

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO HUACHOCOLPA

Hydrological Study of Basin River Huachocolpa

Quispe Flores, Marlon Overat ¹ Quispe Alanya, Laura Andrea ¹

¹ Universidad Privada del Norte

Recibido ene. 2014; aceptado mar. 2014; versión final abril 2014.

Resumen

Este estudio hidrológico de la cuenca del Río Huachocolpa, está constituido en tres partes. La primera es la delimitación, así como la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca en mención. Estos parámetros nos permitirán saber las características y el comportamiento de la cuenca. La segunda partes es la obtención de las precipitaciones media mensuales a través de datos registrados en las estaciones meteorológicas que están cerca de la cuenca. Y por último, la obtención de la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años, así como el caudal pico con el que se podrá diseñar cualquier estructura, para este informe se tomará por ejemplo el diseño de un puente. Se usará el software Smada 6.0 para sacar valores de la cuenca con mucha mayor facilidad y obtener información que pueda ser utilizada en proyectos de ingeniería.

Palabras clave: Caudal pico, Curva Numero, Factor de forma, Pluviometría, Precipitación Media.

Abstract

In this Huachocolpa River basin hydrological report we applied satisfactorily what we learned in the General Hydrology course. This report is divided in three parts. The first is the delimitation as well as obtaining the mention basin geomorphological parameters. These parameters will allow us to know the characteristics and the behaviour of the basin. The second part is the monthly average rainfall level through data recorded on meteorological stations which are close to our watershed. Finally, the maximum rainfall in 24 hours for a 100 years return period as well as the flow peak with which you can design any structure. For this report we'll use the design of a bridge as an example.

The use of software will allow us to get values of the basin with much more easily and be able to obtain information for use in future engineering projects.

Keywords: Peak Flow Curve Number, Form Factor, Rainfall, precipitation Media.

I. INTRODUCCIÓN

El Río Huachocolpa, políticamente está ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Huancavelica y distrito de Huachocolpa, aproximadamente a 5,100 msnm. Hidrográficamente la zona de estudio pertenece a la vertiente del Atlántico. La cuenca Huachocolpa, es tributario a la cuenca Lircay, y este sistema pertenece a la cuenca del río Mantaro.

El presente estudio contiene los valores de morfometría de la Cuenca Huachocolpa, la caracterización climática y se ha analizado la precipitación total mensual de las estaciones cercanas y las generadas a la cuenca evaluada. También se determina la precipitación máxima en 24 horas, empleando el software hidrológico Smada 6.0, producido por la Universidad Central de Florida. El programa tiene como fortaleza el análisis de modelos probabilísticos determinando el modelo adecuado con el test estadístico de chi cuadrado. Finalmente se realizó el análisis de máximas avenidas, aplicando el software hidrológico HEC-HMS 3.5 (Hydrologic Modeling System), y se obtuvo caudales de avenidas en la desembocadura de la cuenca Huachocolpa, para un periodo de retorno de 100 años.

II. MATERIALES Y MÉTODO

La zona de estudio se ubica sobre los 5,100 m.s.n.m. El clima de la zona en general es frío, con lluvias de diciembre a marzo y seco durante los siguientes meses del año. En los meses de lluvia tiene un rango corto de fluctuación y durante los meses secos se amplía dicho rango al presentarse las heladas. La temperatura media anual es de 5,7 °C, la mínima -10 °C y la máxima 17,9 °C (Senamhi, 2013).

En el lugar de emplazamiento se tiene suelos granulares permeables de adecuadas características físicas y adecuado comportamiento mecánico, de poco espesor y afloramientos de rocas volcánicas de regular calidad. También existen suelos superficiales de características arenosas en estado saturado y suelto, suelos limosos y arcillosos muy húmedos.

Morfología de la Cuenca

Para determinar la tipificación de la cuenca del Río Huachocolpa, se basó en la clasificación propuesta por I-Pai Wu y R. Springall G. (Campos, 1998). Esta cuenca tiene una área de drenaje de 955.50 Km², por lo tanto, se clasifica como una cuenca intermedia – grande. (tabla 1).

Tabla 1: Clasificación propuesta para las cuencas

Tamaño de la cuenca (Km²)	Descripción
25	Muy pequeña
25-250	Pequeña
250-500	Intermedia – Pequeña
500-2500	Intermedia – Grande
3500-5000	Grande
5000	Muy grande

Fuente: Campos citando a I-Pai Wu y R. Springall.

Geomorfología de la Cuenca del Río Huachocolpa

La cuenca Huachocolpa, tiene un área de drenaje de 955.50 km², su perímetro es de 134.64 km., su altitud varía entre 3,250 m.s.n.m hasta 5,100 m.s.n.m, siendo su elevación media de 4407.1 m.s.n.m, y su longitud es de 35.39 km.

