

RIESGO EN ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS ASOCIADO AL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Edmundo Canchari Gutiérrez

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería de Minas, Geología y Civil
Programa de Ingeniería Civil – Área de Hidráulica y Recursos Energéticos
E-mail: edmundo.canchari@unsch.edu.pe

RESUMEN

El finalidad del trabajo es determinar el riesgo de las estructuras hidráulicas asociado al cambio del uso de suelo en cuencas hidrográficas, para la evaluación del cambio de uso del suelo y la variación en el tiempo se obtiene en base al registro disponibles de los proyectos LANDSAT 5, LANDSAT 7 y LANDSAT 8, además del proyecto SENTINEL 2A; como fundamento teórico se trata la teledetección, índice de vegetación de diferencia normalizada, transformación de la precipitación en escorrentía, riesgo, vulnerabilidad y resiliencia. El índice de vegetación de diferencia normalizada se asocia al cambio de uso del suelo y éste con la capacidad de abstracción de la precipitación, obteniendo así los caudales de máxima avenida para los periodos analizados.

Palabras clave: Riesgo, LANDSAT, NDVI.

RISK IN HYDRAULIC STRUCTURES ASSOCIATED WITH THE CHANGE OF SOIL USE IN HYDROGRAPHICAL BASINS

ABSTRACT

The purpose of the work is to determine the risk of the hydraulic structures associated with the change of land use in watersheds, for the evaluation of land use change and the variation in time is obtained based on the available record of LANDSAT 5 projects, LANDSAT 7 and LANDSAT 8, in addition to the SENTINEL 2A project; as a theoretical basis, remote sensing is treated, normalized difference vegetation index, precipitation transformation in runoff, risk, vulnerability and resilience. The vegetation index of normalized difference is associated to the change of land use and this one with the capacity of abstraction of the precipitation, obtaining therefore the maximum avenue flows for the periods analyzed.

Keywords: risk, LANDSAT, NDVI.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se determina como amenaza el cambio de uso del suelo en las cuencas hidrográficas (por factores netamente económicos), la población vulnerable son las estructuras hidráulicas existentes en la cuenca hidrográfica, las estructuras hidráulicas se encuentran directamente expuestos a los caudales de máxima avenida generados por la cuenca hidrográfica, la resiliencia o capacidad de afrontamiento son las condiciones específicas de diseño de la estructura hidráulica, todos estos componentes genera riesgo sobre las estructuras hidráulicas

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Delimitación de la cuenca de interés

La importancia del estudio de la cuenca del Río Cachi, teniendo en cuenta el potencial hídrico en todos sus aspectos, radica porque es determinante para el desarrollo de la Región Ayacucho. Desde esta cuenca se aprovecha el recurso hídrico para abastecer de agua para

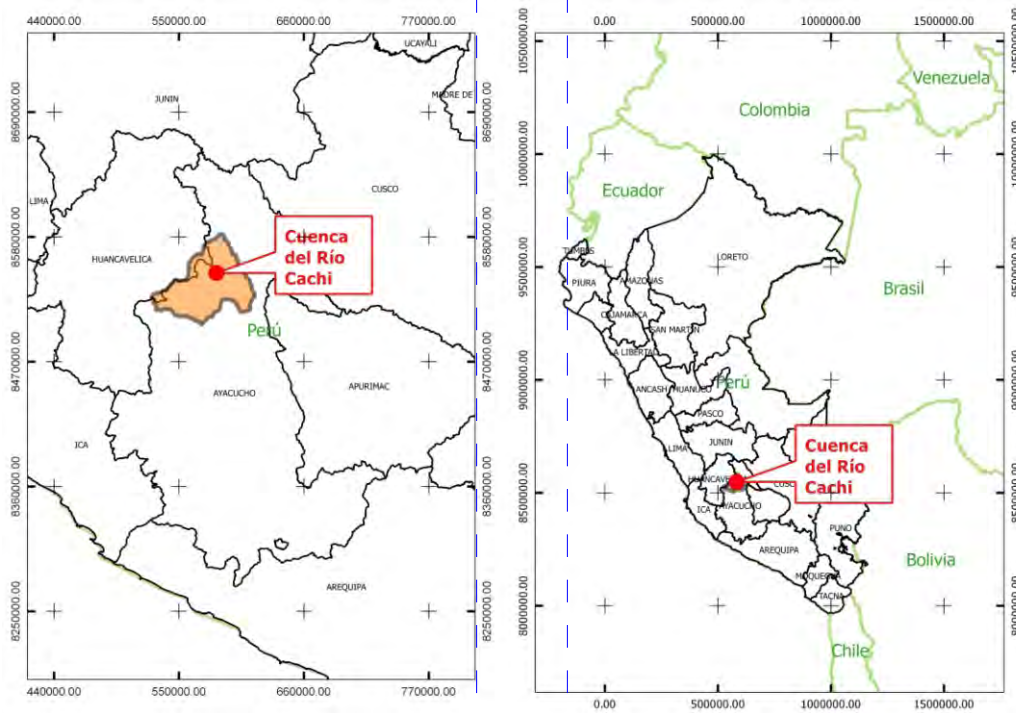
consumo humano a la actual Ciudad de Ayacucho, generación de energía eléctrica y proyectos mayores de irrigación, desarrollado integralmente por el proyecto Especial Río Cachi, en la actualidad gestionado por el PRIDER (Programa Regional de Irrigación y Desarrollo Rural integrado).

