlerta ()
13   canvas:attrColor('black')
14   if a == 0 then
15     canvas:attrFont('vera', 80)
16     canvas:drawText(1 + xx,1, TEXTO)
17     a = a + 1
18   elseif a < 3 then
19     canvas:attrFont('vera', 25)
20     canvas:drawText(dx/4,lineaY, TEXTO)
21     lineaY = lineaY + 35
22     a = a + 1
23   end
24   canvas:flush()
25 end
26
27 -- Función principal
28 -----

```

Fig. 9 Archivo alerta.lua.

A continuación describimos la función de cada una de las líneas adicionadas:

prioridad sobre el resto de aplicaciones que el broadcasting emite.

- Línea 4 = ubigeo. Se visualizará la aplicación de alerta de huaycos en los receptores que coincidan con el código de ubigeo de la alerta (Figura 10). Es importante configurar adecuadamente al receptor en la zona donde estará operativo.
- Línea 5 = 1, application_priority = 1. Tabla AIT, indica que la aplicación enviada tiene
- Línea 6 = 1, application_control_code = 0x01, #AUTOSTART. Esta opción permitirá lanzar la aplicación automáticamente en el receptor apenas sea recibida. Un valor de 2 indica que la aplicación se añadirá a la lista de aplicaciones disponibles para ejecutar (tabla AIT).

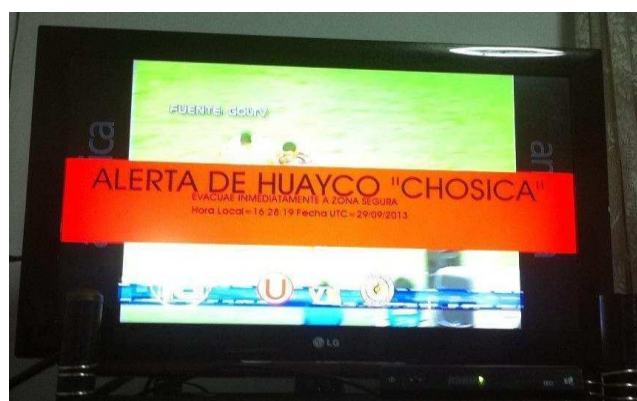


Fig. 10 Salida del receptor de usuario.

CONCLUSIONES

En el modelo propuesto para que funcione la alerta temprana de deslizamientos (huaycos) con los Sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT), será necesario que se comunique al Servicio Nacional de Alertas o Emergencias (Centro de validación-INDECI o Municipalidad o Instituto Geofísico) con el transmisor TDT para el envío de la alerta temprana a difundir.

El modelo propuesto con la TDT sería una solución para muchas zonas del Perú, donde hay constantes Huaycos ya sea por aumento de caudal de los ríos o por aumento de niveles de agua de las lagunas.

El parámetro ubigeo es uno de los parámetros a ser considerados necesariamente en las alertas tempranas para ubicar áreas posibles a ser afectadas.

Las municipalidades que instalen alertas tempranas en zonas de su jurisdicción deberán capacitar a sus vecinos para indicarles el modo de uso de la tecnología de televisión digital terrestre y las alertas tempranas. Por otro lado, el receptor de TDT no debe desenergizar para que pueda encenderse de manera automática si está apagado a través del sensor que los nuevos equipos contarán.

RECOMENDACIONES

Las zonas de probables huaycos deben ser identificadas por el Instituto Geofísico del Perú y deberán ser almacenadas en una base de datos. Las localidades vulnerables deben ser comunicadas a las municipalidades para realizar planes de reubicación, contingencias y/o mitigación del riesgo.

Se debe implementar un prototipo a partir del modelo propuesto, para luego obtener un aplicativo real en la TDT de alerta temprana.

Se debe usar software libre en el uso e implementación del prototipo, de manera de ahorrar costos de licenciamiento. Se propone utilizar software libre equivalentes al Opencaster y Ginga.

Las frecuencias de operación de los sensores que se utilizarán para enviar alertas hacia un centro de

análisis primario y luego hacia un centro de validación, si se realiza de manera inalámbrica, deberán efectuarse con frecuencias licenciadas de preferencia para evitar interferencias.

Por otro lado, el tipo de información que los sensores deben recolectar son niveles de agua y código de ubigeo que servirán para monitorear los lagos y ríos.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de este trabajo desarrollado se puede derivar las siguientes investigaciones a futuro como:

- Empezar una línea de investigación de alertas tempranas de otros eventos, tales como Volcanes, Inundaciones, Incendios Forestales, Derrames de Hidrocarburos, etc.
- Desarrollar de un sistema de sensores inalámbricos que optimicen el uso de la energía, para abaratar costos de operación.
- Estudiar otros sistemas de difusión masiva tales como Radio Digital, One Seg y/o mensajes cortos a celulares (SMS), conexión a redes sociales, entre otros con fines similares.

REFERENCIAS

- 1 **Comunicación para Transformar el Conocimiento Geocientífico en acción Proyecto Multinacional Andino:** “Geociencias para las Comunidades Andinas” (PMA:GCA). <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1600/doc1600-1.pdf>
- 2 **Early Warning Systems**, “A State of art analysis and Future Directions”. Journal Environmental Development. Vol 4, Elsevier, 2012.
- 3 **Intrieri, E., Gigli, G., Mugnai, F., Fanti, R., & Casagli, N.**, (2012). “Design and implementation of a landslide early warning system”. Engineering Geology, 147, 124-136.
- 4 **López, V. F., Medina, S. L., & De Paz, J. F.**, (2012). Taranis: “Neural networks and intelligent agents in the early warning against

- floods”. Expert Systems with Applications, 39(11), 10031-10037.
- 5 Norma Técnica sobre el uso del Código de Ubicación Geográfica (UBIGEO). <http://www.inei.gob.pe/DocumentosPublicos/normatecnicaubigeo.pdf>
 - 6 Plan Maestro del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2009). http://tvdigitalperu.mtc.gob.pe/noticias_17.html
 - 7 Soares, L. F. G. S. (2009). “Programando em NCL 3.0: desenvolvimento de aplicações para middleware Ginga”: TV digital e Web. Elsevier.

Enlaces de referencias:

- 8 <http://reliefweb.int/report/peru/sistemas-de-alerta-temprana-monitoreando-posibles-amenazas>
- 9 http://geography.about.com/cs/earthquakes/a/ri_ngooffire.htm
- 10 <http://radio.rpp.com.pe/cuidaelagua/cultura-de-prevision-es-necesaria-ante-el-desprendimiento-de-glaciares-afirman/#more-2297>
- 11 <http://elcomercio.pe/actualidad/1600196/noticia-carhuaz-se-instalo-primer-sistema-alerta-temprana-ante-aluvion>
- 12 CARE, <http://www.care.org.pe/quien.htm>
- 13 Instituto Geofísico del Perú, <http://www.igp.gob.pe>
- 14 INDECI, <http://www.indeci.gob.pe>
- 15 Opencaster, <http://wiki.ginga.org.ar/lib/exe/fetch.php?media=lifia:guiaopencaster2.pdf>
- 16 Proyecto Multinacional Andino E. http://www.segemar.gov.ar/expo/exposicion/es/6_ProyectoMapGac_Mendia.pdf
- 17 Japan Fact Sheet, http://web-japan.org/factsheet/es/pdf/es41_mass.pdf
- 18 NHK World Radio Japan, <http://www3.nhk.or.jp/nhkworld/english/radio/program/>

Correspondencia: jrosales@uni.edu.pe

Recepción de originales: marzo 2015

Aceptación de originales: julio 2015