El coeficiente de compacidad de la cuenca Huachocolpa es de 1.23, se clasifica como “oval redonda a oval oblonga”, lo cual significa que tiene moderada tendencia a las crecidas.

Asimismo, existen otros parámetros que nos ayudaron a conocer, por ejemplo el relieve de esta cuenca, mediante el histograma de frecuencias altimétricas, la curva hipsométrica y el rectángulo equivalente. Otro parámetro que se analizó es la altitud característica de la

cuenca. Estos datos se obtuvieron mediante el cálculo de la altitud media (Hm) y altitud mediana (H50).

La obtención de la pendiente del cauce principal fue importante en el estudio del comportamiento del recurso hídrico para determinar el tránsito de avenidas, la determinación de las características óptimas de un aprovechamiento hidráulico y la solución de estabilización de cauces (Chow, 1959). Esto se pudo obtener mediante el cálculo de la pendiente uniforme, compensación de áreas y la ecuación de Taylor – Schwarz. Todos los datos obtenidos se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros Geomorfológicos

Parámetros Geomorfológicos	Valor
Área (Km ²)	955,50 Km ²
Perímetro	134,64 Km ²
Cota Máxima	5100 msnm
Cota Mínima	3250 msnm
Longitud de Cauce principal	35.39 Km
Factor de forma	0.76
Índice de Compacidad	1.23
Curva Hipsométrica	
Altitud Mediana	4475 msnm
Altitud Media	4407.1 msnm
Altitud más frecuente	4500 msnm
Pendiente del cauce principal	
Pendiente uniforme	2.54%
Pendiente de máx. recorrido Ec. Taylor	1.99%

Compensación de áreas	1.98%
Número de orden de cuenca	4

Fuente: Elaboración propia.

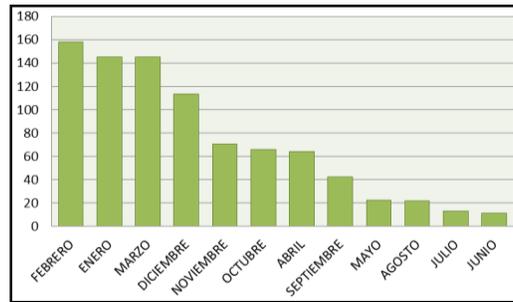
Estudio de Precipitación

Para el estudio de precipitación en la cuenca del Río Huachocolpa, se empleó la información registrada en las siguientes estaciones: Lircay, Túnel Cero, Acobamba y Huancavelica, sin embargo, para obtener las precipitaciones máximas para periodos de retorno se obtuvieron datos (precipitaciones máximas en 24 horas) de las estaciones Lircay, Túnel Cero y Huancavelica, las que presentan las siguientes características:

- Las 4 estaciones elegidas para el estudio presentan similitudes hidrológicas y sobre todo son las más cercanas a la cuenca evaluada, y servirá de base para realizar el estudio hidrológico, la data histórica lo registró el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Las altitudes de los 4 observatorios varían de 3513 m.s.n.m hasta 4475 m.s.n.m.
- El número de años de registro mínimo aconsejado por el World Meteorological Organization (WMO), para realizar análisis estadísticos es de 15 años, pudiéndose trabajar con registros de hasta 10 años, pero en ningún caso menor de 10 años, se desprende lo siguiente: El número de registro de las estaciones Lircay, Túnel Cero, Acobamba y Huancavelica es de 46, 33, 42 y 19 años respectivamente.

Precipitación media de la cuenca

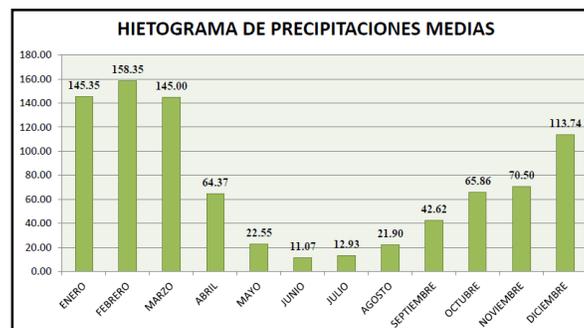
La precipitación media de la cuenca del Río Huachocolpa se obtuvo mediante el programa ArcGis 9.3. Los datos que se muestran en la figura 1 fueron obtenidos a través del diagrama del POLIGONO DE THIESSEN e ISOYETAS ($P_m=70.64\text{mm}$).



