



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Estudio hidrológico del vertedero de residuos sólidos urbanos en Fornillos de Apiés, Huesca

Autor/es

Raúl Pellicer Sorolla

Director/es

José Antonio Cuchí Oterino

Escuela Politécnica Superior  
2013

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicarle este trabajo de fin de grado a todas las personas que siempre creyeron en mi capacidad, hecho que se agradecerá eternamente.

La principal atención de la dedicatoria recae sobre mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, en toda mi educación, tanto académica como de la vida misma, por su incondicional y perseverante apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo en sí ha sido posible gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a José Antonio Cuchí Oterino por haber dirigido este trabajo de fin de grado.

Al personal de GRHUSA S.A.U. que ha posibilitado la viabilidad del trabajo y facilitado la realización de las visitas a la zona de estudio prestando parte de su tiempo en las labores de toma de datos y medidas sobre el terreno.

Al personal de la División de Conservación del Medio Natural (Diputación General de Aragón) por sus conocimientos en materia de S.I.G.: Ángel Jarne Vinacua, Francisco Izquierdo Robredo y José Manuel Rodríguez Avellanas.

A mi amigo Miguel Bernad debo agradecerle su esfuerzo por acompañarme en múltiples ocasiones, cargando con litros y litros de agua para realizar medidas de infiltración y con el cronómetro en mano.

A los profesores de la E.P.S. que han hecho posible alcanzar un nivel de conocimientos técnicos necesarios para la realización del presente trabajo y que han prestado parte de su tiempo de una u otra forma ayudando a realizarlo.

Finalmente, no puedo dejar de agradecer el apoyo de familiares y amigos, puesto que ellos han sido quienes han tenido que aguantar mis malos momentos, enfados y demás sucesos que han surgido a lo largo de la elaboración de este trabajo de fin de grado.

Y a todos aquellos que olvido nombrar.

## RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado analiza aspectos hidrológicos y determinar parámetros hidráulicos de las aguas de escorrentía superficial y las aguas subterráneas de las pequeñas cuencas de los barrancos del Diablo y la Alfándiga, donde se encuentran depósitos de residuos sólidos urbanos (vertedero de Fornillos de Apiés).

La zona de estudio está localizada en una pequeña depresión natural excavada entre los materiales terciarios del límite norte del Valle del Ebro. Las principales unidades hidrogeológicas vulnerables ante la posible afección de los lixiviados del vertedero son los rellenos de fondo de valle de los barrancos citados, donde se localizan dos modestos acuíferos someros y libres.

Se han realizado balances hídricos mediante el método directo para valorizar el drenaje profundo de las unidades hidrogeológicas. Se ha obtenido un drenaje anual de 14,6 mm en los materiales terciarios y 47,3 mm en los glaciares. También se han realizado medidas de la tasa de infiltración a partir del método de los anillos de infiltración de Müntz obteniendo valores de permeabilidad bajos ( $6,5 \times 10^{-7}$  y  $1,5 \times 10^{-6}$  m/s), a excepción de los glaciares ( $7,5 \times 10^{-6}$  m/s).

Respecto a la escorrentía superficial, se han simulado los flujos generados en eventos extremos mediante el método del Número de Curva y el programa ARHYMO, para conocer los volúmenes y caudales punta de escorrentía que afectan al vertedero en actual explotación.

En relación a las aguas subterráneas, se ha determinado una baja conductividad hidráulica de los materiales terciarios (salagón) y los rellenos de fondo de valle, mediante un permeámetro de carga variable. A partir de la permeabilidad y el gradiente hidráulico se estima que el movimiento del agua en la zona saturada del suelo varía entre 9 y 10 m/año, valores relativamente muy bajos. Sin embargo, es recomendable realizar un programa de vigilancia ambiental.

## ABSTRACT

This final project work pretends to analyze hydrological aspects and hydraulic parameters, related to groundwater and surface run-off, of the small watersheds of two ravines: "el Diablo" and "la Alfándiga". These watersheds are characterized by the existence of waste deposits (Landfill of Fornillos de Apiés).

The area studied is located in a small natural depression excavated on the tertiary materials of the north boundary of the Ebro's Valley. In the slims of the valley bottom padding of the ravines are located two little free and shallow aquifers. This aquifers are the principal vulnerable hidrogeological units that would be polluted by a hypothetical discharge of leachate from the landfills.

Water balance sheets have been realized by the direct method in order to value the deep drainage of the hidrogeological units. The results of the annual drainage are 14,6 mm in the tertiary materials and 47,3 mm in the glacises. There have also realized measures of the rate of

infiltration with the method of Müntz's rings infiltrations obtaining low values of permeability ( $6,5 \times 10^{-7}$  and  $1,5 \times 10^{-6}$  m/s), with the exception of the glacises ( $7,5 \times 10^{-6}$  m/s).

With regard to surface run-off, the flows generated in extreme storms have been analyzed by the method of the Curve Number method and have also been simulated with a computer program called ARHYMO. It aims to estimate the volume of run-off generated and its peak flow at the current landfill.

In reference to the groundwater, some measures have been determined the permeability of samples of tertiary materials (called salagón) and valley bottom padding, with a falling head permeameter. From the permeability and the estimated hydraulic conductivity, the groundwater movement has been estimated and the results shows very low velocities (9-10 meters/year) in the saturated zone of the tertiary materials. Nevertheless, is advisable to realize a program of environmental vigilance.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	Pág. 1
1.1. Los residuos sólidos urbanos.....	Pág. 1
1.2. Residuos sólidos urbanos en Huesca y alrededores.....	Pág. 1
1.3. La gestión del agua en los vertederos.....	Pág. 2
2. OBJETIVOS .....	Pág. 3
3. ZONA DE TRABAJO .....	Pág. 4
3.1. Localización y accesos.....	Pág. 4
3.2. Geología .....	Pág. 5
3.3. Geomorfología .....	Pág. 8
3.4. Climatología .....	Pág. 14
3.5. Hidrología subterránea.....	Pág. 17
3.6. Vegetación .....	Pág. 22
3.7. Usos del suelo .....	Pág. 23
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	Pág. 24
4.1. Delimitación del área de estudio y cartografía.....	Pág. 24
4.2. Balance hídrico.....	Pág. 25
4.2.1. Recopilación de datos climáticos.....	Pág. 25
4.2.2. Estimación de la C.R.A.D.....	Pág. 26
4.2.3. Estimación de la evapotranspiración: método de Thornthwaite.....	Pág. 28
4.2.4. Balance hídrico: método directo.....	Pág. 30
4.3. Escorrentía superficial.....	Pág. 31
4.3.1. Estimación de la máxima lluvia diaria y la intensidad máxima de precipitación.....	Pág. 31
4.3.2. Estimación de la escorrentía: método del Número de Curva.....	Pág. 34
4.3.3 Programa ARHYO.....	Pág. 41
4.4. Infiltración.....	Pág. 44
4.4.1. Anillos de infiltración de Müntz .....	Pág. 44
4.5. Aguas subterráneas.....	Pág. 48

4.5.1. Método del permeámetro de carga variable.....	Pág. 48
4.5.2. Control de lixiviados.....	Pág. 52
4.5.3. Control de piezómetros.....	Pág. 52
5. RESULTADOS.....	Pág. 53
5.1. Delimitación del área de estudio y cartografía.....	Pág. 53
5.2. Balance Hídrico.....	Pág. 54
5.2.1. Recopilación de datos climáticos.....	Pág. 54
5.2.2. Estimación de la C.R.A.D.....	Pág. 54
5.2.3. Estimación de la evapotranspiración: método de Thornthwaite.....	Pág. 55
5.2.4. Balance hídrico: método directo.....	Pág. 56
5.3. Escorrentía superficial.....	Pág. 59
5.3.1. Estimación de la máxima lluvia diaria y la intensidad máxima de precipitación.....	de Pág. 59
5.3.2. Estimación de la escorrentía: método del Número de Curva.....	Pág. 60
5.3.3 Programa ARHYO.....	Pág. 64
5.4. Infiltración.....	Pág. 68
5.4.1. Anillos de infiltración de Müntz .....	Pág. 68
5.5. Aguas subterráneas.....	Pág. 79
5.5.1. Método del permeámetro de carga variable.....	Pág. 79
5.5.2. Control de lixiviados.....	Pág. 80
5.5.3. Control de piezómetros.....	Pág. 81
5.6. Recomendaciones finales.....	Pág. 84
6. BIBLIOGRAFÍA .....	Pág. 85
7. ANEJOS.....	Pág. 89
7.1. Serie de datos meterológicos obtenidos de la Oficina del Regant.....	Pág. 89
7.2. Ortofotos de la zona de estudio.....	Pág. 92
7.3. Archivos generados por el programa ARHYMO.....	Pág. 94

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de Situación (elaboración propia).
- Figura 2.** Mapa Topográfico (elaboración propia).
- Figura 3.** Mapa de la comarca de la Hoya de Huesca / Plana de Uesca. (Comarcalización de Aragón, 2003).
- Figura 4.** Principales características geológicas y estructurales del Sur de los Pirineos Centrales y localización aproximada del área de estudio (Arenas et al, 2001).
- Figura 5.** Mapa Litológico (elaboración propia).
- Figura 6.** Abanicos fluviales de Luna y Huesca del Mioceno (Jones, 2004).
- Figura 7.** Mapa Geomorfológico (elaboración propia).
- Figura 8.** Imagen de grandes cárcavas aguas debajo del vertedero actual y del Glacis Alto.
- Figura 9.** Desarrollo de un abanico aluvial y paleocanales (Nichols et al, 2007).
- Figura 10.** Paleocanal situado en las inmediaciones del Centro de Operaciones GRHUSA, junto a la carretera que sirve de acceso al VRSU de Fornillos de Apiés.
- Figura 11.** Imagen del glacis situado escasos metros en dirección Sur del vertedero en explotación de Fornillos de Apiés.
- Figura 12.** Imagen de una acumulación de relleno de fondo de valle próximo al emplazamiento del VRSU de Fornillos de Apiés.
- Figura 13 .** Diagrama Ombrotérmico en la Estación Agroclimática de Huesca
- Figura 14.** Acuíferos detríticos de la provincia de Huesca (Cuchí, 1998).
- Figura 15.** Esquema hidrogeológico general del Piedemonte oscense (Azcón y Garrido, 1994). El VRSU está ubicado aproximadamente mediante un punto rojo.
- Figura 16.** Masa de agua subterránea "Hoya de Huesca" (Sistema de Información de Recursos Subterráneos - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). El VRSU está ubicado aproximadamente mediante un punto rojo.
- Figura 17.** Imagen del acuífero de Apiés.
- Figura 18.** Imagen de la delimitación aproximada del acuífero de Fornillos de Apiés.
- Figura 19.** Dirección del flujo hídrico subterráneo en el relleno de fondo de vales de los bcos. del Diablo y la Alfándiga. Mapa 1:25.000 (Visor Iberpix - Instituto Geográfico Nacional).
- Figura 20.** Mapa de Depósitos de Residuos (elaboración propia).
- Figura 21.** Mapa de Usos de Suelo (elaboración propia).
- Figura 22.** Mapa de Delimitación de Cuencas (elaboración propia).
- Figura 23.** Mapa con isóneas del Coeficiente de Variación y del valor medio de P, Hoja 4-2: Zaragoza (Ministerio de Fomento, 1999).
- Figura 24.** Mapa de Isóneas I/Id. (MOPU, 1990).
- Figura 25.** Representación gráfica del modelo de número de curva (S.C.S., 1986).
- Figura 26.** Efecto de precipitaciones de diferentes intensidades sobre la velocidad de infiltración (Dunne y Leopold, 1978).
- Figura 27.** Flujo de agua en el suelo generado por el doble anillo (Ibáñez et al, 2010).
- Figura 28.** Fotografía de los anillos concéntricos utilizados en las mediciones.
- Figura 29.** Instalación de los anillos concéntricos sobre el suelo.
- Figura 30.** Efecto del flujo de agua del anillo externo respecto al interno. (Ibáñez et al, 2010)
- Figura 31.** Localización de los puntos de muestreo en el método de los anillos concéntricos.
- Figura 32.** Diseño esquematizado del permeámetro de carga variable. (Gabriels et al, 2011).
- Figura 33.** Muestra de suelo para el permeámetro de carga variable.
- Figura 34.** Imagen del permeámetro de carga variable utilizado (Laboratorio de Hidrología, E.P.S. Huesca).

**Figura 35.** Localización de los puntos de toma de muestras para el método del permeámetro de carga variable .

**Figura 36.** Resultado de las cuencas objeto de estudio: cuenca del bco. del Diablo (naranja) y de la Alfándiga (verde).

**Figura 37.** Representación de la evolución anual de la ETP.

**Figura 38.** Superficie cuyas aguas de escorrentía superficial se dirigen al vertedero actual

**Figura 39.** Mapa con la delimitación de las unidades representativas utilizadas en el Método del Número de Curva (elaboración propia).

**Figura 40.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 1.

**Figura 41.** Gráfico representando la tasa de infiltración en función del tiempo para la muestra 1.

**Figura 42.** Gráfico representando la tasa de infiltración en función del tiempo para la muestra 2.

**Figura 43.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 3.

**Figura 44.** Gráfico representando la tasa de infiltración en función del tiempo para la muestra 3.

**Figura 45.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 4.

**Figura 46.** Gráfico representando la tasa de infiltración en función del tiempo para la muestra 4.

**Figura 47.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 5.

**Figura 48.** Gráfico representando la tasa de infiltración en función del tiempo para la muestra 5.

**Figura 49.** Imagen aérea del VRSU con localización de los piezómetros.



## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Valores pluviométricos estacionales (mm y %) tomados en la estación "Huesca" de la Red S.I.A.R. (Sistema de Información Agroclimática del Regadío).
- Cuadro 2.** Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente en función de la textura según "The Yearbook of Agriculture", USDA 1955 (Martin de Santa Olalla et al, 1993).
- Cuadro 3.** Valores de  $N_i$ , duración astronómica del día, expresado en número de horas de sol en unidades de 12 horas durante 30 días.
- Cuadro 4.** Factores de Amplificación  $K_T$  (Ministerio de Fomento, 1999).
- Cuadro 5.** Condiciones precedentes de humedad según U.S.D.A..
- Cuadro 6.** Relación tabular entre las condiciones precedentes de humedad (Fernández, 2009).
- Cuadro 7.** Clasificación de los suelos según U.S.D.A.
- Cuadro 8.** Números de curva para los suelos agrícolas.
- Cuadro 9.** Números de curva para pastizales y arboledas.
- Cuadro 10.** Números de curva para zonas áridas y semiáridas.
- Cuadro 11.** Números de curva para zonas urbanas.
- Cuadro 12.** Datos medios mensuales de Temperatura media y Precipitación de la estación agroclimática de Huesca.
- Cuadro 13.** Valores de la CRAD para las texturas definidas de las unidades representativas.
- Cuadro 14.** Valores volumétricos obtenidos de la reserva hídrica máxima de los suelos.
- Cuadro 15.** Parámetros necesarios y resultados finales de ETP obtenidos por el método de Thornthwaite.
- Cuadro 16.** Balance hídrico de la unidad Glacis.
- Cuadro 17.** Balance hídrico de la unidad Terciario.
- Cuadro 18.** Balance hídrico de la unidad Relleno de fondo de valle.
- Cuadro 19.** Escorrentía estimada a partir de las precipitaciones medias en la unidad Terciario.
- Cuadro 20.** Balance hídrico corregido de la unidad Terciario.
- Cuadro 21.** Relación entre las áreas y el volumen hídrico anual drenado en profundidad relativo a cada unidad geomorfológica.
- Cuadro 22.** Valores de Precipitación máxima diaria relativos a los diferentes tiempos de retorno.
- Cuadro 23.** Resultados de intensidad máxima de precipitación en una hora ( $I_1$ ).
- Cuadro 24.** Tabla con la relación de las unidades representativas utilizadas en el método del Número de Curva respecto a las áreas relativas a las cuencas de estudio.
- Cuadro 25.** Tabla con los resultados obtenidos de NC de cada cuenca de estudio.
- Cuadro 26.** Valores de S calculados para las cuencas de estudio.
- Cuadro 27.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado a partir de las precipitaciones medias mensuales.
- Cuadro 28.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado en función de las lluvias máximas diarias.
- Cuadro 29.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado en función de la intensidad máxima generada en una hora.
- Cuadro 30.** Precipitación y escorrentía estimados en la superficie del vertedero en actual explotación, en función de las precipitaciones máximas diarias.
- Cuadro 31.** Precipitación y escorrentía estimados en la superficie del vertedero en actual explotación, en función de la intensidad máxima estimada para un período de una hora.
- Cuadro 32.** Parámetros correspondientes a las cuencas de estudio.
- Cuadro 33.** Resultados obtenidos con el programa ARHYMO.

**Cuadro 34.** Parámetros correspondientes a la superficie localizada aguas arriba del vertedero en actual explotación.

**Cuadro 35.** Resultados obtenidos con el programa ARHYMO para la superficie sita aguas arriba del vertedero en actual explotación.

**Cuadro 36.** Resumen de los resultados de conductividad hidráulica (varias unidades distintas) para las 5 medidas realizadas.

**Cuadro 37.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 1.

**Cuadro 38.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 2.

**Cuadro 39.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 3.

**Cuadro 40.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 4.

**Cuadro 41.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 5.

**Cuadro 42.** Datos tomados en la medida de la conductividad hidráulica de la muestra 1.

**Cuadro 43.** Datos tomados en la medida de la conductividad hidráulica de la muestra 2.

**Cuadro 44.** Conductividades hidráulicas obtenidas en laboratorio mediante permeámetro de carga variable de muestras de suelo del área del VRSU de Fornillos de Apiés.

**Cuadro 45.** Clasificación de la magnitud de la conductividad hidráulica según el S.C.S. de E.E.U.U.

**Cuadro 46.** Volumen mensual y total de los lixiviados recogidos en el vertedero en explotación (año 2011).

**Cuadro 47.** Coordenadas UTM de los piezómetros.

**Cuadro 48.** Profundidades de las medidas con sonda en los piezómetros de GRHUSA.

**Cuadro 49.** Coordenadas UTM de los piezómetros.

**Cuadro 50.** Profundidades de las medidas con sonda en los piezómetros de GRHUSA.

**Cuadro 51.** Velocidades del agua subterránea a partir de los resultados de los anillos de Müntz.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Los residuos sólidos urbanos**

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es consecuencia de las diferentes actividades humanas que se desarrollan de manera cotidiana en las actividades domésticas de la sociedad actual. Se estima que el español medio genera 516,6 Kg de residuos urbanos al año. Este valor se reduce en Aragón, donde la media por habitante equivale a 447,3 Kg anuales, es decir, 1,22 kg/día (I.N.E., 2010).

Aunque una parte de los residuos se recicla (principalmente papel, cartón y envases), el resto debe ser eliminado, lo que equivale a un "almacenado", de la forma más segura posible. Esta eliminación es uno de los problemas más importantes con los que se enfrenta la actual sociedad urbana.

El agua de lluvia infiltrada sobre los depósitos de basura disuelve componentes orgánicos e inorgánicos propios de la degradación de los residuos, que producen lixiviados. La composición química de los lixiviados puede ser muy variada y dependerá de la composición de los residuos depositados y del estado biológico, químico e hidráulico del vertedero. Constituyen un riesgo potencial para las poblaciones humanas y los ecosistemas circundantes puesto que presentan una alta demanda química y bioquímica de oxígeno y, por lo común, contienen amonio y múltiples metales pesados.

Del adecuado manejo y disposición que se realice de los residuos depende la magnitud del impacto ambiental local generado en el proceso de eliminación de los residuos (Arias et al. 2005). Existen varios métodos, entre los que se incluyen el enterramiento, la incineración, la pirolisis, la gasificación y la hidrogenación.

El método más utilizado es el primero, mediante la explotación de vertederos de residuos sólidos urbanos (VRSU), definidos como instalaciones de eliminación de residuos mediante depósito subterráneo o en superficie (Real Decreto 1481/2001).

### **1.2. Residuos sólidos urbanos en Huesca y alrededores.**

Como la mayoría de las ciudades de pequeñas dimensiones, Huesca careció de un vertedero adecuado hasta 1970. En ese momento se seleccionó el actual emplazamiento practicándose un control mínimo en el vertedero. Hacia 1990 se mejora el procedimiento, incorporándose la práctica de la rebusca.

Posteriormente por intervención de la D.G.A., se incorporan los residuos de la comarca de la Hoya de Huesca y se adjudica la explotación del VRSU a la empresa Fomento de Construcciones y Contratas (FCC). En el año 2002, el VRSU pasa a ser explotado por la empresa Gestión de Residuos Huesca S.A.U. (GRHUSA).

GRHUSA es una Sociedad Anónima Unipersonal de capital público creada por el Consorcio Agrupación N° 1 Huesca que gestiona los residuos urbanos en el ámbito territorial de las Comarcas del Alto Gállego, la Hoya de Huesca/Plana de Uesca y la Jacetania.

En la zona de estudio se encuentran tres claros y diferenciados depósitos de residuos: una escombrera (31.589 m<sup>2</sup>), un vertedero sellado (71.635 m<sup>2</sup>) y el vertedero en actual explotación (53.739 m<sup>2</sup>).

Los residuos urbanos gestionados por GRHUSA son los siguientes: mezclas de residuos municipales, papel y cartón, envases de papel y cartón, envases de vidrio, envases mixtos y residuos voluminosos. Según datos de GRHUSA, en el VRSU se gestionaron un total de 44.442 toneladas (1,19 kg/día) respecto a los residuos de la fracción rechazo (mezclas de residuos municipales) durante el año 2012.

### **1.3. La gestión del agua en los vertederos**

La presencia y el control del agua, principalmente de lluvia, es un elemento esencial en la gestión de los vertederos, tanto en la fase de explotación como en la fase posterior al abandono, tras el sellado del vertedero.

Hay que considerar, por un lado, que todo VRSU por muy bien ubicado que se encuentre forma parte de una cuenca de aguas superficiales. Por otro lado, bajo el vertedero puede existir un acuífero, donde el agua subterránea posee un movimiento lento pero continuo hacia la zona de descarga. En relación a ello se deben considerar varios aspectos.

Sobre la superficie del vertedero caerá una cierta cantidad de lluvia que en un momento puntual puede ser muy abundante, muy intensa o ambas. Hay, por tanto, tres entradas de agua a considerar. El agua de lluvia que cae sobre la superficie del vertedero, las aguas superficiales que se generan aguas arriba del vertedero y el agua que circulan bajo los residuos enterrados. El agua que abandona el vaso del vertedero en forma de vapor posee interés desde el punto de vista del balance hidrológico pero no se considera problemática.

El agua superficial procedente del exterior del vertedero, es decir, la escorrentía, posee un triple efecto si se introduce en la superficie del vertedero. Por un lado, erosiona las coberteras. Por otro, se infiltra en las celdas aumentando el nivel de agua en los residuos. Por último, puede llegar a producir deslizamientos en masa cuando la socavación y la infiltración son importantes, además de poder producir importantes embalsamientos superficiales.

Evidentemente, su volumen y sus caudales punta dependen de las precipitaciones, de la superficie, del uso del suelo y de las características hidrológicas del terreno. Por lo tanto es necesario conocer estos parámetros para impedir el acceso de las aguas superficiales al VRSU.

El agua precipitada directamente sobre el vertedero puede producir escorrentía o infiltrarse. Parte del agua infiltrada se evaporará o evapotranspirará mientras otra parte se acumulará en la parte inferior de las celdas.

En principio, es inevitable que se produzca escorrentía en viales, tejados y otras zonas impermeables del VRSU. Este volumen hídrico, relativamente no contaminado, debiera eliminarse mediante conducciones superficiales.

El agua infiltrada accederá a la basura y generará un lixiviado con una elevada carga orgánica, metales pesados, etc. que se debe evacuar mediante sistemas de drenes artificiales hacia la

correspondiente balsa de lixiviados. En algunos casos, se aplican tratamientos de descontaminación sobre los lixiviados aunque es usual retornarla a la zona de formación de nuevas celdas de forma adecuada para favorecer la evaporación.

Respecto a las aguas subterráneas, el vertedero debiera instalarse en una zona donde no se encontrase la existencia de un nivel saturado a una profundidad suficiente para que unas hipotéticas pérdidas de lixiviado más allá de los drenes mencionados no alcancen un acuífero.

No es fácil asegurar la inexistencia de un acuífero, salvo la realización de varios sondeos profundos, del orden del centenar de metros, asunto de cierta complejidad técnica y económica. Además los testigos de los sondeos deberían servir para realizar mediciones de la conductividad hidráulica de los materiales geológicos.

La inexistencia de un acuífero previo a la instalación del VRSU no descarta la posibilidad de la formación de un acuífero debido al cambio de las condiciones hidrológicas por parte del VRSU, a pesar de las impermeabilizaciones correspondientes.

Esto puede deberse en parte al aumento de recarga que se pudiera producir en las zonas bajas de la instalación, a causa de fugas de los drenes subterráneos o de la balsa de lixiviados. Inicialmente el flujo hídrico es vertical pero la existencia de una capa impermeable puede generar el almacenamiento del agua en un nivel colgado.

Por lo tanto, siempre es necesario realizar un estudio hidrológico de cualquier vertedero y a modo de ejercicio se ha escogido el existente en las cercanías de la ciudad de Huesca.

## **2. OBJETIVOS**

El principal objetivo del Trabajo de Fin de Grado es la realización de un estudio hidrológico para analizar la cuenca local en la que se localiza el vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) y asimilables de Huesca y las comarcas de la Hoya de Huesca, Jacetania y Alto Gállego, actualmente gestionado y explotado por la empresa GRHUSA.

Se pretenden estudiar parámetros hidráulicos de la zona respecto a las aguas superficiales y subterráneas. Se realizará un balance hídrico y se analizarán parámetros como la tasa de infiltración y la conductividad hidráulica. Por otro lado, se simularán tormentas extremas para estimar la escorrentía generada en los mismos.

Como objetivo secundario, se realiza el presente trabajo con la finalidad de obtener el título de Graduado en Ciencias Ambientales, por la Universidad de Zaragoza.



### 3. ZONA DE TRABAJO

El vertedero de RSU se encuentra en una vaguada cercana al barrio rural de Fornillos de Apiés, al norte de la ciudad de Huesca.

#### 3.1. Localización y accesos

El vertedero de residuos sólidos urbanos o asimilables de Fornillos de Apiés se localiza en el término municipal de Huesca, a 1,5 kilómetros en línea recta del núcleo de Fornillos de Apiés. Se encuentra en el kilómetro 4,9 de la carretera HU-V-324, que va de Huesca hasta Apiés. Véase la Figura 1 correspondiente al Mapa de Situación.

Coordenadas aproximadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 715.028. Y: 4.674.722

El emplazamiento del VRSU es una depresión natural excavada entre los materiales terciarios de la depresión del Ebro (véase el Mapa Topográfico adjunto, Figura 2).

A la ciudad de Huesca se puede acceder desde Zaragoza por la autovía A-23 y por la carretera N-330 que atraviesa localidades como Zuera y Almudévar.

Otras vías de acceso a Huesca son la A-132 que parte de Huesca en dirección Noroeste hasta llegar a Puente de la Reina, la N-240 que enlaza con Barbastro y Monzón y la Autovía A-22, que conecta Lérida con Siétamo.

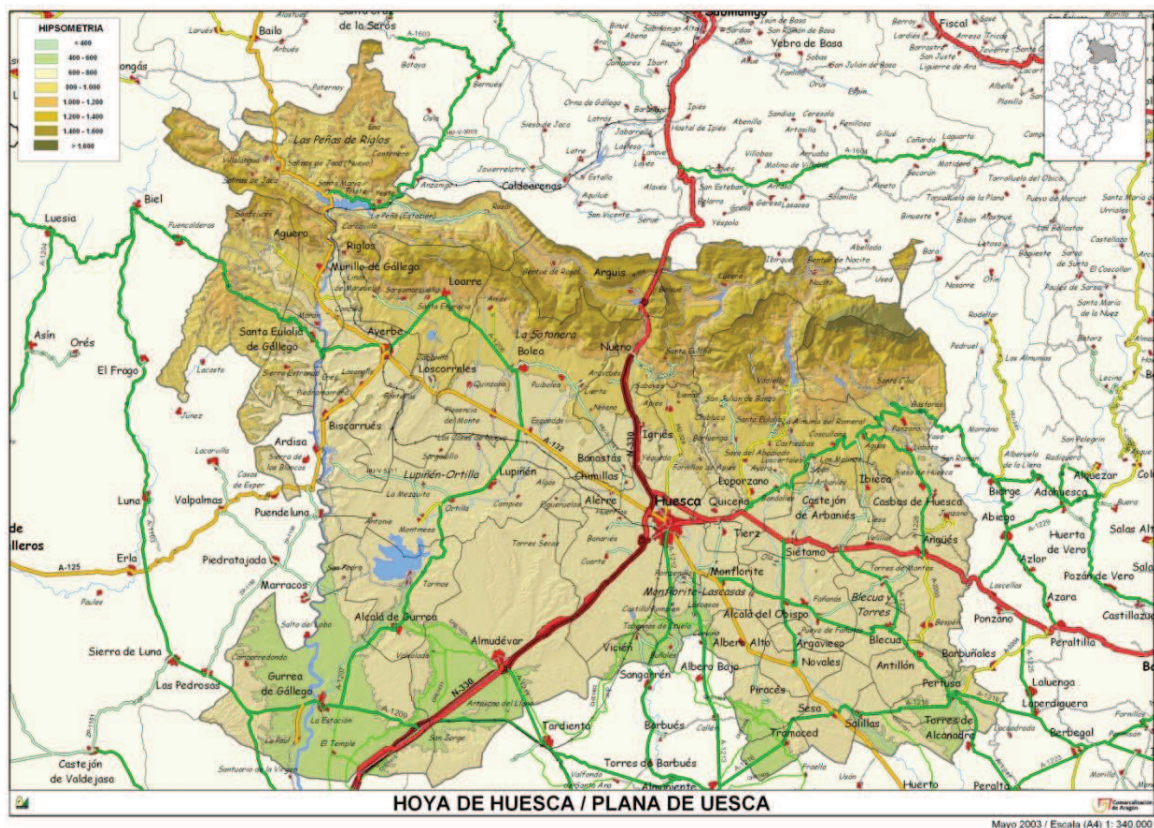
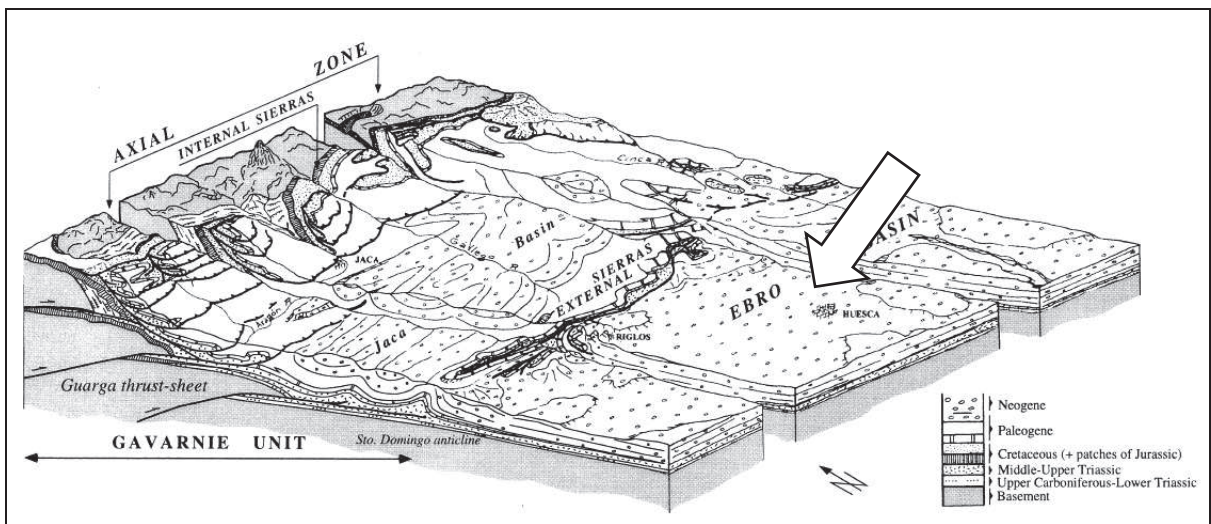


Figura 3. Mapa de la comarca de la Hoya de Huesca / Plana de Uesca. (Comarcalización de Aragón, 2003).

### 3.2. Geología

La zona de estudio está situada sobre los materiales geológicos del Terciario Continental del Valle del Ebro. Al norte, queda el dominio pirenaico, donde destacan las calizas eocenas de la formación Guara (Rodríguez Vidal, 1986). La zona y sus alrededores están formados, como se ve en la Figura 4, por materiales del Neógeno y posteriores al Paleógeno.



**Figura 4.** Principales características geológicas y estructurales del Sur de los Pirineos Centrales y localización aproximada del área de estudio (Arenas et al., 2001).

El Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja 286-Huesca (IGME, 1990), define la existencia de tres unidades geológicas en el área de estudio. La más antigua de ellas pertenece a las areniscas y lutitas (facies o formación Sariñena) del Mioceno (serie del Terciario). Las unidades restantes hacen referencia a las acumulaciones detríticas del Cuaternario, diferenciando entre niveles aluviales altos (formados por gravas) y depósitos aluviales y poligénicos recientes, formados por gravas y lutitas, identificado con los rellenos de fondo de valle.

Véase el Mapa Litológico adjunto (Figura 5).

#### 3.2.1. Historia geológica

A continuación se señalan las principales épocas geológicas conforme a la escala temporal geológica que han dado lugar a la geología de la zona de estudio:

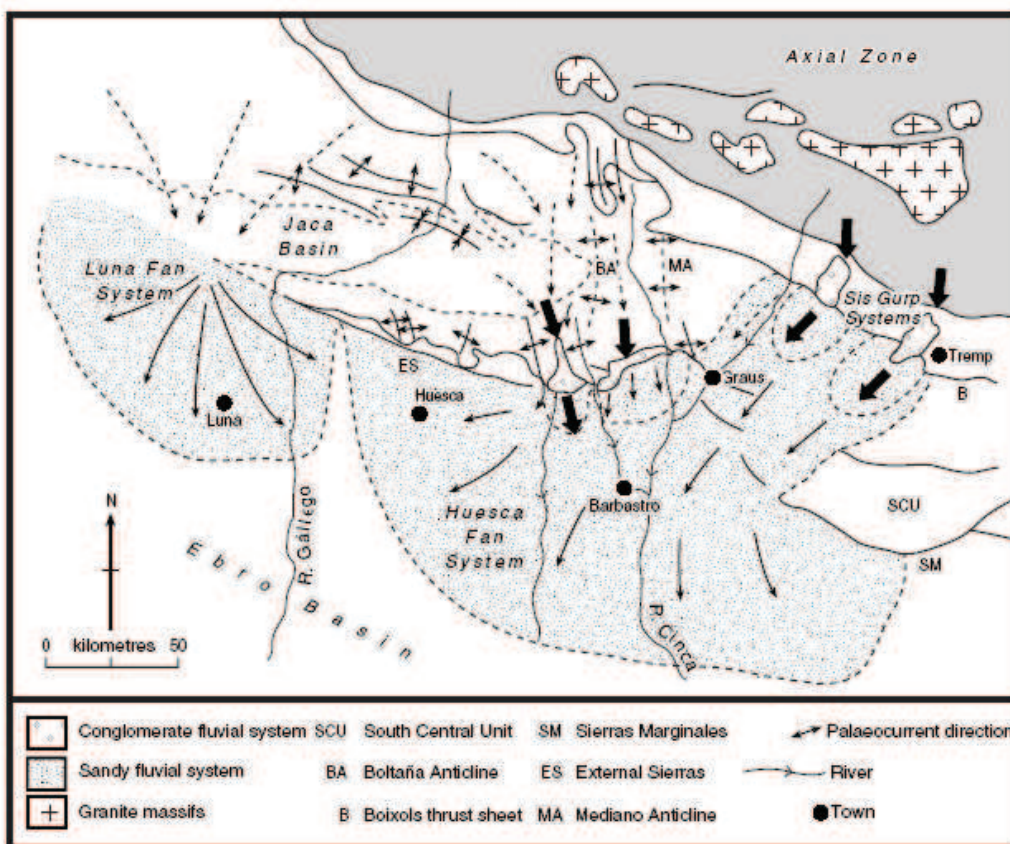
Durante el Eoceno (época del período Terciario situada entre los 56 y 34 millones de años atrás), la región se cubrió por los mares recibiendo una masa de sedimentos de importante espesor. Así se inició la sedimentación de grandes capas de calizas con intercalaciones margosas gris-azuladas y areniscas. En ésta época se generaron formaciones como las Calizas de guara y las Margas de Arguis, situadas al norte del área de estudio.