1.1. Punto de drenaje

El punto de drenaje considerado para la delimitación de la cuenca, superficie de interés, está determinado justo antes de la unión del río Urubamba y el río Cahimayu (palabra proveniente del idioma quechua, traducido al español es -río salado); las coordenadas del punto de drenaje quedan establecidas en la Tabla 1.

¹ El nombre de los ríos Urubamba y Cachimayu se encuentran establecidos tal como se reproduce, desde la Carta Nacional (Perú)

Figura 1: Ubicación de la Cuenca Río Cachi



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Punto de drenaje cuenca del Río Cachi

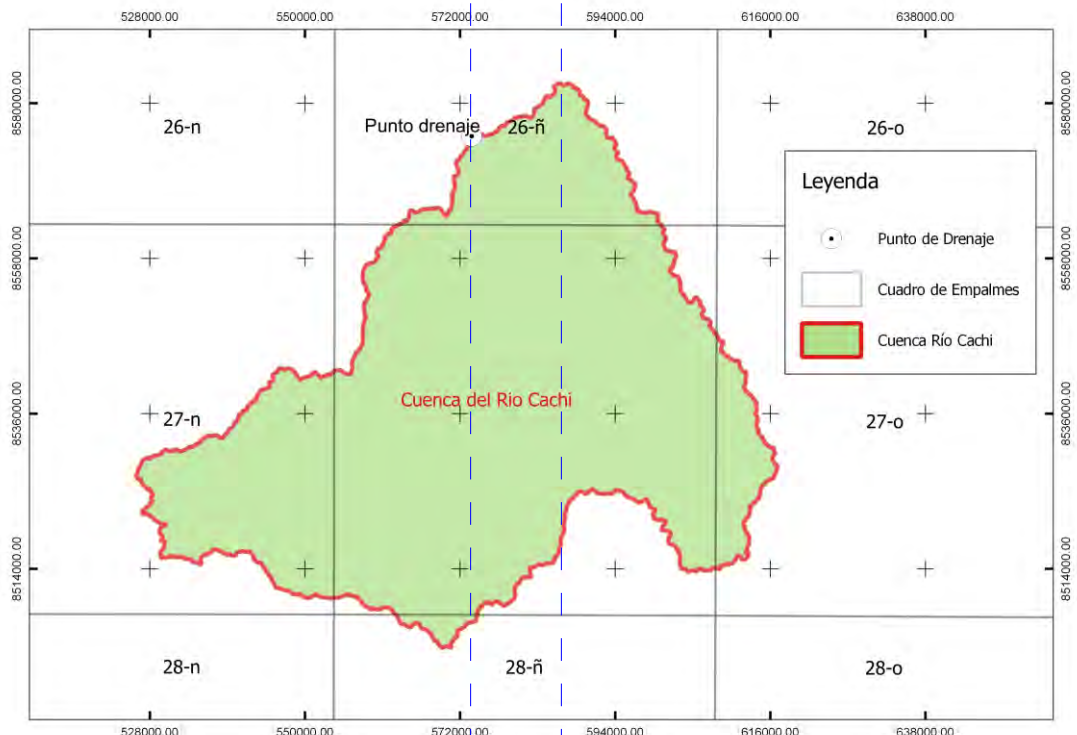
Descripción	Valor	Unidad
Este(X)	573,656.00	m
sur(Y)	8,574,492.00	m
Huso	18	
Zona	L	
Datum	WGS84	

Fuente: Elaboración propia

1.2. Ubicación política

Teniendo en cuenta la organización política del Perú, la Cuenca del Río Cachi se encuentra entre el límite de las regiones Ayacucho y Huancavelica, el punto de drenaje se encuentra ubicado al norte de la Ciudad de Ayacucho y ésta ciudad forma parte integral de la cuenca en estudio, la Figura 1 muestra la ubicación política del área de interés.