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Hietograma de Precipitaciones Medias Mensuales

El resultado que se pudo analizar fue la precipitación media mensual de la cuenca del Río Huachocolpa. Estas oscilan entre 11.07mm (Junio) y 145.35 mm (Enero). El mes más húmedo es en Febrero, debido a que la precipitación es mayor que en otros meses del año (figura 2).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Hietograma de Precipitaciones, del mes más Húmedo al menos Seco

Cálculo de precipitaciones para periodos de retorno

Para el análisis de precipitaciones máximas en 24 horas se aplicó el software Hidrológico SMADA 6.0, que es un programa para la hidrología producido por la Universidad Central de Florida, que incluye en forma separada varios archivos ejecutables. Es posible construir hidrogramas, diseño de embalses, análisis estadístico de la distribución de lluvias y cálculos de regresión entre otros.

III. RESULTADOS

Resultado del Análisis probabilístico

La precipitación máxima en 24 horas, observada en las estaciones Lircay, Túnel Cero y Huancavelica pasaron satisfactoriamente el test estadístico.

El modelo probabilístico con mejor ajuste para la estación Lircay es el Pearson Tipo III, dado que presenta menor valor de Chi Cuadrado, con respecto a otros modelos analizados.

El modelo probabilístico con mejor ajuste para la estación Túnel Cero es Log Normal de 3 parámetros, porque presentan menor valor de Chi Cuadrado.

El modelo probabilístico con mejor ajuste para la estación Huancavelica es el Pearson Tipo III.

Hidrograma Triangular y Estimación del Caudal Pico

A. Precipitación media máxima en 24 horas – Tr=50 años

Una vez obtenida la precipitación máxima en la tabla de: Estimación de las precipitaciones máximas en 24 horas (mm), se seleccionó las precipitaciones para un periodo de retorno de 50 años, y considerando el mapa de las isoyetas se obtuvo la precipitación media máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del Río Huachocolpa ($P_m = 53.58\text{mm}$).

B. Precipitación media máxima en 24 horas – Tr=100 años

En la tabla de: Estimación de las precipitaciones máximas en 24 horas (mm), se seleccionaron las precipitaciones con periodo de retorno de 100 años, y considerando el mapa de las isoyetas se obtuvo la precipitación media máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca que se está estudiando ($P_m = 58.09\text{mm}$).

C. Análisis de la precipitación efectiva

La Precipitación efectiva (P_e) no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano (Braja, 1984). Las gráficas de exceso de precipitación vs. el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía.

La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de interceptación y almacenamiento superficial.

El análisis de cuenca del Río Huachocolpa se realizó en base a la información de media máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 50 y 100 años. Para esto, se consideró un número de curva de escorrentía, según el tipo de tierra de la cuenca.

Datos hallados anteriormente:

- Para $T_r=50$ años

Precipitación media: $53.60\text{ mm} = 5.36\text{ cm}$

Número de Curva: 80

Aplicando la fórmula de curva número:

$$P_e = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

$P_e = 1.60\text{ cm} = 16.01\text{ mm}$

- Para $T_r=100$ años

Precipitación media: $58.10\text{ mm} = 5.81\text{ cm}$

Número de Curva: 80

Aplicando la fórmula de curva número se obtuvo: $Pe = 1.89 \text{ cm} = 18.93 \text{ mm}$

A. Análisis de caudal Pico para $Tr=100$ años

Para el análisis del caudal pico se consideró el hidrograma unitario sintético de forma triangular, utilizado habitualmente por el SCS (Soil Conservation Service), el cual a pesar de su simplicidad, proporciona el caudal pico (Bowles, 1997).

Además se requieren el tiempo pico, tiempo de retardo y tiempo de concentración. Para este último se procedió con la ecuación de Kirpich.

$$t_c = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Reemplazando en la ecuación de Kirpich, para tiempo de concentración t_c tenemos:

$S = 0.0199$ (Calculado por la Ec. De Taylor)

$L = 35.39 \text{ Km}^2 = 35390 \text{ m}$

$$t_c = 0.000325 \times \frac{35390^{0.77}}{0.0199^{0.385}} = 4.671 \text{ hrs}$$

Para el cálculo de tiempo de retardo Tr se tiene:

$$t_r = 0.6t_c = 0.6(4.671) = 2.80 \text{ hrs}$$

Para el cálculo de tiempo de pico Tp para cuencas grandes se tiene:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c = 4.96 \text{ hrs}$$

Con los datos anteriormente mencionados, reemplazamos en la ecuación del hidrograma sintético triangular:

$$Qp = \frac{0.208 (hpe)(A)}{t_p}$$

Para $Tr=100$ años, $Qp = 757.30 \text{ m}^3/\text{s}$

Cálculo del Caudal Pico $TR=100$ AÑOS HEC-HMS

A. Generalidades

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

B. Datos

Área de la cuenca (Km²) = 955.50 Km²

Precipitación= 58.10 mm

Modelo= SCS Storm

Control= 24Horas, con intervalos de tiempo cada 15 minutos.