Tras la posterior retirada de los mares, en el Oligoceno (iniciado hace 34 millones de años y finalizado hace 23), se levantaron las cordilleras Ibérica y costero-catalana formando una cuenca endorreica en la cuenca del Ebro. Se inició una época de intensa erosión en la zona pirenaica en la que continuó la acumulación de material sedimentario: principalmente lutitas, areniscas y conglomerados (Cuchí, 2006).

Estos se depositaron en forma de abanicos aluviales, sistemas fluviales y lagos, razón por la que las capas de sedimentos poseen una inclinación horizontal o ligeramente tendida en las proximidades de las sierras (Nichols, 2004). Así se formaron dos grandes sistemas de abanicos aluviales, el de Luna y el de Huesca, con 40 y 60 kilómetros de radio respectivamente (Jones, 2004).

En la Figura 6 se observa el radio de los citados abanicos aluviales y la presencia del VRSU, sito al Norte de la ciudad de Huesca, en el área del abanico aluvial de Huesca.



**Figura 6.** Abanicos fluviales de Luna y Huesca del Mioceno (Jones, 2004).

En el Mioceno (época situada entre los 23 y los 5,3 millones de años) se depositaron una serie estratos subhorizontales organizados en capas limo-arcillosas, llamado en la provincia de Huesca "salagón", y niveles de areniscas de color pardo (Cuchí et al., 2005). Se han originado por efecto de la litificación de arcillas y arenas depositadas por los ríos de origen pirenaico, desaparecidos en la actualidad.

Las capas de salagón pueden llegar a las decenas de metros de espesor y se caracterizan por un color pardo en superficie pero en fresco presentan colores rojos, grises y pardos. Una característica muy importante es su baja permeabilidad y respuesta frente a la humedad. En



seco es un material duro que se rompe en masas poliédricas. Por el contrario, en húmedo es blando, plástico y pegajoso.

Las capas de areniscas suelen formar paleocanales que en la zona de Huesca poseen un espesor medio de un metro y no suelen superar los cinco metros. La roca está formada por un cemento calcáreo y arenas calizas, con un pequeño porcentaje de granos silíceos y minerales silicatados.

A mediados del Mioceno, la apertura del Ebro al Mediterráneo produjo un cambio en las condiciones que pasaron a ser erosivas, comenzando un potente vaciado de la actual cubeta del Ebro, quedando como testigos las mesas de Alcubierre y la Muela. Este proceso se produjo de forma escalonada en el tiempo y el espacio.

En el Pliocuatnario (período que comprende el Plioceno, época final del Terciario, y el inicio del Cuaternario) se produjo un período de erosión y acumulación detrítica muy localizada que generó la aparición de una serie de rampas escalonadas de tipo glacis y terrazas fluviales (Rodríguez Vidal, 1986), que se localizan sobre el sustrato del Terciario.

En la actualidad, los depósitos pliocuatnarios se encuentran distribuidos en retazos de extensión variable debido a los procesos de incisión. Es común encontrar algún pequeño depósito pliocuatnario superior a los niveles más altos de las terrazas fluviales y glacis, lo que indica que se trata de niveles emplazados anteriormente a la red fluvial cuaternaria (Alberto et al., 1983; Gutiérrez et al., 1984).

Durante el período Cuaternario, se generaron glacis y terrazas fluviales, similares a las formaciones del Pliocuatnario. En estos glacis y terrazas se detectan diferentes niveles que han permitido separar una serie de momentos acumulativos y etapas de incisión en el terreno (Rodríguez Vidal, 1986).

En el Holoceno, iniciado hace 10.000 años, debido a la litología, a las condiciones semiáridas y al impacto antrópico en el medio (deforestación, roturaciones, etc.) se erosionaron los relieves circundantes y el transporte de los materiales lábiles generó acumulaciones de ladera y de relleno en vales o valles de fondo plano (Julián y Chueca, 1993). Estas acumulaciones se encuentran compuestas por niveles con materiales limo-arcillosos y lentejones de arena y niveles de grava. En ellas se alojan gran cantidad de yacimientos arqueológicos como cerámica, huesos, carbones y restos constructivos (Rey, 1987).

### 3.3. Geomorfología

Como se ha señalado, desde mediados del Mioceno, la erosión hídrica es el fenómeno dominante en la zona. Dicha erosión hídrica ha conformado las principales formaciones geomorfológicas de la zona de Piedemonte o la zona llana de la comarca de la Hoya de Huesca, entre las que se encuentran se encuentran los badlands erosivos, los cerros testigo, las laderas con paleocanales, los sasos o glacis, depósitos de ladera o coluviales y los rellenos de vales o fondos de valle. (Cuchi, 2006).

Rodríguez Vidal (1986) destaca en la zona de estudio la presencia de materiales del Terciario del Ebro (representado por plataformas, mesas y replanos en conglomerados y areniscas) y acumulaciones cuaternarias (conjunto formado por acumulaciones pliocuaternarias, terrazas fluviales y sasos).

Véase el Mapa Geomorfológico (Figura 7) adjunto en el que se dividen las cuencas de estudio en cuatro unidades geomorfológicas: Glacis Alto, Glacis Medio, Relleno de fondo de valle y Terciario.

Las principales formaciones geomorfológicas se amplían a continuación.

#### 3.3.1. Badlands

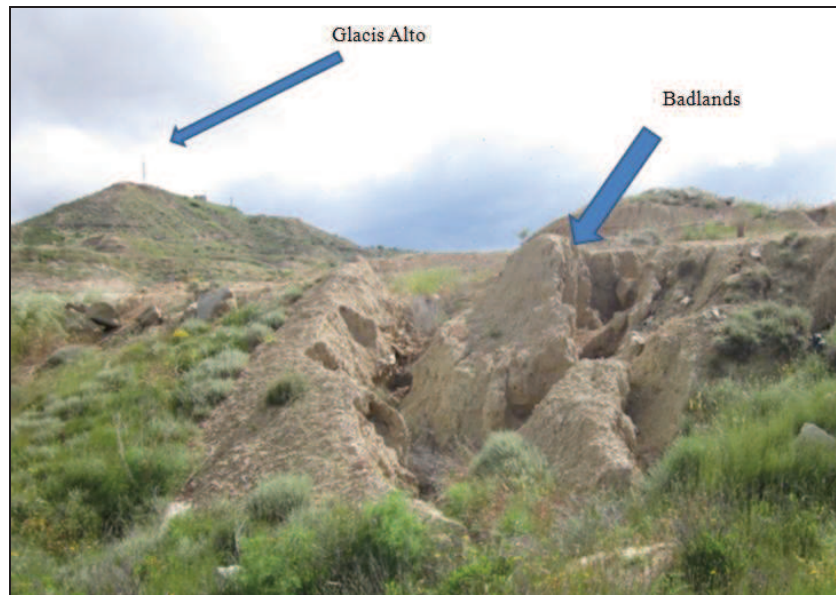
El término badland define los espacios donde se ha producido una disección fluvial intensa y en los que la vegetación es inexistente o escasa. A éstas características se le une el bajo interés económico por la irregularidad de las superficies y por ser desiertos en miniatura (Cerdá, 1993).

Pueden tener un origen natural o pueden ser originadas antrópicamente. Se suelen dar en zonas fluviales con densidades de drenaje muy altas, valles en forma de V y laderas cortas y escarpadas.

Las causas antrópicas se resumen brevemente en el exceso de aprovechamiento agrícola, el abandono de banales y el aumento de los incendios forestales, aumentando así la desertización del suelo.

Suelen desarrollarse bajo climas semiáridos en litologías blandas, en las que una vez desprovistas de vegetación y de horizontes orgánicos junto con un clima característico, con precipitaciones reducidas e irregulares y altas tasas de evapotranspiración, se genera una mayor intensidad erosiva en el suelo.

En los alrededores del vaso del vertedero se encuentran amplias zonas de suelo desnudo formado por material limo-arcilloso muy lábil, el cual a partir del abarrancamiento generado tras intensas lluvias genera este tipo de formación (Figura 8).



**Figura 8.** Imagen de grandes cárcavas aguas debajo del vertedero actual y del Glacis Alto.

### 3.3.2. Cerros testigo

Un cerro testigo es un cerro aislado en una zona llana. Se trata de un relieve residual esculpido por la erosión. Es un testimonio de la evolución y retroceso de un relieve de plataforma o en cuesta, es decir, es un resto de la plataforma en un relieve donde hay capas de rocas duras y blandas dispuestas horizontalmente en las que la erosión ha esculpido paisajes también horizontales.

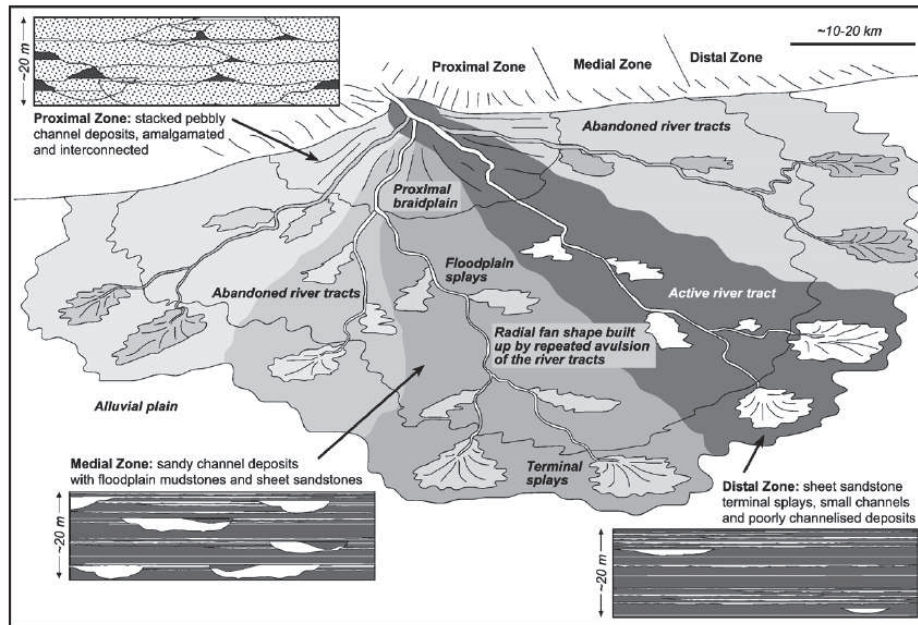
Al aumentar la erosión producida por los ríos en las capas blandas se van formando colinas y, si la altiplanicie es atacada por la erosión por todos sus lados, se forman los cerros testigo con las cumbres planas.

La parte más elevada del Glacis Alto, donde se encuentra el repetidor de Fornillos, se corresponde con un cerro testigo.

### 3.3.3. Paleocanales

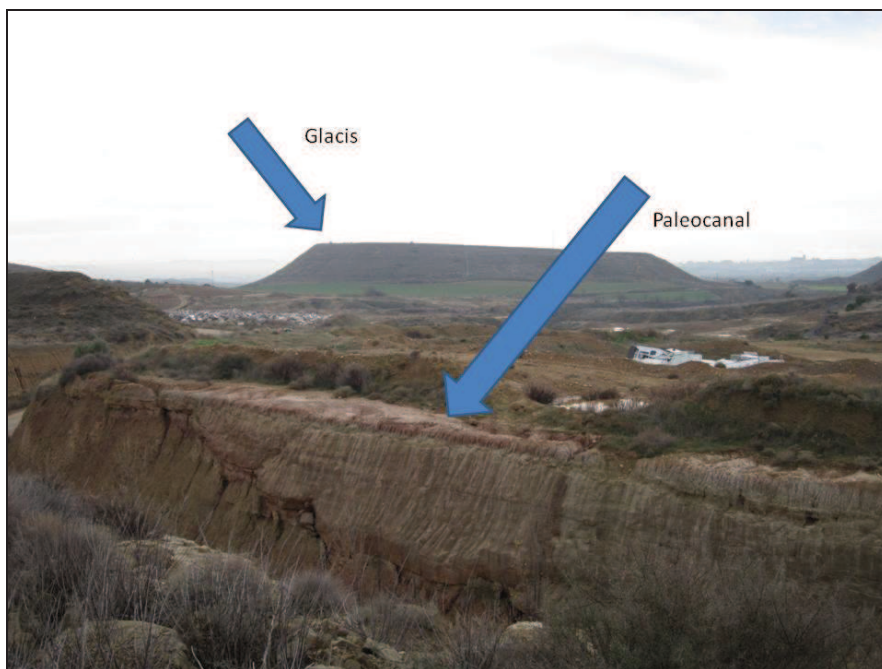
Las principales características geomorfológicas que se encuentra en los materiales del Terciario son la horizontalidad de los estratos y la existencia de paleocanales en los mismos.

Los paleocanales son morfologías sedimentarias que representan los depósitos acumulados por el agua en el cauce de un antiguo río o abanico aluvial (recuérdese el abanico aluvial de Huesca sobre el que se encuentra el área de estudio) .



**Figura 9.** Desarrollo de un abanico aluvial y paleocanales (Nichols et al., 2007).

Ocasionalmente los paleocanales forman cuerpos complejos, constituidos por depósitos relacionados con etapas sucesivas de relleno y de incisiones laterales que erosionan los depósitos del paleocanal precedente (Macias et al., 1987). La geometría de los cuerpos canalizados es la típica de los depósitos de baja sinuosidad: base erosiva cóncava y techo horizontal (Moody-Stuart, 1966).



**Figura 10.** Paleocanal situado en las inmediaciones del Centro de Operaciones GRHUSA, junto a la carretera que sirve de acceso al VRSU de Fornillos de Apiés.

Estos sedimentos se interpretan como el resultado de la desaceleración de corrientes tractivas cuando dejan de estar confinadas en los canales fluviales (Macias et al., 1987).

La erosión de las arcillas del Mioceno (Terciario del Ebro), es decir, los materiales más lábiles de salagón situados entre las capas de arenisca, produce el descalce de los niveles de arenisca que forman los paleocanales con fracturas de tipo gravitatorio y descenso de bloques por las laderas, caracterizando la mayoría de las laderas visibles en la zona (Cuchí et al., 2005).

### 3.3.4 Glacis o Sasos

Los sasos o glacis detríticos se definen como un terreno llano y pedregoso, de extensión y pendiente variable, con una composición de cantos mezclados con arcillas y arenas (Mensua et al., 1979). Por su parte, Pellicer y Echevarría (1989) definen a los glacis como relieves ligados a procesos de arroyamiento difuso y en manto que arrastraron los materiales de las laderas y los derramaron por el piedemonte.

Hace aproximadamente 6 millones de años se generó la apertura de la cuenca endorreica del Ebro hacia el mar, momento en el que se empezó a generar el relieve actual. Como consecuencia, se formaron los glacis recubriendo los materiales del Mioceno con capas de gravas que pueden llegar hasta una decena de metros de grosor (Cuchí et al., 2005).

Los elementos conformantes de los glacis en la Hoya de Huesca son principalmente las calizas eocenas de las sierras pirenaicas (Alberto et al., 1984). Sobre ellos es frecuente el desarrollo de costras calcáreas, conocidas como mallacán, producidas por efecto edáfico y evaporación en zonas de afloramiento freático (Cuchí et al., 2005).



**Figura 11.** Imagen del glacis situado escasos metros en dirección Sur del vertedero en explotación de Fornillos de Apiés.

Los glacis se suelen encontrar diseminados en áreas interfluviales, de forma independiente a la red hidrográfica actual y topográficamente situados por encima de las terrazas fluviales del Cuaternario (Rodríguez Vidal, 1986).



### 3.3.5. Depósitos de ladera

En las laderas de los relieves más elevados de la zona se han observado la existencia de acumulaciones detríticas del Holoceno (última y actual época del Cuaternario) que se encuentran tapizando las vertientes de gran parte de los cerros y pequeñas plataformas de la depresión de la Hoya de Huesca.

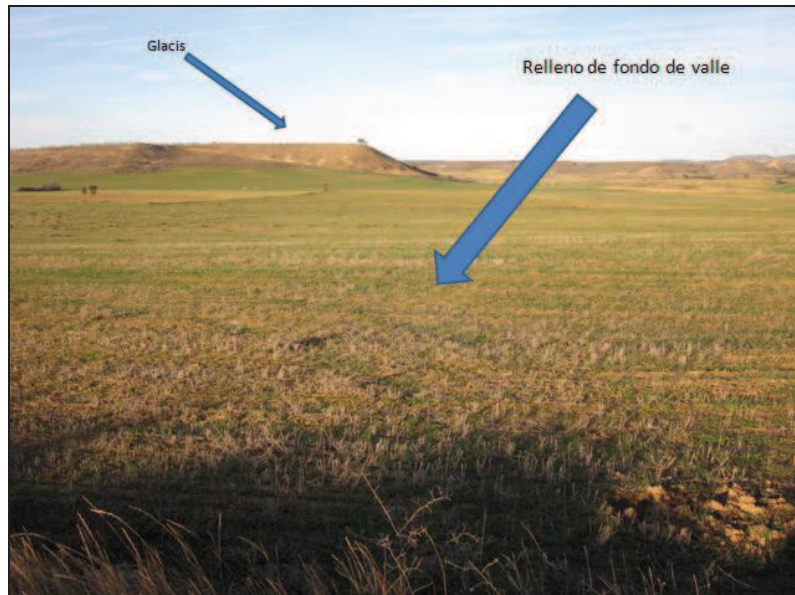
Poseen morfologías caracterizadas por espesores de depósito que varían entre pocos centímetros y un metro. Su composición interna es similar a la de los materiales existentes en los relieves próximos, es decir, una composición limo-arcillosa que engloba cantos y bloques. La facies sedimentaria y el tipo de perfil permiten relacionar los depósitos con condiciones climáticas más frías y húmedas que las actuales.

Tras la primera etapa acumulativa se produjeron una serie de variaciones morfodinámicas que dieron paso a una etapa completamente erosiva en la que el principal proceso geomorfológico que afectó a las laderas de los relieves fue el arroyamiento concentrado.

El encajamiento de pequeños torrentes sobre las vertientes previamente regularizadas supuso el desmantelamiento de la acumulación detrítica. La acción de los procesos de encajamiento sobre los relieves de la Hoya de Huesca se ha mantenido de forma continuada hasta el momento actual (Julián y Chueca, 1993).

### 3.3.6. Rellenos de fondo de valle

Este tipo de acumulaciones se encuentran conformando las numerosas vales o valles de fondo plano presentes en la zona, antiguos valles en "V" colmatados en la época actual.



**Figura 12.** Imagen de una acumulación de relleno de fondo de valle próximo al emplazamiento del VRSU de Fornillos de Apiés.

La procedencia de estos depósitos es tanto longitudinal (origen fluvial) como lateral, propia del desmantelamiento de los relieves circundantes. Su morfología está causada por los

depósitos de limos, arenas y gravas, cuya génesis también es de tipo aluvial-coluvial. Este relleno está incidido por los cursos de agua actuales, por lo que estas formas no son funcionales en la actualidad (Alberto et al., 1984).

Se han encontrado numerosos yacimientos arqueológicos en el interior de estas acumulaciones que los sitúan cronológicamente en el Holoceno.

### 3.4. Climatología

La Hoya de Huesca es un territorio de clima mediterráneo continental situado entre el Prepirineo y la Depresión del Ebro. La barrera montañosa de los Pirineos impide la llegada de grandes precipitaciones, debido a que los vientos del Norte y Noroeste llegan recalentados a la comarca a causa del efecto Foöhn.

Son comunes las perturbaciones cálidas y húmedas del Mediterráneo en forma de borrascas y la estabilidad que genera el anticiclón de las Azores (Cuchi, 2006). Además, en las proximidades no hay masas oceánicas que suavicen las temperaturas, por lo que se intensifica la continentalidad.

#### 3.4.1. Temperaturas

El carácter continental del clima se refleja en la fuerte variación de las temperaturas a lo largo del año. En verano, la disposición en cubeta condicionada por el relieve favorece el progresivo calentamiento de las masas de aire. En invierno, aún bajo la misma configuración sinóptica la situación térmica se invierte, condicionando las altas presiones la presencia de frío intenso.

Son frecuentes las heladas e inversiones térmicas relacionadas con el estancamiento de aire frío invernal, situaciones que provocan además la aparición de nieblas de irradiación (López et al., 2007).

La temperatura media anual del somontano oscense es de entre 13 y 14 °C. Según la Oficina del Regante, la temperatura media anual en la estación agroclimática situada en la Escuela de Capacitación Agraria de Huesca (estación climática "Huesca" de la Red S.I.A.R.) es de 13,4 °C.. Está situada aproximadamente a 8-9 km al sur del emplazamiento del vertedero, cerca de Monflorite.

Por otro lado, las mínimas en los meses de Diciembre y Enero se aproximaban a los -9 °C mientras que en los meses estivales de Julio y Agosto se llegan a registrar máximas de 39-40 °C. Éstos valores extremos en el período frío y en el cálido realzan el carácter continental de este territorio.

#### 3.4.2. Precipitaciones

Las gran parte de las precipitaciones se produce en primavera y otoño. Son de tipo frontal. En verano se dan precipitaciones de tipo convectivo con fuerte intensidad. Éstas son muy irregulares en el espacio y en el tiempo por lo que los valores medios anuales son irregulares, con periodos de fuertes sequías.

Liso y Ascaso (1969), presentaron un valor medio de 550 mm anuales, durante un periodo de 45 años en la estación de "Huesca (Instituto)" situada a 475 m.s.n.m.. Para los mismos



autores, este parámetro para la estación de "Huesca (Monflorite)" (548 m.s.n.m.) fue de 560 mm durante un período de 24 años.

Del Valle (1989) realizó un estudio pluviométrico en la Hoya de Huesca en el que recogió datos meteorológicos de un período de 14 años. En él se señala que en la estación meteorológica de Apiés (680 m.s.n.m.), situada aproximadamente a 5-6 km del VRSU de Fornillos de Apiés, se registraron 91 días de lluvia anuales y 673,9 mm anuales, mientras que en la estación de Monflorite (436 m.s.n.m.) se registraron 88 días de lluvia anuales y 578,6 mm anuales.

Éstas cifras pluviométricas anteriores contrastan con la cifra obtenida a partir de los datos meteorológicos de la estación Huesca de la Red S.I.A.R.. En ésta localización se registraron en los últimos 10 años una media de 412 mm anuales.

Estación	Precipitación (mm)	% Precipitación Anual
Invierno	74,70	18,1
Primavera	145,11	35,2
Verano	78,38	19,0
Otoño	113,80	27,6

**Cuadro 1.** Valores pluviométricos estacionales (mm y %) tomados en la estación "Huesca" de la Red S.I.A.R. (Sistema de Información Agroclimática del Regadío).

El número de días de precipitación anual no supera los 80 en ningún punto de la comarca, encontrándose los valores más bajos (50 días) en el sur de la comarca. La tendencia de las precipitaciones en la última mitad del siglo XX muestra una clara disminución de las mismas, registrándose valores de -18 a -9 mm/década de reducción.

### 3.4.3. Nieblas

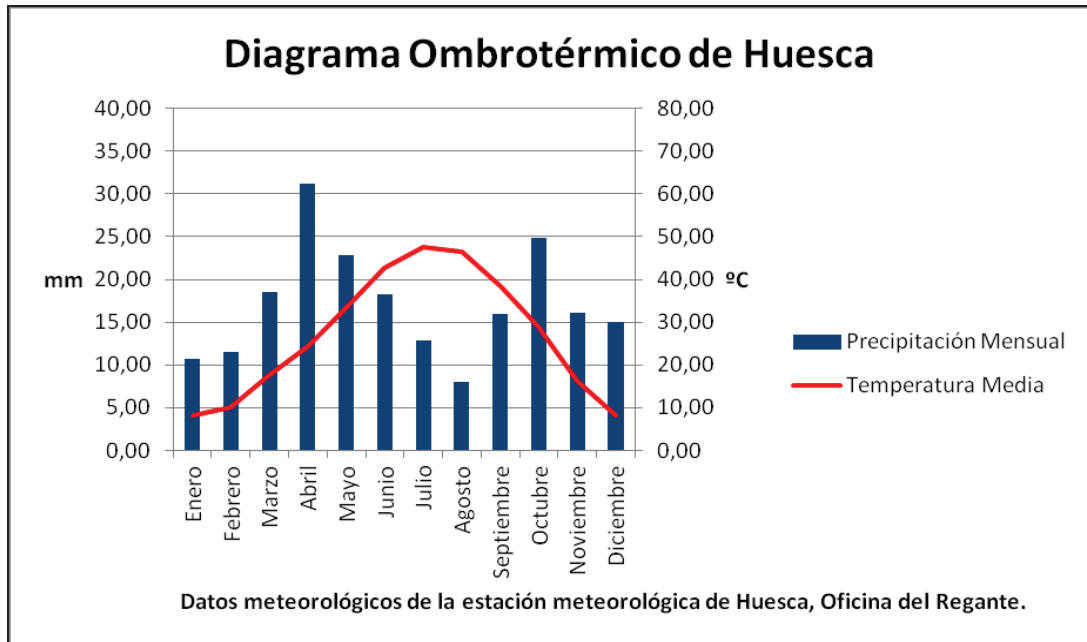
La Hoya de Huesca queda comprendida entre los relieves residuales de las muelas del Valle del Ebro, al Sur, y las primeras elevaciones prepirenaicas calizas al Norte por lo que constituye una zona favorable para la formación de nieblas por irradiación y la acumulación de aire frío en las zonas topográficamente más deprimidas.

La formación de nieblas está favorecida por situaciones de estabilidad atmosférica ligadas a la presencia de un anticiclón que se refuerza, en los meses invernales, por efecto térmico. Este enfriamiento facilita la acumulación de aire frío, más denso y pesado. Este proceso puede verse ayudado por la presencia de un débil flujo sureste que aporta humedad y provoca turbulencias internas en la masa de aire (Hernández y del Valle, 1989).

De hecho, en la estación meteorológica de Apiés se han registrado 9,8 días de niebla anuales mientras que en la estación de Monflorite se registraron 23,5 días. La diferencia se debe principalmente a las diferencia altitudinal (240 m). Esto hace suponer que la parte alta de la capa de inversión térmica se sitúa entre ambas estaciones.

3.4.4. Diagrama ombrotérmico.

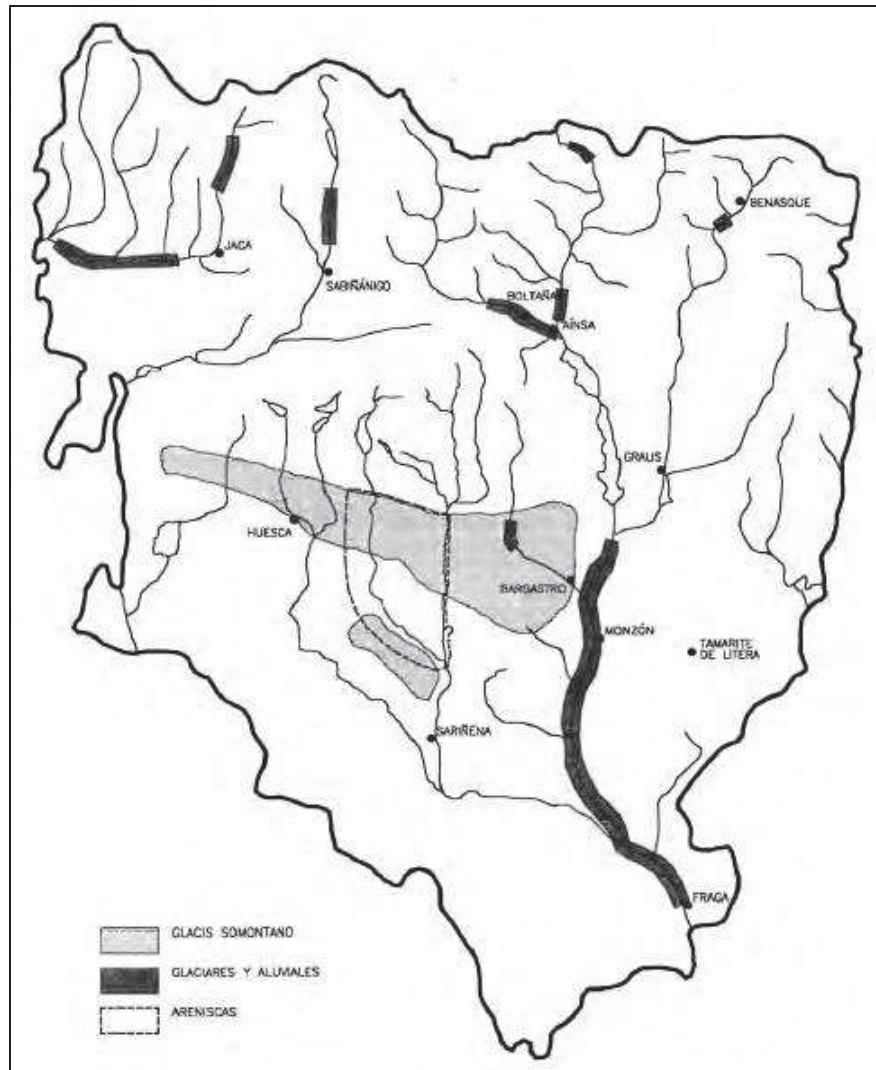
A partir de los datos de la Oficina del Regante se ha realizado el diagrama ombrotérmico (Figura 13), en el que se observa un claro período estival con déficit hídrico. Esta situación es coherente con lo que muestran los ciclos de vegetación natural y de agricultura de secano.



**Figura 13** . Diagrama Ombrotérmico en la estación Huesca de la Red S.I.A.R.

### 3.5. Hidrología subterránea

Como se ha señalado, el área de estudio se encuentra a una decena de kilómetros al sur del frente de las sierras del Prepirineo., está formada por materiales del Terciario de la Cuenca del Ebro. Sobre estos existen estratos de gravas del Pliocuaternario y rellenos limosos en vales y laderas más recientes.

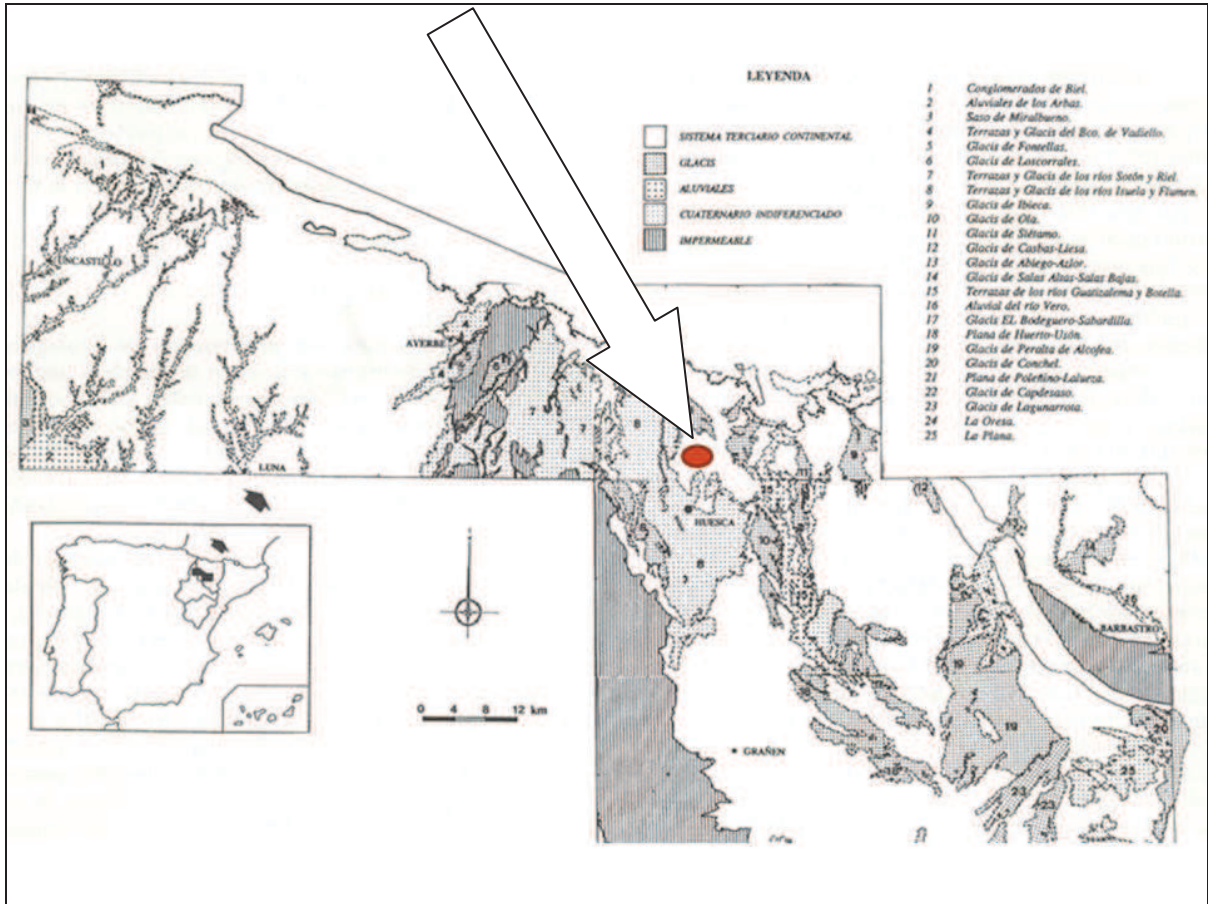


**Figura 14.** Acuíferos detríticos de la provincia de Huesca (Cuchí, 1998).

La zona de estudio se encuentra alejada de las sierras prepirenaicas donde se han identificado diversos acuíferos de tipo kárstico en las calizas del Eoceno y, ocasionalmente, en los conglomerados del borde pirenaico, cuyos manantiales se encuentran lejos de la zona de estudio.

Según Cuchí (1998), en la zona de estudio se pueden presentar dos tipos de acuíferos (Figura 14). Uno es relativamente somero, localizado en las gravas de glaciis y rellenos de vales. El otro acuífero se localizaría en areniscas a una profundidad mucho mayor. No parece que el VRSU afecte al conjunto de acuíferos profundos en areniscas representados en Cuchí (1998).

Un estudio de mayor detalle se presenta en la Figura 15 (Azcón y Garrido, 1994), donde se diferencian 25 pequeñas unidades de acuíferos libres y someros localizados entre Ayerbe y Barbastro:



**Figura 15.** Esquema hidrogeológico general del Piedemonte oscense (Azcón y Garrido, 1994). El VRSU está ubicado aproximadamente mediante un punto rojo.

Los acuíferos detríticos rodean la zona del VRSU pero, como se observa en la anterior figura, este no se encuentra sobre ellos. A pesar de ello, el grado de detalle de la figura no recoge posibles unidades hidrogeológicas de pequeñas dimensiones.

Estos acuíferos, que Azcón y Garrido (1994) atribuyen a las terrazas y glacis de los ríos Sotón, Riel, Isuela y Flumen, han sido englobados como la unidad de masa de agua subterránea "Hoya de Huesca" (90.055) según la Confederación Hidrográfica del Ebro, delimitada en la Figura 16.



**Figura 16.** Masa de agua subterránea "Hoya de Huesca" (Sistema de Información de Recursos Subterráneos - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). El VRSU está ubicado aproximadamente mediante un punto rojo.

### 3.5.1. Unidades Hidrogeológicas en la zona inmediata.

A continuación se señalan las principales unidades hidrogeológicas existentes en las cercanías de la zona de estudio:

1. Acuífero de Apiés: se trata de un acuífero localizado en las gravas del amplio glacis de Apiés (Figura 17). Se encuentra a 4-5 km al norte del VRSU. Fue descrito por Gimeno y Cuchí (1995 y 1997). Es de tipo libre y somero. Posee una superficie aproximada de 1100 ha. Como surgencias conocidas se tienen las fuentes de Apiés y Lienas.

Posee un uso de suelo mayoritariamente agrícola, causa del exceso de fertilizantes que ha generado un elevado grado de contaminación del agua por nitratos en este reservorio. Se declaró el acuífero de Apiés como zona vulnerable a la contaminación por nitratos de procedencia agraria en la Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.