Figura 2: Cuenca del Río Cachi y la Carta Nacional -cuadrantes contenidos



Fuente: Elaboración propia

1.3. Ubicación geográfica

Geográficamente la cuenca del Río Cachi se encuentra entre los límites establecida en la Tabla 2.

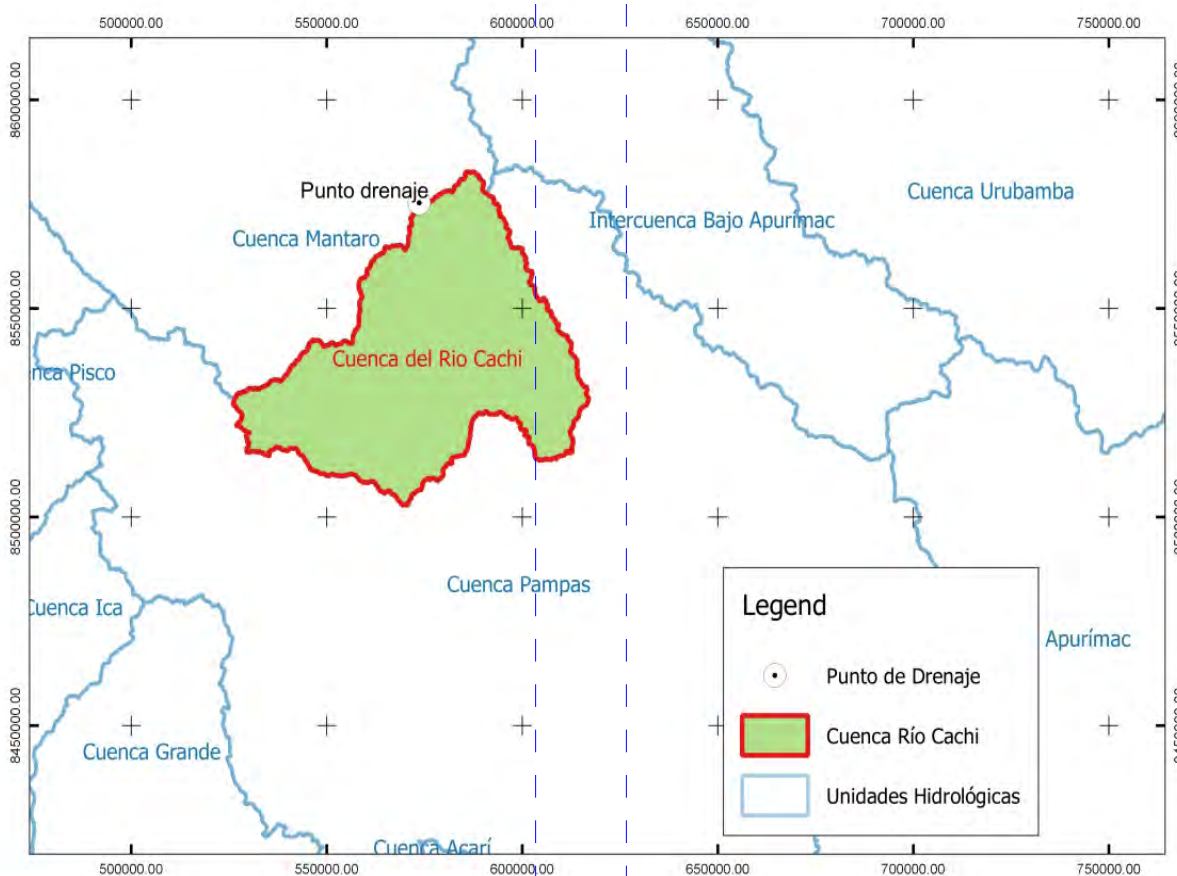
La Figura 2 muestra los cuadrantes de la Carta Nacional en su extensión para la cuenca en estudio, los mismos que se encuentran detallados en la Tabla 3.

