

## Estimado de descargas máximas en la microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima)

Estimated download highs in the microbasin Huaycoloro (Huachipa - Lima)

**Armando Romero G.<sup>1</sup>, Enrique Guadalupe G.<sup>1</sup>, Wilfredo Blas G.<sup>1</sup>**

### RESUMEN

La microcuenca de Huaycoloro es una cuenca muy dinámica, con diversos fenómenos de remoción en masa que en las últimas décadas ha causado huaycos e inundaciones en la parte baja de la cuenca, lo que ha generado grandes pérdidas económicas, especialmente a las poblaciones de Huachipa, Campoy y Zárate.

En este primer trabajo se estiman las descargas máximas, para lo cual se inicia con una caracterización geográfica del área de estudio, luego se hace el análisis hidrológico y finalmente se obtiene la estimación de descargas máximas por el método unitario sintético (SCS), dando como resultado los siguientes caudales máximos, para 10 años 18.36 m<sup>3</sup>/s, para 50 años 50.40 m<sup>3</sup>/s y finalmente para 200 años 116.91 m<sup>3</sup>/s.

**Palabras clave:** Descarga máxima, microcuenca Huaycoloro, hidrología de Huaycoloro.

### ABSTRACT

The microbasin is a basin Huaycoloro very dynamic, with various phenomena of landslides in recent decades has caused landslides and flooding avenue in the bottom of the basin, causing great economic losses, especially in populations Huachipa Campoy and Zarate.

In this first paper we estimate peak discharges for which begins with a geographical description of the study area, then the hydrologic analysis is done and finally get the estimation of peak discharges for the synthetic unit method (SCS), resulting the following maximum capacities for 10 years 18.36 m<sup>3</sup>/s to 50.40 m<sup>3</sup>/s and finally 50 years to 200 years 116.91 m<sup>3</sup>/s.

**Keywords:** maximum download, microbasin Huaycoloro, hydrology Huaycoloro.

<sup>1</sup> Docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mails: aromerog@unmsm.edu.pe, eguadalupeg@unmsm.edu.pe, wblasg@unmsm.edu.pe

## I. OBJETIVO

Es objetivo del presente estudio, estimar las descargas máximas de la quebrada de Huaycoloro, llamado también Jicamarca.

## II. UBICACIÓN DEL ÁREA

El área del presente estudio comprende la sub-cuenca hidrográfica de la quebrada Huaycoloro (Jicamarca), perteneciente a la cuenca baja del río Rímac, en su margen derecha. Políticamente se ubica en el distrito de Chicla de la provincia de Huarochirí, del Dpto. de Lima.

Geográficamente se encuentra entre las siguientes coordenadas:

Latitud Sur: 11° 45' - 12° 02'

Longitud Oeste: 76° 40' - 76° 57'

Altitudes (msnm): 250 - 4230.

## III. CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca hidrográfica como unidad dinámica y natural, refleja las acciones recíprocas entre el suelo, factores geológicos, el agua y la cobertura vegetal,

proporcionando un resultado de efecto común: escorrentamiento o corriente de agua. Es decir, hay relación estrecha entre las características físico-geográficas de la cuenca con su comportamiento hidrológico.

La cuenca hidrográfica, motivo del presente estudio, perteneciente a la sub-cuenca baja del río Rímac, y está caracterizadas por una morfología que varían de colinoso y ondulado a laderas inclinadas y accidentadas, con superficies de erosión desarrolladas.

La quebrada Huaycoloro (Jicamarca), tiene sus orígenes en las inmediaciones de los cerros Río Pampas, Concho, Huaycoloro, Mecro, Chinchilco y Majada Larga, entre otros, pertenecientes a las estribaciones andinas en el flanco occidental de la cordillera Occidental, sobre los 3500 msnm de altitud, alimentándose con las precipitaciones pluviales que caen en la cuenca de recepción.