**Figura 17.** Imagen del acuífero de Apiés.

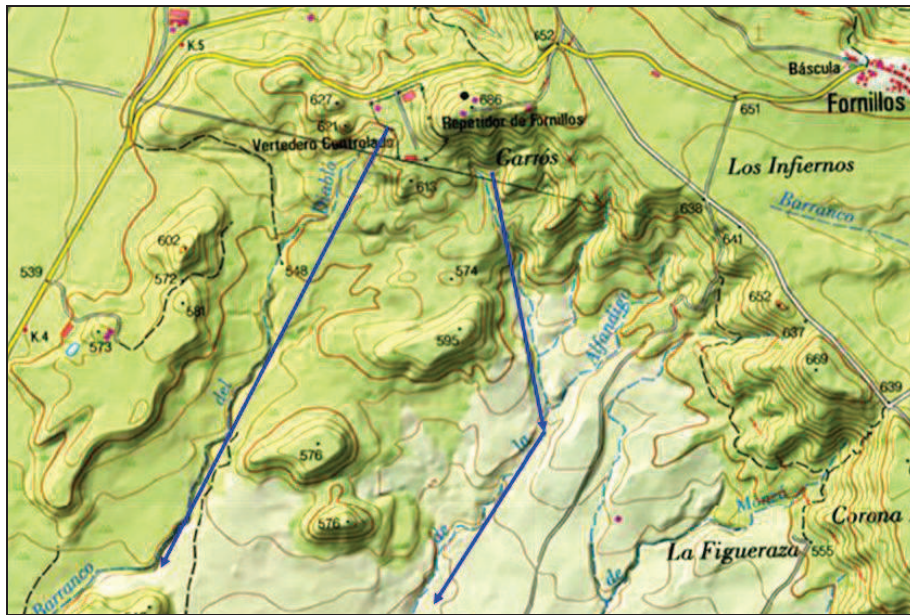
2. Acuífero de Fornillos de Apiés: de igual modo que el anterior, se localiza en las gravas del glacis de Fornillos (Figura 18). Se encuentra a 1-2 km en dirección noreste del VRSU. Es de tipo libre y somero. Posee una superficie aproximada de 150 ha y posee varias surgencias conocidas: las fuentes de León y Fornillos de Apiés.



**Figura 18.** Imagen de la delimitación aproximada del acuífero de Fornillos de Apiés.

3. Acuífero no definidos en el relleno de fondo de vales de los barrancos del Diablo y la Alfándiga: existe un modesto acuífero que se iniciaría en los citados barrancos y llegaría hasta el río Isuela, a través de las gravas enterradas bajo los limos del fondo de valle (Cuchí et al., 2005). El flujo hídrico se localiza en la base del relleno holoceno de las vales, sobre el

Terciario. Es de tipo libre. La extensión no es conocida y tampoco se conocen pozos, manantiales y humedales en la zona.



**Figura 19.** Dirección del flujo hídrico subterráneo en el relleno de fondo de vales de los bcos. del Diablo y la Alfándiga. Mapa 1:25.000 (Visor Iberpix - Insituto Geográfico Nacional).

4. Acuífero profundo en areniscas: acuífero, posiblemente multicapa, localizado en profundidad en los materiales miocenos del abanico aluvial de Huesca. Se trata de depósitos de arenas, con paleocanales, separados por capas de arcillas. Se conocen sondeos en Monflorite y Paul Estiche (Huesca). No se posee un mayor grado de detalle.

La unidad "Terciario" formada por los materiales miocenos es hidrogeológicamente una formación de elevada porosidad pero de baja permeabilidad, a la que la presencia de capas de areniscas proporciona en ocasiones características de acuífero pobre, también llamado acuitardo (Sánchez Navarro et al., 1988).

5. Unidad de relleno de Vertedero: en relación a los residuos depositados en la zona de estudio. La unidad hace referencia a los volúmenes de los residuos depositados en el VRSU (véase el Mapa de Depósitos de Residuos, Figura 20). En ellos, las entradas hídricas provienen de la infiltración del agua en los depósitos. En el interior de los vasos de los vertederos existe un flujo de agua con lixiviados que circula hacia la balsa de lixiviados correspondiente.

Si el vertedero no se controla correctamente, en relación a las aguas subterráneas, afectaría principalmente a la unidad 4. Los acuíferos 1 y 2 están situados topográficamente más altos por lo que no se verían afectados por una posible pluma de contaminación, originada por los lixiviados. Por otro lado, el acuífero 3 se encuentra a una elevada profundidad.

### 3.6. Vegetación

La vegetación potencial de la zona de estudio es la propia del borde norte del Valle del Ebro con influencias del Prepirineo Central, formada por bosques perennifolios de encinas/carrascas (asociación fitosociológica *Quercetum rotundifoliae*) y matorrales acompañantes.

Por su proximidad a Huesca, la vegetación ha sido muy degradada a causa de actividades antrópicas: el carboneo, la extracción de leña, los fuegos de pastoreo, intensos cortes de arbustos como la coscoja y la aliaga para alimentar hornos de pan. Además, durante siglos se explotaron diversas canteras de arenisca en la zona. Por otro lado, la zona fue frente de batalla durante la Guerra Civil (1936-1938) y desde 1970, como se ha señalado, pasa a ser un área de vertido de residuos.

Por este motivo, actualmente apenas pueden observarse algunos restos degradados del antiguo carrascal existente en la Hoya de Huesca (Montserrat, 1986). En las proximidades del VRSU únicamente quedan parches del carrascal en el glacis alto, área localizada entre Fornillos y Apiés.

La vegetación actual es la propia de una comunidad vegetal propia de etapas posteriores de degradación de los carrascales en la que se encuentran especies características de varias asociaciones. Se encuentran especies de asociaciones como *Quercetum cocciferae*, quejigal; *Bupleuro-Aphyllanthesum*, dominio del carrascal continental, *Rosmarino-Lithospermetum* y *Sideritetum cavanillesi*, ambos propias de matorrales termófilos localizados en materiales calcáreos o margosos (Longares et al., 2004).

Respecto a especies relacionadas con matorrales termófilos se encuentran especies como *Lavandula monspeliensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Genista scorpius*, *Brachypodium retusum*, *Stachelina dubia*, *Fumana ericoides*, *Atractylis humilis*, *Koeleria vallesiana*, *Plantago albicans* y *Teucrium capitatum*.

En la zona se pueden observar pequeños elementos montanos como matorrales de boj (*Buxus sempervirens*) y especies como *Carex humilis*, *Brachypodium ramosum*, *Thalictrum tuberosum* y *Bupleurum fruticosum* (Montserrat, 1986). También se pueden encontrar en el VRSU especies del dominio del carrascal continental como *Bromus erectus*, *Aphyllanthes monspeliensis* y *Thymelaea pubescens*.

También se encuentra la presencia de la especie salina *Atriplex halimus* (alimo) en los limos de los rellenos de fondo de valle, zonas bajas donde el arrastre hídrico provoca la concentración de sales.



### 3.7. Usos del suelo

En la zona de estudio se encuentran tres generales de uso de suelo:

- Cultivos: en el área de estudio se encuentran principalmente en las zonas bajas de las cuencas delimitadas, es decir, los rellenos de fondo de valle. Principalmente cebada (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum aestivum*). También olivos (*Olea europaea*) y almendreras (*Prunus dulcis*) en las zonas altas de los glaciares.
- Zona artificial (minería, escombreras y vertederos): identificada con el área en la que se practican o se han practicado actividades relacionadas con el depósito de residuos y la explotación de antiguas canteras.
- Monte desarbolado (matorral): como se ha señalado, en la zona existe una vegetación formada mayoritariamente por matorrales de medio y bajo porte. En las laderas localizadas al noreste de la zona de estudio se observan matorrales de mayor porte (llamadas por el MFE50 como matorral que en las zonas bajas donde los matorrales termófilos adquieren mayor importancia).

En las cuencas delimitadas en el presente estudio predomina el monte desarbolado (matorral) cubriendo aproximadamente 85 ha., seguido de la zona artificial con 31 ha y de los cultivos, con 24 ha.

Se ha confeccionado un mapa de usos de suelos tomando como base el Mapa Forestal de España 1:50.000. Véase el Mapa de Usos de Suelo (Figura 21) adjunto.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Delimitación del área de estudio y cartografía

La primera labor llevada a cabo es la delimitación del área de estudio. Ésta se ha dividido en dos cuencas de drenaje: la cuenca del barranco del Diablo y la del barranco de la Alfándiga.

La delimitación ha sido llevada a cabo a partir del diseño manual de capas shp (shapefile), mediante el programa "gvSIG", en función de las curvas de nivel 1:5.000 (capas shp descargables en el Sistema de Información Territorial de Aragón). Véase el Mapa de Delimitación de Cuencas (Figura 22).

Por otro lado, para caracterizar la zona de estudio se han diseñado una serie de mapas y archivos shp con el programa "gvSIG" de la zona del VRSU. Se han realizado los siguientes planos:

- Mapa de Situación: se compone por los límites administrativos nacionales, provinciales, comarcales y municipales que afectan al municipio de Huesca. (ficheros shp descargables en el S.I.T.A.R.).
- Mapa Topográfico: cuya base es el MTN25 (Mapa Topográfico Nacional 1:25.000).
- Mapa Litológico: realizado a partir de archivos shp del Plan GEODE (Cartografía Geológica Continua), descargada del portal web que permite acceder a datos técnicos y cartográfica geocientífica del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Mapa de Usos del Suelo: generado a partir de archivos shp del MFE50 (Mapa Forestal de España a escala 1:50.000).
- Mapa de Delimitación de Cuencas: a partir de las áreas delimitadas en el presente trabajo.
- Mapa de Depósitos de Residuos: contiene las superficies de tres depósitos de residuos existentes en la zona de estudio. Se han delimitado a partir la interpretación visual de una serie histórica de ortofotos 1:5.000 (se encuentran en los Anejos) en las que se observan los principales cambios en el uso del suelo.
- Mapa Geomorfológico: para realizar un mapa con las principales unidades geomorfológicas se han utilizado como referencia el Mapa Geomorfológico de Apiés 1:50.000 de Rodríguez Vidal (1986), el MTN25 y las ortofotos 1:5.000.
- Mapa con la Delimitación de Unidades Representativas utilizadas en el Método del Número de Curva (S.C.S., 1972): contiene unidades representativas en relación al uso del suelo del VRSU. Generado a partir de la interpretación visual de la ortofoto de la zona más actualizada, es decir, la perteneciente al Plan Nacional de Ortografía Aérea (PNOA) del año 2009.

## 4.2. Balance Hídrico

El conocimiento del balance de humedad es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica.

Un balance hídrico es simplemente un método para la contabilización de los flujos de agua de una superficie. Se podría definir como un análisis de los distintos componentes del ciclo hidrológico de una zona determinada. Principalmente, todo balance hídrico se basa en la ley de conservación de masa, que sostiene que las entradas de materia son iguales a las salidas junto con el almacenamiento o variación de materia (Martínez de Azagra et al., 1996).

El modelo de balance hídrico de Thornthwaite y Matter o balance hídrico directo permite separar la precipitación en dos fracciones: fracción devuelta a la atmósfera y la fracción que alimenta las aguas subterráneas y superficiales. El agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua relacionadas principalmente con la evapotranspiración.

Se pretende realizar un balance hídrico a cada unidad geomorfológica del área de estudio para cuantificar los flujos hídricos entre las posibles unidades hidrogeológicas. Para ello se deben conocer o estimar varios parámetros fundamentales: la evapotranspiración potencial media mensual (estimada a partir de datos climáticos medios mensuales (precipitaciones y temperatura media), textura del suelo (para estimar la C.R.A.D. del suelo).

### 4.2.1. Recopilación de datos climáticos

Una serie de datos climáticos mensuales (adjunta en los anejos: 7.1.), registrados en el período comprendido entre Septiembre de 2003 y Octubre de 2012, han sido obtenidos a partir de la estación climática cercana a Monflorite, sita en la Escuela de Capacitación Agraria de Huesca.

Estos datos se han empleado para cuantificar las precipitaciones medias, para estimar la evapotranspiración potencial mediante el método de Thornthwaite y para realizar un diagrama ombrotérmico

4.2.2. Estimación de la C.R.A.D.

La Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD) o Intervalo de Humedad Disponible (IDH), también denominado agua disponible o agua utilizable, es la mayor cantidad de agua que puede ser almacenada en el suelo y puesta a disposición de las plantas, por eso se le suele asimilar a la "Reserva del suelo" (Martin de Santa Olalla et al., 1993).

La CRAD se calcula, expresándolo en porcentaje de suelo seco, restando al valor de la capacidad de campo el del correspondiente al punto de marchitamiento permanente, si bien también se expresa en forma de humedad volumétrica.

$$CRAD = CC - PMP$$

La estimación de la "Reserva del suelo" de cada unidad hidrológica se llevará a cabo a partir de valores tabulados en función de la textura de los suelos, la profundidad y la densidad aparente mediante la siguiente ecuación:

$$R = p \cdot d \cdot (CC - PMP)$$

R = reserva de agua en el suelo (mm, l/m<sup>2</sup>).

p = profundidad (dm)

d = densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>).

CC = capacidad de campo en porcentaje de tierra seca.

PMP = punto de marchitez permanente en porcentaje de tierra seca.

Para determinar la textura de las tres principales unidades hidrogeológicas se aplicará el método del "Tacto" a una porción de suelo de cada unidad. La textura es una expresión sintética de las características del suelo dependientes del tamaño de las partículas. La determinación aproximada de la clase textural como ensayo previo se puede realizar "al tacto", metodología utilizada corrientemente en las prospecciones de campo (Porta et al., 1994).

Conocidas las texturas de los suelos, se obtendrá el valor de la C.R.A.D. del Cuadro 2 donde se asignan valores a la capacidad de campo y al punto de marchitamiento permanente en función de la textura del suelo:

Textura	CC (%)	PMP (%)
Arena media	6,8	1,7
Arena fina	8,5	2,3
Franco-arenoso	11,3	3,4
Franco-arenoso fino	14,7	4,5
Franco	18,1	6,8
Franco-limoso	19,8	7,9
Franco-arcilloso	21,5	10,2
Arcilloso	22,6	14,7

**Cuadro 2.** Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente en función de la textura según "The Yearbook of Agriculture", USDA 1955 (Martin de Santa Olalla et al., 1993).

La transformación de la CRAD de los resultados (% de agua sobre la masa de tierra secada en estufa) se deben transformar a forma volumétrica por unidad de área ( $\text{mm}/\text{m}^2$ ). Se calcula a partir de una densidad aparente del suelo aproximada ( $1,2 \text{ Tm}/\text{m}^3$ ) y profundidades estimadas de los suelos pertenecientes a cada unidad.

La pedregosidad influirá negativamente en la CRAD de los suelos ya que el volumen ocupado por las piedras restará capacidad de retención, ya que éstas no retienen de la misma forma que un suelo franco. En la unidad Glacis se considerará importante el volumen de piedras que contiene el suelo que se ha estimado en un 50 % en las capas superficiales. Por ello, la C.R.A.D. del suelo del Glacis se reducirán a la mitad los valores calculados para el suelo del Glacis.

#### 4.2.3. Estimación de la Evapotranspiración Potencial.

La Evapotranspiración (ET) es un concepto que integra dos procesos: la evaporación y la transpiración. La medición de éste parámetro conlleva grandes dificultades.

Existen diferentes métodos entre los que se encuentran se encuentran el método de Thornthwaite, el de Blaney y Criddle, el de Turc y el de Papadakis (Almorox, 2006). El método de Thornthwaite ha venido utilizándose tradicionalmente en España debido a que básicamente sólo necesita datos de temperatura, información que habitualmente se encuentra disponible (Estrela et al., 1999).

El método se basa en el cálculo de la ETP a partir de las Temperaturas medias mensuales mediante una fórmula matemática. Posteriormente, al resultado se le aplica un factor de corrección en función de la duración astronómica del día y del número de días del mes (Almorox, 2006).

La Evapotranspiración Potencial (ETP), concepto definido por Thornthwaite (1948), hace referencia a la Evapotranspiración en condiciones óptimas de humedad en el suelo y la vegetación.

El desarrollo matemático es laborioso por lo que la utilización de tablas Excel permiten una resolución sencilla y rápida.

La relación obtenida por Thornthwaite entre la ETP sin ajustar y las temperaturas medias mensuales es la siguiente:

$$e = 16(10t / I)^a$$

e: evapotranspiración potencial mensual sin ajustar (mm/mes)

t: temperatura media mensual (°C)

a: constante que se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$a = 0,000000675 \cdot I^3 - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

I: índice de calor anual que se calcula a partir de la suma de los índices de calor mensuales (i).

$$I = \sum i_j, \quad j = 1, \dots, 12$$

A su vez, el índice de calor mensual se calcula a partir de la siguiente fórmula:  $i_j = (t_j / 5)^{1,514}$

Para valores de temperatura media mensual superiores a 26,5 °C, la ETP sin ajustar se obtiene directamente de una tabla de valores (Thornthwaite, 1948), opción descartada ya que la temperatura media mensual más alta en la zona de estudio es de 23,8 °C en Julio.

Para calcular la ETP de un mes determinado es necesario corregir la ETP sin ajustar ("e") mediante un coeficiente que se encuentra en función del número de días del mes y horas de luz de cada día, es decir, en función de la latitud.

Dicho coeficiente es el índice de iluminación mensual (L) en unidades de 12 horas, que deberá multiplicar a "e" para obtener la ETP según Thornthwaite (mm/mes) (Almorox, 2006). Es decir:

$$ETP_{Tho} = e \cdot L$$

e: evapotranspiración mensual sin ajustar (mm/mes)

L: factor de corrección en función del número de días del mes (Nd<sub>i</sub>) y la duración astronómica del día N<sub>i</sub> (horas de sol).

$$L_i = Nd_i / 30 \cdot N_i / 12$$

$N_i$  se obtiene a partir del Cuadro 3 que compara la latitud con el número de horas de sol en unidades de 12 horas y 30 días (Thorntwaite, 1948). La latitud del VRSU de Fornillos de Apiés es 42° 10' N.

N. LAT.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70

**Cuadro 3.** Valores de  $N_i$ , duración astronómica del día, expresado en número de horas de sol en unidades de 12 horas durante 30 días.

#### 4.2.4. Balance hídrico: método directo

El método supone definir por meses los siguientes parámetros (en mm), que corresponden a las variables de un sistema de entradas y salidas volumétricas de agua para un volumen de suelo definido por un  $m^2$  y la profundidad radicular.

Se deben definir mes a mes los siguientes parámetros (en mm) en un sistema de entradas y salidas volumétricas de agua para cada unidad hidrogeológica:

- Reserva Inicial (RI): equivale a la cantidad de agua que contiene el suelo inicialmente en un determinado período.
- Precipitación (P): precipitación media o mediana mensual. Se tomará el valor perteneciente a la diferencia entre las precipitaciones medias y la escorrentía media mensuales, ya que parte de la precipitación se convertirá en flujo de escorrentía.
- ET Potencial (ETP): evapotranspiración potencial, calculada mediante el método de Thornthwaite.
- ET Real (ETR): es la evapotranspiración que realmente se produce. En los meses en los que  $(RI+P) > ETP$ , ETP es igual a ETR. En el caso contrario, ETR equivale a la cantidad de agua existente en el suelo.
- Reserva Final (RF): Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas,  $(P > ET)$  el agua sobrante pasará a engrosar la reserva del suelo. Por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo. El valor de RF máximo equivaldrá al valor de la C.R.A.D. estimada con anterioridad.
- Drenaje Profundo: cantidad de agua que el suelo drena en profundidad. El suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcanza la capacidad de retención máxima del suelo (CRAD), el agua "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad.

La única variable existente entre los balances hídricos a realizar es la capacidad de retención de agua disponible que poseen las unidades geomorfológicas. En los balances se tomará como valor máximo de la Reserva el valor el valor de la CRAD estimada en función de la textura.

Los balances se iniciarán a partir del mes de Septiembre, ya que tras el déficit hídrico del período estival la Reserva Inicial es nula.



### 4.3. Escorrentía superficial

La escorrentía posee un triple efecto si se introduce en la superficie del vertedero. Erosiona las coberteras, se infiltra en las celdas aumentando el nivel de agua en los residuos y, por último, en el peor de los casos puede generar deslizamientos en masa cuando la socavación y la infiltración son importantes.

Además puede producir importantes embalsamientos superficiales temporales, como ocurre actualmente en el vertedero actual. Suele acumularse temporalmente en el exterior del vaso del vertedero, aguas abajo del mismo.

Para estimar los flujos hídricos relativos a la escorrentía superficial (agua de lluvia que fluye por encima del terreno permanente o temporalmente) en las cuencas delimitadas del área de estudio se van a utilizar dos métodos: el del Número de Curva y el programa ARHYMO.

La serie climática analizada es corta para estudiar los acontecimientos extremos, por lo que se estimarán las precipitaciones máximas diarias y, a partir de las anteriores, la intensidad de precipitación durante períodos de una hora en los supuestos acontecimientos extremos.

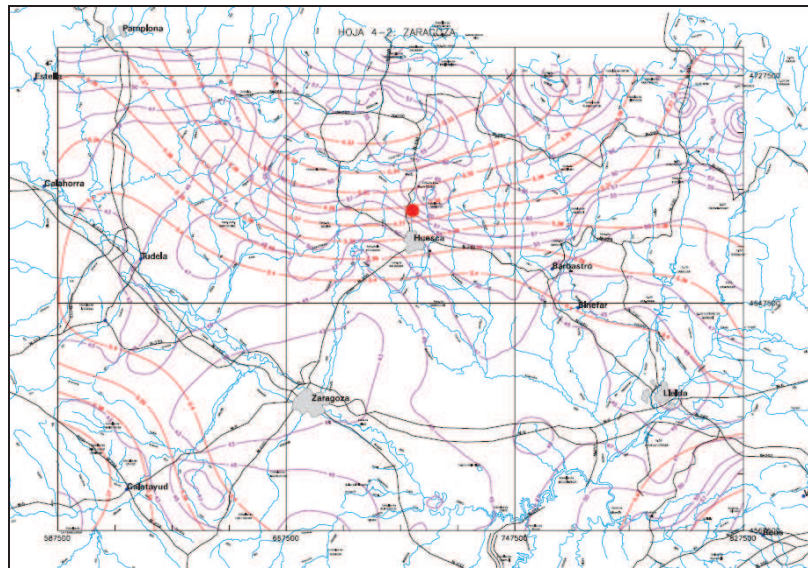
#### 4.3.1. Estimación de las máximas lluvias diarias y las intensidades de precipitación

El objeto es determinar las precipitaciones máximas diarias y las intensidades máximas de precipitación en la zona de estudio, en función de diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años). El período de retorno es la probabilidad de que se produzca una determinada precipitación o un determinado caudal y sus unidades son años.

Se ha seguido la metodología utilizada en el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", de las series monográficas de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento, 1999).

La metodología es la siguiente:

- 1) Localizar el punto geográfico deseado en los planos que se encuentran en el documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" con isolíneas del Coeficiente de Variación y del valor medio de P, con la ayuda del plano-guía. En la Figura 23 se muestra el plano en el que se encuentra el VRSU (representado por un punto rojo).
- 2) Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación  $C_v$  (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).



**Figura 23.** Mapa con isólinas del Coeficiente de Variación y del valor medio de P, Hoja 4-2: Zaragoza (Ministerio de Fomento, 1999).

3) Para un periodo de retorno deseado T (años) y el valor de Cv de la situación geográfica, obtener el factor de amplificación  $K_T$  mediante el uso de la tabla  $K_T$  adjunta del Cuadro 4.

$C_v$	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

**Cuadro 4.** Factores de Amplificación  $K_T$  (Ministerio de Fomento, 1999).

4) Realizar el producto del factor de amplificación  $K_T$  por el valor medio de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima ( $P_T$ , en mm/día o  $l/m^2 \cdot \text{día}$ ) para el periodo de retorno deseado ( $T$ , en años).

Una vez obtenidos los valores de las lluvias máximas diarias estimadas se determinará la intensidad de precipitación (mm/h),  $I_t$ , para un intervalo de tiempo comprendido dentro de ese día más lluvioso. Se estima que la precipitación de una hora es suficiente para cuantificar el volumen hídrico de escorrentía que se genera en las cuencas (período de a una hora,  $I_1$ ).

Para ello, en España se utiliza la siguiente expresión, que aparece en la normativa 5.2-IC (MOPU, 1990):

$$I_t / I_d = I_1 / I_d$$

$I_d$  se define como la Intensidad media diaria de precipitación para el período de retorno considerado y es igual a  $P_d/24$ . A su vez,  $P_d$  es la precipitación total, estimada anteriormente correspondiente a cada período de retorno.

La relación  $I_1 / I_d$  es un valor fijo que se extrae del mapa de la Península Ibérica con las isóneas  $I_1 / I_d$  (Figura 24). Aproximadamente, en la zona de estudio la relación adquiere un valor igual a 10.

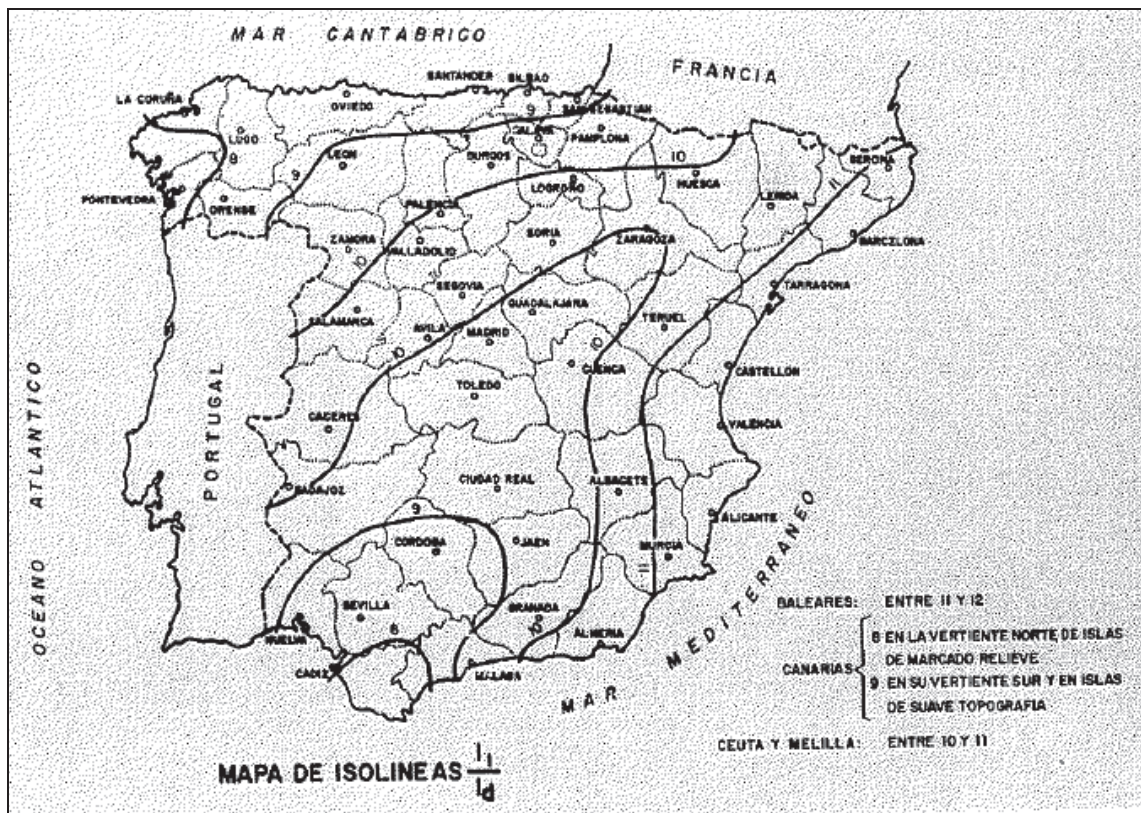


Figura 24. Mapa de Isolíneas  $I_1/I_d$ . (MOPU, 1990).

#### 4.3.2. Estimación de la escorrentía: Método del Número de Curva

El concepto de escorrentía hace referencia a la fracción de agua que tras la precipitación se dirige en forma de flujo superficial pendiente abajo en un territorio, normalmente hacia cuerpos de agua como canales, ríos, lagos u océanos (Muñoz y Ritter, 2005).

El coeficiente de escorrentía (C) de una superficie (S) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo, es decir, el cociente del caudal que discurre por dicha superficie,  $Q_E$ , en relación con el caudal total precipitado,  $Q_T$ .

La determinación del coeficiente de escorrentía se realiza con ayuda de tablas o ecuaciones empíricas, siendo las más utilizadas, en cuanto a tablas, las de Raws, la de Molchanov y la de Prevert. En cuanto a las ecuaciones, destacan la relación la ecuación de Nadal y la fórmula de Keler (Ibáñez et al., 2011).

El método más generalizado y fácil de adaptar a cualquier región es el método del número de curva (NC) desarrollado por el "Soil Conservation Service" (S.C.S.) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.) en 1972 (Martínez y Navarro, 1996).

El S.C.S., a partir de la representación de la precipitación (P) y la precipitación efectiva (Pe), definida como la porción de la precipitación que se transforma en escorrentía, obtuvo una familia de curvas que fueron estandarizadas para definir un número adimensional de curvas NC, que varía de 1 a 100 según sea el grado de escurrimiento directo (Gaspari et al., 2007).

La metodología llevada a cabo para obtener el Número de Curva general de cada cuenca de estudio parte de la delimitación de la totalidad de la superficie de las cuencas en unidades representativas y la obtención de sus respectivas áreas, a partir de la aplicación "gvSIG". A continuación, se procede a obtener el Número de Curva de cada unidad representativa.

El valor de NC de cada superficie depende del tipo de suelo (capacidad de infiltración y estado hidrológico), del uso del suelo o tipo de cubierta vegetal y del tratamiento efectuado en el mismo. La obtención de NC se lleva a cabo a partir de tablas tabuladas en función de varios parámetros o se estimará.

Una vez se conocen los NC de las respectivas unidades, se calcula un valor de NC medio de cada cuenca mediante una media aritmética:

$$NC_{Cuenca} = \frac{\sum NC_i \cdot A_i}{A_{Total}}$$

El flujo de escorrentía que genera un determinado volumen de precipitación sobre cada superficie se puede estimar mediante dos formas: mediante formulación matemática del modelo a partir de las siguientes fórmulas (S.C.S., 1986) o a partir de la representación gráfica (Figura 25):

$$Q = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad \text{si } P > 0,2 \cdot S$$

$$Q = 0 \quad \text{si } P \leq 0,2 \cdot S$$



Q = escorrentía (mm).

P = precipitación (mm)

S = cantidad máxima de agua retenida en el suelo (mm). Se determina a partir de la siguiente fórmula cuya única variable es NC:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

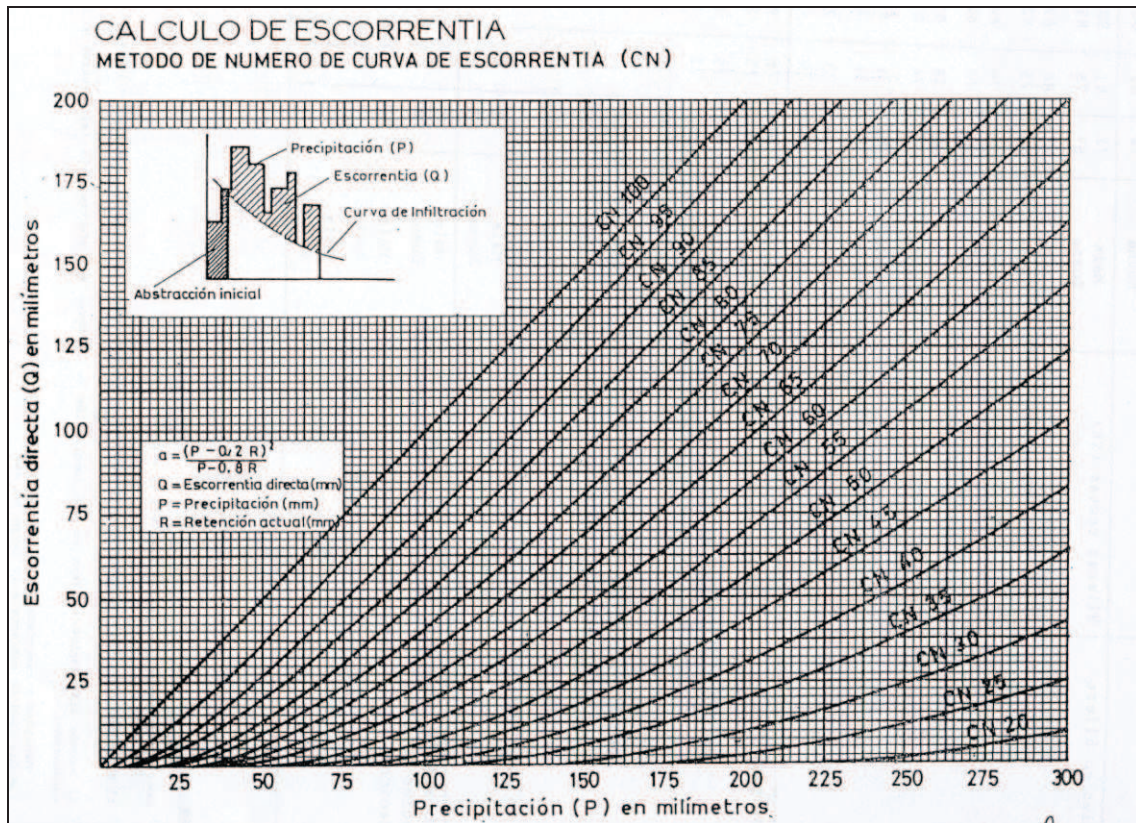


Figura 25. Representación gráfica del modelo de número de curva (S.C.S., 1986).

A continuación se señalan las principales variables a introducir en las tablas para obtener el NC de las correspondientes superficies.

Respecto al estado hidrológico del suelo, U.S.D.A. diferencia tres condiciones que dependerán de la precipitación acumulada en los cinco días precedentes al aguacero bajo estudio. Dichas condiciones son:

- I. Suelo muy seco pero sin llegar al punto de marchitez permanente.
- II. Suelo en situación normal, alejado del punto de marchitez permanente y de la capacidad de campo.
- III. Suelo saturado o muy próximo a saturación (capacidad de campo).

Las características de la condición de humedad en el suelo vienen definidas por las siguientes precipitaciones acumuladas en los cinco días previos al aguacero (Cuadro 5):

CONDICIÓN	Período: Octubre-Marzo	Período: Abril-Septiembre
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 - 28 mm	36 - 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

**Cuadro 5.** Condiciones precedentes de humedad según U.S.D.A..

Los valores de NC se encuentran tabulados respecto a una humedad en el suelo previa en condiciones normales (Condición II). A pesar de ello puede ocurrir que el aguacero se produzca sobre suelos muy secos o muy húmedos, siendo la escorrentía mayor o menor, respectivamente, de lo que se esperaría.

Condición I	Condición II	Condición III	Condición I	Condición II	Condición III
100	100	100	55	74	88
97	99	100	54	73	87
94	98	99	53	72	86
91	97	99	52	71	86
89	96	99	51	70	85
87	95	98	50	69	84
85	94	98	48	68	84
83	93	98	47	67	83
81	92	97	46	66	82
80	91	97	45	65	82
78	90	96	44	64	81
76	89	96	43	63	80
75	88	95	42	62	79
73	87	95	41	61	78
72	86	94	40	60	78
70	85	94	39	59	77
68	84	93	38	58	76
67	83	93	35	55	74
66	82	92	30	51	70
64	81	92	35	49	69
63	80	91	28	47	67
62	79	91	21	39	59
60	78	90	18	35	55
59	77	89	15	30	50
58	76	89	12	25	43
57	75	88			

**Cuadro 6.** Relación tabular entre las condiciones precedentes de humedad (Fernández, 2009).

En referencia a los principales tipos de laboreo, o prácticas de cultivo en los suelos agrícolas, se diferencian los siguientes:

- Según la máxima pendiente: el laboreo del suelo, la siembra y las labores de cultivo, se realizan en la dirección de la máxima pendiente o media ladera.
- Siguiendo las curvas de líneas de nivel: el laboreo del suelo, la siembra y las labores de cultivo, se realizan siguiendo las curvas de nivel del terreno. En terrenos llanos (pendiente inferior al 2%) no se diferencia entre laboreo en línea recta y laboreo en línea de nivel.
- Siguiendo las líneas de nivel con aterrazamiento: el laboreo del suelo, la siembra y las labores de cultivo, se realizan siguiendo las curvas de nivel mediante la elaboración de terrazas.



Según la condición hidrológica de cada tipo de cubierta vegetal (vegetación natural o cultivo agrícola), los grupos clasificados se subdividen en condiciones hidrológicas "buenas" o "malas":

- Cultivos agrícolas: la condición hidrológica se determina teniendo en cuenta cómo los factores anteriores afectan a la infiltración. Se habla de "condición hidrológica pobre" cuando existan sobre el suelo factores que reducen las tasas de infiltración y aumenten la escorrentía. La "condición hidrológica buena" se observa cuando los factores antes mencionados tiendan a mejorar la infiltración del agua en el suelo.
- Pastizales: se clasifican en tres grupos. Se consideran pobres los que son abundantemente pastados, con escasa materia orgánica sobre el terreno, o cuando las plantas cubren menos del 50% de la superficie total. Regulares aquellas cuya cubierta vegetal alcanza entre un 50% y un 75% de la superficie del terreno y son moderadamente pastados. Por último, se consideran buenos los que cuya cubierta vegetal supera el 75% de la superficie del terreno y son ligeramente pastados.
- Bosques: las clases hidrológicas se basan en la consideración de la profundidad y grado de consolidación de las capas de mantillo y de humus del bosque, de modo que cuanto mayor sea el espesor de dichas capas y menos compactas e impermeables aparezcan, tanto mejor sea la condición hidrológica resultante para la infiltración.