Curva Numero = 80- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas.

$t_r = 2.80$ hr

Método= Tipo IA – Su característica son precipitaciones de baja intensidad.

C. Análisis

Se obtuvo que el caudal pico es 346.9 m³/s de la cuenca Huachocolpa.

IV. DISCUSIÓN**Modelación de la Cuenca Huachocolpa con el Hec-Ras**

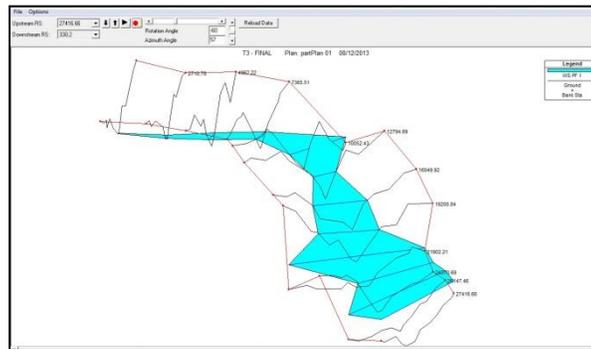
El HEC- RAS es un modelo hidráulico numérico, desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers River Analisis System*, modelo que permite el cálculo de perfiles hidráulicos para flujo permanente unidimensional, no permanente y transporte de sedimentos.

Con este programa se pudo sacar las secciones del caudal, modelando según nuestro caudal pico ya obtenido anteriormente.

Para el procesamiento se consideró los siguientes datos:

- Coef. Manning's : 0.05 (Para cauces naturales)
- Caudal : 757.3 m³/s(Caudal pico)
- Pendiente del Cauce : 2%, según lo métodos aplicados

Se aplicó el método de Régimen de flujo. Por lo tanto, solo se necesitó la frontera aguas abajo del tramo del bajo *Fall River*. El tipo de Frontera es el tirante normal (figura 3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura: Frontera tirante normal

Parámetros para establecer El Puente:

- Cota de fondo de la losa del puente : 4130
- Ancho del Puente : 7 m.
- Longitud del Puente : 4.6 km
- Pilares : 6 und.
- De acuerdo a los resultados procesados el nivel de aguas máxima es de 4130 msnm.
- El manual de Hidrología y drenaje nos dice que la altura efectiva entre el Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAM) y la cota de fondo debe ser como mínimo, 2.5m para este tipo de cauce.
- Por ello, la cota de fondo de nuestro puente sería de 4130 msnm.

V. CONCLUSIONES

La diferencia entre el caudal pico obtenido por el método Hu triangular SCS y por el Hec-HMS son diferentes, debido a que el Hec - Hms calcula con una mejor precisión. Se pudo interpretar correctamente los parámetros obtenidos.

Según las gráficas obtenidas el mes más húmedo es febrero por la cantidad de lluvias y el más seco es junio.

Se determinó que el río Huachocolpa es una cuenca una área de 595.50 km², se tiene un $k_c = 1.23$, lo cual indica que la cuenca es ovalada alargada.

Observamos a partir del factor de forma ($k_f = 0.76$), lo cual indica que la cuenca es alargada.

Según la curva hipsométrica se observa que es una cuenca en equilibrio, se encuentra en fase de madurez y transporta sedimentos.

El caudal pico calculado con la metodología de la curva número es de 757.3 m³/s, y con el software HEC HMS el caudal pico es 346.9 m³/s.

Agradecimiento

A nuestras familias por su apoyo constante y al Ingeniero Juan Walter Cabrera, quien nos brindó las pautas para el entendimiento del Estudio de la Hidrología aplicadas en Obras Ingenieriles.

BIBLIOGRAFÍA

Chow, V.T. (1959). Open-Channel Hydraulics. Mc Graw Hill. 680 p. New York, USA.

Chow, V.T., Maidment, D.R., y Mays, L.W. (1994). Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. 584 p. New York, USA.

Braja, D. (1984). Principles of Foundation Engineering. Brooks/Cole Engineering Division. 6ta ed., 595 p. California, USA.

Bowles, J. E. (1997). Foundation Analysis and Design. The McGraw-Hill. 4ta ed. New York, USA

Lambe T. W. & Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley & Sons. New York, USA.

Campos, D. (2013). Proceso del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, 3ra ed. México.

Senamhi. (2013). Banco de Datos Hidrometeorológico. Recuperado 28 de abril de 2014, a partir de <http://www.senamhi.gob.pe/site/tesis/>