La cuenca en estudio limita por el norte y oeste, con la cuenca del río Chillón; por el este con la cuenca del río Santa Eulalia y, por el sur, con el área de la propiacuenca baja del río Rímac.

La quebrada Huaycoloro (Jicamarca), desde sus orígenes, cuenta con un área de drenaje de 481.00 km<sup>2</sup>, hasta su desembocadura en el río Rímac, en la zona



Figura N.º 1. Cuenca hidrográfica de la quebrada Huaycoloro. Fuente: Carta Geográfica Nacional

de Huachipa, recorriendo una distancia total de 49.00 km en su curso principal y presentando una pendiente promedio de 08.12%.

Los parámetros geomorfológicos del área de la cuenca en estudio, asociados a las respuestas de la precipitación en forma de escorrenría, tienen las siguientes características:

- Área de cuencas: 481.00 km<sup>2</sup>
- Perímetro de la cuenca: 112.00 km
- Longitud del cauce principal: 49.00 km
- Ancho promedio: 16.20 km
- Pendiente media: 08.12 %
- Tiempo de concentración: 3.50 horas

La quebrada Huaycoloro (Jicamarca) toma esta denominación luego de la confluencia de las quebradas Huaycoloro y Río Seco, en la parte inferior de su cuenca. Se emplaza en el lado occidental de la cuenca originándose en las inmediaciones del Cerro Huaycoloro como quebrada Pardo.

### 3.1. Ecología y vegetación

El área estudiada pertenece, casi en su totalidad, al piso ecológico identificado como desierto desecado - Subtropical (dd-S), con variaciones de temperaturas medias entre 13 y 20 °C, y precipitaciones pluviales en el orden de los 250.00 mm.

Según el Diagrama de Holdridge, se tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre el 32 y 64% del valor de la precipitación total anual, por lo tanto, es ubicada en la provincia de humedad calificada como de desecado (Holdridge 1986).

La vegetación natural es escasa, y se desarrolla sólo a lo largo de los cauces naturales (quebradas) en la parte baja de la cuenca en donde hay escasez de agua, y están constituidas por diversos arbustos, mientras que en la parte media y alta de la cuenca se desarrollan algunas especies gramíneas que sirven de forraje para los animales. Los cultivos alimenticios son muy limitados por la escasez del agua.

De acuerdo a las características hidro-geomorfológicas señaladas y de la forma relativamente lanceolada de la cuenca, se infiere que la misma contribuye moderadamente al tiempo de concentración de las crecientes.

### 3.2. Relieve y suelos

La configuración topográfica está caracterizada por laderas moderadamente inclinadas y accidentadas, en la parte baja, variando a colinoso y ondulado, con afloramiento rocoso, propio del modelaje coluvio-

-aluvial. El escenario edáfico está representado por suelos de textura variable, entre ligero a finos, con cementaciones cálcicas, con un incipiente horizonte a superficial con bajo contenido de materia orgánica.

### 3.3. Proceso de geodinámica externa

Normalmente, el caudal y por tanto la capacidad de transporte de sedimentos de las quebradas es baja, sólo se manifiestan flujos de lodos cuando ocurren excepcionalmente precipitaciones muy intensas, cuyos escurrimientos llegan hasta su desembocadura al río Rímac, ocasionando desbordes e inundaciones en las zonas de Huachipa, Campoy y Zárate, como ha ocurrido en las últimas décadas.

La Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo ha diagnosticado peligros potenciales de huaycos, de zonas de deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, inundaciones etc., tanto en el ámbito de la cuenca hidrográfica de la quebrada Huaycoloro como en el área de las descargas de los flujos hídricos.

## IV. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 4.1. Información básica

La información básica utilizada para los fines del estudio ha sido la serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación pluviométricas de Chaclla, en el período comprendido entre los años 1980 y 1997. (Ver Tabla N.º 1).