Tabla 2. Límites geográficos de la cuenca del Río Cachi

Descripción	Valor	Unidad
Este(Xmin)	526,065.69	m
Sur(Y min)	8,502,771.92	m
Este(Xmax)	616,969.58	m
sur(Ymax)	8,582,825.07	m
Huso	18	
Zona	L	
Datum	WGS84	

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. ANA Unidades Hidrográficas y la cuenca de Río Cachi



1.4. Localización según ANA

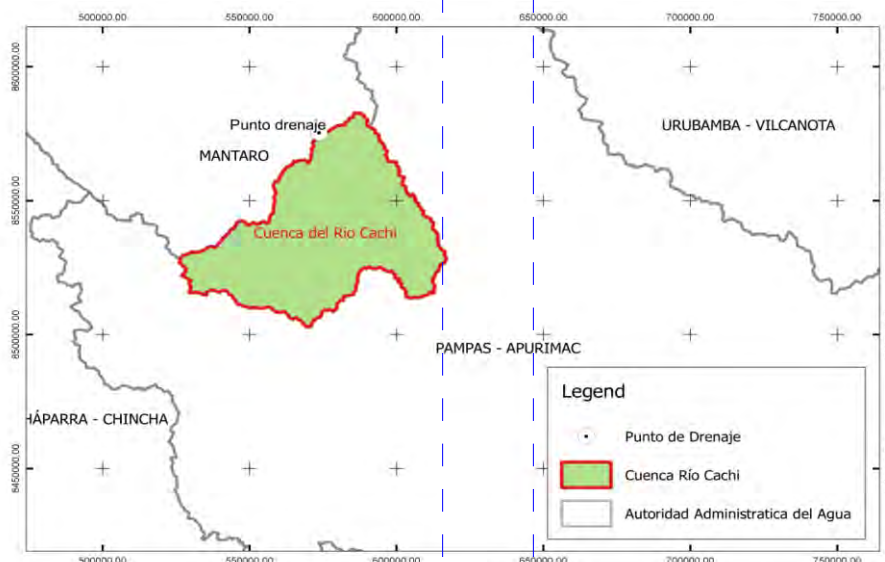
Teniendo en cuenta la organización en Unidades hidrográficas y delimitación de AAA (Autoridad Administrativa del Agua) establecida por ANA (Autoridad Nacional del Agua), la cuenca de Río Cachi se encuentra localizada, según:

Tabla 3. Cuadrantes de la Carta Nacional para la cuenca de Río Cachi.

Código	Nombre
27-n	Huachocolpa
26-ñ	Huanta
27-ñ	Ayacucho
28-ñ	Huancapi
27-o	San Miguel

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: ANA Autoridad Administrativa del agua y la cuenca de Río Cachi



Fuente: Elaboración propia

- La Figura 3 muestra la localización de la cuenca de Río Cachi teniendo en cuenta la organización de las Unidades hidrográficas establecida por la Autoridad Nacional del Agua, la cuenca en estudio se encuentra localizada en el límite de las unidades hidrográficas de la Cuenca Mantaro y la Cuenca Pampas -aportando todo el recurso hídrico a la unidad hidrográfica Cuenca Mantaro.
- Según la organización de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA), la cuenca del Río Cachi se encuentra localizado en el límite de la AAA Mantaro y Pampas-Apurímac y se encuentra gestionado por la AAA Mantaro.