En referencia al tipo de suelo en función de su capacidad de infiltración, el U.S.D.A. clasifica el suelo en cuatro grupos hidrológicos de suelos en el Cuadro 7:

Grupo de Suelo	Características
A	Suelos profundos y de texturas gruesas (arenosos o areno-limosos). en ellos el agua se infiltra rápidamente aún cuando estén muy húmedos. Su potencial de escurrimiento es mínimo por su gran permeabilidad. Tienen elevada capacidad de infiltración.
B	Suelos francos y profundos, suelos franco-arenosos de mediana profundidad, y suelos arenosos de escaso espesor. Presentan una moderada permeabilidad cuando están saturados.
C	Suelos franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido en materia orgánica
D	Suelos muy arcillosos y profundos con alto grado de tumefacción; también se incluyen aquí los terrenos que presentan una capa arcillosa somera y muy impermeable así como suelos jóvenes de escaso espesor sobre una roca impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto.

**Cuadro 7.** Clasificación de los suelos según U.S.D.A.

A continuación se encuentran tablas con valores de NC para superficies con suelos agrícolas, pastizales y arboledas, zonas áridas y semiáridas y, por último, zonas artificiales o urbanas:

Descripción del uso			Grupo hidrológico de suelo			
Uso del suelo	Prácticas de cultivo	Condición hidrológica	A	B	C	D
Barbecho	Suelo desnudo	-	77	86	91	94
	Suelo cubierto de residuos*	Pobre	76	85	90	93
Buena		74	83	88	90	
Cultivo en hileras	Según máxima pendiente	Pobre	72	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Máxima pendiente + cubierto de residuos	Pobre	71	80	87	90
		Buena	64	75	82	85
	Según curva de nivel	Pobre	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
	Curva de nivel + cubierto de residuos	Pobre	69	78	83	87
		Buena	64	74	81	85
	Según curva de nivel y aterrazado	Pobre	66	74	80	82
		Buena	62	71	78	81
	Según curva de nivel y aterrazado + cubierto de residuos	Pobre	65	73	79	81
		Buena	61	70	77	80
Cultivo de grano pequeño	Según máxima pendiente	Pobre	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Máxima pendiente + cubierto de residuos	Pobre	64	75	83	86
		Buena	60	72	80	84
	Según curva de nivel	Pobre	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curva de nivel + cubierto de residuos	Pobre	62	73	81	84
		Buena	60	72	80	83
	Según curva de nivel y aterrazado	Pobre	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
	Según curva de nivel y aterrazado + cubierto de residuos	Pobre	60	71	78	81
		Buena	58	69	77	80
Cultivo de leguminosas o rotaciones de leguminosas-gramíneas	Según máxima pendiente	Pobre	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Según curva de nivel	Pobre	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	Según curva de nivel y aterrazado	Pobre	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80

\* Los residuos cubren al menos el 5% de superficie a lo largo del año

Cuadro 8. Números de curva para los suelos agrícolas.

Descripción de uso		Grupo hidrológico de suelo			
Uso de suelo	Condición hidrológica	A	B	C	D
Pastos o pastizales	Pobre	68	79	89	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Praderas	-	30	58	71	78
Matorral con vegetación herbácea	Pobre	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73
Mezcla de árboles con hierba	Pobre	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Pequeñas arboledas	Pobre	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Granjas, edificaciones y caminos	-	59	74	82	86

Cuadro 9. Números de curva para pastizales y arboledas.

Descripción del uso		Grupo hidrológico de suelo			
Uso del suelo	Condición hidrológica <sup>1</sup>	A	B	C	D
Herbáceas con algo de matorral	Pobre		80	87	93
	Regular		71	81	89
	Buena		62	74	85
Mezclas de matorral de montaña	Pobre		66	74	79
	Regular		48	57	63
	Buena		30	41	48
Sabinar-Pinar o mezcla	Pobre		75	85	89
	Regular		58	73	80
	Buena		41	61	71
Artemisia con algo de hierba	Pobre		67	80	85
	Regular		51	63	70
	Buena		35	47	55
Matorral desértico	Pobre	63	77	85	88
	Regular	55	72	81	86
	Buena	49	68	79	84

<sup>1</sup> Pobre: < 30 % del terreno cubierto  
Regular: 30 al 70 % del terreno cubierto  
Buena: > 70% de terreno cubierto

Cuadro 10. Números de curva para zonas áridas y semiáridas.

Descripción de uso		Grupo hidrológico de suelo				
Uso de suelo	Condición hidrológica	% medio área impermeable	A	B	C	D
<b>Áreas urbanas completamente desarrolladas</b>						
	Pobre		68	79	86	89
	Media		49	69	79	84
	Buena		39	61	74	80
<b>Áreas impermeables</b>						
Aparcamientos, azoteas, carreteras						
			98	98	98	98
<b>Calles y carreteras</b>						
Pavimentadas; cunetas y red de saneamiento						
			98	98	98	98
Pavimentadas; cunetas abiertas						
			83	89	92	93
Grava						
			76	85	89	91
Sucias						
			72	82	87	89
<b>Zonas ajardinadas xerófitas</b>						
Zonas naturales (sólo permeables)						
			63	77	85	88
Zonas ajardinadas (incluidas zonas impermeables)						
			96	96	96	96
<b>Zonas urbanas</b>						
Centros comerciales y de negocios						
		85%	89	92	94	95
Industrial						
		72%	81	88	91	93
<b>Zonas residenciales</b>						
1/8 acre (0,05 ha) o menos (2 casas)						
		65%	77	85	90	92
1/4 acre (0,10 ha)						
		38%	61	75	83	87
1/3 acre (0,13 ha)						
		30%	57	72	81	86
1/2 acre (0,20 ha)						
		25%	54	70	80	85
1 acre (0,40ha)						
		30%	51	68	79	84
2 acres (0,81 ha)						
		12%	46	65	77	82
<b>Áreas urbanas en desarrollo</b>						
Explanaciones (zonas permeables, sin vegetación)						
			77	86	91	94

Cuadro 11. Números de curva para zonas urbanas.

#### 4.3.3. Programa ARHYMO

Con el objeto de inferir en las características del proceso precipitación-escorrentía, principalmente en el caudal punta de avenidas necesario para diseñar el tamaño de desagües, en la cuenca de los barrancos del Diablo y de la Alfándigo se ha implementado un modelo matemático de simulación hidrológica.

El modelo AR-HYMO es una actualización del modelo HYMO (USDA) que se viene utilizando en estudios hidrológicos en Argentina desde 1975 a través de los programas HYMO 10, HYMO 10 (versión 1984) de INCYTH y OTTHYMO (Universidad de Ottawa, Canadá, 1983).

AR-HYMO es utilizado para obtener hidrogramas a partir de la introducción de datos de un yetograma. En el contexto de la simulación matemática, el modelo AR-HYMO pertenece al conjunto de los modelos determinísticos puesto que permite representar un sistema hidrológico simulando el fenómeno lluvia-escorrentía sin el apoyo de ninguna ley probabilística.

El programa puede clasificarse como:

- Lineal: debido a que en todos los fenómenos hidrológicos que simula hace uso de las propiedades de proporcionalidad y superposición de los procesos lineales. Es decir que el caudal de escorrentía está relacionado con la precipitación de forma lineal.
- De parámetros concentrados: trata a una cuenca o subcuenca como unidad y en consecuencia los parámetros que la caracterizan no varían de un punto a otro sino que están representados por valores medios.
- De eventos aislados o Discreto: porque no tiene capacidad para variar la humedad del suelo entre precipitaciones sucesivas.
- Invariable en el tiempo: porque los parámetros que intervienen en el cálculo de los procesos son constantes durante la simulación.

La utilización de ésta herramienta es muy apropiada para el estudio de eventos hidrológicos en cuencas en las que no existen datos históricos sobre crecidas importantes. En las cuencas rurales, la precipitación efectiva o escorrentía es calculada a partir de la metodología del número de curva (S.C.S.). El hidrograma de escorrentía en cuencas rurales es obtenido a través del yetograma de precipitación efectiva y un hidrograma unitario instantáneo sintético.

De ésta forma, la escorrentía se encuentra en función del número de curva de la respectiva superficie (la condición de humedad del suelo y de sus características físicas) y de la intensidad de una determinada precipitación extrema. Se utilizarán las intensidades máximas generadas en una hora a partir de las máximas lluvias diarias estimadas.

Los parámetros de las cuencas que se deben introducir en el programa son:

- A: área de la cuenca, expresada en Km<sup>2</sup>.
- L: longitud del cauce principal, en Km.
- HT: diferencia de altitud de la cuenca, entre la altura máxima en cabecera y la mínima a la salida de la cuenca.

- DT: intervalo de tiempo para el que se quiere obtener el hidrograma de escorrentía.
- NC: número de curva, obtenido por el método del U.S. Soil Conservation Service.

Los parámetros se determinarán mediante el software "gvSIG" atendiendo a la topografía del terreno (curvas de nivel). Una vez introducidos los parámetros, el programa obtendrá la gráfica del hidrograma, el caudal punta, el tiempo al pico (TP), el volumen de escorrentía que produce ante la intensidad de lluvia deseada y la constante de recesión (K).



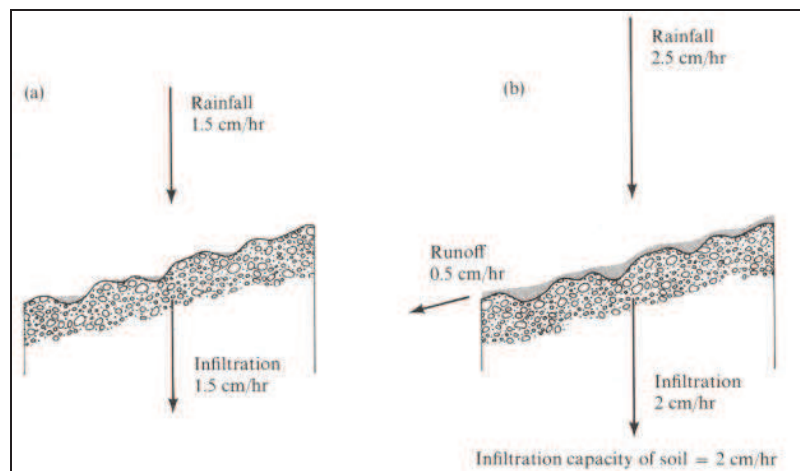
#### 4.4. Infiltración

La infiltración es definida como el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica (Gurovich, 1985). A su vez, Porta (1994) la define como el proceso de entrada, generalmente vertical, de agua a través de la superficie del suelo, lo que constituye la primera etapa en el movimiento del agua en el suelo.

La tasa de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente es expresada en mm/h. Afecta al medio de forma que durante las precipitaciones, cuando la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la capacidad de infiltración, el agua se infiltrará tan rápidamente como es aportada, siendo la velocidad de aporte la que determina la velocidad de infiltración (es decir el proceso es controlado por el flujo).

Sin embargo, cuando la velocidad de aporte supera la tasa de infiltración del suelo es ésta última la que determina la velocidad real de infiltración (Gurovich, 1985). Entonces la capacidad del suelo para absorber agua se ve superada y el exceso se acumula sobre la superficie o escurre (Figura 26).

Si se obtiene la tasa de infiltración en función del tiempo y se compara con la intensidad de precipitación de un determinado momento, se puede estimar el momento en que empezará a generarse escorrentía en una cuenca.



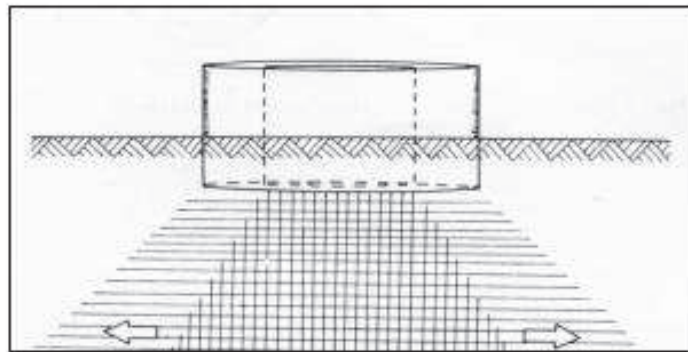
**Figura 26.** Efecto de precipitaciones de diferentes intensidades sobre la velocidad de infiltración (Dunne y Leopold, 1978).

Los principales métodos de campo para la medida de la conductividad hidráulica existentes se basan en la aplicación de simuladores de lluvia, lisímetros e infiltrómetros. El más utilizado es el infiltrómetro de cilindros concéntricos, también llamado método de los anillos de Müntz o de doble anillo. Es un método de medida de la tasa de infiltración, la infiltración acumulada y la conductividad hidráulica saturada.

#### 4.4.1. Anillos de infiltración de Müntz.

Consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior, es decir, la tasa de infiltración. (Ibáñez et al., 2010).

La principal fuente de error en las medidas con anillos concéntricos o de Müntz es el generado por el flujo lateral del agua. Por ésta razón se instala el anillo exterior, que sirve para asegurar que el agua que se infiltra por el cilindro interior tenga un flujo preferentemente vertical (Luna, 2003).



**Figura 27.** Flujo de agua en el suelo generado por el doble anillo (Ibáñez et al., 2010).

En condiciones normales, la integración en el tiempo de la tasa de infiltración gráficamente representa una curvilínea con una pendiente que decrece gradualmente, debido a la succión capilar que se genera en un suelo no saturado, hasta que la tasa de infiltración adquiere un valor constante.

El valor equivalente a la situación en equilibrio, es decir, situación de saturación, equivale al valor de la conductividad hidráulica del suelo en condiciones de saturación (Ibáñez et al., 2011).

- Procedimiento y toma de medidas.

El equipo consta de dos anillos metálicos, un martillo, una tapa de conducción de esfuerzos, un cronómetro, un flotador y una regla, para medir la fluctuación del nivel del agua.

Los anillos son dos dispositivos con la pared fina (2-3 mm como máximo) y biselada en el extremo con el fin de que penetren bien en el material del suelo sin alterarlo. Los cilindros deben situarse centrados entre ellos y deben estar clavados en el suelo a igual profundidad, para evitar que se ladeen y produzcan fugas de agua. A una mayor profundidad, de 5 a 10 cm, se producirá menor drenaje lateral (Ibáñez et al., 2010).



**Figura 28.** Fotografía de los anillos concéntricos utilizados en las mediciones.

Hay que evitar a toda costa los movimientos laterales del dispositivo que pueden provocar la comunicación entre el cilindro interior y exterior, anulándose de esta forma el efecto de doble cilindro (Moreno, 2002)

El martillo de goma y la tapa se emplean para clavar los dos anillos simultáneamente hasta la misma profundidad (Figura 29). La tapa se emplea para hincar los anillos en el suelo puesto posee un cabezal que absorbe el impacto del martillo y lo distribuye homogéneamente sobre el borde de los dos anillos.

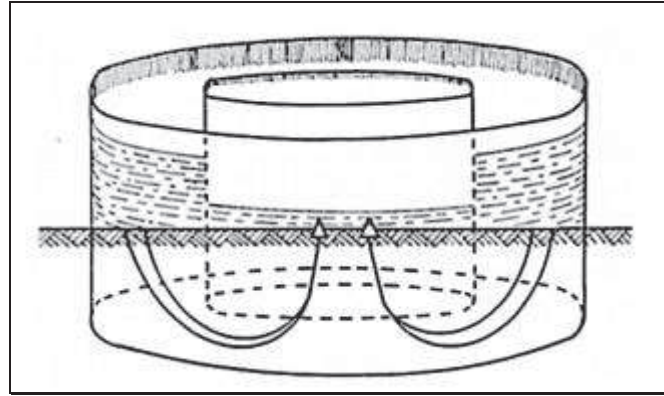


**Figura 29.** Instalación de los anillos concéntricos sobre el suelo.

Se vierte agua en el interior de los anillos hasta alcanzar un con cuidado para mantener inalterado el suelo que hay en el fondo. Como norma general el llenado inicial no debe

sobrepasar los 10 cm, y tampoco se debe dejar que el nivel descienda a menos de 5 cm durante el ensayo.

Durante la medición es necesario tener cuidado de que la carga de agua en el interior y fuera del cilindro o anillo sea igual; de lo contrario puede ocurrir que se genere flujo lateral entre ambos anillos (Ibáñez et al., 2010).



**Figura 30.** Efecto del flujo de agua del anillo externo respecto al interno. (Ibáñez et al., 2010)

Mediante un cronómetro, una boya y una regla graduada se mide, en el anillo interior, el descenso del agua en función del tiempo

La estabilización de los valores de la tasa de infiltración suele alcanzarse en varias horas, pero puede tardar desde varios minutos (suelos arenosos) hasta más de 12 horas en suelos arcillosos con grietas de retracción (Moreno, 2002).

Para obtener valores de la tasa de infiltración, se calcula el cociente entre la diferencia de alturas y el tiempo transcurrido (Bouwer, 1961):

$$q(\text{cm} / \text{min}) = \frac{\Delta h(\text{cm})}{\Delta t(\text{min})}$$

Si las medidas se toman con suficiente cuidado, se obtiene un valor de velocidad de infiltración para la componente vertical del flujo final equivalente a la conductividad hidráulica en un suelo saturado.

- Puntos de muestreo.

La bondad de los datos y la fiabilidad de los resultados obtenidos dependen en gran medida de la idoneidad del lugar elegido para su realización. Para ello Ibáñez (2010) recomienda encontrar una localización representativa del suelo a estudiar, evitar ubicar los anillos en zonas compactadas ya que presentan una tasa de infiltración menor que las zonas adyacentes (sobre todo en los suelos de textura fina) y evitar instalar los anillos en zonas con pendiente elevada.



Se llevará a cabo el método de los anillos concéntricos o de Müntz en las siguientes localizaciones:

1. Unidad "Relleno de fondo de valle" (Medida 1): sobre un campo de cultivo, ya que la gran parte del relleno de fondo de valles o vales se encuentra actualmente bajo un uso predominantemente agrícola. Se encuentra situado en las proximidades del Centro de Operaciones G.R.H.U.S.A., junto a la carretera HU-324 que conecta Huesca con Apiés.
2. Unidad "Glacis Alto" (Medida 2): se ha llevado a cabo la medición en el extenso glacis situado en la parte alta de la cuenca del Barranco de la Alfándiga. La localización elegida se halla en el interior de un carrascal levemente antropizado, en un área medianamente despejada.
3. Unidad "Terciario" (Medida 3): esta toma de datos fue realizada en la ladera situada a escasos metros en dirección Norte del Centro de Operaciones G.R.H.U.S.A.. En éstas laderas se encuentran los materiales característicos del Terciario junto con materiales lábiles (limos) y piedras provenientes del glacis, cuya superficie se encuentra en la parte superior de la ladera.
4. Unidad "Terciario" (Medida 4): también se ha realizado una medición (Medida 4) junto al Barranco del Diablo, a escasos metros aguas abajo del vaso de vertedero en explotación, sobre el salagón característico de la zona.
5. Unidad "Vertedero Clausurado" (Medida 5): atendiendo a los depósitos de residuos, se realizará una medición sobre la superficie del vaso del vertedero sellado, la cual a priori debe relacionarse con una tasa de infiltración muy pequeña.



**Figura 31.** Localización de los puntos de muestreo en el método de los anillos concéntricos.

#### 4.5. Aguas subterráneas

Para caracterizar y cuantificar el movimiento del agua subterránea se requiere conocer un importante parámetro hidráulico del suelo llamado permeabilidad, también conocida como conductividad hidráulica.

Por otro lado, para controlar la posible afección del vertido de residuos a las aguas subterráneas de los alrededores del VRSU se analizan brevemente los piezómetros existentes.

##### 4.5.1. Método del permeámetro de carga variable

La permeabilidad se define como la capacidad del suelo saturado para permitir el paso del agua del suelo referentes al exceso de agua que penetra en un suelo y llega a tocar el nivel freático, determinado por el clima y la conductividad hidráulica del suelo (Forsythe, 1980). Es decir, la conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ ) es la cantidad de agua por unidad de tiempo que fluye o pasa a través de una columna de suelo saturado (Gabriels et al., 2011).

La permeabilidad de un suelo depende de varios factores, algunos de ellos son la temperatura del agua, la relación de vacíos, la estructura y la estratificación, agujeros y grietas del suelo, el tamaño de las partículas y la existencia de aire (Angelone et al., 2006).

La estimación de la permeabilidad es un tema constante de investigación debido a que los métodos actuales de cálculo y medida arrojan grandes incertidumbres. En la actualidad existe una gran variedad de métodos tanto in situ como en laboratorio. En algunos casos es posible obtener una medida de la conductividad hidráulica del suelo, mientras que en otros se obtiene la tasa de infiltración básica, la que se relaciona directamente con la conductividad hidráulica (Gabriels et al., 2011).

Los métodos de campo o in situ permiten medir la conductividad hidráulica de un suelo en forma directa, mediante experiencias que contemplan la excavación de pozos superficiales, en los cuales se efectúan pruebas de agotamiento y recuperación, el uso de pruebas de infiltración, o a través de medidas de velocidad.

A mediados del siglo XIX, Henri Darcy, se interesó por los factores que influían en el flujo del agua a través de materiales arenosos (filtros de arena) y descubrió que el caudal que atravesaba una columna de suelo era linealmente proporcional a la sección y al gradiente hidráulico.

Dicha columna se puede considerar como un permeámetro, definido como un recipiente de sección constante por el que se hace circular agua conectando a uno de sus extremos un depósito elevado de nivel constante. Desde el otro extremo se regula el caudal de salida mediante un grifo que mantiene también el caudal constante (Sánchez, 2011).

Este ensayo consiste en someter una muestra de suelo (cilindro de suelo) a un flujo de agua bajo una carga o presión variable. Se realiza en suelos poco permeables, predominantemente suelos finos, tales como arenas finas, mezclas de arena y limo, limos orgánicos e inorgánicos, cuyo valor del coeficiente de permeabilidad ( $K$ ) varía entre  $10^{-1}$  y  $10^{-6}$  cm/s.

La función necesaria para calcular la conductividad hidráulica es generada a partir de la Ley de Darcy y toma la siguiente forma (esquemático en la Figura 32):



$$K_s = \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{L}{(t_2 - t_1)} \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$K_s$  = conductividad hidráulica (cm/min)

$A_1$  = área de la sección transversal del tubo por encima del suelo (cm<sup>2</sup>)

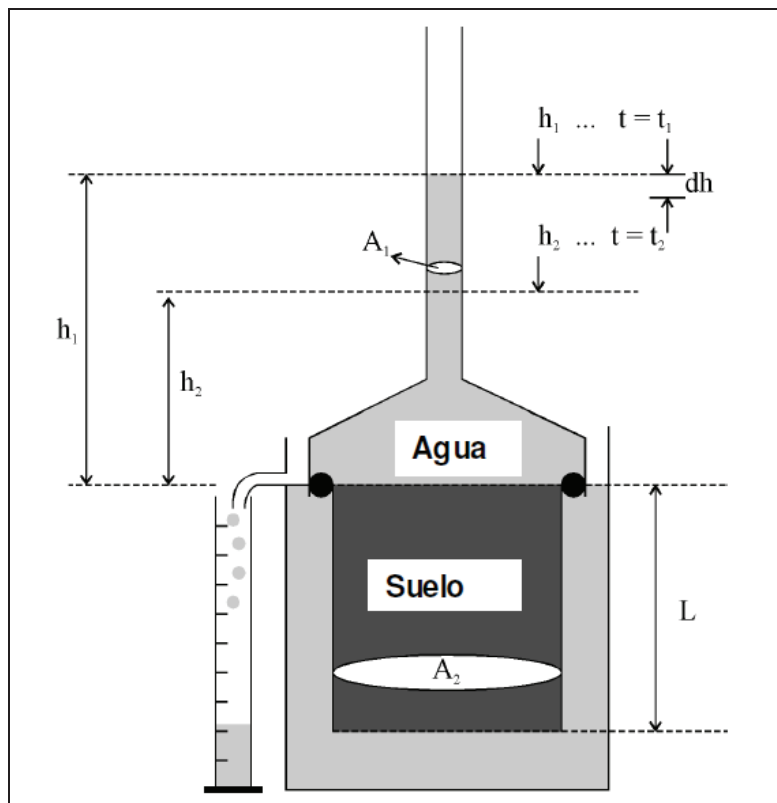
$A_2$  = área de la sección transversal del suelo (cm<sup>2</sup>)

$L$  = longitud del cilindro con la columna de suelo (cm)

$t$  = tiempo transcurrido (min)

$h_1$  = nivel inicial del agua sobre el punto de salida del agua percolada (cm)

$h_2$  = nivel final del agua sobre el punto de salida del agua percolada (cm)



**Figura 32.** Diseño esquematizado del permeámetro de carga variable. (Gabriels et al., 2011).

- Procedimiento y toma de medidas.

En primer lugar se toman las muestras de suelo hincando el cilindro metálico (recipiente contenedor) en el suelo a muestrear. Luego, se extrae el cilindro cuidadosamente con la ayuda de un pico/pala, para que la muestra de suelo no pierda su compacidad (Figura 33).

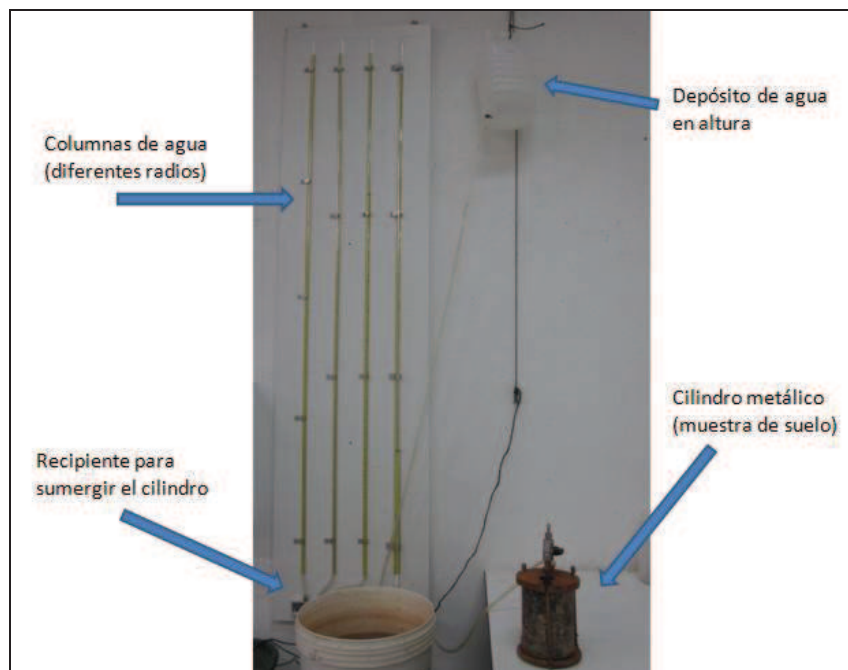


**Figura 33.** Muestra de suelo para el permeámetro de carga variable.

Tras tomar las muestras, en el laboratorio se procede a la colocación del cilindro con la muestra al permeámetro de forma que el cilindro quede completamente sellado, para que no existan huecos que permitan la salida de agua por los bordes superior e inferior del cilindro. Para conseguirlo se recomienda sellar perfectamente el cilindro metálico aplicando sobre sus bordes una pequeña cantidad de silicona.

Se colocará papel de filtro en la base de la muestra, entre los agujeros que permitirán la salida de agua a través del cilindro y la muestra de suelo. A continuación, se procede a la saturación previa de la muestra para obtener la máxima ausencia de aire en la muestra. Para lograrlo se sumerge el cilindro de suelo durante 24 horas en un recipiente de agua, de forma que se sature por simple capilaridad.

Por último, se permite el paso de agua del tubo situado sobre la muestra a través de la misma a la vez que se inicia el registro de las variaciones en el nivel de agua (h, cm) en función del tiempo (min) del tubo.



**Figura 34.** Fotografía del permeámetro de carga variable utilizado (Laboratorio de Hidrología, E.P.S. Huesca).

- Puntos de muestreo:

La medida de la permeabilidad, o conductividad hidráulica, se va a realizar en las muestras obtenidas de las unidades geomorfológicas representativas "Terciario" y "Relleno de fondo de valle". Solo se tomarán muestras en las citadas unidades ya que son las unidades que presentan suelos no compactos y no contienen materiales gruesos.

Atendiendo a la unidad "Terciario" (Muestra 1), la muestra será tomada de la ladera sita a escasos metros del Centro de Operaciones de GRHUSA en dirección Norte. En este caso, se analizará la conductividad hidráulica del salagón, puesto que es el material más impermeable que aparece en las capas del Terciario. Es decir, es el material que limitará el flujo hídrico subterráneo.

La muestra del "Relleno de fondo de valle" (Muestra 2) ha sido tomada en uno de los campos de cultivo que hay situados junto a la carretera HU-324, junto a la entrada del Centro de Operaciones de GRHUSA. El suelo se encuentra labrado y modificado, se trata de una muestra representativa puesto que el relleno de fondo de valle se encuentra ocupado por cultivos en su mayoría.



**Figura 35.** Localización de los puntos de toma de muestras para el método del permeámetro de carga variable .

Se intentó realizar tomas de muestras en los niveles de areniscas, que se encuentran intercaladas con las capas de salagón, pero los medios existentes no permiten llevarlo a cabo. También se intentó tomar muestras en las gravas de la superficie de los glacia, pero debido a la pedregosidad no se pueden obtener muestras no turbadas. Tampoco se ha podido obtener una muestra de la superficie de la basura.

#### 4.5.2. Control de lixiviados

Para cuantificar el volumen de los lixiviados generados por el actual vertedero en explotación, GRHUSA realiza medidas mediante el aforo volumétrico quincenal del flujo recibido en la correspondiente balsa de lixiviados.

#### 4.5.3. Control de piezómetros

La empresa explotadora del VRSU, GRHUSA, posee tres sondeos o piezómetros en las inmediaciones del vaso del vertedero en actual explotación (cuena del barranco del Diablo), en los que se toman medidas de las alturas piezométricas trimestralmente mediante una sonda. Los piezómetros poseen 20 metros de profundidad. Uno de ellos está localizado aguas arriba y dos aguas abajo. Los puntos en los que se localizan los piezómetros han sido referenciados geográficamente mediante G.P.S. móvil.

Con los piezómetros georreferenciados se conocerán las distancias entre estos. Conociendo sus alturas piezométricas y los valores de conductividad hidráulica se puede estimar la velocidad a la que se moverá el agua en las cuencas de estudio a partir de la Ley de Darcy:

$$Q = -A \cdot K \cdot \frac{dh}{dL}$$

Donde  $K$  es la conductividad hidráulica y  $dh/dL$  es conocido como el gradiente hidráulico existente entre dos puntos,  $i$ . La cantidad  $dh$  representa el cambio en cota piezométrica entre dos puntos cercanos, y  $dL$  es una la distancia entre ellos. El signo negativo indica que el flujo es en la dirección de cota piezométrica decreciente.

De ésta fórmula se desprende la fórmula de la velocidad del agua en un medio saturado, en la que ésta poseerá las mismas unidades de medidas que la conductividad hidráulica ya que  $i$  es adimensional.

$$V = K \cdot i$$

Si no se poseen las variables necesarias para calcular el gradiente hidráulico de cada cuena, se estimará a partir de la cota máxima, la cota mínima y la distancia entre ellas.

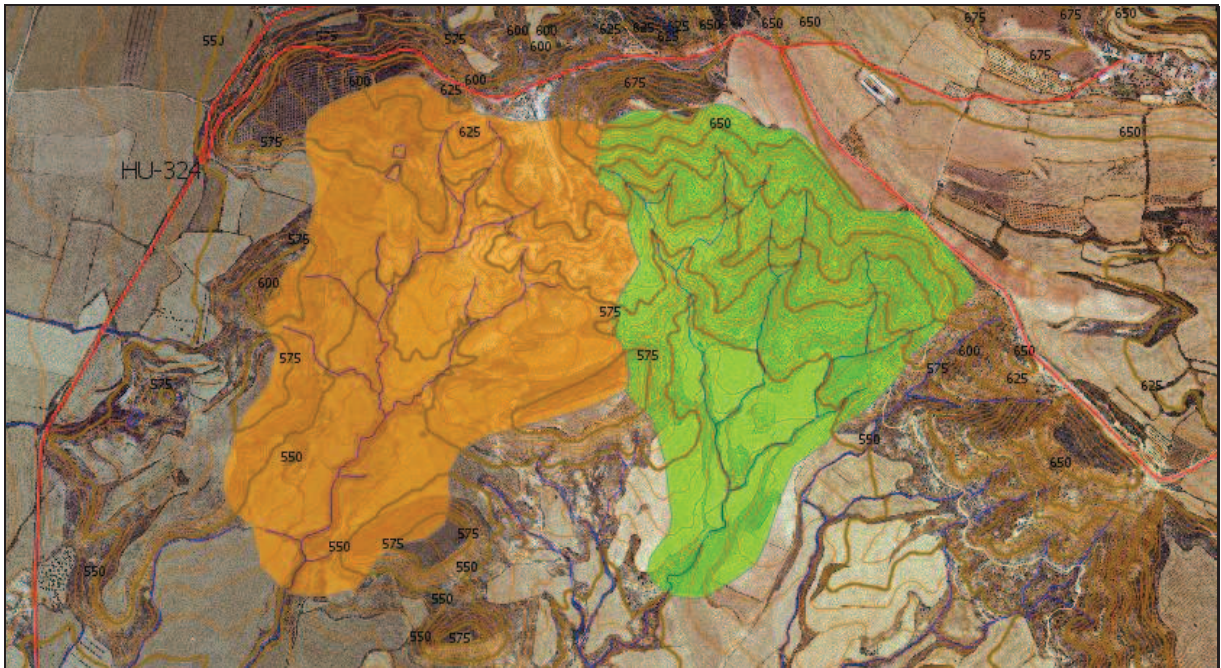


## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para una mayor interpretación se presentan de forma agrupada los resultados y su discusión siguiendo el orden aplicado a la metodología

### 5.1. Delimitación del área de estudio y cartografía

Utilizando el programa "gvSIG" se han obtenido los diferentes Mapas adjuntos en el trabajo y las delimitaciones de las dos pequeñas cuencas, situadas en el área afectada por el VRSU (Figura 36).



**Figura 36.** Resultado de las cuencas objeto de estudio: cuencas de los bcos. del Diablo (naranja) y de la Alfándiga (verde).

A continuación se señalan datos de interés de las respectivas cuencas:

- La cuenca del Barranco del Diablo consta de  $791.180,65 \text{ m}^2$  (79,1 ha) y posee una cota máxima de 680 metros y una mínima de 525 metros. La longitud del cauce principal es de 1.552 metros.
- Por su parte, la cuenca del Barranco de la Alfándiga ocupa un área equivalente a  $609.253,56 \text{ m}^2$  (60,9 ha) posee una cota máxima de 686 metros y una cota mínima de 516 metros. La longitud del cauce principal es de 1.434 metros.

## 5.2. Balance Hídrico

### 5.2.1. Recopilación de datos climáticos

Los datos medios de precipitaciones y temperaturas medias mensuales obtenidos de los últimos diez años son los siguientes:

MES	Temperatura Media (°C)	Precipitación (mm)
Enero	4,0	21
Febrero	5,1	23
Marzo	8,8	37
Abril	12,2	62
Mayo	16,8	46
Junio	21,3	37
Julio	23,8	26
Agosto	23,3	16
Septiembre	19,3	32
Octubre	14,5	50
Noviembre	8,1	32
Diciembre	4,1	30
ANUAL	13,4	412

**Cuadro 12.** Datos medios mensuales de Temperatura media y Precipitación de la estación agroclimática de Huesca.

El valor de las temperaturas medias es un dato esencial para el posterior cálculo de la evapotranspiración mediante el método de Thornthwaite. Por su parte, las precipitaciones juegan un papel muy importante en el balance hídrico ya que éstas forman el único flujo hídrico entrante de los sistemas o "cuencas" estudiadas.

### 5.2.2. Estimación de la C.R.A.D.

De acuerdo con las texturas estimadas "al tacto" de cada unidad hidrológica considerada, se tienen los siguientes valores de C.R.A.D. (% de tierra seca):

Unidad Representativa	Textura	CRAD (%)
Glacis (Medio y Alto)	Franco	11,3
Relleno de fondo de valle	Franco-limoso	11,9
Terciario	Arcilloso	7,9

**Cuadro 13.** Valores de la CRAD para las texturas definidas de las unidades representativas.



Para la transformación a valores volumétricos se asumirán las siguientes profundidades (p) de los suelos pertenecientes a cada unidad: en los glacis 50 cm, en el salagón 30 cm y en el relleno de fondo de valle 100 cm.