**Tabla N.º 1.** Serie histórica de precipitaciones máximas anuales en 24 horas. Estación Chaclla.

| N.º | AÑOS | PRECIPITACIÓN (mm) |
|-----|------|--------------------|
| 01  | 1980 | 7.50               |
| 02  | 1981 | 13.70              |
| 03  | 1982 | 11.20              |
| 04  | 1983 | 12.6               |
| 05  | 1984 | 14.00              |
| 06  | 1985 | 6.40               |
| 07  | 1986 | 3.60               |
| 08  | 1987 | 11.60              |
| 09  | 1988 | 9.80               |
| 10  | 1989 | 20.30              |
| 11  | 1990 | 14.70              |
| 12  | 1991 | 29.70              |
| 13  | 1992 | 16.30              |
| 14  | 1993 | 23.30              |
| 15  | 1994 | 11.20              |
| 16  | 1995 | 9.30               |
| 17  | 1996 | 18.40              |
| 18  | 1997 | 10.20              |

Fuente: Senamhi

Dicha estación pluviométrica se ubica en la cabecera de la cuenca hidrográfica estudiada, y para los fines del presente estudio se considera pertinente, debido a su representatividad hidrológica, además de ser la única más cercana al área de nuestro interés.

La mencionada estación tiene la siguiente localización:

|                  |               |
|------------------|---------------|
| N.º              | 1             |
| Estación         | Chaclla       |
| Tipo de estación | Pluviométrica |
| Distrito         | Chaclla       |
| Provincia        | Huarochirí    |
| Longitud         | 76°36' "W"    |
| Latitud          | 11°44' "S"    |
| Altitud (msnm)   | 2250          |

Por otro lado, se cuenta con información cartográfica relacionada a las cartas nacionales obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a la escala de 1/100,000, identificadas como las láminas N.º 23j – Chosica y 24j – Lurín.

**4.2. Análisis de frecuencias**

Este análisis permite estimar las magnitudes de los eventos máximos (en este caso las precipitaciones máximas en 24 horas) para diferentes períodos de retorno, mediante procedimientos estadísticos basados en distribuciones de frecuencias de aplicaciones más usuales como son: Distribución Normal, Distribución Log-Normal de 2 Parámetros y 3 Parámetros, Distribución Log-Pearson III y Distribución Gumbel. Para efectuar el análisis de frecuencias se hizo uso del programa computacional SMADA. Los parámetros de las distribuciones fueron determinados por el método de Momentos.

**4.3. Distribución Normal**

Como se sabe, una característica fundamental de la distribución normal es que tiene media cero ( $\mu_z= 0$ ) y varianza igual a la unidad ( $\sigma_z^2=1$ ), es decir  $Z \approx N(0x 1)$ .

La función de distribución acumulada es:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Donde:

F(z): función de distribución acumulada de la distribución para una variable.

**Distribución Log-Normal de 2 Parámetros**

$$F(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2} dy$$

Siendo:

$y = \ln x$ , es la variable aleatoria normalmente distribuida con media  $\mu_y$  variancia  $\sigma_y^2$

$\mu_y$  = parámetro de escala

$\sigma_y$  = parámetro de forma

**4.4. Distribución Log-Normal de 3 Parámetros**

Esta distribución difiere de la distribución log-normal de 2 parámetros por la introducción de un límite inferior  $X_o$  (Parámetro de posición) tal que:

$$y = \ln(x - x_o)$$

La función de distribución acumulada es calculada haciendo la transformación a una distribución normal estándar, siendo su ecuación:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Donde:

$$z = \frac{\ln(x - x_o) - \mu_y}{\sigma_y}$$

Siendo:

$X_o$ : parámetro de posición en el dominio x

$\mu_y$ : parámetro de escala en el dominio x

$\sigma_y^2$  : parámetro de forma en el dominio x

**4.5. Distribución Log-Pearson III**

Esta distribución es una de las series de funciones derivadas por Pearson.