2. Registro de precipitación

2.1. Estaciones sintéticas

Se dispone del registro de las precipitaciones en las

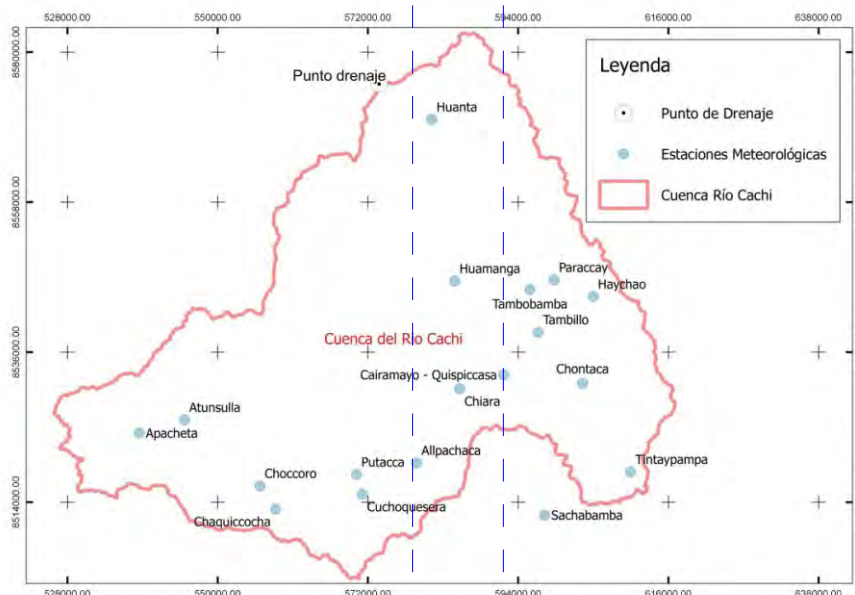
estaciones meteorológicas con registros en el sitio y las obtenidas en base a la percepción remota desde los proyectos GPM(Global Precipitation Measurement) y TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission).

2.2. Estaciones climatológicas

Las estaciones meteorológicas disponibles, con registros en el sitio, se muestran en la Figura 5, la extensión de los registros disponibles se muestra en la Figura

La selección de las estaciones meteorológicas se efectuaron tomando en cuenta el área de influencia de la cuenca de Río Cachi y cuencas contiguas, los registros disponibles provienen del desaparecido Proyecto Especial Río Cachi.

Figura 5: Estaciones meteorológicas identificadas en la cuenca del Río Cachi



Fuente: Elaboración propia

2.3. Análisis de la calidad de los datos
 Consiste en la evaluación de la consistencia u homogeneidad del registro de precipitaciones, a partir de los registros anuales. Una serie de datos es llamada homogénea (Aranda 1992) si es una muestra de una única población, si los datos evaluados son no homogéneos se deben realizar correcciones para volverla homogénea, de manera que las

estimaciones estadísticas muestrales sean válidas estimaciones de los parámetros poblacionales. Se utilizó la prueba de Helmert para la evaluación de la consistencia del registro de precipitaciones anuales, mediante modelos de series de tiempo se uniformizó el periodo de registro para las estaciones consideradas.

Figura 6: Registros disponibles en las estaciones meteorológicas identificadas.

Nro	ESTACION	AÑOS																									
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1	Putacca																										
2	Tambillo																										
3	Sachabamba																										
4	Pampa Cangallo																										
5	Huamanga																										
6	Atunsulla																										
7	Cuchoquesera																										
8	Allpachaca																										
9	Chiara																										
10	Chontaca																										
11	Pucaloma																										
12	Tintaypampa																										
13	Choccoro																										
14	Apacheta																										
15	Cairamayo - Quispiccasa																										
16	Chilicruz - Tranka																										
17	Tambobamba																										
18	Haychao																										
19	Jollca																										
20	Huanta																										
21	Paraccay																										
22	Chaquiccocha																										

Fuente: Elaboración propia

2.4. Obtención de las escenas

Las imágenes del LANDSAT 8 se obtuvieron desde la siguiente dirección: <https://libra.developmentseed.org/>, se determinó la escena con menor nubosidad referente a la región analizada.

[//libra.developmentseed.org/](https://libra.developmentseed.org/), se determinó la escena con menor nubosidad referente a la región analizada.

2.5. Calibración de la imagen a radiancia

Las bandas específicas (Singh et al. 1995) de interés se corrigen por radiancia, los modelos de corrección son los implementados por ENVI 5.3.

2.6. Calibración de la imagen a reflectancia

Con los archivos calibrados a radiancia, se procede a la calibración de la imagen a reflectancia, desde ENVI 5.3.

RESULTADOS

El resultado obtenido es el riesgo de las estructuras hidráulicas a causa del cambio de uso del suelo en su cuenca hidrográfica asociada; el cambio de uso del suelo obedece a las necesidades del hombre y esta actividad altera la generación de caudales (respuesta hídrica de la cuenca hidrográfica), especial interés se tiene en la alteración del tiempo de respuesta, máximos niveles de caudal, respecto a los caudales de máxima avenida.