En el Cuadro 14 se añaden los valores de la reserva del suelo obtenidos mediante la ecuación de R:

<b>Unidad Representativa</b>	<b>CRAD (%)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Reserva máxima (mm)</b>
Glacis (Medio y Alto)	11,3	0,5	33,9
Relleno de fondo de valle	11,9	1	142,8
Terciario	7,9	0,3	28,44

**Cuadro 14.** Valores volumétricos obtenidos de la reserva hídrica máxima de los suelos.

### 5.2.3. Estimación de la Evapotranspiración Potencial

En el Cuadro 15 se encuentran los parámetros necesarios calculados y los valores finales de evapotranspiración obtenidos siguiendo la metodología citada a partir de datos de la estación agroclimática de Huesca.

<b>MES</b>	<b>t (°C)</b>	<b>i</b>	<b>e (mm/mes)</b>	<b>Ni</b>	<b>Ndi</b>	<b>L</b>	<b>ETP (mm/mes)</b>
Enero	4,0	0,7223	9,1602	9,84	31	0,85	<b>8</b>
Febrero	5,1	1,0169	12,6508	9,96	28	0,77	<b>10</b>
Marzo	8,8	2,3535	27,9351	12,36	31	1,06	<b>30</b>
Abril	12,2	3,838	44,326	13,44	30	1,12	<b>50</b>
Mayo	16,8	6,2644	70,3903	15,12	31	1,3	<b>92</b>
Junio	21,3	8,9869	98,9623	15,24	30	1,27	<b>126</b>
Julio	23,8	10,6144	115,8	15,36	31	1,32	<b>153</b>
Agosto	23,3	10,2638	112,185	14,28	31	1,23	<b>138</b>
Septiembre	19,3	7,6982	85,5087	12,48	30	1,04	<b>89</b>
Octubre	14,5	4,9894	56,7834	11,4	31	0,98	<b>56</b>
Noviembre	8,1	2,0845	24,9117	9,84	30	0,82	<b>20</b>
Diciembre	4,1	0,7527	9,523	9,48	31	0,82	<b>8</b>

**Cuadro 15.** Parámetros necesarios y resultados finales de ETP obtenidos por el método de Thornthwaite.

La ETP acumulada anualmente equivale a un total de 778 mm ( $l/m^2$ ). Es una cifra relativamente mayor que el volumen de agua precipitada anualmente: 412 mm, aproximadamente el 53 % de la ETP anual.

En la Figura 37 se representa gráficamente la evolución anual de la ETP media mensual.

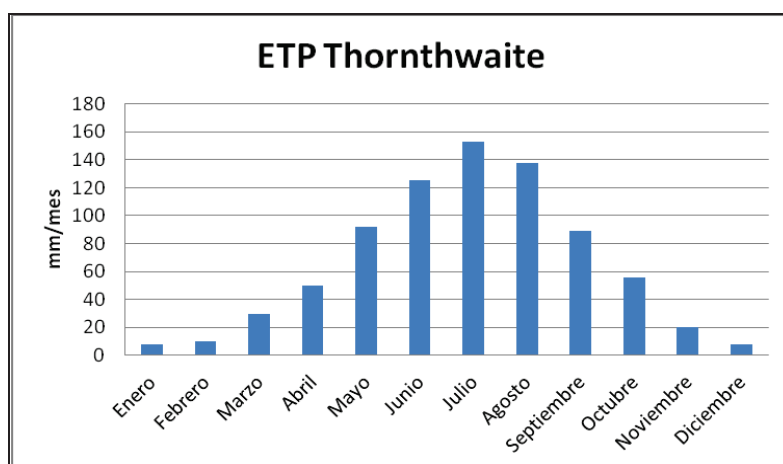


Figura 37. Representación de la evolución anual de la ETP.

#### 5.2.4. Balance hídrico: método directo

En este apartado se procede a realizar un balance hídrico a las diferentes unidades hidrológicas definidas con anterioridad:

- Unidad Glacis:

	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Reserva Inicial	0,0	0,0	0,0	11,7	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	0,0	0,0	0,0
Precipitación	32,0	49,6	32,1	30,1	21,5	23,1	37,0	62,5	45,7	36,5	25,7	16,1
ET Potencial	88,9	55,7	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	91,7	125,7	153,2	138,0
ET Real	32,0	49,6	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	79,6	36,5	25,7	16,1
Reserva Final	0,0	0,0	11,7	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Drenaje Profundo	0,0	0,0	0,0	0,1	13,7	13,3	7,2	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0

Cuadro 16. Balance hídrico de la unidad Glacis.

- Unidad Terciario:

	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Reserva Inicial	0,0	0,0	0,0	11,7	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	0,0	0,0	0,0
Precipitación	32,0	49,6	32,1	30,1	21,5	23,1	37,0	62,5	45,7	36,5	25,7	16,1
ET Potencial	88,9	55,7	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	91,7	125,7	153,2	138,0
ET Real	32,0	49,6	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	74,1	36,5	25,7	16,1
Reserva Final	0,0	0,0	11,7	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Drenaje Profundo	0,0	0,0	0,0	5,6	13,7	13,3	7,3	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0

Cuadro 17. Balance hídrico de la unidad Terciario.

- Unidad Relleno de fondo de valle:

	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Reserva Inicial	0,0	0,0	0,0	11,7	34,0	47,7	61,1	68,3	81,2	35,2	0,0	0,0
Precipitación	32,0	49,6	32,1	30,1	21,5	23,1	37,0	62,5	45,7	36,5	25,7	16,1
ET Potencial	88,9	55,7	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	91,7	125,7	153,2	138,0
ET Real	32,0	49,6	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	91,7	71,7	25,7	16,1
Reserva Final	0,0	0,0	11,7	34,0	47,7	61,1	68,3	81,2	35,2	0,0	0,0	0,0
Drenaje Profundo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Cuadro 18.** Balance hídrico de la unidad Relleno de fondo de valle.

De los balances hídricos se desprende que dos unidades hidrológicas sufren drenaje hídrico profundo: Glacis y Terciario. Los meses en los que se produce drenaje son los correspondientes a los más húmedos: Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

Ambas unidades generan volúmenes drenados muy similares. En el caso de la unidad Glacis, el drenaje anual es igual a  $47,3 \text{ l/m}^2$ . La unidad Terciario genera un drenaje anual equivalente a  $52,7 \text{ l/m}^2$ . Por su parte, la unidad Relleno de fondo de valle no genera drenaje profundo debido a su alta Reserva o C.R.A.D., es decir, la capacidad de almacenamiento del suelo no se superada en ningún mes.

El correspondiente balance hídrico del apartado 5.2.4. ha generado un valor de drenaje profundo muy superior a lo que se esperaba de una unidad relativamente impermeable, en la que la escorrentía juega un papel importante. Para eliminar del balance hídrico el volumen de las precipitaciones que se convierte en escorrentía superficial, se estimarán los volúmenes de escorrentía mediante el método del Número de Curva (Cuadro 19) y se generará un nuevo balance a partir de las precipitaciones mensuales sin la escorrentía (Cuadro 20).

Se asumirá que la unidad Terciario está formada por un 50 % de matorral (NC = 77) y un 50 % de suelo desnudo (NC = 91), es decir, el NC de la unidad toma un valor de 84.

MES	Precipitación media (mm)	Escorrentía media (mm)	Precipitación sin escorrentía
Enero	21,47	2,31	19
Febrero	23,14	2,93	20
Marzo	36,98	9,85	27
Abril	62,48	27,56	35
Mayo	45,66	15,35	30
Junio	36,54	9,59	27
Julio	25,73	4,00	22
Agosto	16,1	0,75	15
Septiembre	32,03	7,06	25
Octubre	49,62	18,06	32
Noviembre	32,14	7,12	25
Diciembre	30,09	6,06	24
TOTAL ANUAL	411,99	110,65	301

**Cuadro 19.** Escorrentía estimada a partir de las precipitaciones medias en la unidad Terciario.

Estudio hidrológico del vertedero de RSU de Fornillos de Apiés, Huesca

	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Reserva Inicial	0,0	0,0	0,0	4,6	20,8	28,4	28,4	25,8	11,1	0,0	0,0	0,0
Precipitación	25,0	31,6	25,0	24,0	19,2	20,2	27,1	34,9	30,3	26,9	21,7	15,3
ET Potencial	88,9	55,7	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	91,7	125,7	153,2	138,0
ET Real	25,0	31,6	20,4	7,8	7,8	9,8	29,7	49,7	41,4	26,9	21,7	15,3
Reserva Final	0,0	0,0	4,6	20,8	28,4	28,4	25,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Drenaje Profundo	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Cuadro 20.** Balance hídrico corregido de la unidad Terciario.

Tras eliminar la parte de agua transformada en escorrentía, se ha obtenido un drenaje profundo anual en la unidad Terciario de 14,6 mm ( $l/m^2$ ).

Se ha estimado el volumen anual de agua drenada en profundidad respectivo a las cuencas estudiadas conociendo las áreas de la unidades:

Unidad Geomorfológica	Drenaje profundo ( $l/m^2$ )	Cuenca Bco. del Diablo		Cuenca Bco. de la Alfándiga	
		Área ( $m^2$ )	Volumen Drenado ( $m^3$ )	Área ( $m^2$ )	Volumen Drenado ( $m^3$ )
Glacis	47,3	35.201,3	1.665,0	76.100,8	3.599,6
Relleno fondo de valle	0	446.886,5	0,0	172.011,9	0,0
Terciario	14,6	309.244,7	4.514,9	361.040,12	5.271,2
<b>TOTAL</b>		<b>791.332,5</b>	<b>6.179,9</b>	<b>609.153,0</b>	<b>8.870,8</b>

**Cuadro 21.** Relación entre las áreas y el volumen hídrico anual drenado en profundidad relativo a cada unidad geomorfológica.

### 5.3. Escorrentía superficial.

#### 5.3.1. Estimación de las máximas lluvias diarias y las intensidades de precipitación

En primer lugar, siguiendo la metodología expuesta en el documento "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular", se determinan los volúmenes de precipitación máxima diaria en función de los siguientes períodos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Siguiendo la metodología del documento se tiene que:

De la localización del VRSU en cuestión en el mapa se extrae que en el punto geográfico deseado el Coeficiente de Variación ( $C_v$ ) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual ( $\bar{P}$ ) son:

- $C_v$  (líneas rojas): el punto geográfico se encuentra entre las isolíneas con valores 0,36 y 0,37, por lo que se tomará un valor de  $C_v$  equivalente a 0,365.
- $\bar{P}$  (líneas moradas): el punto geográfico se encuentra en la zona intermedia las isolíneas con valores 57 y 60, por lo que se tomará un valor de  $\bar{P}$  equivalente a 58,5.

En el Cuadro 22 aparecen los valores del factor de amplificación ( $K_T$ ) y los valores de la precipitación diaria máxima ( $P_T$ , en mm/día o  $l/m^2 \cdot \text{día}$ ) para los respectivos periodos de retorno deseados ( $T$ , en años), obtenida a partir de la realización del producto de  $K_T$  por  $\bar{P}$ .

Tiempo de Retorno	2	5	10	25	50	100	200	500
$K_T$	0,9155	1,2285	1,465	1,7855	2,037	2,304	2,594	2,9835
$P_T$	53,55	71,87	85,7	104,45	119,16	134,78	151,75	174,53

**Cuadro 22.** Valores de Precipitación máxima diaria relativos a los diferentes tiempos de retorno.

Los valores de intensidades máximas de precipitación durante una hora ( $I_1$ ) para cada uno de los acontecimientos extremos anteriores son los siguientes:

Tiempo Retorno (años)	$P_d$ (mm)	$I_d$ (mm/h)	$I_t$ (mm/h)	$I_1$ (mm)
2	53,55	2,23	22,31	22,31
5	71,87	2,99	29,95	29,95
10	85,7	3,57	35,71	35,71
25	104,45	4,35	43,52	43,52
50	119,16	4,97	49,65	49,65
100	134,78	5,62	56,16	56,16
200	151,75	6,32	63,23	63,23
500	174,53	7,27	72,72	72,72

**Cuadro 23.** Resultados de intensidad máxima de precipitación en una hora ( $I_1$ ).



### 5.3.2. Estimación de la escorrentía: Método del Número de Curva

Las unidades representativas determinadas para la obtención de los NC son las siguientes:

1) Balsa de lixiviados, 2) Carretera pavimentada, 3) Cultivo, 4) Escombrera, 5) Matorral, 6) Suelo desnudo, 7) Suelo urbanizado, 8) Vertedero actual y 9) Vertedero Clausurado.

La condición hidrológica para las dos cuencas estudiadas se considerará como "Pobre" y el suelo se clasifica hidrológicamente como de tipo C.

A continuación se relaciona cada unidad representativa con un valor de NC a partir de las tablas tabuladas o mediante estimación.

A las tres "Balsas de lixiviados" situadas en los vasos de vertederos de Fornillos de Apiés se les ha asignado un valor de NC de 0. En éstas superficies no se va a producir escorrentía sino que el agua precipitada se almacenará junto con el volumen de lixiviados acumulado.

A la unidad "Carretera pavimentada", refiriéndose a la vía asfaltada que encuentra en el recinto del Vertedero de Fornillos de Apiés, se le ha otorgado el valor perteneciente a las carreteras pavimentadas con cunetas abiertas (Cuadro 11): 92.

De la tabla de usos agrícolas del suelo (Cuadro 8), se ha extraído el valor de NC para los "Cultivos" de la zona. Se ha generalizado a la hora de clasificar los cultivos de forma que se ha tomado el valor perteneciente a los cultivos en hileras según las curvas de nivel, con una condición hidrológica mala y el tipo de suelo C. De éste modo se relaciona con un NC igual a 84.

El NC de la unidad "Matorral" ha sido generado a partir de la tabla de números de curva para pastizales y arboledas (Cuadro 9). Así, el matorral con vegetación herbácea posee un número de curva de 77.

La unidad "Suelo desnudo" se atribuye a las superficies de los alrededores del vertedero en actual explotación en que GRHUSA toma material para utilizarlo en el vertedero. El valor de NC se ha obtenido de la tabla de usos de suelos urbanos (Cuadro 11), a partir del uso de suelo "Explanaciones (zonas permeables, sin vegetación)" resultando un valor de 91.

A la unidad "Suelo urbanizado", es decir, las áreas con las construcciones existentes, tanto de G.R.H.U.S.A. como privadas, y el aparcamiento pavimentado se le asigna un valor de NC igual a 98 (Cuadro 11).

En relación a los depósitos de residuos, se les ha otorgado un valor arbitrario de NC. De ésta manera, a la escombrera se la relaciona con un NC igual a 82 y al Vertedero en explotación un valor igual a 90 ya que presenta una compactación mucho más elevada que la escombrera.

Por su parte, el "Vertedero clausurado" posee una capa superficial impermeabilizada artificialmente. La función de la capa impermeable es evitar la infiltración hídrica de las precipitaciones por lo que la escorrentía generada en ésta unidad será bastante elevada. Se ha tomado un valor intermedio entre una superficie asfaltada (NC=98) y el valor de la unidad anterior equivalente a caminos. El valor de NC otorgado es igual a 95.

Véase la Figura 38, correspondiente al Mapa con la delimitación de las unidades representativas utilizadas en el método del Número de Curva.

En el Cuadro 24, se hallan los valores de Número de Curva de cada unidad representativa y las respectivas áreas que representan relativas a cada una de las cuencas estudiadas.

Unidad Representativa	NC	Cuenca Bco. del Diablo		Cuenca Bco. de la Alfándiga	
		Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)
Balsa de lixiviados	0	703,92	0,09	5.078,24	0,83
Carretera pavimentada	92	6.304,68	0,82	0,00	0,00
Cultivo	84	109.677,10	14,28	143.503,18	23,55
Matorral	77	388.321,46	50,57	412.312,37	67,66
Suelo desnudo	91	173.148,20	22,55	1.970,70	0,32
Suelo urbanizado	98	3.948,76	0,51	0,00	0,00
Escombrera	82	31.646,36	4,12	0,00	0,00
Vertedero actual	90	54.192,29	7,06	0,00	0,00
Vertedero clausurado	95	23.938,45	3,12	46.480,99	7,63

**Cuadro 24.** Tabla con la relación de las unidades representativas utilizadas en el método del Número de Curva respecto a las áreas relativas a las cuencas de estudio.

Mediante una relación de superficies a se obtiene el valor de NC de cada cuenca. En el Cuadro 25 aparece el valor de NC estimado respecto a las tres condiciones previas de humedad (I, II y III):

Cuenca de estudio	NC calculado	Condición II	Condición I	Condición III
Bco. del Diablo	82,82	<b>83</b>	67	93
Bco. de la Alfándiga	79,43	<b>79</b>	62	91

**Cuadro 25.** Tabla con los resultados obtenidos de NC de cada cuenca de estudio.

Mediante los NC se calcula la escorrentía mediante la formulación matemática del modelo del Número de Curva. A continuación se añade el parámetro S (cantidad máxima de agua retenida en el suelo (mm)) calculado en función del NC propio de cada cuenca de estudio.

Cuenca de estudio	NC (II)	S (mm)
Bco. del Diablo	83	52,02
Bco. de la Alfándiga	79	67,52

**Cuadro 26.** Valores de S calculados para las cuencas de estudio.

A partir de valores de precipitación (medios mensuales, máximas lluvias diarias y las intensidades máximas durante una hora de las máximas lluvias) y el parámetro S se obtienen los valores de flujo hídrico en forma de escorrentía media mensual por unidad de superficie (l/m<sup>2</sup>) y el volumen total generado en cada cuenca (m<sup>3</sup>). Dichos valores se encuentran representados en los siguientes cuadros 27 y 28:

MES	Precipitación media (mm)	Cuenca Bco. del Diablo		Cuenca Bco. de la Alfándiga	
		Escorrentía media (mm)	Volumen total (m3)	Escorrentía media (mm)	Volumen total (m3)
Enero	21,47	1,94	1.535,76	0,84	512,17
Febrero	23,14	2,5	1.981,81	1,2	733,2
Marzo	36,98	8,99	7.109,75	6,06	3.689,98
Abril	62,48	26,05	20.611,84	20,59	12.544,51
Mayo	45,66	14,24	11.268,00	10,37	6.320,21
Junio	36,54	8,74	6.914,99	5,86	3.570,22
Julio	25,73	3,49	2.759,44	1,87	1.141,98
Agosto	16,1	0,56	444,75	0,1	58,56
Septiembre	32,03	6,35	5.024,34	3,99	2.430,14
Octubre	49,62	16,86	13.336,32	12,59	7.668,08
Noviembre	32,14	6,41	5.068,01	4,03	2.455,94
Diciembre	30,09	5,4	4.275,97	3,27	1.992,76
TOTAL	411,99	101,53	80.331,00	70,77	43.117,74

**Cuadro 27.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado a partir de las precipitaciones medias mensuales.

Del mismo modo, se estima a partir de los volúmenes estimados con precipitaciones máximas diarias:

Tiempo de retorno (años)	$P_T$ (mm)	Cuenca Bco. del Diablo		Cuenca Bco. de la Alfándiga	
		Escorrentía media (mm)	Volumen total (m3)	Escorrentía media (mm)	Volumen total (m3)
2	50,44	17,41	13.776,06	13,06	7.957,28
5	67,76	30,08	23.796,40	24,17	14.727,60
10	80,36	40,12	31.743,24	33,26	20.265,49
25	97,79	54,78	43.338,90	46,8	28.511,50
50	111,21	66,49	52.607,93	57,78	35.201,58
100	125,46	79,23	62.687,38	69,84	42.548,71
200	141,41	93,77	74.189,98	83,71	51.003,22
500	162,42	113,26	89.608,14	102,46	62.423,96

**Cuadro 28.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado en función de las lluvias máximas diarias.

En referencia a las intensidades máximas generadas en una hora de los acontecimientos extremos anteriores se tienen los siguientes caudales de escorrentía:

Tiempo de retorno (años)	I1 (l/m <sup>2</sup> )	Cuenca Bco. del Diablo		Cuenca Bco. de la Alfándiga	
		Escorrentía media (l/m <sup>2</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Escorrentía media (l/m <sup>2</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
2	22,31	2,22	1.755,95	1,02	619,08
5	29,95	5,34	4.227,36	3,22	1.962,82
10	35,71	8,28	6.558,15	5,50	3.348,77
25	43,52	12,88	10.200,53	9,24	5.628,65
50	49,65	16,88	13.364,16	12,60	7.679,76
100	56,16	21,41	16.956,02	16,51	10.063,28
200	63,23	26,62	21.076,75	21,09	12.850,87
500	72,72	33,96	26.895,29	27,67	16.859,38

**Cuadro 29.** Volumen total de Escorrentía y volumen por unidad de superficie (mm) generado en función de la intensidad máxima generada en una hora.

Uno de los problemas que existen en el vertedero en actual explotación es la acumulación temporal de agua contaminada (por el arrastre de partículas contaminantes de la basura y dilución de lixiviados) en el exterior del vaso del vertedero actualmente explotado por GRHUSA, en la zona más baja topográficamente. Dicha agua se acumula tras periodos de fuertes lluvias en las que se produce gran cantidad de escorrentía sobre el vertedero.

Al encontrarse el agua estancada en la parte más baja, ésta se infiltra en el suelo. Dicha infiltración es la fuente de contaminación de la unidad hidrogeológica del relleno de fondo de valle del bco. del Diablo.

En función de las precipitaciones máximas diarias y la intensidad máxima estimada para un periodo de una hora, se producirán los volúmenes de precipitación, de escorrentía y de infiltración (diferencia entre la precipitación y la escorrentía) que aparecen en los Cuadros 30 y 31:

Tiempo de retorno (años)	P <sub>T</sub> (mm)	Volumen total precipitado (m3)	Escorrentía (mm)	Escorrentía total (m3)	Infiltración total (m3)
2	50,4	2.733,5	27,5	1.489,3	1.244,2
5	67,8	3.672,1	42,7	2.314,6	1.357,5
10	80,4	4.354,9	54,2	2.938,9	1.416,0
25	97,8	5.299,5	70,5	3.822,8	1.476,7
50	111,2	6.026,7	83,3	4.514,0	1.512,7
100	125,5	6.799,0	97,0	5.255,2	1.543,7
200	141,4	7.663,3	112,4	6.091,2	1.572,1
500	162,4	8.801,9	132,9	7.199,9	1.602,0

**Cuadro 30.** Precipitación y escorrentía estimados en la superficie del vertedero en actual explotación, en función de las precipitaciones máximas diarias.

Tiempo de retorno (años)	P <sub>T</sub> (mm)	Volumen total precipitado (m3)	Escorrentía (mm)	Escorrentía total (m3)	Infiltración total (m3)
2	22,3	1.209,0	6,2	335,3	873,7
5	30,0	1.623,1	11,2	609,5	1.013,6
10	35,7	1.935,2	15,5	840,4	1.094,8
25	43,5	2.358,4	21,7	1.176,2	1.182,3
50	49,7	2.690,6	26,8	1.452,9	1.237,7
100	56,2	3.043,4	32,4	1.756,3	1.287,1
200	63,2	3.426,6	38,6	2.094,3	1.332,3
500	72,7	3.940,9	47,2	2.558,5	1.382,4

**Cuadro 31.** Precipitación y escorrentía estimados en la superficie del vertedero en actual explotación, en función de la intensidad máxima estimada para un período de una hora.

El agua de escorrentía que se acumula volúmenes totales de escorrentía generados en eventos extremos, se deben de tener en cuenta ya que, por efecto de la pendiente de la superficie del vertedero explotado actualmente, la escorrentía se dirigirá a la parte baja del vaso.

El lugar donde se estanca el agua debería ser impermeabilizado por GRHUSA para impedir que la escorrentía de las precipitaciones extremas generen una infiltración en el suelo de agua con contaminantes en disolución y suspensión. Dicha impermeabilización se puede identificar con la realización de una balsa.

El volumen de dicha balsa debe poder acumular los valores de escorrentía total de los anteriores cuadros. Se recomienda una capacidad de 4.500 m<sup>3</sup> para cubrir las máximas lluvias diarias con un período de retorno de 50 años.

### 5.3.3. Programa ARHYMO

Los valores, correspondientes a las cuencas de estudio, para los parámetros necesarios en los cálculos del programa son:

CUENCA	A (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	HT (m)	NC
Bco. del Diablo	0,79118	1,552	155	83
Bco. de la Alfándiga	0,60925	1,434	170	79

**Cuadro 32.** Parámetros correspondientes a las cuencas de estudio.

En el Cuadro 33 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos (escorrentía por unidad de superficie, volumen de escorrentía total, caudal pico y tiempo al pico) por ARHYMO para cada cuenca. Se ha realizado para las tres condiciones hidrológicas descritas en el apartado 4.3.2..



COND.	Tiempo de retorno (años)	Cuenca bco. del Diablo				Cuenca Bco. de la Alfándiga			
		Esc. media (mm)	Esc. Total (Hm3)	Caudal pico (m3/s)	Tiempo al pico (h)	Esc. media (mm)	Esc. Total (Hm3)	Caudal pico (m3/s)	Tiempo al pico (h)
I	2	0,0	0,000	0,0	0,00	0,0	0,000	0,0	0,00
	5	0,0	0,000	0,0	0,00	0,0	0,000	0,0	0,00
	10	0,0	0,000	0,0	3,17	0,0	0,000	0,0	0,00
	25	0,4	0,000	0,1	3,08	0,0	0,000	0,0	3,16
	50	1,1	0,001	0,3	3,03	0,2	0,000	0,1	3,08
	100	2,1	0,002	0,4	3,03	0,7	0,000	0,2	3,04
	200	3,4	0,003	0,7	3,03	1,5	0,001	0,3	3,04
	500	5,6	0,004	1,0	3,03	3,1	0,002	0,5	3,04
II	2	0,7	0,001	0,2	3,03	0,1	0,000	0,0	3,08
	5	2,3	0,002	0,4	3,03	1,1	0,001	0,2	3,04
	10	3,9	0,003	0,6	3,03	2,2	0,001	0,3	3,04
	25	6,7	0,005	1,0	3,03	4,2	0,003	0,5	3,00
	50	9,1	0,007	1,2	3,03	6,2	0,004	0,7	3,00
	100	12,0	0,010	1,6	2,99	8,5	0,005	1,0	3,00
	200	15,4	0,012	1,9	2,99	11,3	0,007	1,2	3,00
	500	20,3	0,016	2,4	2,99	15,5	0,009	1,6	3,00
III	2	5,2	0,004	0,7	2,99	3,7	0,002	0,4	3,00
	5	9,2	0,007	1,1	2,99	7,2	0,004	0,7	3,00
	10	12,5	0,010	1,4	2,99	10,1	0,006	0,9	3,00
	25	17,3	0,014	1,8	2,99	14,5	0,009	1,3	3,00
	50	21,2	0,170	2,1	2,99	18,1	0,011	1,5	3,00
	100	25,5	0,020	2,5	2,99	22,1	0,013	1,8	3,00
	200	30,3	0,024	2,9	2,99	26,6	0,016	2,1	3,00
	500	36,8	0,029	3,4	2,99	32,9	0,020	2,5	3,00

**Cuadro 33.** Resultados obtenidos con el programa ARHYMO.

Los valores obtenidos se identifican con los valores de los parámetros en el punto por el que los flujos salen de las cuencas, situado aguas abajo del actual vertedero en explotación. En condiciones normales (condición hidrológica II), las volúmenes hídricos que se pueden generar las cuencas no son nada despreciables. Con un período de retorno de 500 años, se alcanzan caudales punta de 2,4 m<sup>3</sup>/s y 1,6 m<sup>3</sup>/s para las cuencas del bco. del Diablo y la Alfándiga respectivamente, los cuales llevan asociados una importante erosión. Hay que asumir que se trata de caudales no contrastados empíricamente.

Como dichos valores sólo son válidos para el tramo final de las cuencas definidas, se realiza un estudio similar sobre el área que generará escorrentía que fluirá hacia el vaso del vertedero en explotación, superficie situada aguas arriba del vertedero actual.

Los valores, correspondientes a dicha superficie (Figura 39), para los parámetros necesarios en los cálculos del programa aparecen en el Cuadro 34:

SUPERFICIE	A (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	HT (m)	NC
Aguas Arriba Vert. Actual	0,092805	0,544	115	84

**Cuadro 34.** Parámetros correspondientes a la superficie localizada aguas arriba del vertedero en actual explotación.



**Figura 39.** Superficie cuyas aguas de escorrentía superficial se dirigen al vertedero actual

Superficie cuyas aguas de escorrentía superficial se dirigen al vertedero actual					
CONDICIÓN	Tiempo de retorno (años)	Escorrentía (mm)	Esc. Total (Hm3)	Caudal pico (m3/s)	Tiempo al pico (h)
I	2	0,0	0,000	0,0	0,00
	5	0,0	0,000	0,0	0,00
	10	0,1	0,000	0,0	3,03
	25	0,6	0,000	0,0	2,99
	50	1,3	0,000	0,0	2,99
	100	2,4	0,000	0,1	2,99
	200	3,9	0,000	0,1	2,99
	500	6,2	0,001	0,1	2,99
II	2	0,9	0,000	0,0	2,99
	5	2,7	0,000	0,1	2,99
	10	4,5	0,000	0,1	2,99
	25	7,4	0,001	0,1	2,99
	50	10,0	0,001	0,2	2,99
	100	13,0	0,001	0,2	2,99
	200	16,5	0,002	0,2	2,99
	500	21,6	0,002	0,3	2,99

III	2	5,2	0,000	0,1	2,99
	5	9,2	0,001	0,1	2,99
	10	12,5	0,001	0,1	2,99
	25	17,3	0,002	0,2	2,99
	50	21,2	0,002	0,2	2,99
	100	25,5	0,002	0,3	2,99
	200	30,3	0,003	0,3	2,99
	500	36,8	0,003	0,4	2,99

**Cuadro 35.** Resultados obtenidos con el programa ARHYMO para la superficie sita aguas arriba del vertedero en actual explotación.

En la tabla de resultados se observa que, bajo condiciones hidrológicas normales y con un tiempo de retorno igual a 500 años, se producirá una escorrentía en dirección al VRSU actualmente explotado que alcanzará un caudal punta de 0,3 m<sup>3</sup>/s (el tiempo al pico es aproximadamente de 3 horas). La escorrentía total sería del orden de 2.000 m<sup>3</sup>.

En el caso más extremo (condición III), con un período de retorno igual a 500 años, se alcanzaría un caudal punta de 0,4 m<sup>3</sup>/s. En este caso, la escorrentía total ascendería aproximadamente a 3.000 m<sup>3</sup>.

Se recomienda diseñar canalizaciones/desagües en los límites del vertedero actualmente explotado con una capacidad de 0,4 m<sup>3</sup>/s para impedir la entrada de la escorrentía superficial

## 5.4. Infiltración

### 5.4.1. Anillos de infiltración de Müntz

Tras la toma de datos in situ sobre la variación de la altura de agua mediante los anillos concéntricos, el tratamiento de los mismos y el cálculo de la velocidad de infiltración se han obtenido los siguientes resultados. Los cuadros con los valores tomados in situ incluirán tantas series como número de veces se han tenido que rellenar los anillos hasta comprobar que la tasa de infiltración se ha estabilizado.

Se ha realizado una ficha individual de cada mediada en la que se encuentran datos de interés de los puntos muestreados, los cuadros con los valores tomados in situ con los anillos y gráficos representando las tasas de infiltración instantánea (m/s) en función del tiempo (minutos).

Los valores finales de la velocidad de infiltración, equivalente a la conductividad hidráulica de un suelo saturado se encuentran a continuación (Cuadro 36).

Nº Medida	K				
	m/s	m/día	cm/min	cm/h	m/año
1. Unidad Relleno de fondo de valle (Cultivo)	6,481E-07	5,600E-02	3,889E-03	2,333E-01	20,4
2. Unidad Terciario (Barranco del Diablo)	1,481E-06	1,280E-01	8,889E-03	5,333E-01	46,7
3. Unidad Terciario (Ladera)	1,374E-05	1,187E+00	8,242E-02	4,945E+00	433,3
4. Unidad Glacis Alto	7,587E-05	6,555E+00	4,552E-01	2,731E+01	2392,6
5. Vertedero Sellado	2,778E-07	2,400E-02	1,667E-03	1,000E-01	8,8

**Cuadro 36.** Resumen de los resultados de conductividad hidráulica (varias unidades distintas) para las 5 medidas realizadas.

La unidad Relleno de fondo de valle presenta el valor obtenido más bajo de conductividad hidráulica, seguida del vertedero sellado. El valor de la tasa de infiltración es relativamente inferior al de la unidad Terciario aunque similar ya que el relleno de fondo de valle se encuentra formado por parte de esos mismos materiales limo-arcillosos.

En la unidad Terciario se han tomado medidas sobre el material de una ladera y sobre el salagón situado en las cercanías del vertedero en actual explotación. Las laderas presentan una pedregosidad relacionada con las gravas arrastradas de los glacis que se encuentran en su nivel más alto por lo que en la ladera existe mayor capacidad de infiltración que sobre el propio salagón. La medida de la unidad Terciario (Ladera) ofrece un resultado muy superior debido a problemas técnicos durante la medida.

En la tabla se observa que la mayor tasa de infiltración y conductividad hidráulica corresponde al glacis alto (medida nº 4). La medida realizada sobre el vertedero sellado (medida nº 5) ha obtenido los resultados más bajos de infiltración ya que se trata de una superficie impermeabilizada artificialmente para impedir la misma infiltración de las precipitaciones.

- MUESTRA 1: Unidad: Relleno de fondo de valle (cultivo)

Coordenadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 714.508, Y: 4.673.590

Fecha y hora de medida: 12 de Diciembre del 2012, 9:30 a.m.

Fotografía del lugar:



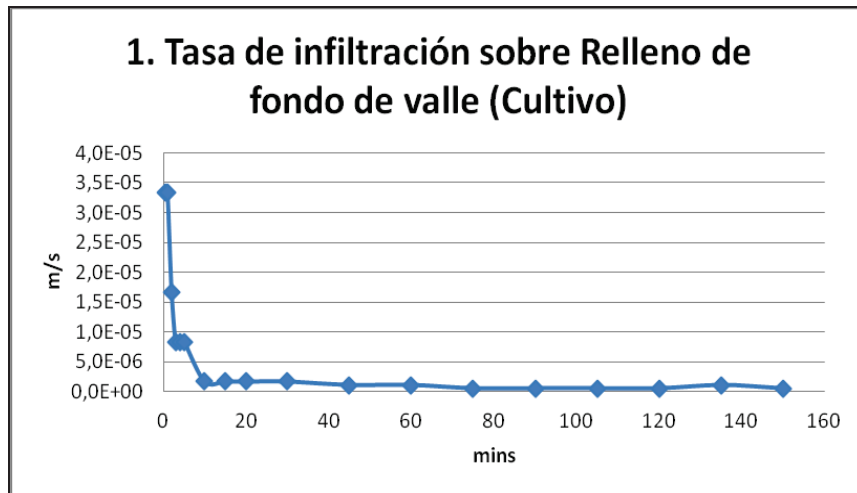
Figura 40. Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 1.

1ª SERIE

Nº Lectura	Tiempo (mins)	h (cm)	$\Delta h$ (cm)	Tasa de infiltración (cm/min)	Tasa de infiltración (m/sg)
1	0	12,1			
2	0,5	12	0,1	2,00E-01	3,33E-05
3	1	11,9	0,1	2,00E-01	3,33E-05
4	2	11,8	0,1	1,00E-01	1,67E-05
5	3	11,75	0,05	5,00E-02	8,33E-06
6	4	11,7	0,05	5,00E-02	8,33E-06
7	5	11,65	0,05	5,00E-02	8,33E-06
8	10	11,6	0,05	1,00E-02	1,67E-06
9	15	11,55	0,05	1,00E-02	1,67E-06
10	20	11,5	0,05	1,00E-02	1,67E-06
11	30	11,4	0,1	1,00E-02	1,67E-06
12	45	11,3	0,1	6,67E-03	1,11E-06
13	60	11,2	0,1	6,67E-03	1,11E-06
14	75	11,15	0,05	3,33E-03	5,56E-07
15	90	11,1	0,05	3,33E-03	5,56E-07
16	105	11,05	0,05	3,33E-03	5,56E-07
17	120	11	0,05	3,33E-03	5,56E-07
18	135	10,9	0,1	6,67E-03	1,11E-06
19	150	10,85	0,05	3,33E-03	5,56E-07

Cuadro 37. Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 1.