La función de distribución de probabilidades es:

$$F(y) = \int_0^y \frac{y^{\beta-1} e^{-y}}{\Gamma(\beta)} dy$$

Donde:  $y = \frac{\ln x}{\beta}$

Siendo:

$\beta$  = parámetro de escala ( $0 < \beta < \infty$ )

- $\wp$  = parámetro de forma ( $0 < \wp < \infty$ )
- $\Gamma/\beta$  = función Gamma
- $\bar{y}$  = media de los valores logarítmicos ( $y = \log x$ )
- $S_y$  = desviación estándar de los valores logarítmicos
- $C_s$  = Coeficiente de asimetría de los valores logarítmicos

**4.6. Valor Extremo Tipo I – Distribución Gumbel**

La Distribución Gumbel o doble exponencial conocida también como distribución de Valor Extremo Tipo I, tiene como distribución de probabilidades la siguiente expresión:

Siendo:  $F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$

- $0 < \infty < \infty$ : parámetro de escala ( $\mu = 0.7797S$ )
- $-\infty < \mu < \infty$ : parámetro de posición ( $\mu = \bar{x} - .5772\infty$ )
- S: desviación estándar de la serie hidrológica
- $\bar{x}$ : promedio interanual de la serie

Las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas para diferentes períodos de recurrencia mediante las funciones de distribución empleadas se presentan en el Tabla N.º 2.

**4.7. Prueba de bondad de ajuste**

La prueba de bondad de ajuste consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada apriori, con los parámetros estimados con base a los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas, tiene por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuye según una cierta función de probabilidades.

Como se sabe, las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son:

- El ajuste gráfico,
- Ajuste estadístico, que comprende:
  - De Chi-cuadrado (X2)
  - De Smirnov –Kolmogorov
  - Error cuadrático mínimo

En el desarrollo del presente estudio se hace uso la prueba de bondad de ajuste estadístico correspondiente al cálculo del error cuadrático mínimo. Dicho ajuste consiste en calcula, para cada función de distribución, el error cuadrático según la siguiente expresión:

$$C = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\chi_{e_i} - \chi_{o_i})^2}$$

Donde,  $X_{ei}$  es el i-ésimo dato estimado y  $X_{oi}$ , es el i-ésimo valor calculado con la función de distribución bajo análisis.

Tendrá un mejor ajuste, aquella función de distribución que tenga el error cuadrático mínimo. En el siguiente Tabla N.º 3 se tiene los resultados de dicha prueba, de la que se establece que la distribución de Gumbel tiene el mejor ajuste.

**V. ESTIMACIÓN DE DESCARGAS MÁXIMAS**

Las descargas máximas de la quebrada Huaycoloro (Jicamarca) han sido estimadas haciendo uso el método del Hidrograma Unitario Sintético formulado por la Sociedad de Ciencias del Suelo de los EE. UU (SCS).

**5.1. Método de Hidrograma Unitario Sintético (SCS)**

El método consiste en estimar un hidrograma unitario sintético a partir de las características físicas de la cuenca y un perfil de precipitación efectiva, las cuales convulsionarían para producir un hidrograma compuesto de la avenida.

**Tabla N.º 2.** Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno. Estación Chaclla.

| N.º | FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   |
|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 01  | Normal                  | 18.87 | 21.75 | 24.62 | 26.54 | 28.26 | 29.84 |
| 02  | Log. Normal 2 P.        | 17.83 | 21.68 | 26.71 | 30.56 | 34.49 | 38.53 |
| 03  | Log. Normal 3 P.        | 18.34 | 21.89 | 26.12 | 29.14 | 32.08 | 34.97 |
| 04  | Gumbel                  | 19.19 | 23.51 | 28.97 | 33.04 | 37.04 | 41.04 |
| 05  | Pearson -III            | 17.89 | 21.91 | 27.02 | 30.81 | 34.57 | 38.32 |
| 04  | Log Pearson- IIII       | 19.00 | 22.41 | 26.12 | 28.49 | 30.57 | 32.42 |

El método SCS asume que la escorrentía es producida por la precipitación efectiva, es decir, luego de descontar las pérdidas por la abstracción inicial y por las pérdidas continuas durante el resto de la tormenta.