Este cambio o alteración de los caudales de máxima avenida debido a la evolución de uso del suelo ocasiona cierto nivel de vulnerabilidad sobre las estructuras hidráulicas.

1. NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)
 El índice de vegetación de diferencia normalizada es determinado a partir de las bandas apropiadas obtenidas desde el Proyecto LANDSAT, en sus diferentes versiones, se trabajó para tres periodos, todos en para de abril, años 1990, año 2000 y el año 2015. La figura 7 muestra el NDVI para la cuenca analizada en un periodo específico.
2. Uso del suelo
 El uso del suelo queda determinado por la relación con el índice de vegetación de diferencia normalizada, ésta fue obtenida para distintos periodos, por tanto se dispone la identificación de los usos de suelo en la cuenca hidrográfica para el periodo específico analizado.

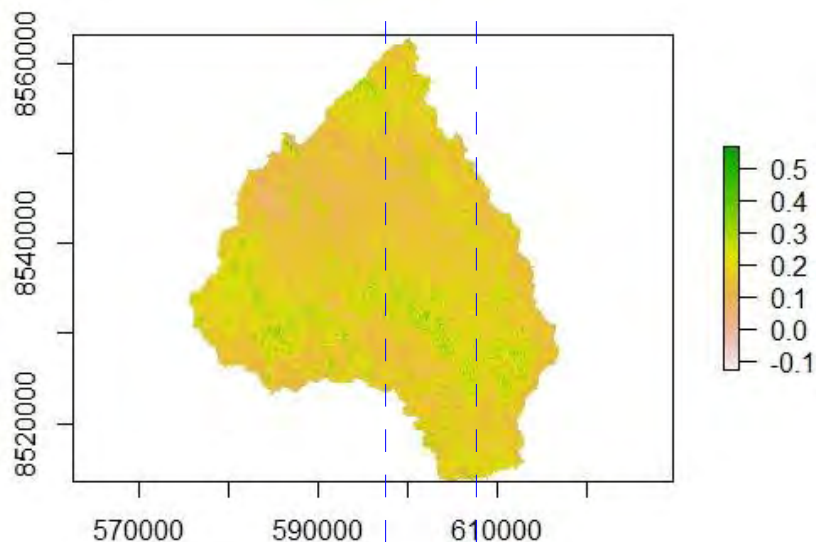


Figura 7: NDVI para la cuenca delimitada

3. Hidrogramas de máxima avenida
Se determinan los caudales de máxima avenida (Linsley Jr, Kohler y Paulhus 1975, Maidment et al. 1992, Ariza 2013) a partir del modelo empírico propuesto por el Soil conservation Service de los Estados Unidos de Norteamérica, la determinación de la abstracción (capacidad de retención de la precipitación) y a partir de los modelos de transformación de la precipitación en escorrentía.
4. Riesgo en estructuras hidráulicas
Riesgo es la probabilidad que una amenaza produzca daños al actuar sobre una población vulnerable. Por la naturaleza del trabajo se identificó a los componentes del riesgo: el cambio de uso del suelo (amenaza), las estructuras hidráulicas (población vulnerable), las condiciones de su diseño y construcción (Resiliencia o capacidad de afrontamiento) y el grado de exposición (directamente expuestos a la ocurrencia de los caudales de máxima avenida).

DISCUSIÓN

El análisis obtenido queda limitado espacialmente a una cuenca específica, la cuenca del Río Cachi, temporalmente se determina la evolución del uso del suelo desde el año 1990 hasta el año 2015. Los caudales de máxima avenida obtenidos se comprueban con la sección topográfica actual en el punto de aforo de la cuenca, porque no se disponen registros de caudales en el punto de interés.

El cambio de uso del suelo en cuencas hidrográficas altera la generación natural de los caudales de máxima avenida, modificando su tiempo de respuesta y los caudales picos, estos cambios en la generación de los caudales de máxima avenida afecta el comportamiento de las estructuras hidráulicas, mermando su capacidad real de servicio hasta su colapso final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranda, Campos (1992). Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Ariza, Alexander (2013). Producto LDCM Landsat 8. Ed. por Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Linsley Jr, Ray K, Max Adam Kohler y Joseph LH Paulhus (1975). "Hydrology for engineers". En:
- Maidment, David R et al. (1992). Handbook of hydrology. McGraw-Hill Inc. Singh, Vijay P et al. (1995). Computer models of watershed hydrology. Water Resources Publications.