**Figura 41.** Gráfico representando la tasa de infiltración instantánea en función del tiempo para la muestra 1.

- MUESTRA 2. Unidad Terciario (Bco. del Diablo)

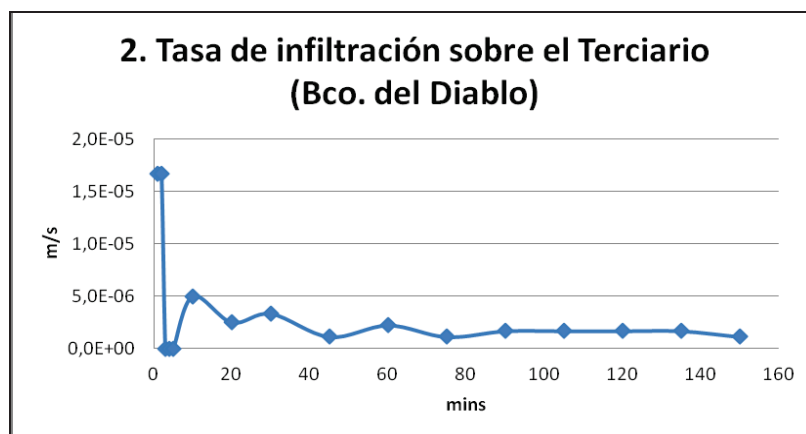
Coordenadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 715.080, Y: 4.673.022

Fecha y hora de medida: 14 de Diciembre del 2012, 9:30 a.m.

1ª SERIE

Nº Lectura	Tiempo (mins)	h (cm)	$\Delta h$ (cm)	Tasa de infiltración (cm/min)	Tasa de infiltración (m/sg)
1	0	13			
2	1	12,9	0,1	1,00E-01	1,67E-05
3	2	12,8	0,1	1,00E-01	1,67E-05
4	3	12,8	0	0,00E+00	0,00E+00
5	4	12,8	0	0,00E+00	0,00E+00
6	5	12,8	0	0,00E+00	0,00E+00
7	10	12,65	0,15	3,00E-02	5,00E-06
8	20	12,5	0,15	1,50E-02	2,50E-06
9	30	12,3	0,2	2,00E-02	3,33E-06
10	45	12,2	0,1	6,67E-03	1,11E-06
11	60	12	0,2	1,33E-02	2,22E-06
12	75	11,9	0,1	6,67E-03	1,11E-06
13	90	11,75	0,15	1,00E-02	1,67E-06
14	105	11,6	0,15	1,00E-02	1,67E-06
15	120	11,45	0,15	1,00E-02	1,67E-06
16	135	11,3	0,15	1,00E-02	1,67E-06
17	150	11,2	0,1	6,67E-03	1,11E-06

**Cuadro 38.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 2.



**Figura 42.** Gráfico representando la tasa de infiltración instantánea en función del tiempo para la muestra 2.

- MUESTRA 3. Unidad Terciario (depósito de ladera)

Coordenadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 714.739, Y: 4.673.612

Fecha y hora de medida: 9 de Enero del 2013, 10:00 a.m.

Fotografía del lugar:



Figura 43. Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 3.

1ª SERIE

Nº Lectura	Tiempo (mins)	h (cm)	$\Delta h$ (cm)	Tasa de infiltración (cm/min)	Tasa de infiltración (m/sg)
1	0	15,6			
2	0,5	15,5	0,1	2,00E-01	3,33E-05
3	1	15,4	0,1	2,00E-01	3,33E-05
4	2	15,2	0,2	2,00E-01	3,33E-05
5	3	15	0,2	2,00E-01	3,33E-05
6	4	14,8	0,2	2,00E-01	3,33E-05
7	5	14,5	0,3	3,00E-01	5,00E-05
8	10	12,9	1,6	3,20E-01	5,33E-05
9	15	12,5	0,4	8,00E-02	1,33E-05
10	20	12,2	0,3	6,00E-02	1,00E-05
11	30	11,1	1,1	1,10E-01	1,83E-05
12	40	10	1,1	1,10E-01	1,83E-05

2ª SERIE

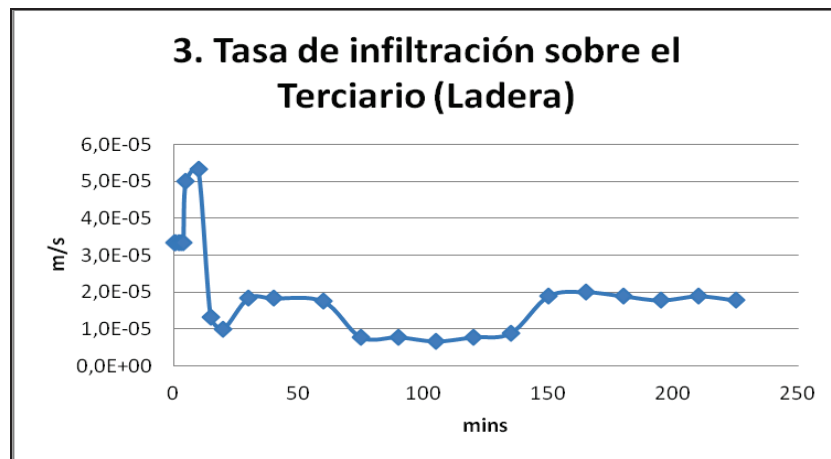
1	40	15,1			
2	60	13	2,1	1,05E-01	1,75E-05
3	75	12,3	0,7	4,67E-02	7,78E-06

4	90	11,6	0,7	4,67E-02	7,78E-06
5	105	11	0,6	4,00E-02	6,67E-06
6	120	10,3	0,7	4,67E-02	7,78E-06
7	135	9,5	0,8	5,33E-02	8,89E-06
8	150	7,8	1,7	1,13E-01	1,89E-05

3ª SERIE

1	150	15			
2	165	13,2	1,8	1,20E-01	2,00E-05
3	180	11,5	1,7	1,13E-01	1,89E-05
4	195	9,9	1,6	1,07E-01	1,78E-05
5	210	8,2	1,7	1,13E-01	1,89E-05
6	225	6,6	1,6	1,07E-01	1,78E-05

**Cuadro 39.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 3.



**Figura 44.** Gráfico representando la tasa de infiltración instantánea en función del tiempo para la muestra 3.

- MUESTRA 4: Unidad Glacis Alto

Coordenadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 715.837, Y: 4.673.966

Fecha y hora de medida: 15 de Enero del 2013, 9:30 a.m.

Fotografía del lugar:



**Figura 45.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 4.

1ª SERIE

Nº Lectura	Tiempo (mins)	h (cm)	$\Delta h$ (cm)	Tasa de infiltración (cm/min)	Tasa de infiltración (m/sg)
1	0	12,9			
2	0,5	12,5	0,4	8,00E-01	1,33E-04
3	1	12,2	0,3	6,00E-01	1,00E-04
4	2	11,8	0,4	4,00E-01	6,67E-05
5	3	11,3	0,5	5,00E-01	8,33E-05
6	4	10,8	0,5	5,00E-01	8,33E-05
7	5	10,4	0,4	4,00E-01	6,67E-05
8	10	9,9	3,0	6,00E-01	1,00E-04

2ª SERIE

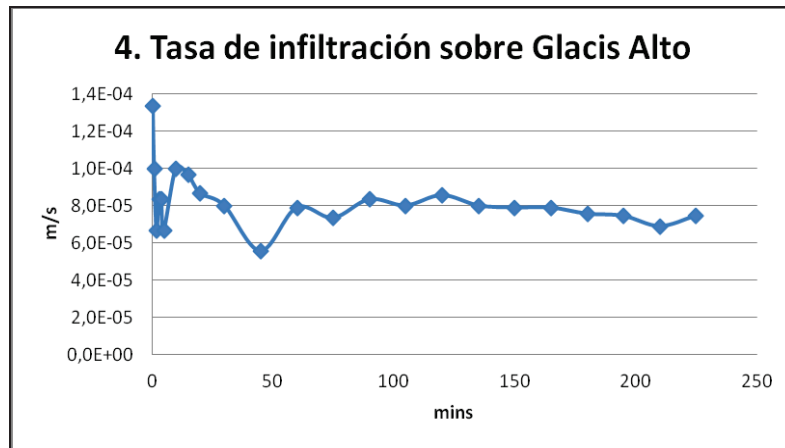
1	10	18,1			
2	15	15,2	2,9	5,80E-01	9,67E-05
3	20	12,6	2,6	5,20E-01	8,67E-05

3ª SERIE



1	20	16				
2	30	11,2	4,8	4,80E-01	8,00E-05	
4ª SERIE						
1	30	17,4				
2	45	12,4	5,0	3,33E-01	5,56E-05	
5ª SERIE						
1	45	18,5				
2	60	11,4	7,1	4,73E-01	7,89E-05	
6ª SERIE						
1	60	18				
2	75	11,4	6,6	4,40E-01	7,33E-05	
7ª SERIE						
1	75	18,3				
2	90	10,8	7,5	5,00E-01	8,33E-05	
8ª SERIE						
1	90	18				
2	105	10,8	7,2	4,80E-01	8,00E-05	
9ª SERIE						
1	105	18,7				
2	120	11	7,7	5,13E-01	8,56E-05	
10ª SERIE						
1	120	18				
2	135	10,8	7,2	4,80E-01	8,00E-05	
11ª SERIE						
1	135	18,1				
2	150	11	7,1	4,73E-01	7,89E-05	
12ª SERIE						
1	150	18,8				
2	165	11,7	7,1	4,73E-01	7,89E-05	
13ª SERIE						
1	165	18				
2	180	11,2	6,8	4,53E-01	7,56E-05	
14ª SERIE						
1	180	17,7				
2	195	11	6,7	4,47E-01	7,44E-05	
15ª SERIE						
1	195	16,2				
2	210	10	6,2	4,13E-01	6,89E-05	
16ª SERIE						
1	210	17,1				
2	225	10,4	6,7	4,47E-01	7,44E-05	

**Cuadro 40.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 4.



**Figura 46.** Gráfico representando la tasa de infiltración instantánea en función del tiempo para la muestra 4.

- MUESTRA 5. Vertedero Clausurado

Coordenadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 715.532, Y: 4.673.406

Fecha y hora de medida: 29 de Enero del 2012, 9:00 a.m.

Fotografía del lugar:

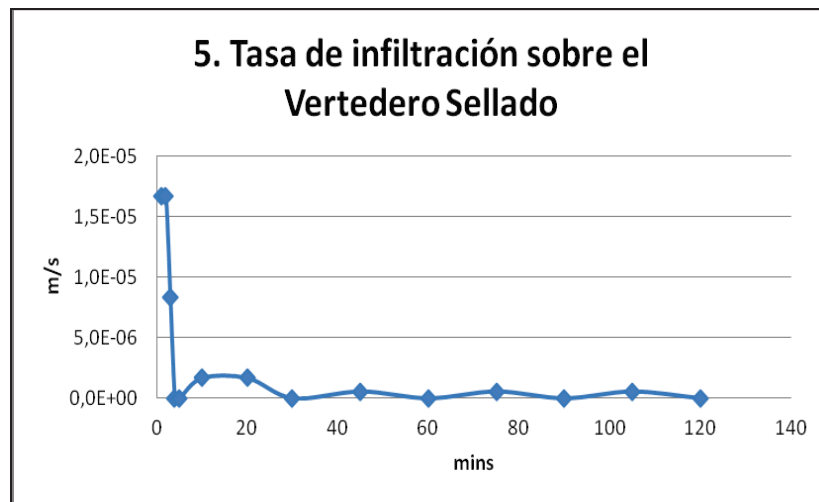


**Figura 47.** Imagen del lugar donde se realizó la Muestra 5.

1ª SERIE

Nº Lectura	Tiempo (minutos)	h (cm)	$\Delta h$ (cm)	Tasa de infiltración (cm/min)	Tasa de infiltración (m/sg)
1	0	11			
2	1	10,9	0,1	1,00E-01	1,67E-05
3	2	10,8	0,1	1,00E-01	1,67E-05
4	3	10,75	0,05	5,00E-02	8,33E-06
5	4	10,75	0	0,00E+00	0,00E+00
6	5	10,75	0	0,00E+00	0,00E+00
7	10	10,7	0,05	1,00E-02	1,67E-06
8	20	10,6	0,1	1,00E-02	1,67E-06
9	30	10,6	0	0,00E+00	0,00E+00
10	45	10,55	0,05	3,33E-03	5,56E-07
11	60	10,55	0	0,00E+00	0,00E+00
12	75	10,5	0,05	3,33E-03	5,56E-07
13	90	10,5	0	0,00E+00	0,00E+00
14	105	10,45	0,05	3,33E-03	5,56E-07
15	120	10,45	0	0,00E+00	0,00E+00

**Cuadro 41.** Valores tomados mediante el método de los anillos de Müntz en la Muestra 5.



**Figura 48.** Gráfico representando la tasa de infiltración instantánea en función del tiempo para la muestra 5.

## 5.5. Aguas subterráneas

### 5.5.1. Método del permeámetro de carga variable

La toma de datos sobre la variación de la altura de agua en el tubo superior del permeámetro de carga variable, localizado en el "Laboratorio de Hidrología" de la Escuela Politécnica Superior de Huesca, se tienen los siguientes datos (tiempo, altura de agua en el tubo del permeámetro y la conductividad hidráulica instantánea calculada) para las dos muestras analizadas:

<b>Muestra 1. Unidad Terciario (salagón)</b>			
<b>T (min)</b>	<b>H (cm)</b>	<b>K (cm/min)</b>	<b>K (m/sg)</b>
0	22,4		
1	36,8	1,14E-02	1,90E-06
2	44,3	4,26E-03	7,10E-07
3	51,5	3,46E-03	5,76E-07
4	58,2	2,81E-03	4,68E-07
5	64,5	2,36E-03	3,93E-07
6	70,4	2,01E-03	3,35E-07
7	76,2	1,82E-03	3,03E-07
8	81,6	1,57E-03	2,62E-07
9	86,9	1,44E-03	2,41E-07
10	91,4	1,16E-03	1,93E-07
11	96,6	1,27E-03	2,12E-07
12	101,2	1,07E-03	1,78E-07
13	105,5	9,55E-04	1,59E-07
14	109,7	8,96E-04	1,49E-07
15	113,6	8,02E-04	1,34E-07
20	130,4	6,33E-04	1,06E-07

**Cuadro 42.** Datos tomados en la medida de la conductividad hidráulica de la muestra 1.

<b>Muestra 2. Relleno de fondo de valle</b>			
<b>T (min)</b>	<b>H (cm)</b>	<b>K(cm/min)</b>	<b>K(m/sg)</b>
0	23,5	-	-
1	40,9	1,13E-02	1,88E-06
2	52	4,88E-03	8,13E-07
4	69,4	2,93E-03	4,89E-07
5	76	1,85E-03	3,08E-07
6	83,2	1,84E-03	3,07E-07
7	88,9	1,35E-03	2,24E-07
8	94,4	1,22E-03	2,03E-07
9	99,5	1,07E-03	1,78E-07
10	103,8	8,60E-04	1,43E-07
11	108	8,06E-04	1,34E-07
12	112,1	7,57E-04	1,26E-07
13	115,7	6,42E-04	1,07E-07
14	119	5,71E-04	9,52E-08
15	122,2	5,39E-04	8,99E-08
16	125	4,60E-04	7,67E-08
20	134,9	3,87E-04	6,45E-08

**Cuadro 43.** Datos tomados en la medida de la conductividad hidráulica de la muestra 2.

Tras realizar la operación el cálculo de la conductividad hidráulica respecto al total de minutos transcurridos en cada ensayo y a la altura total que ha descendido el nivel de agua en el permeámetro se obtienen los siguientes resultados (Cuadro 44).

<b>Nº de Muestra</b>	<b>Kh</b>				
	<b>m/s</b>	<b>m/día</b>	<b>cm/min</b>	<b>cm/h</b>	<b>m/año</b>
1.- Relleno de fondo de valle	2,959E-07	2,557E-02	1,775E-03	1,065E-01	9,33
2.- Terciario	3,370E-07	2,912E-02	2,022E-03	1,213E-01	10,63

**Cuadro 44.** Conductividades hidráulicas obtenidas en laboratorio mediante permeámetro de carga variable de muestras de suelo del área del VRSU de Fornillos de Apiés.



Como se puede comprobar, los resultados poseen valores muy similares. De hecho la muestra de salagón (Terciario) posee una conductividad hidráulica un 12,2 % mayor a la del relleno de fondo de valle. Se ha determinado que el agua subterránea posee una velocidad de 9-10 metros anuales, velocidad relativamente lenta.

Éste hecho no es lógico puesto que los materiales que conforman el relleno de fondo de valle en teoría son más permeables que los materiales limo-arcillosos que conforman la unidad Terciario, en referencia al salagón.

Según el "Soil Conservation Service" de los Estados Unidos la permeabilidad o conductividad hidráulica se clasifica según su intensidad de la siguiente manera:

K (cm/h)	Magnitud
< 0,1	Muy lenta
0,1 – 0,5	Lenta
0,5 – 2,0	Moderadamente lenta
2,0 – 6,5	Moderada
6,5 – 12,5	Moderadamente elevada
12,5 – 25,0	Elevada
> 25,0	Muy elevada

**Cuadro 45.** Clasificación de la magnitud de la conductividad hidráulica según el S.C.S. de E.E.U.U.

Respecto a la clasificación del S.C.S. (Cuadro 45) se puede decir que ambas muestras poseen una conductividad hidráulica "Lenta". De ésta forma, se puede afirmar que la permeabilidad de la zona de estudio es la apropiada para que en su superficie se instalen vertederos de residuos urbanos, ya que la vulnerabilidad frente a la contaminación es menor.

### 5.5.2. Control de lixiviados

A partir de las medidas quincenales mediante aforo volumétrico del caudal de lixiviados producido en el vertedero en actual explotación (bco. del Diablo), GRHUSA estima el volumen mensual de lixiviados. En el Cuadro 46 se observa el volumen (m<sup>3</sup>) mensual y total de lixiviados en el año 2011.

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
531,88	468,83	521,14	504,4	451,64	392,73	387,78	357,12	743,74	411,71	345,6	678,53	5.795,09

**Cuadro 46.** Volumen mensual y total de los lixiviados recogidos en el vertedero en explotación (año 2011).

GRHUSA no realiza ningún tratamiento para eliminar los elementos contaminantes de los lixiviados. Para eliminar los lixiviados almacenados se recurre a la evaporación natural de los mismos y a la evaporación forzada, a partir de la aspersion de los mismos sobre las capas superiores de la basura del vertedero.

La balsa de lixiviados recibe entradas pertenecientes a los lixiviados mezclados con el agua infiltrada en la superficie del vertedero y a las precipitaciones que caen directamente sobre la balsa.

La balsa de lixiviados posee una capacidad aproximada de 2.000 m<sup>3</sup>. Conociendo las precipitaciones máximas diarias y las intensidades máximas producidas en un período de una hora, se ha estimado el volumen de la escorrentía y la infiltración de agua sobre el vertedero (punto 5.3.2.: Cuadros 30 y 31).

Se observa que la infiltración máxima producida sobre el vertedero para los eventos más extremos se aproxima a los 1.600 m<sup>3</sup>. Para un período de retorno de 50 años, se estima una infiltración de aproximadamente 1500 m<sup>3</sup>. Este volumen no se debe despreciar, puesto que drenará hasta llegar a la balsa de lixiviados.

Los eventos extremos valorados (tiempo de retorno de 500 años) no llegan a superar la capacidad de la balsa de lixiviados. La máxima lluvia diaria (tiempo de retorno de 500 años) produciría 1.602 m<sup>3</sup>, mientras que la máxima intensidad para un período de una hora (tiempo de retorno de 500 años) produciría 1.382 m<sup>3</sup>. A pesar de ello, estos volúmenes no se deben despreciar ya que avanzarán entre las celdas del vertedero hasta llegar a la balsa de lixiviados, la cual, si posee un volumen de lixiviados importante, puede alcanzar la máxima capacidad y rebosar lixiviados diluidos.

### 5.5.3. Control de piezómetros

En el Cuadro 47 aparecen las coordenadas UTM de los tres piezómetros de GRHUSA localizados inmediaciones del VRSU:

Coordenadas UTM (ETRS 89, Huso 30)	X:	Y:
Sondeo Alto	715.471	4.673.250
Sondeo Bajo M. Izquierda	715.084	4.673.027
Sondeo Bajo M. Derecha	715.076	4.673.054

**Cuadro 47.** Coordenadas UTM de los piezómetros.

En la Figura 49 se muestra la ubicación. La distancia entre el piezómetro localizado aguas arriba y los de aguas abajo aproximadamente es de 450 metros. Los sondeos localizados aguas abajo se encuentran a ambos márgenes del barranco del Diablo, separados por 28 metros.

El de la margen izquierda se localiza en la ladera de un glacis, varios metros más elevado que el de la margen derecha. Por ello, la altura piezométrica se encuentra a mayor profundidad de la superficie topográfica.

Las mediciones mediante sonda en los piezómetros en el año 2011 aparecen en el Cuadro 48:

Piezómetro	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre
Sondeo Alto	-	-	-	-
Sondeo Bajo M .Izquierda	6 metros	6,5 metros	6 metros	-
Sondeo Bajo M .Derecha	1 metro	2 metros	1,50 metros	1,7 metros

**Cuadro 48.** Profundidades de las medidas con sonda en los piezómetros de GRHUSA.



**Figura 49.** Imagen aérea del VRSU con localización de los piezómetros.

Las medidas realizadas en el Sondeo Alto, localizado aguas arriba del vertedero en actual explotación, proporcionan valores nulos por lo que se asume que el límite superior de la capa de suelo saturada se encuentra a una profundidad mayor de 20 metros. Por otro lado, las medidas restantes muestran que bajo los rellenos de fondo del barranco del Diablo existe un pequeño acuífero libre y somero.

Puesto que no se poseen valores de las alturas piezométricas en el Sondeo Alto no se puede calcular el gradiente hidráulico. Se estimará a partir de la cota máxima, la cota mínima y la distancia entre ellas.

Debido a la similitud de las cuencas y del terreno se tomará un valor medio de ambos gradientes hidráulicos: 0,11. A partir de éste gradiente y las conductividades hidráulicas medidas se obtienen las siguientes supuestas velocidades del agua subterránea en las diferentes unidades.

Cuenca	Cota Alta (m)	Cota Mínima (m)	Recorrido (m)	Gradiente hidráulico
Bco. del Diablo	680	525	1522	0,10
Bco. la Alfándiga	686	516	1434	0,12

**Cuadro 49.** Gradiente hidráulico de cada cuenca de estudio.

Según las conductividades hidráulicas obtenidas, mediante el permeámetro de carga variable y de los anillos de Müntz, se tienen las siguientes velocidades hidráulicas:

Unidad	Kh (m/día)	v (m/día)	v (m/año)
Relleno de fondo de valle	2,56E-02	2,81E-03	1,03
Terciario	2,91E-02	3,20E-03	1,17

**Cuadro 50.** Velocidades del agua subterránea a partir de los resultados del permeámetro de carga variable.

Unidad	Kh (m/día)	v (m/día)	v (m/año)
Relleno de fondo de valle (Cultivo)	5,60E-02	6,16E-03	2,25
Terciario (Barranco del Diablo)	1,28E-01	1,41E-02	5,15
Terciario (Ladera)	1,19E+00	1,31E-01	47,82
Glacis Alto	6,56E+00	7,21E-01	263,17
Vertedero Sellado	2,40E-02	2,64E-03	0,96

**Cuadro 51.** Velocidades del agua subterránea a partir de los resultados de los anillos de Müntz.

Como es lógico, la velocidad obtenida para la unidad Glacis Alto es muy superior a las restantes debido a la elevada permeabilidad (263 m/año). En la unidad Relleno de fondo de valle se han obtenido valores de entre 1,03 y 2,25 m/año. Por su parte, la unidad Terciario adquiere valores similares comprendidos entre 1,17 y 5,15 m/año (el valor de la unidad Terciario (Ladera) no se debe asumir debido a un problema surgido en la medida de la tasa de infiltración).

## 5.6. Recomendaciones finales

Para concluir el estudio, se presentan varias recomendaciones:

En primer lugar, sería conveniente ampliar el presente estudio, por ejemplo, ampliando el número de muestreos realizados por unidad definida respecto a la conductividad hidráulica y la tasa de infiltración. También sería apropiado determinar la Capacidad de Retención de Agua Disponible en laboratorio de las unidades hidrogeológicas con el fin de obtener valores más precisos en el balance hídrico.

Con el mismo fin, se recomienda realizar un balance hídrico similar utilizando datos climáticos (temperatura media mensual y precipitaciones) tomados en el área de estudio. En la actualidad, la serie de datos de GRHUSA es demasiado corta.

Es recomendable la instalación de una balsa de recogida de la escorrentía superficial generada sobre el vertedero en actual explotación por GRHUSA. Éste agua se acumula temporalmente aguas abajo del vaso de vertedero, junto al talud del vertedero, hasta que se evapora hacia la atmósfera o se infiltra en el suelo. Para preservar el estado ambiental del suelo y del acuífero del relleno de fondo de valle, se recomienda que la capacidad de dicha balsa sea de 4.500 m<sup>3</sup>. Con dicho volumen se cubriría la escorrentía generada por la intensidad máxima generada en una hora con un período de retorno de 500 años y las precipitaciones máximas diarias con un período de retorno de 50 años.

Por otro lado, se deberían diseñar los desagües/canalizaciones necesarios para desalojar la escorrentía generada aguas arriba del vertedero en actual explotación e impedir que se interne en la superficie del mismo. Dichas canalizaciones deberán poseer una capacidad para un caudal máximo de 0,4 m<sup>3</sup>/s.

Por último, sería oportuno modelizar el comportamiento del agua subterránea para controlar la posible afección del vertido de residuos a las aguas subterráneas. Para ello se recomienda realizar sondeos en las proximidades de los dos vasos de residuos urbanos (el sellado y el actual), tanto aguas arriba como aguas abajo. Los nuevos sondeos deben georreferenciarse para, una vez conocidas las distancias entre los mismos y las alturas piezométricas, determinar el gradiente hidráulico del agua subterránea. Además, se tendría un mayor número de puntos para el análisis químico de las aguas.



## 6. BIBLIOGRAFÍA.

Alberto, F.; Gutiérrez, M.; Ibáñez, M.J.; Machín, J.; Meléndez, A; Peña, J.L.; Pocovi, A; Rodríguez, J. (1983). El piedemonte pliocuaternario en el sector central pirenaico (Huesca y Lérida). *Geographicalia*, nº 18, pp. 109-126.

Angelone, Silvia; Garibay, M<sup>a</sup> Teresa; Cauhapé Casaux, Marina. (2006). Permeabilidad de suelos. *Geología y Geotecnia*. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura. 39 pp.

Arenas, C., Millán, H., Pardo, G. y Pocoví, A. (2001). “Ebro Basin continental sedimentation associated with late compressional Pyrenean tectonics (north-eastern Iberia): controls on basin margin fans and fluvial systems”. *Basin Research*, 13, pp. 65-89.

Arias, M.E.; González, J.A.; González,F.J.; Ball,A.S. (2005). Soil Health: a new challenge for microbiologists and chemists. *International Microbiology*, nº 8, pp. 13-21.

Azcón, A., Garrido, E. (1994). Naturaleza y características de los aprovechamientos con aguas subterráneas al Sur de las Sierras Exteriores Pirenaicas. Congreso Nacional del Agua y Medio Ambiente, Actas del Congreso, pp. 15-23.

Bouwer, H. (1961). A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. *Soil Sci. Soc.* Pp. 334-339.

Cerdá, A. (1993). Metodología para el estudio de la hidrología y erosión de superficies degradadas (badland) a partir de lluvia simulada. *Cuaternario y Geomorfología*. 7 (1993), pp. 35-48.

Cuchí, J. A. (2006). *Geología y Geomorfología*. Comarca de la Hoya de Huesca. Colección Diputación General de Aragón.

Cuchí, J. A.; Montes, L.; Justes, J.; Lafragüeta, I. (2005). Roca y Agua. El condicionamiento del entorno y el desarrollo histórico de la ciudad de Huesca. *Saldvie*, nº 5, pp. 159-175.

Cuchi, J.A. (1998). Esquema general de la unidades hidrogeológicas del Alto Aragón. *Lucas Mallada: revista de ciencias*, nº 10, pp. 87-106.

Del Valle, J. (1989). El régimen pluviométrico de la Hoya de Huesca. *Lucas Mallada: revista de ciencias*, nº 1, p. 167-188

Del Valle, J.; Hernández, M.L. (1989). Las nieblas en la Depresión del Ebro: el caso del Campo de Zaragoza y la Hoya de Huesca. *Revista Geographicalia*, nº 26, págs. 125-140.

Dunne, T. ; Leopold, L. (1978). *Water in environmental planning*. Freeman and Co. San Francisco. 818 pp.

España. Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero de 2002, nº 25, pp. 3507-3521.

Estrela Monreal, T.; Cabezas Calvo-Rubio, F.; Estrada Lorenzo, F. (1999). La evaluación de los recursos hídricos en el Libro Blanco del Agua en España. *Revista Ingeniería del Agua*, vol. 6, nº 2.

- Fernández, R. (2009). Mejora de los parámetros de cálculo del modelo de número de curva y su validación mediante un modelo hidrológico distribuido. Tesis doctoral. Departamento de ciencias agroforestales. Universidad de Huelva.
- Forsythe, W. (1980). Física de Suelos: manual de laboratorio. Insitute Interamericano de ciencias Agrícolas. 212 páginas.
- Gabriels, D. Lobo, D.; Pulido, M. (2011). Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. Revista Venesuelos, nº 14, pp. 7-22.
- Gaspari, F.; Senisterra, G.; Marlats, R. (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. Cuenca modal del sistema serrano de La Ventana, Argentina. Revista FCA UNCuyo. Tomo 39, nº 1, pp. 21-28.
- Gimeno, Y; Cuchí, J.A. (1995). Propuesta de gestión del agua del acuífero de Apiés (Huesca). Geológica, nº 4, p. 363-369.
- Gimeno, Y; Cuchí, J.A. (1997). Contaminación por nitratos en el acuífero de Apiés (Huesca). Geológica, nº5, p. 59-71.
- Gurovich, L. A. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Serie de libros y materiales educativos: nº 59. 433 pp. Insitute Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Gutiérrez, M.; Alberto, F.; Ibáñez, M.J. (1983). El Piedemonte pliocuaternario en el sector central pirenaico (Huesca y Lérida). Geographicalia, nº 18, pp. 109-126.
- Ibáñez, S.; Moreno R, H.; Gisbert, J.M. (2010). Características del infiltrómetro de doble anillo. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Ibáñez, S.; Moreno, H.; Gisbert, J.M. (2011). Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. 7 pp.
- Ilaco, B.V. (1985) Agricultural Compendium, For Rural Development in the Tropics and Subtropics, International Land Development Consultants, Arnhem, The Netherlands; commissioned by the Ministry of Agriculture and Fisheries, The Hague, The Netherlands. Elsevier Scientific Pub. Co. p. 739.
- Instituto Geológico y Minero de España (1990). Mapa Geológico de España, hoja 286: Huesca. Escala 1:50.000.
- Jones, S. J. (2004). Tectonic controls on drainage evolution and development of terminal alluvial fans, southern Pyrenees, Spain. Terra Nova, vol. 16, nº. 3, pp. 121–127.
- Julián, A.; Chueca, C. (1993). Evolución y datación arqueológica de las acumulaciones holocenas de la Hoya de Huesca. Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses, nº 10, p. 177-186.
- Liso, M.; Ascaso, A. (1969). Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro. Anales de la Estación Experimental de Aula Dei 10 (1-2). 507 pp.

- Longares, L.A.; Peña, J.L.; Sánchez, M. (2004). Variedad biogeográfica del territorio aragonés. Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico.
- López, F.; Cabrera, M.; Cuadrat, J.M. (2007). Atlas Climático de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. 222 pp.
- Luna, D.R. (2003). Estandarización de ensayos de conductividad hidráulica de campo para el diseño de obras de infiltración. Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería.
- M.O.P.U. (1990). Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial" (BOE núm. 123, de 23 de mayo de 1990).
- Macias, I.; Diaz Molina, M.; Estrada, R.; Ramponte, G. (1987). Facies de abanico fluvial en los afloramientos orientales de la Formación Peraltilla. Acta Geológica Hispánica, t. 21-22, pp. 19-26.
- Martin, F.; de Juan, J.A. (1993). Agronomía del Riego. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 732 pp.
- Martínez, A.; Navarro, J. (1996). Hidrología forestal: el ciclo hidrológico. Manuales y Textos Universitarios - Ciencias, nº 18, 286 pp.
- Ministerio de Fomento. (1999). Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Serie Monografías. Dirección General de Carreteras. 59 pp.
- Montserrat, J.M. (1986). Flora y vegetación de la Sierra de Guara (Prepirineo Aragonés). Diputación General de Aragón. Naturaleza en Aragón, nº 1, 334 pp.
- Moody, M. (1966). High and low -sinuosity stream deposits, with examples from the Devonian of Spitsbergen. J. Sed. Petrol., nº 36, pp. 1102-1117.
- Moreno, L. (2002). La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno: fundamentos y casos prácticos. IGME. 167 pp.
- Muñoz, R; Ritter, A. (2005). Hidrología Agroforestal. Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias.
- Nichols, G.J. (2004). Sedimentation and base level in an endorheic basin: the early Miocene of the Ebro Basin, Spain. Boletín Geológico y Minero, 115 (3): pp. 427- 438.
- Nichols, G.J.; Fisher, J.A. (2007). Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. Sedimentary Geology, nº 195, pp. 75-90.
- Pellicer, F., Echeverría, M. T. (1989). Formas de relieve del centro de la Depresión del Ebro. Institución Fernando el Católico. Diputación de Zaragoza. 216 pp.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa, pp. 807.
- Rey, J. (1987). La población prehistórica del interfluvio Flumen-Alcanadre. Bolscan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses, nº 4, pp. 7-18.s

- Rodríguez-Vidal, J. (1986). Geomorfología de las Sierras Exteriores Oscenses y su Piedemonte. Colección de Estudios Altoaragoneses 4. Instituto de Estudios Altoaragoneses. 172 pp.
- S.C.S. (1986). Urban hydrology for small watersheds. Technical Release-55, SCS, Washington D.C.
- Sánchez Navarro, J. A. (1988). Los recursos hídricos de la Sierra de Guara y sus Somontanos. Colección de Estudios Altoaragoneses, 27.
- Sánchez Navarro, J.A.; Martínez Gil, F.J.; San Román Saldaña, L.; de Miguel Cabeza, J.L.. (1988). Manifestaciones hidrológicas e hidroquímicas de flujos subterráneos procedentes de formaciones poco permeables del Terciario en el Somontano de Huesca. Estudios Geológicos, nº 44, pp. 445-452
- Sánchez, J. (2011). Ley de Darcy. Conductividad hidráulica. Universidad de Salamanca. Departamento de Geología. 11 págs.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, vol. 38, nº 1, pp 55–94.
- Unión Europea. Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la coontaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 31 de diciembre de 1991, núm. 375, pp. 1-8.

## 7. ANEJOS

### 7.1. Serie de datos meteorológicos obtenidos de la Oficina del Regante (Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente - Gobierno de Aragón).