El caudal pico calculado por el Método SCS corresponde al período de retorno de la precipitación utilizada para su aplicación. De esta manera pueden calcularse avenidas para diferentes períodos de retorno (Ayala 2002).

La precipitación utilizada en el método, es aquella con duración de 24 horas, dato obtenible con un simple pluviómetro. Se consideran dos tipos de precipitación: tormentas de tipo convectiva y de tipo frontal, siendo estas últimas más intensas y de mejor adaptación al tipo de precipitación en el área de ejecución del presente estudio.

En las Tablas N.º 4 y 5 se presentan los caudales picos para diferentes períodos de retorno, obtenidos mediante el método del Hidrograma Unitario Sintético (SCS), considerando 63 como el valor de la curva número.

**VI. HIDRÁULICA FLUVIAL DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO**

**6.1. Morfología fluvial**

En general, la quebrada de Huaycoloro se emplaza de Este a Oeste a lo largo de un valle cerrado, con

un cauce encajonado, limitado por terrazas bajas. La pendiente del cauce varía de 1.50% en la zona de su desembocadura al río Rímac, hasta los 10.00%,(Aprox.) en sus nacientes, con un promedio de 8.12%.

El lecho del fondo está constituido por material no cohesivo compuesto por arenas, gravas y elementos mayores de hasta 0.80 m (aprox.) de diámetro.

El régimen de flujo a lo largo de su recorrido es típicamente turbulento y torrencioso en épocas de avenidas, con abundante transporte de sedimentos.

**6.2. Características hidráulicas del tramo fluvial en la salida**

En el tramo final de su recorrido, la quebrada Huaycoloro tiene las características hidráulicas siguientes:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| - Tipo de valle:                                  | Abierto                           |
| - Forma del curso del río:                        | Relativamente sinuoso             |
| - Forma del cauce:                                | Encajonado, limitado por terrazas |
| - Gradientes fluviales:                           | Bajas                             |
| - Episodio de excavación y colmatación del lecho: | En equilibrio relativo            |

Tabla N.º 3. Elección de la función de distribución por error cuadrático mínimo PPmax 24 horas.

| ELECCIÓN DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN POR ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO PPMáX. 24 HORAS |                     |                     |                           |                     |                           |                     |                           |                     |                           |                     |                           |                     |                           |
|--|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| T<br>Años  | $\chi_{ei}$<br>(mm) | Normal              |                           | Log-Normal-2P       |                           | Log-Normal-3P       |                           | Gumbel              |                           | Pearson-III         |                           | Log-Pearson-III     |                           |
|  |                     | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ | $\chi_{oi}$<br>(mm) | $(\chi_{ei}-\chi_{oi})^2$ |
| 19.00  | 29.70               | 23.79               | 34.93                     | 25.20               | 20.25                     | 24.88               | 23.23                     | 27.35               | 5.52                      | 25.50               | 17.64                     | 25.08               | 21.34                     |
| 9.50   | 23.30               | 21.46               | 3.39                      | 21.40               | 3.61                      | 21.64               | 2.76                      | 23.20               | 0.01                      | 21.62               | 2.82                      | 22.18               | 1.25                      |
| 6.33   | 20.30               | 19.89               | 0.17                      | 19.16               | 1.30                      | 19.62               | 0.46                      | 20.69               | 0.15                      | 19.28               | 1.04                      | 20.24               | 0.00                      |
| 4.75   | 18.40               | 18.63               | 0.05                      | 17.54               | 0.74                      | 18.11               | 0.08                      | 18.86               | 0.21                      | 17.59               | 0.66                      | 18.72               | 0.10                      |
| 3.80   | 16.30               | 17.55               | 1.56                      | 16.26               | 0.00                      | 16.86               | 0.31                      | 17.38               | 1.17                      | 16.24               | 0.00                      | 17.44               | 1.30                      |
| 3.17   | 14.70               | 16.57               | 3.50                      | 15.18               | 0.23                      | 15.79               | 1.19                      | 16.13               | 2.04                      | 15.11               | 0.17                      | 16.31               | 2.59                      |
| 2.71   | 14.00               | 15.67               | 2.79                      | 14.25               | 0.06                      | 14.83               | 0.69                      | 15.03               | 1.06                      | 14.13               | 0.02                      | 15.29               | 1.66                      |
| 2.38   | 13.70               | 14.80               | 1.21                      | 13.41               | 0.08                      | 13.95               | 0.06                      | 14.03               | 0.11                      | 13.25               | 0.20                      | 14.33               | 0.40                      |
| 2.11   | 12.60               | 13.96               | 1.85                      | 12.64               | 0.00                      | 13.12               | 0.27                      | 13.10               | 0.25                      | 12.46               | 0.02                      | 13.44               | 0.71                      |
| 1.90   | 11.60               | 13.13               | 2.34                      | 11.92               | 0.10                      | 12.34               | 0.55                      | 12.23               | 0.40                      | 11.72               | 0.01                      | 12.57               | 0.94                      |
| 1.73   | 11.20               | 12.29               | 1.19                      | 11.24               | 0.00                      | 11.57               | 0.14                      | 11.39               | 0.04                      | 11.03               | 0.03                      | 11.73               | 0.28                      |
| 1.58   | 11.20               | 11.42               | 0.05                      | 10.57               | 0.40                      | 10.80               | 0.16                      | 10.56               | 0.41                      | 10.37               | 0.69                      | 10.90               | 0.09                      |
| 1.46   | 10.20               | 10.51               | 0.10                      | 9.92                | 0.08                      | 10.03               | 0.03                      | 9.73                | 0.22                      | 9.73                | 0.22                      | 10.06               | 0.02                      |
| 1.36   | 9.80                | 9.54                | 0.07                      | 9.26                | 0.29                      | 9.24                | 0.31                      | 8.89                | 0.83                      | 9.10                | 0.49                      | 9.20                | 0.36                      |
| 1.27   | 9.30                | 8.46                | 0.71                      | 8.59                | 0.50                      | 8.39                | 0.83                      | 8.00                | 1.69                      | 8.47                | 0.69                      | 8.30                | 1.00                      |
| 1.19   | 7.50                | 7.20                | 0.09                      | 7.86                | 0.13                      | 7.46                | 0.00                      | 7.02                | 0.23                      | 7.82                | 0.10                      | 7.33                | 0.03                      |
| 1.12   | 6.40                | 5.62                | 0.61                      | 7.04                | 0.41                      | 6.35                | 0.00                      | 5.88                | 0.27                      | 7.13                | 0.53                      | 6.22                | 0.03                      |
| 1.06   | 3.60                | 3.30                | 0.09                      | 5.98                | 5.66                      | 4.85                | 1.56                      | 4.33                | 0.53                      | 6.32                | 7.40                      | 4.79                | 1.42                      |
| $\sum_{i=1}^n (\chi_{ei} - \chi_{oi})^2$   |                     | 54.68               |                           | 33.86               |                           | 32.64               |                           | 15.14               |                           | 32.74               |                           | 33.53               |                           |
| $C = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\chi_{ei} - \chi_{oi})^2}$                                |                     | 7.39                |                           | 5.82                |                           | 5.71                |                           | 3.89                |                           | 5.72                |                           | 5.79                |                           |

Tabla N.º 4. Método del hidrograma unitario triangular.

| MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR |                      |                           |                 |                           |                   |                                    |                              |                           |                           |   |                         |                         |                                   |
|---|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| T (AÑOS)                                  | Nombre Quebradas     | Area A (km <sup>2</sup> ) | Desnivel H (m.) | Longitud del cauce L (m.) | Pendiente S (m/m) | Tiempo de concentración tc (horas) | Tiempo de retraso tr (horas) | Tiempo de pico tp (horas) | Tiempo de base tb (horas) | Caudal Unitario qp (m <sup>3</sup> /s/mm) | Altura de lluvia P (cm) | Lluvia efectiva Pe (mm) | Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) |
| Tr=5 años                                 | Quebrada Huaco Loro  | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 1.1                     | 0.57                    | 13.20                             |
| Tr=10 años                                | Quebrada Huayco Loro | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 1.6                     | 0.75                    | 17.36                             |
| Tr=25 años                                | Quebrada Huayco Loro | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 2.7                     | 1.24                    | 28.71                             |
| Tr=50 años                                | Quebrada Huayco Loro | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 3.9                     | 2.35                    | 54.40                             |
| Tr=100 años                               | Quebrada Huayco Loro | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 5.7                     | 4.19                    | 97.00                             |
| Tr=200 años                               | Quebrada Huayco Loro | 481.00                    | 3980            | 49,000                    | 0.081             | 3.50                               | 2.57                         | 4.32                      | 11.53                     | 23.15                                     | 8.3                     | 5.05                    | 116.91                            |

  

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  | Cálculo de la lluvia efectiva Pe.-Método de los Números de Escurrimiento<br>US Soil Conservation Service<br>Suelos textura tipo B<br>Cobertura: % Numero<br>Superficie dura 30% 63<br>Pastizales, pendientes >1 25% 65<br>Terracerías, pendiente >1 45% 82<br>Número promedio (N): 70 70<br>Corrección tipo B 70 |  |
| $Pe = \frac{\left[ P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$ |  | Para T=25 años:<br>$P = 16.64 d^{0.250}$ (mm)  |  |
| $t_p = \frac{t_c}{2} + t_r$   |  | $t_p = \sqrt{t_c} + t_r$   |  |
| Para cuencas pequeñas:  |  | Para cuencas grandes:  |  |

Tabla N.º 5. Descargas máximas instantáneas de la quebrada Huaycoloro.

| N.º | PERÍODO DE RETORNO (Años) | DESCARGAS (m <sup>3</sup> /s) |
|-----|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 5                         | 13.20                         |
| 2   | 10                        | 18.36                         |
| 3   | 25                        | 28.71                         |
| 4   | 50                        | 50.40                         |
| 5   | 100                       | 97.00                         |
| 6   | 200                       | 116.91                        |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| - Caudal de máximo:                   | 50.40, 97.00 y 116.91 m <sup>3</sup> /s, para periodos de 50, 100 y 200 años respectivamente, con abundante transporte de sedimentos. |
| - Tirante máximo extraordinario:      | variable (1.80 m, aprox.)   |
| -Ancho del cauce:                     | Entre . 10 y 15 00 m  |
| -Pendiente longitudinal del cauce:    | 1.00%   |
| -Coeficiente de rugosidad de Manning: | 0.030   |
| - Materiales predominantes del lecho: | Arenas, gravas y elementos mayores en el fondo y paredes de concreto en casi toda la longitud de ambas márgenes.                      |
| - Sección mojada:                     | Variable (28.00 m <sup>2</sup> aprox.)  |
| - Radio hidráulico:                   | Variable (1.015 m, aprox.)  |

**VII. REFERENCIAS**

1. Ayala, Javier Francisco, Carcedo, Jorge, Olcina, Cantos *Riesgos Naturales*. Ed. Ariel S.A. Barcelona. 2002.
2. Holdridge, Leslie R. *Ecología: Basada en zonas de vida*. Ed. San José: II CH. 1987
3. Instituto Geográfico Nacional. *Carta Nacional Topográfica Escala a 1:100,000 Cuadrángulo de Chosica*. Lima.