- Estación: Huesca
- Provincia: Huesca
- Período: Enero de 2003 a Enero de 2013
- Ubicación de la estación:

Altitud (m): 420

Coordenadas aproximadas UTM, Datum ETRS89: Huso 30, X: 716.924. Y: 4. 4.665.025

Variables	
MEDIA TMED	Promedio mensual de la temperatura media diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, °C
MAX TMAX	Máxima absoluta mensual de la temperatura máxima diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, °C
MIN TMIN	Mínima absoluta mensual de la temperatura mínima diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, °C
MEDIA HRMED	Promedio mensual de la humedad relativa media diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, %
MAX HRMAX	Máxima absoluta de la humedad relativa máxima diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, %
MIN HRMIN	Mínima absoluta de la humedad relativa mínima diaria del aire a 1,5 m sobre el suelo, %
PREC MENSUAL	Suma de la precipitación diaria, mm/mes

DESDE	HASTA	MEDIA TMED	MEDIA TMAX	MEDIA TMIN	MEDIA HRMED	MAX HRMAX	MIN HRMIN	PREC MENSUAL
01/09/2003	30/09/2003	18,3	27,0	9,4	80,5	98,4	43,4	17,2
01/10/2003	31/10/2003	13,1	26,1	-0,9	79,1	98,8	29,3	84,2
01/11/2003	30/11/2003	9,3	19,4	-0,2	86,5	99,8	44,6	86,6
01/12/2003	31/12/2003	5,7	17,2	-3,0	82,3	100,0	23,7	30,0
01/01/2004	31/01/2004	6,4	18,2	-4,9	76,5	100,0	20,9	9,2
01/02/2004	29/02/2004	4,1	15,5	-5,7	86,1	100,0	21,0	36,2
01/03/2004	31/03/2004	7,0	22,0	-6,5	73,7	100,0	21,0	86,2
01/04/2004	30/04/2004	10,4	24,4	-2,2	71,8	99,9	24,2	49,2
01/05/2004	31/05/2004	15,2	29,5	1,3	65,9	98,1	16,8	28,4
01/06/2004	30/06/2004	22,3	39,0	6,7	55,5	94,6	13,8	2,4
01/07/2004	31/07/2004	22,9	37,2	6,7	55,6	96,1	13,4	34,2
01/08/2004	31/08/2004	23,1	37,3	7,8	57,1	95,1	12,0	12,0
01/09/2004	30/09/2004	19,9	32,8	4,9	64,2	96,9	19,7	23,2
01/10/2004	31/10/2004	15,4	30,1	2,5	70,8	96,8	20,2	63,8
01/11/2004	30/11/2004	6,4	19,3	-5,4	78,4	98,4	19,4	7,6
01/12/2004	31/12/2004	5,2	16,6	-5,4	80,1	98,8	15,6	37,4
01/01/2005	31/01/2005	2,0	18,5	-11,0	79,2	99,6	12,5	3,4
01/02/2005	28/02/2005	2,9	18,1	-13,6	63,0	97,4	13,4	4,6

Estudio hidrológico del vertedero de RSU de Fornillos de Apiés, Huesca

01/03/2005	31/03/2005	8,5	24,5	-11,3	59,1	96,2	10,5	6,8
01/04/2005	30/04/2005	12,8	30,4	-1,4	59,0	95,0	8,9	19,4
01/05/2005	31/05/2005	17,8	31,2	2,9	53,0	95,7	9,5	54,2
01/06/2005	30/06/2005	23,3	37,2	8,4	51,2	95,6	13,6	46,0
01/07/2005	31/07/2005	24,4	39,8	9,6	48,6	95,7	10,0	48,4
01/08/2005	31/08/2005	22,7	36,1	7,1	54,3	94,6	12,8	6,0
01/09/2005	30/09/2005	19,3	36,0	0,9	57,4	96,7	9,7	11,8
01/10/2005	31/10/2005	15,3	30,2	0,1	73,8	96,8	14,7	91,8
01/11/2005	30/11/2005	8,0	19,9	-3,4	78,4	97,0	30,8	19,2
01/12/2005	31/12/2005	1,3	14,0	-8,3	84,6	98,0	35,0	32,4
01/01/2006	31/01/2006	3,9	16,4	-6,0	82,8	97,7	29,4	20,6
01/02/2006	28/02/2006	3,7	17,2	-6,6	77,4	98,5	25,1	26,0
01/03/2006	31/03/2006	10,0	23,6	-5,2	70,9	96,1	20,8	37,8
01/04/2006	30/04/2006	12,6	24,6	-2,7	67,5	96,5	23,8	39,4
01/05/2006	31/05/2006	18,0	34,0	2,7	57,1	96,7	14,1	23,8
01/06/2006	30/06/2006	21,9	34,9	2,8	52,0	94,6	13,4	28,4
01/07/2006	31/07/2006	26,0	38,3	11,0	50,3	95,3	12,2	48,4
01/08/2006	31/08/2006	21,2	34,6	6,7	52,1	95,4	13,2	11,6
01/09/2006	30/09/2006	20,4	36,4	6,7	65,6	96,3	21,8	102,0
01/10/2006	31/10/2006	16,3	27,4	5,3	76,0	96,8	33,2	52,6
01/11/2006	30/11/2006	10,7	21,5	0,6	82,1	97,2	39,9	20,2
01/12/2006	31/12/2006	2,8	18,2	-7,2	87,1	98,1	45,0	23,4
01/01/2007	31/01/2007	3,9	18,8	-9,9	84,8	98,3	30,0	13,0
01/02/2007	28/02/2007	7,1	19,9	-4,4	76,9	98,1	0,0	26,2
01/03/2007	31/03/2007	8,4	22,0	-4,6	65,4	96,5	12,1	30,8
01/04/2007	30/04/2007	13,3	28,2	-0,6	72,8	96,9	22,0	124,2
01/05/2007	31/05/2007	17,0	31,3	1,7	59,4	95,6	16,2	33,8
01/06/2007	30/06/2007	20,7	34,5	5,8	56,1	95,1	19,0	28,0
01/07/2007	31/07/2007	23,0	36,5	7,5	49,4	95,7	12,7	23,4
01/08/2007	31/08/2007	21,9	39,4	7,4	54,4	93,9	12,9	27,4
01/09/2007	30/09/2007	18,6	31,8	-1,0	61,0	94,4	16,5	12,0
01/10/2007	31/10/2007	13,8	28,2	-0,3	66,8	95,0	16,8	8,6
01/11/2007	30/11/2007	5,2	19,9	-11,7	68,1	96,0	11,1	10,4
01/12/2007	31/12/2007	3,6	18,9	-9,5	76,4	97,1	20,4	21,4
01/01/2008	31/01/2008	5,3	18,3	-7,0	85,2	97,2	36,6	34,0
01/02/2008	29/02/2008	7,7	20,3	-2,9	74,8	96,1	0,0	28,2
01/03/2008	31/03/2008	9,0	24,3	-4,4	62,5	95,6	17,0	20,4
01/04/2008	30/04/2008	11,8	28,5	-3,0	65,8	95,2	14,2	84,8
01/05/2008	31/05/2008	15,3	30,3	4,0	70,7	95,4	19,2	128,2
01/06/2008	30/06/2008	19,4	34,5	4,9	63,0	95,8	14,2	60,2
01/07/2008	31/07/2008	23,2	36,2	8,0	55,7	95,2	16,4	19,4
01/08/2008	31/08/2008	22,8	36,8	8,3	56,9	94,7	17,7	16,6
01/09/2008	30/09/2008	18,3	32,3	4,3	64,9	94,3	17,8	21,0
01/10/2008	31/10/2008	13,4	25,5	0,7	73,2	95,1	20,7	69,2
01/11/2008	30/11/2008	6,2	18,3	-7,3	77,9	96,8	18,5	37,0
01/12/2008	31/12/2008	4,0	15,3	-5,5	80,6	96,9	29,6	44,0
01/01/2009	31/01/2009	3,4	17,1	-7,5	84,3	97,1	25,8	45,0
01/02/2009	28/02/2009	5,9	17,1	-4,0	74,7	100,0	0,0	24,5
01/03/2009	31/03/2009	9,0	24,2	-3,8	71,7	100,0	14,8	41,9
01/04/2009	30/04/2009	10,9	25,3	0,3	73,8	100,0	17,2	73,6
01/05/2009	31/05/2009	17,9	32,4	1,7	62,6	100,0	18,8	17,6
01/06/2009	30/06/2009	21,7	36,6	6,6	55,4	98,3	12,9	9,5



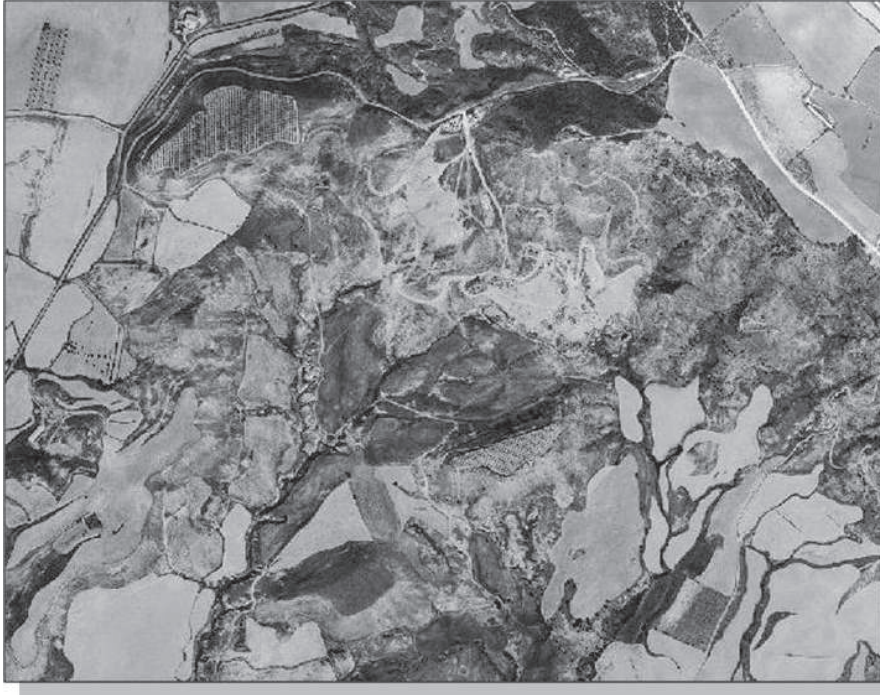
Estudio hidrológico del vertedero de RSU de Fornillos de Apiés, Huesca

01/07/2009	31/07/2009	24,2	36,1	0,0	51,7	96,2	0,0	9,2
01/08/2009	31/08/2009	24,3	37,4	-6,5	56,9	98,9	11,7	25,7
01/09/2009	30/09/2009	18,8	32,3	6,3	68,2	99,5	26,9	55,2
01/10/2009	31/10/2009	14,8	29,6	-2,2	71,2	99,4	11,9	54,8
01/11/2009	30/11/2009	9,5	20,7	-1,0	80,7	100,0	35,8	35,1
01/12/2009	31/12/2009	4,8	15,9	-8,9	85,8	100,0	18,9	47,8
01/01/2010	31/01/2010	4,2	13,5	-6,2	82,6	100,0	27,5	41,4
01/02/2010	28/02/2010	4,6	14,7	-8,5	77,2	100,0	26,9	47,6
01/03/2010	31/03/2010	7,7	22,2	-6,5	70,5	100,0	12,8	37,1
01/04/2010	30/04/2010	12,2	27,1	-2,8	71,5	100,0	21,5	28,3
01/05/2010	31/05/2010	14,4	29,0	-0,0	65,7	100,0	19,5	47,4
01/06/2010	30/06/2010	19,2	33,2	3,3	64,4	99,0	11,7	72,3
01/07/2010	31/07/2010	24,9	38,0	9,0	53,6	97,8	11,9	11,8
01/08/2010	31/08/2010	23,2	38,8	5,7	52,5	99,0	12,2	2,4
01/09/2010	30/09/2010	18,1	33,4	2,7	65,0	100,0	15,0	33,1
01/10/2010	31/10/2010	12,8	27,4	-1,2	70,8	100,0	17,6	0,0
01/11/2010	30/11/2010	7,2	22,0	-5,8	78,0	100,0	0,0	19,6
01/12/2010	31/12/2010	3,9	17,8	-9,0	76,8	100,0	19,8	26,1
01/01/2011	31/01/2011	3,2	18,9	-9,3	83,5	99,0	18,7	25,3
01/02/2011	28/02/2011	6,2	20,5	-5,4	71,3	97,5	18,2	13,8
01/03/2011	31/03/2011	8,9	23,0	-5,4	70,7	97,7	24,0	65,7
01/04/2011	30/04/2011	14,2	29,7	1,5	66,9	96,8	23,3	27,9
01/05/2011	31/05/2011	17,7	34,1	3,7	61,0	96,9	16,0	59,9
01/06/2011	30/06/2011	20,5	37,0	6,3	57,7	96,3	18,0	52,7
01/07/2011	31/07/2011	22,0	34,7	8,1	52,4	94,7	13,2	8,7
01/08/2011	31/08/2011	24,6	38,5	6,5	52,0	95,0	11,9	5,9
01/09/2011	30/09/2011	21,4	35,3	7,1	59,7	98,8	15,7	19,1
01/10/2011	31/10/2011	15,2	31,2	-1,3	67,5	100,0	13,7	21,6
01/11/2011	30/11/2011	10,6	20,3	1,5	86,8	100,0	50,0	53,6
01/12/2011	31/12/2011	6,0	17,1	-5,1	81,1	100,0	29,6	8,3
01/01/2012	31/01/2012	4,0	18,3	-7,1	77,7	100,0	17,2	1,3
01/02/2012	29/02/2012	3,3	21,8	-11,7	53,6	97,6	7,8	1,2
01/03/2012	31/03/2012	10,7	25,7	-5,7	56,2	98,3	11,1	6,1
01/04/2012	30/04/2012	11,2	24,9	-3,6	67,1	100,0	17,0	115,5
01/05/2012	31/05/2012	17,9	32,9	3,6	62,6	99,5	19,2	17,6
01/06/2012	30/06/2012	22,9	37,4	6,8	53,2	100,0	15,6	29,4
01/07/2012	31/07/2012	23,6	37,1	8,9	53,1	100,0	12,3	28,1
01/08/2012	31/08/2012	25,7	40,5	0,0	50,3	99,7	12,7	37,3
01/09/2012	30/09/2012	19,4	32,6	4,8	62,0	100,0	16,8	25,7
01/10/2012	31/10/2012	14,6	30,0	-2,0	74,7	100,0	28,1	138,3
01/11/2012	30/11/2012	9,0	18,8	-4,2	81,8	100,0	29,3	18,3
01/12/2012	31/12/2012	5,7	16,0	-5,8	81,5	100,0	37,0	18,9
01/01/2013	31/01/2013	5,0	18,1	-3,9	80,2	99,6	19,1	37,7

## 7.2. Ortofotos de la zona de estudio

Las siguientes imágenes aéreas han sido descargadas del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR):

- Ortofoto del enclave: Sig Oleícola, 1998.



- Ortofoto del enclave: Plan Cartográfico de Aragón, 2000.





- Ortofoto del enclave: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, 2006.



- Ortofoto del enclave: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, 2009.



### **7.3. Archivos generados por el programa ARHYMO**

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

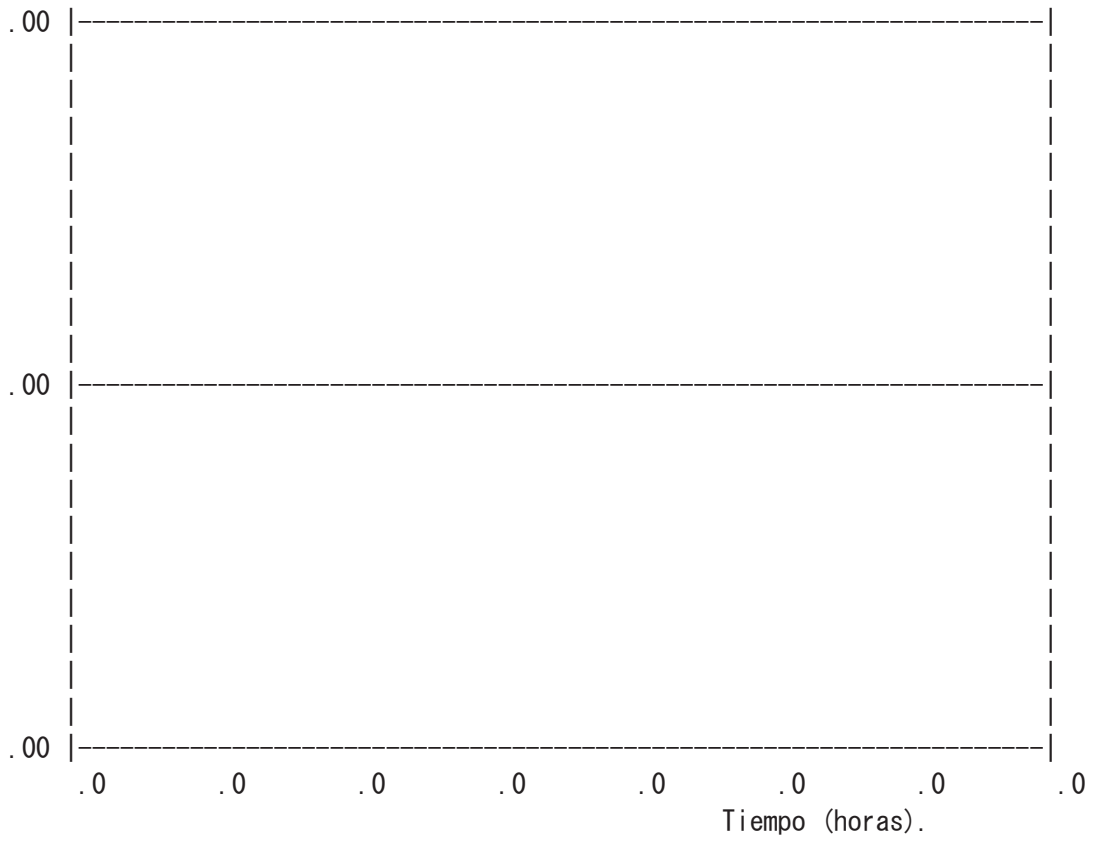
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = .00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

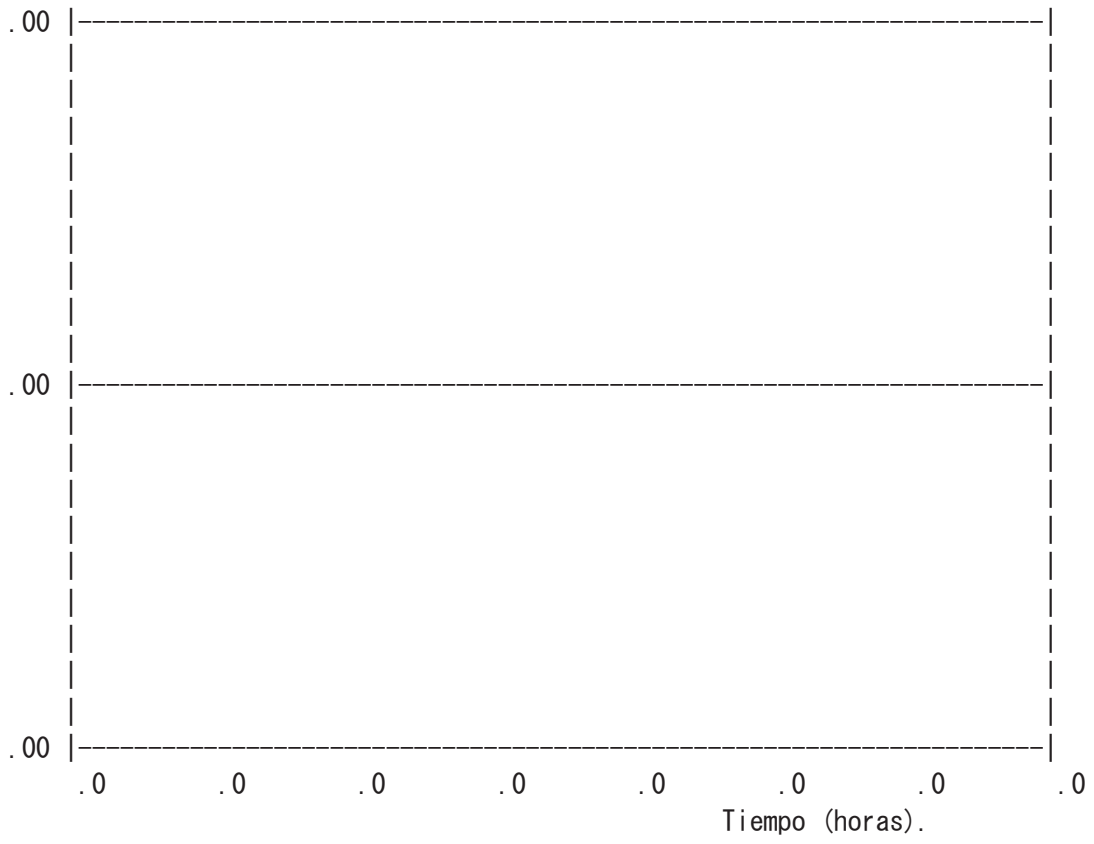
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = .00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512                    K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S                TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas                Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

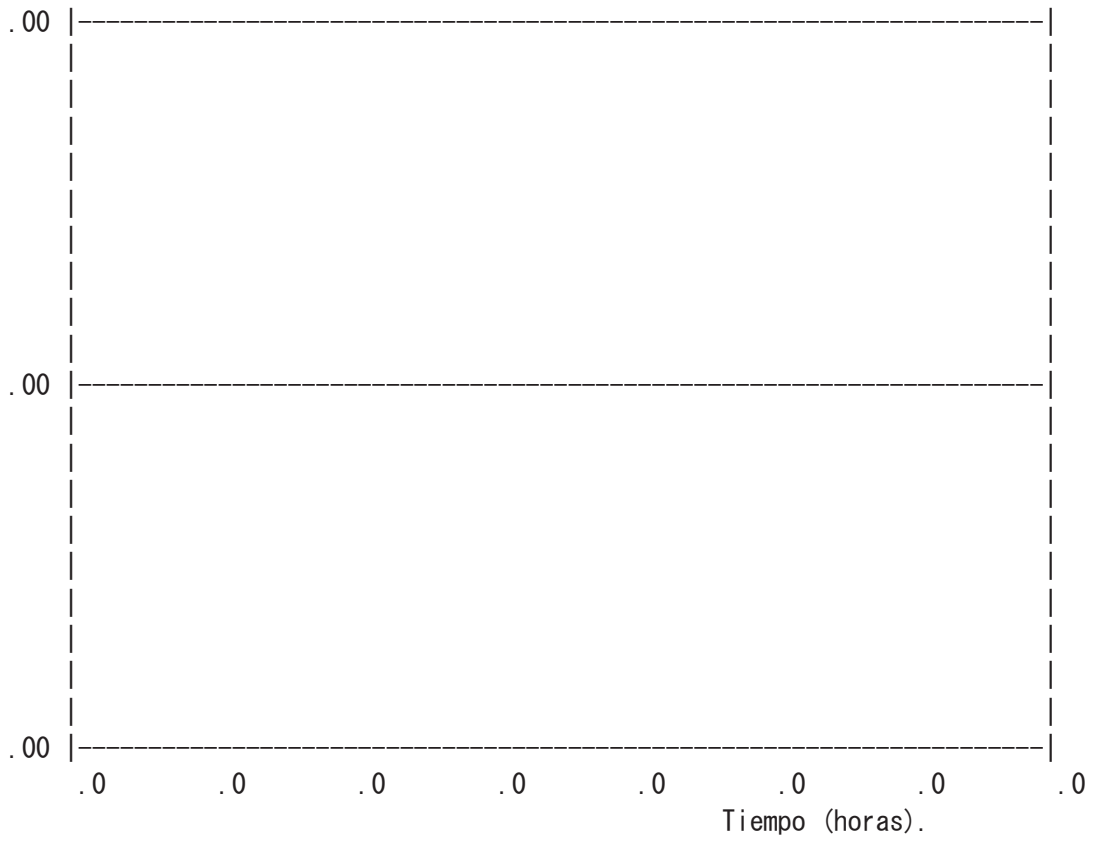
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM                .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = .00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

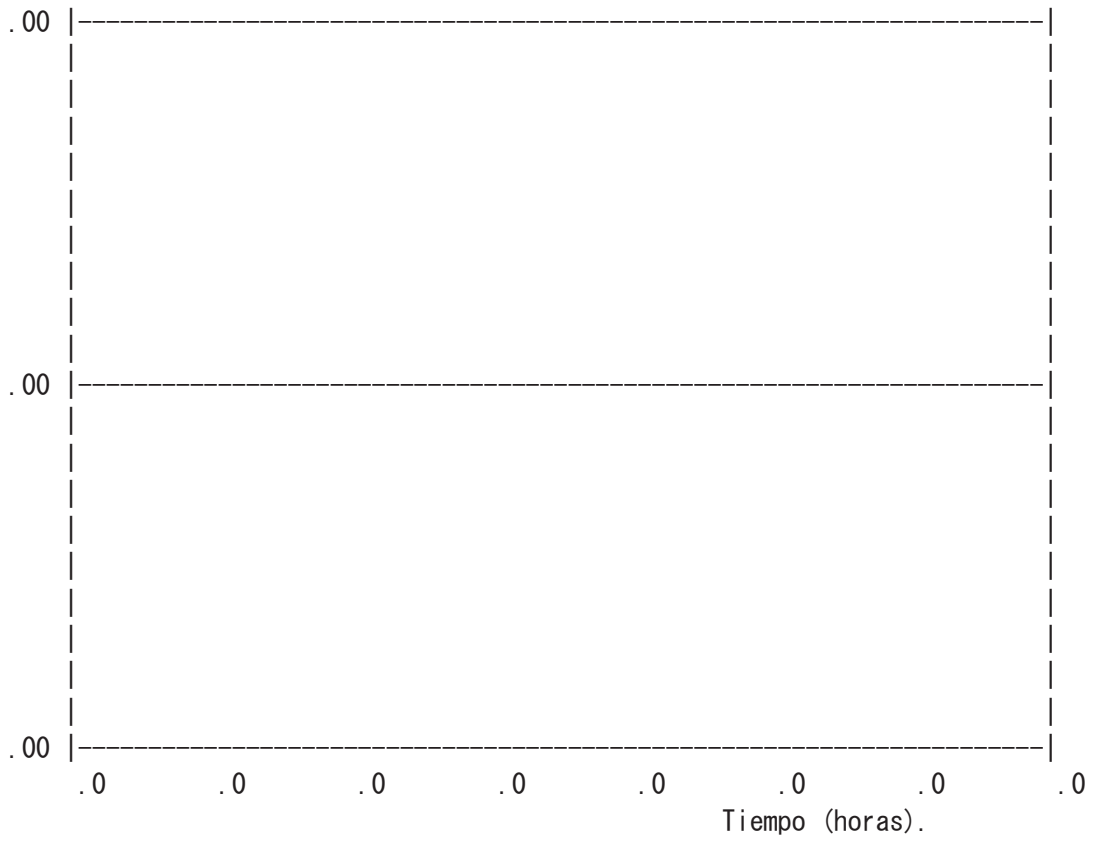
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.16 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

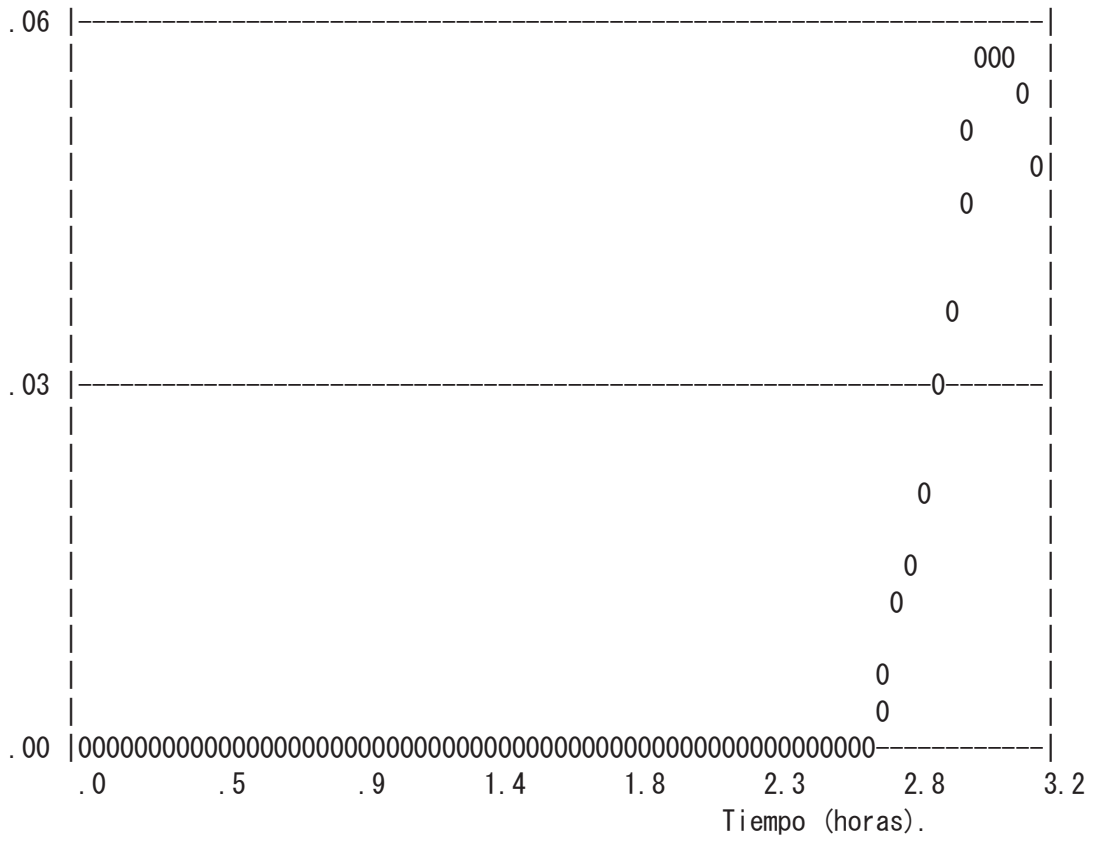
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .2 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .1 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.08 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

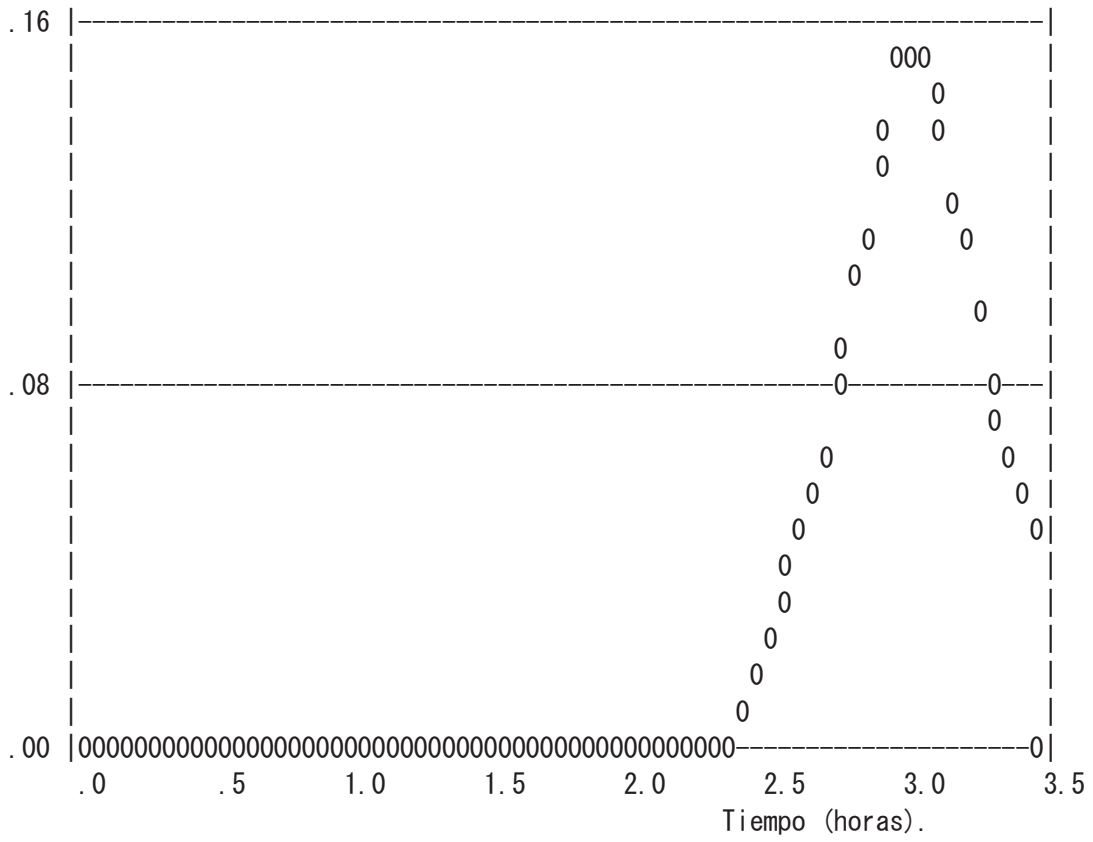
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .7 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.04 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

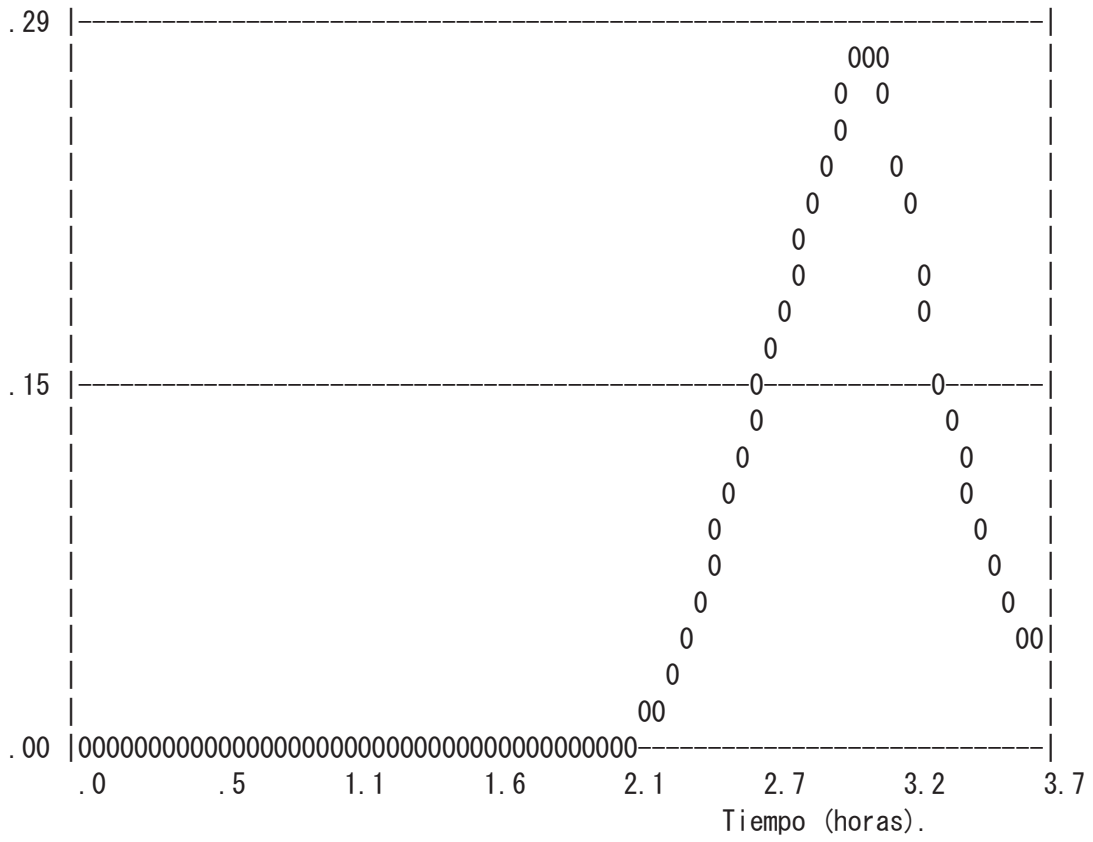
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 1.5 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.04 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=62 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 31.1 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

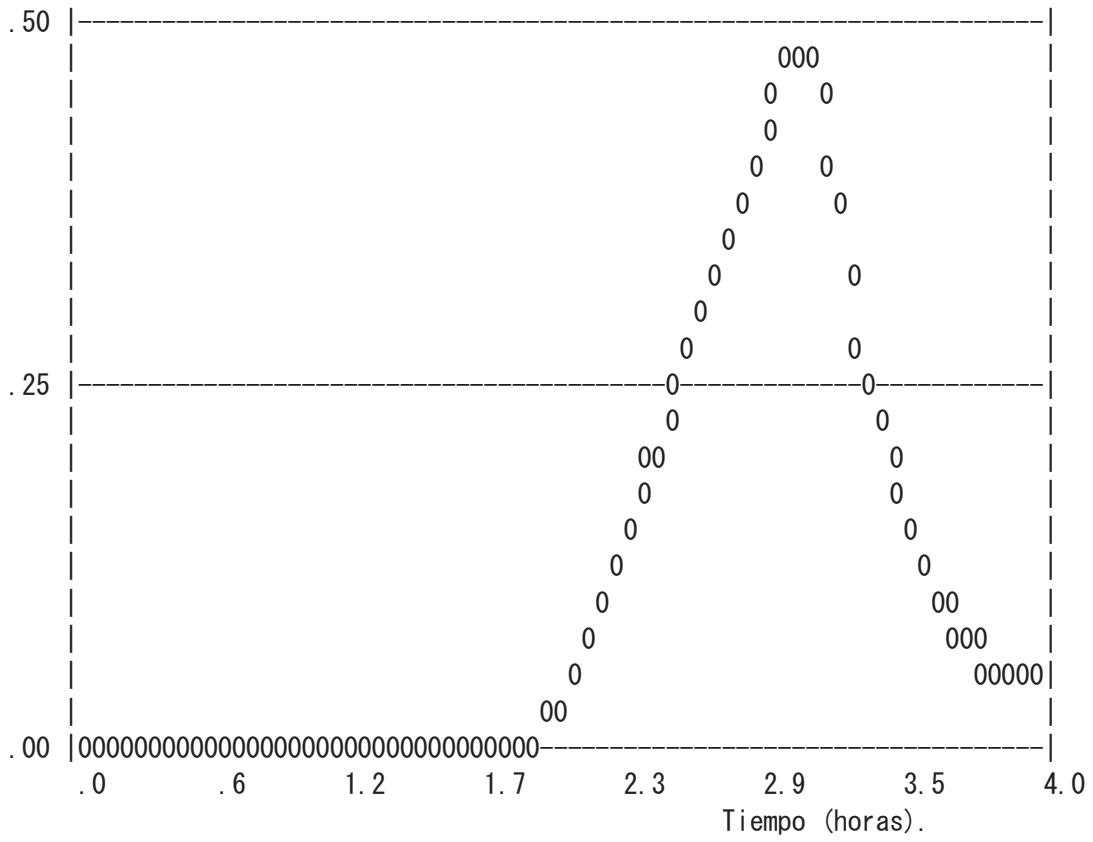
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 3.1 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .5 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.04 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

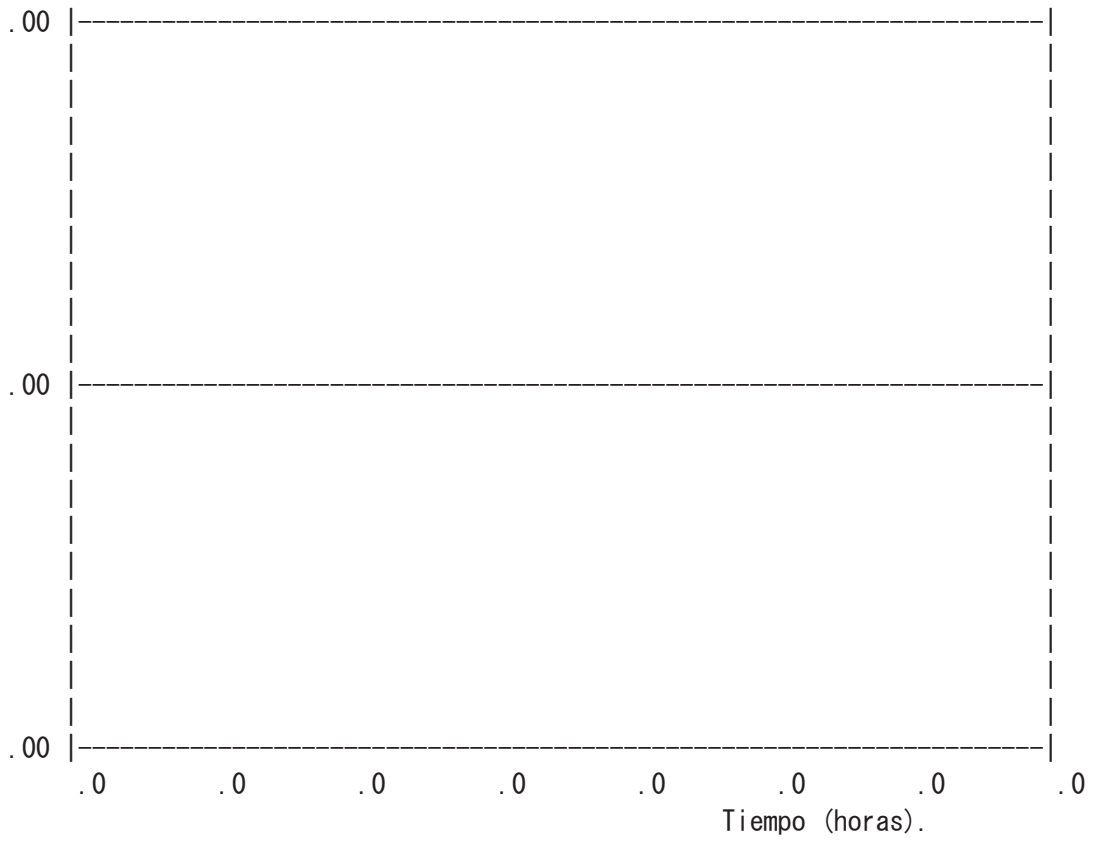
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = .00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

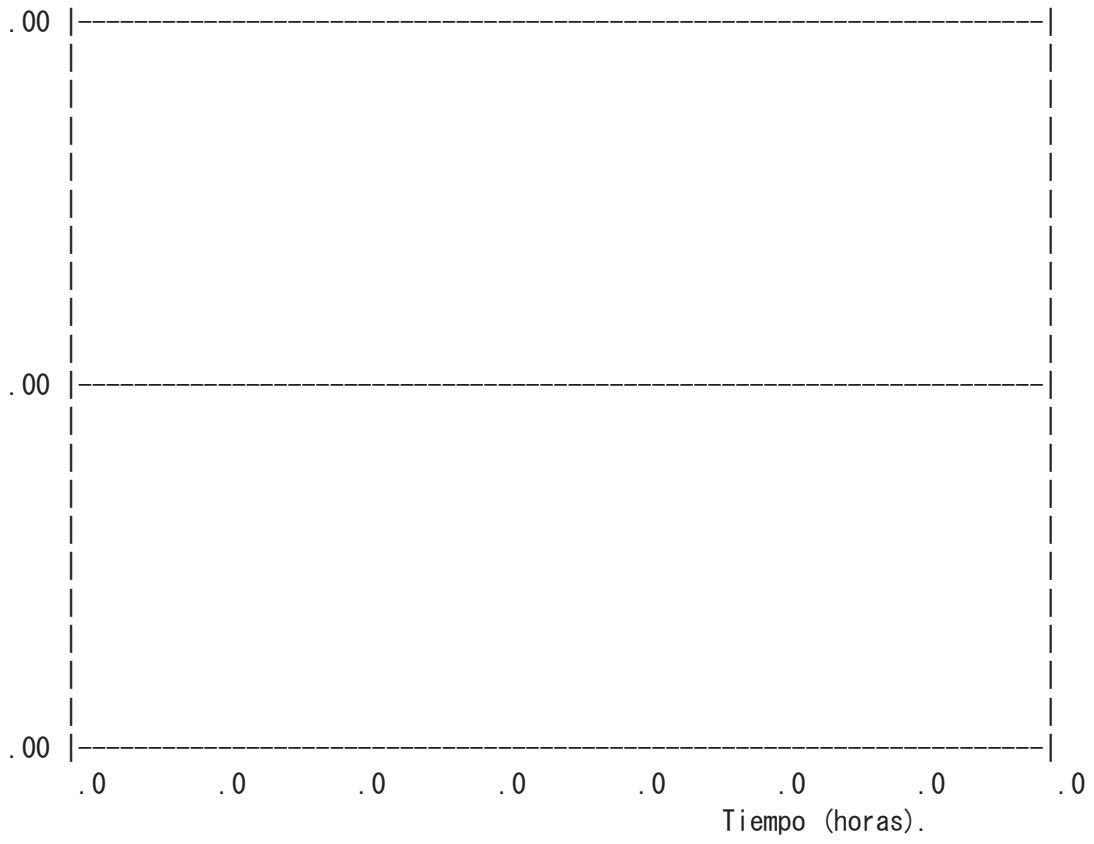
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = .00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

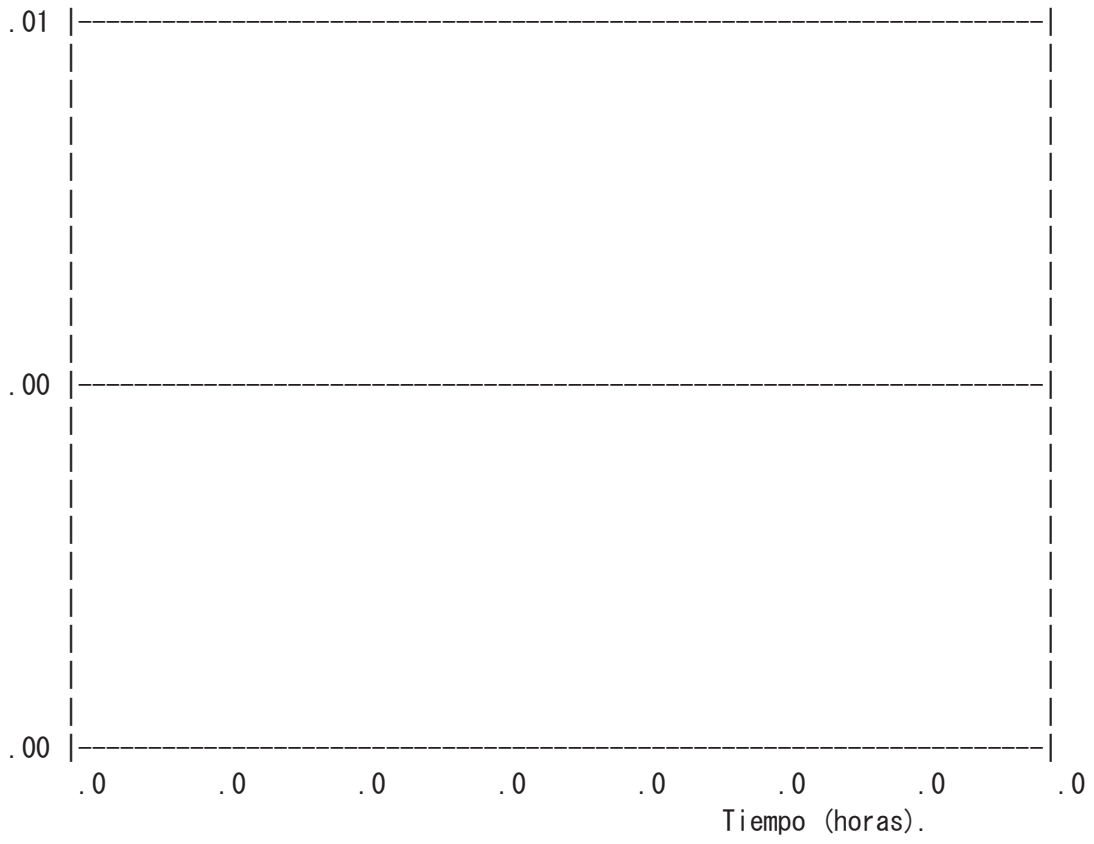
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .0 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.17 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

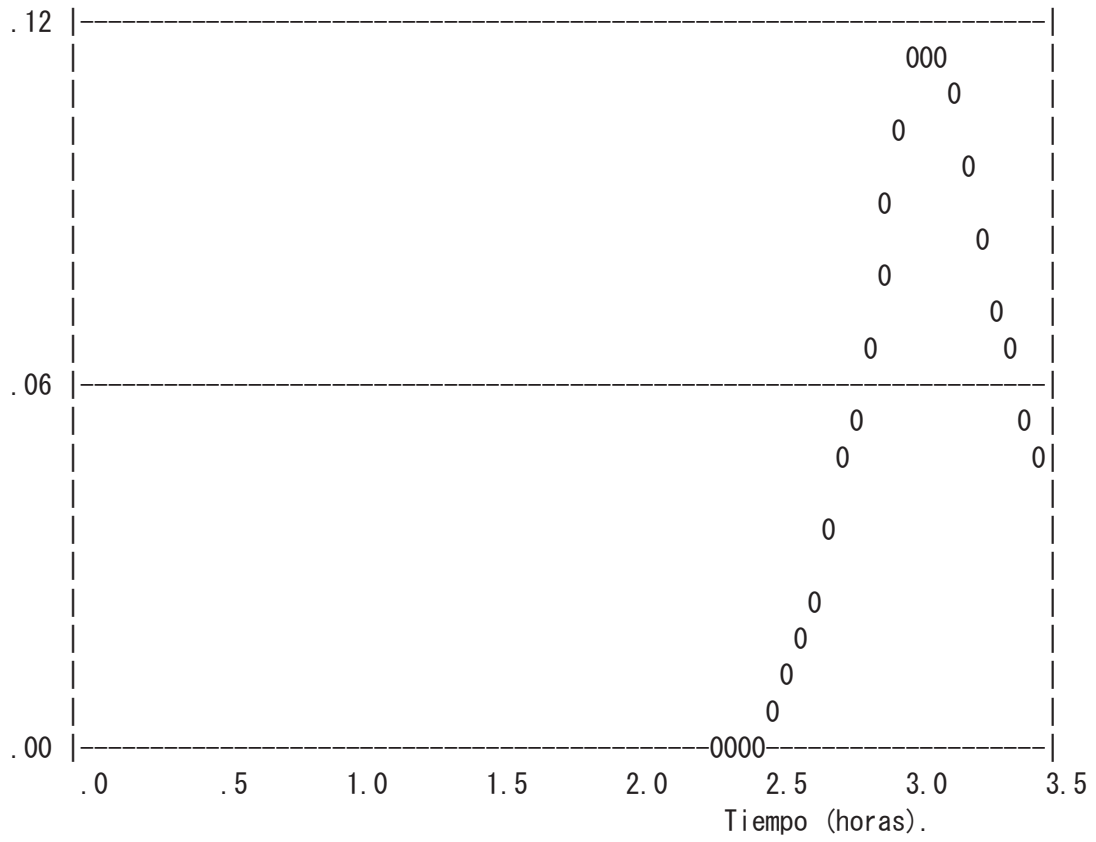
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .4 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .1 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.08 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

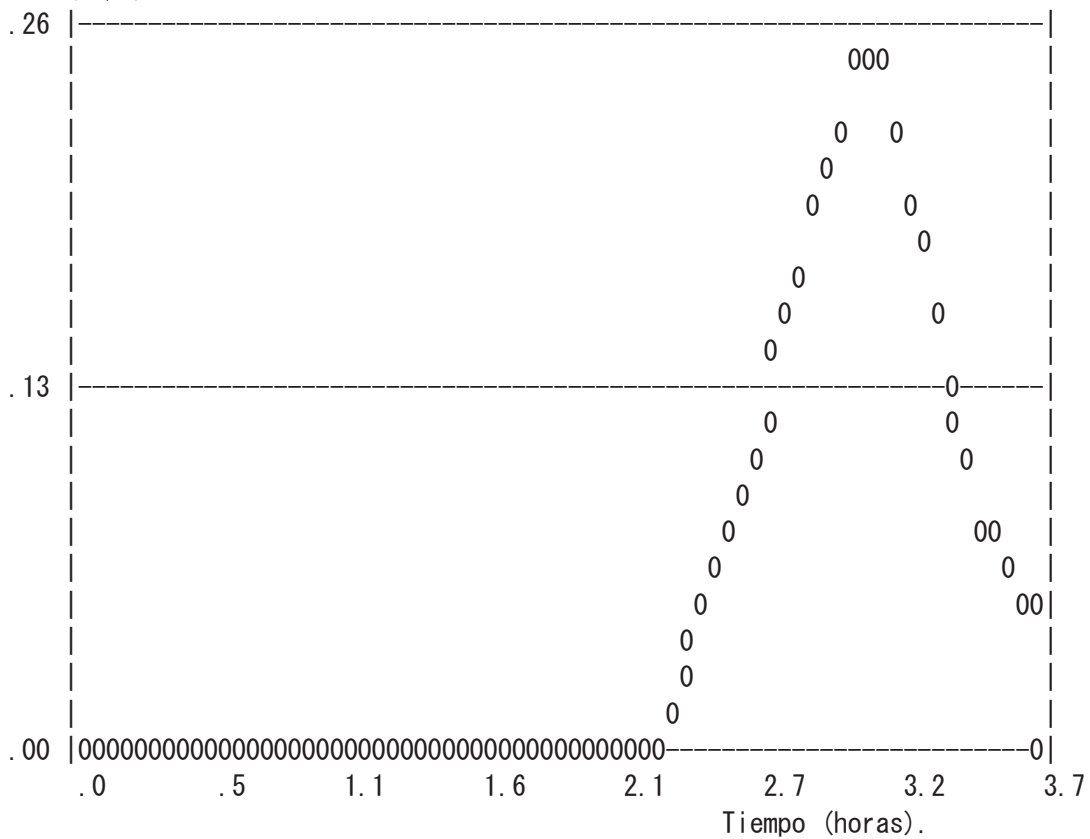
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 1.1 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

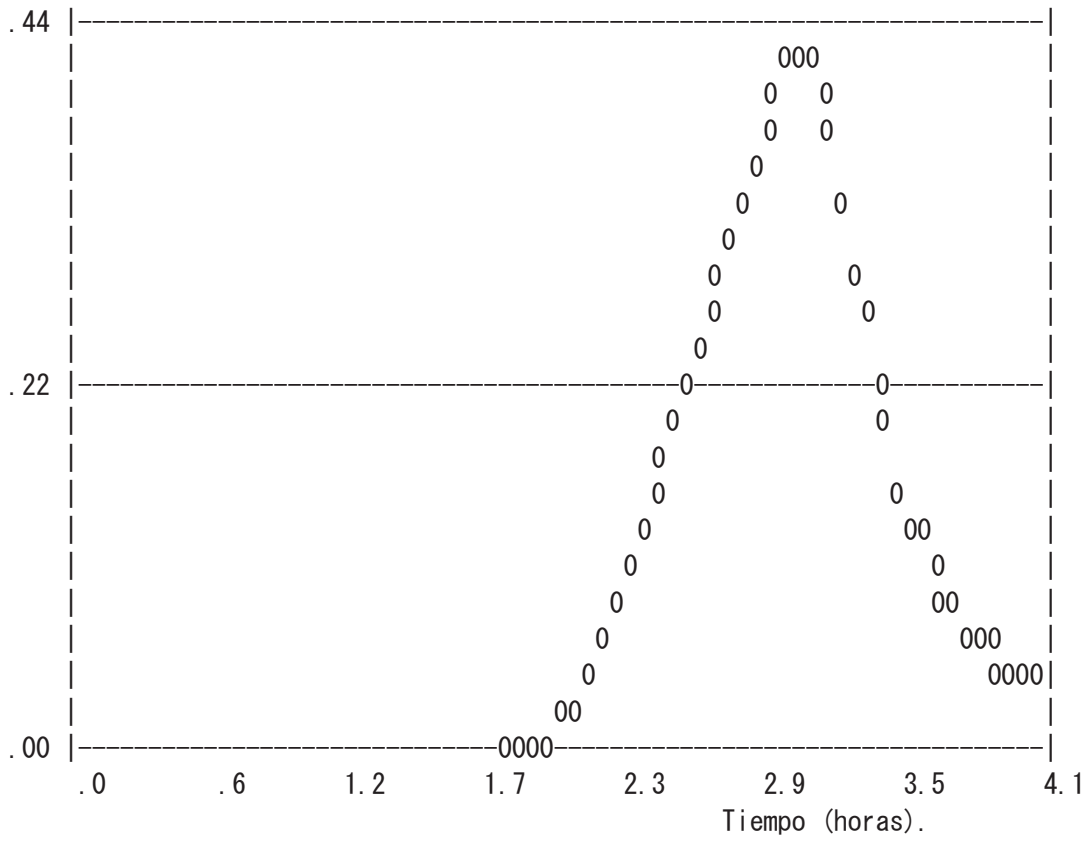
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 2.1 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .4 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

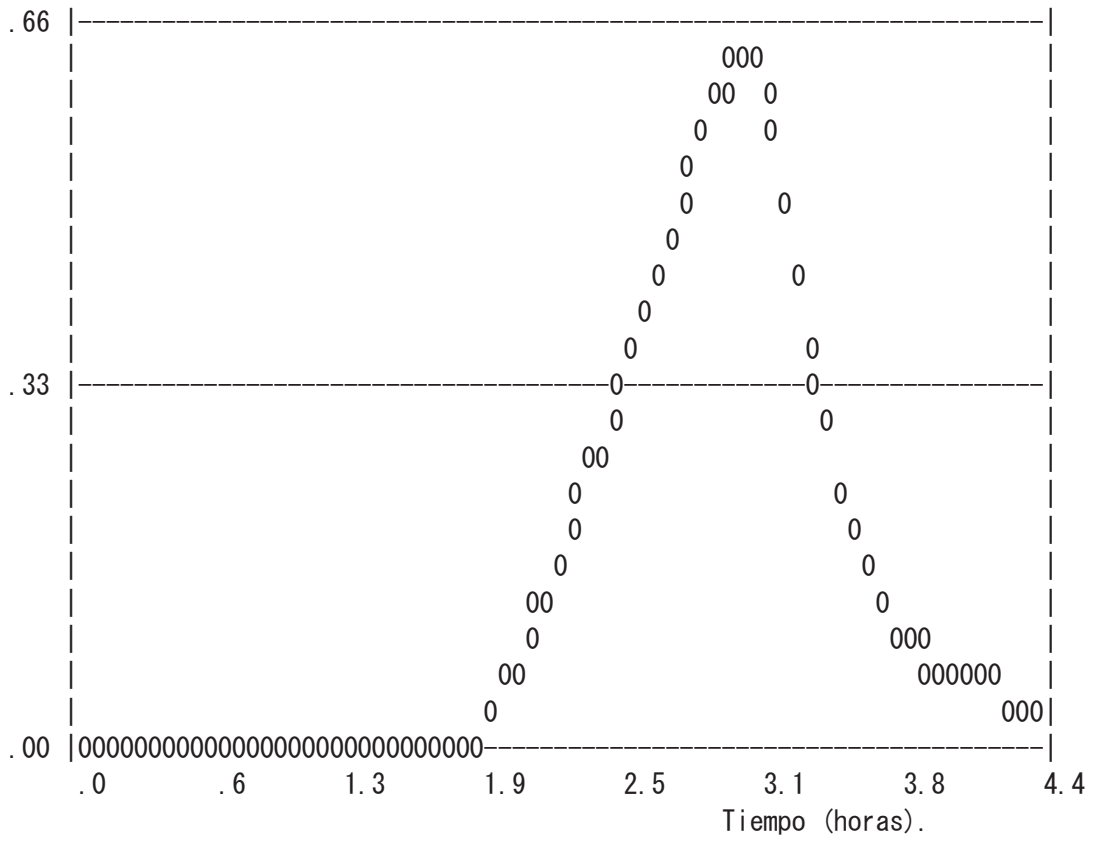
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 3.4 MM .003 HM3  
 Caudal pico = .7 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=67 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 25.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

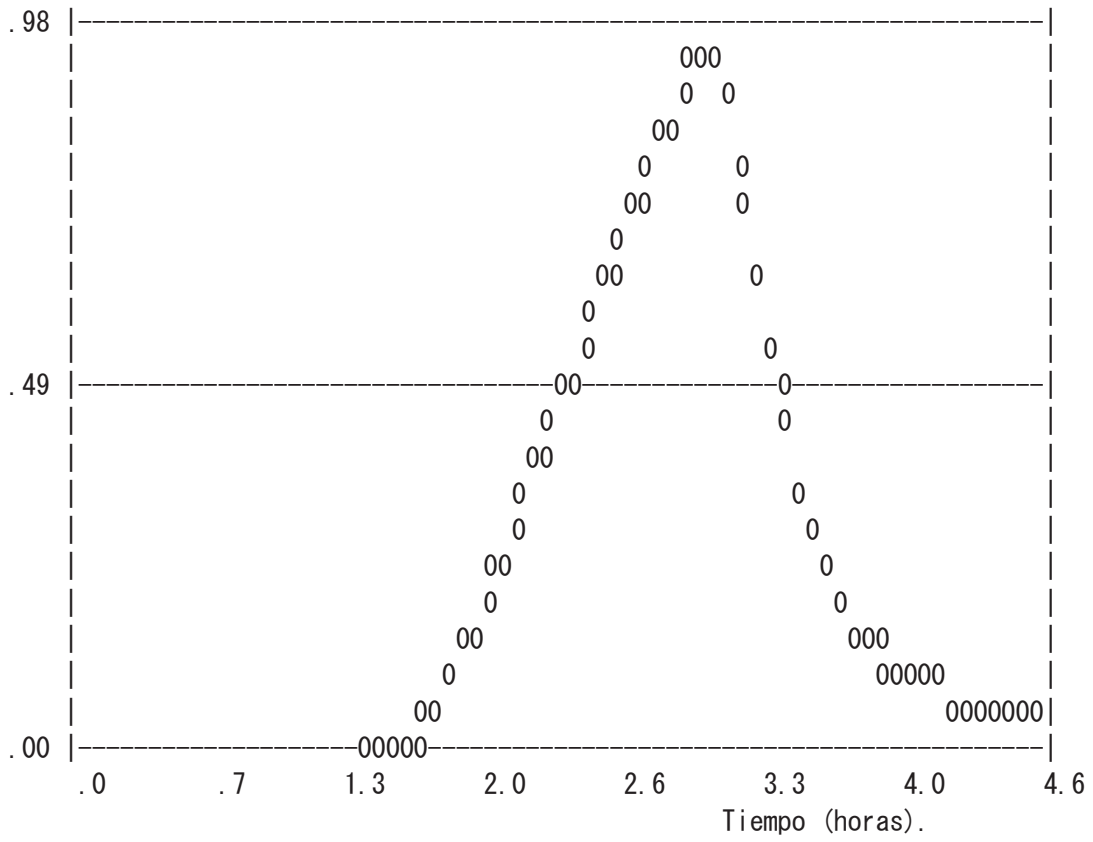
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 5.6 MM .004 HM3  
 Caudal pico = 1.0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512                    K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S            TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas            Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

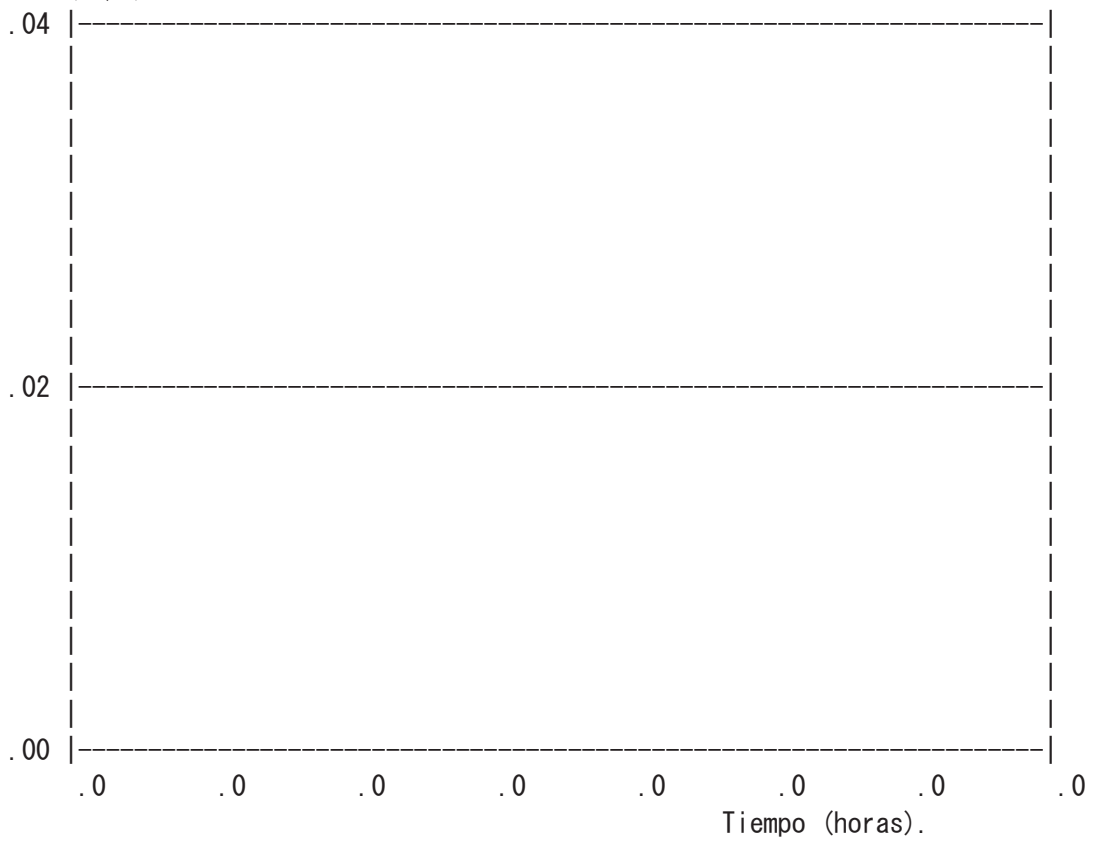
Escorrentia = .1 MM .000 HM3  
 Caudal pico = .0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.08 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

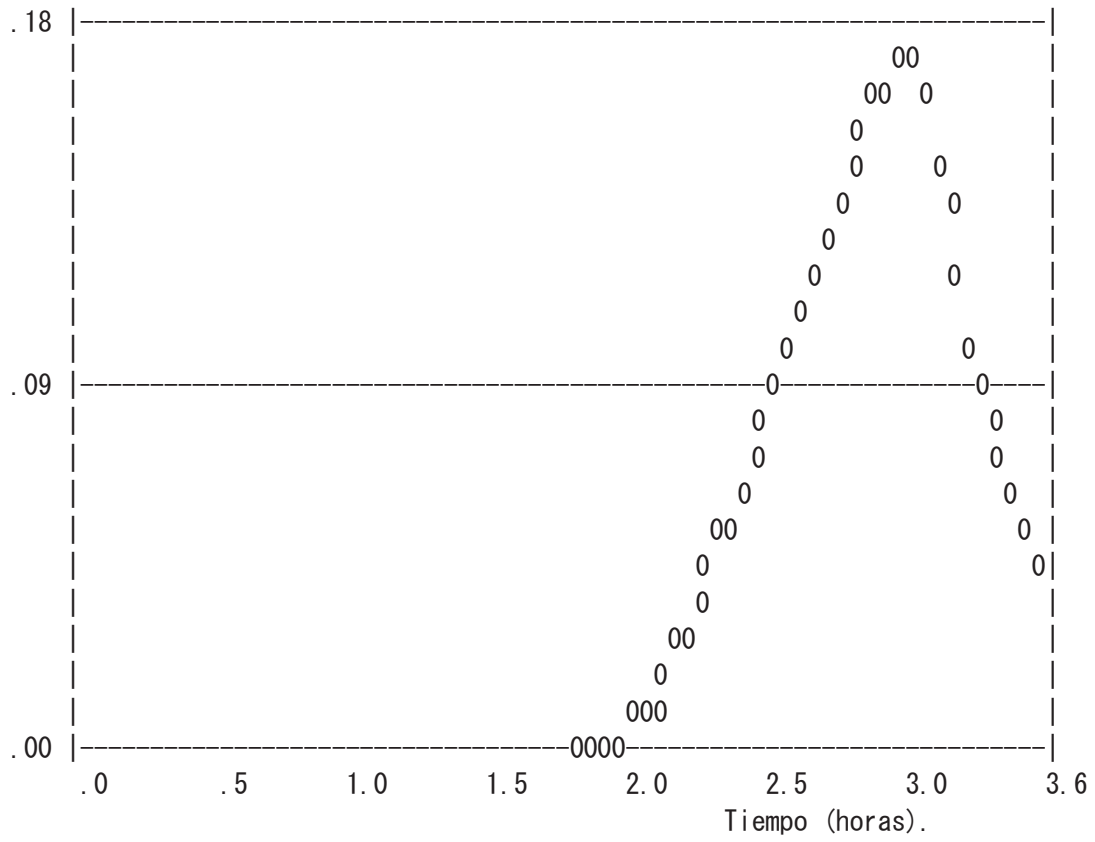
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 1.1 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.04 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

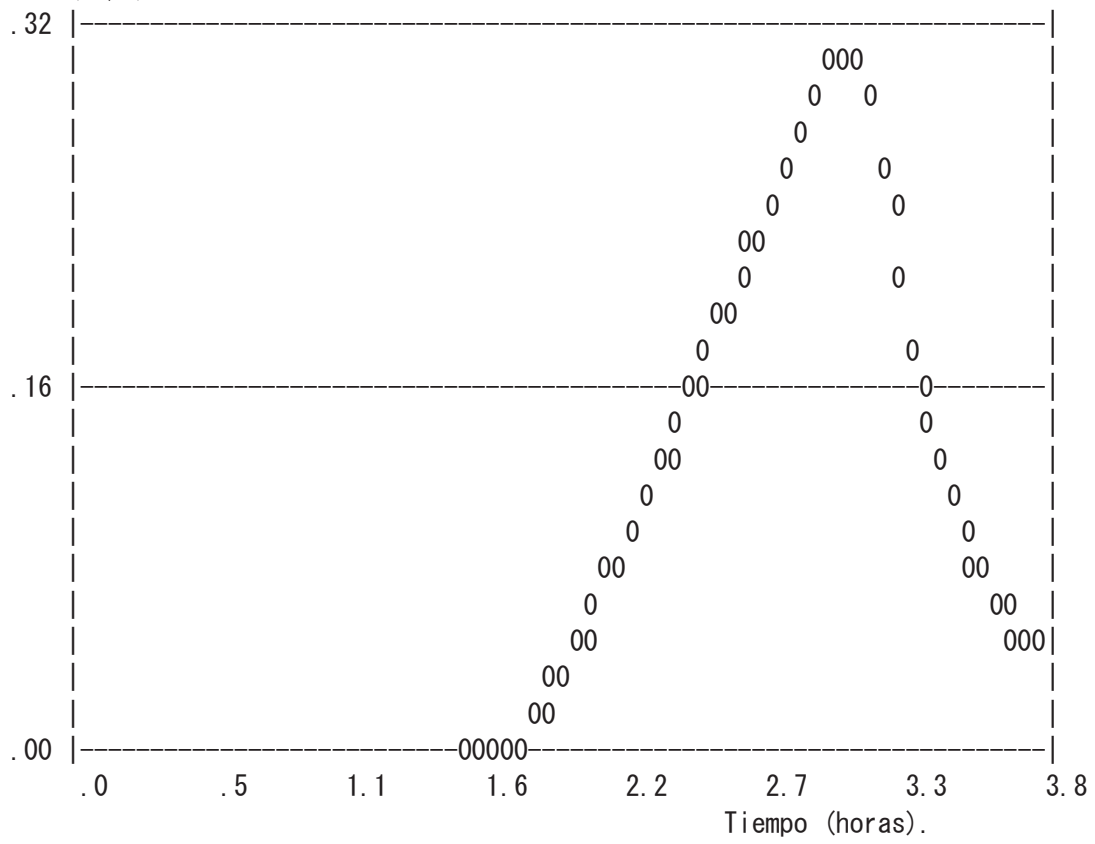
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 2.2 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.04 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

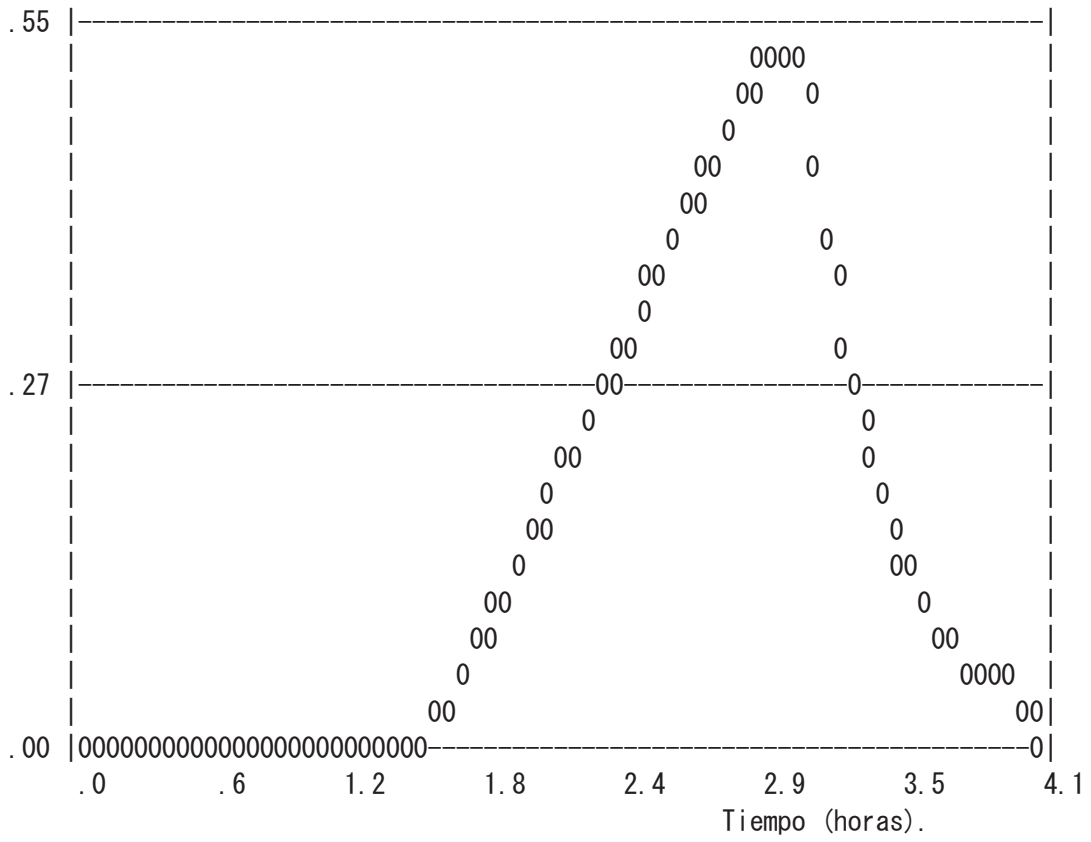
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 4.2 MM .003 HM3  
 Caudal pico = .5 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

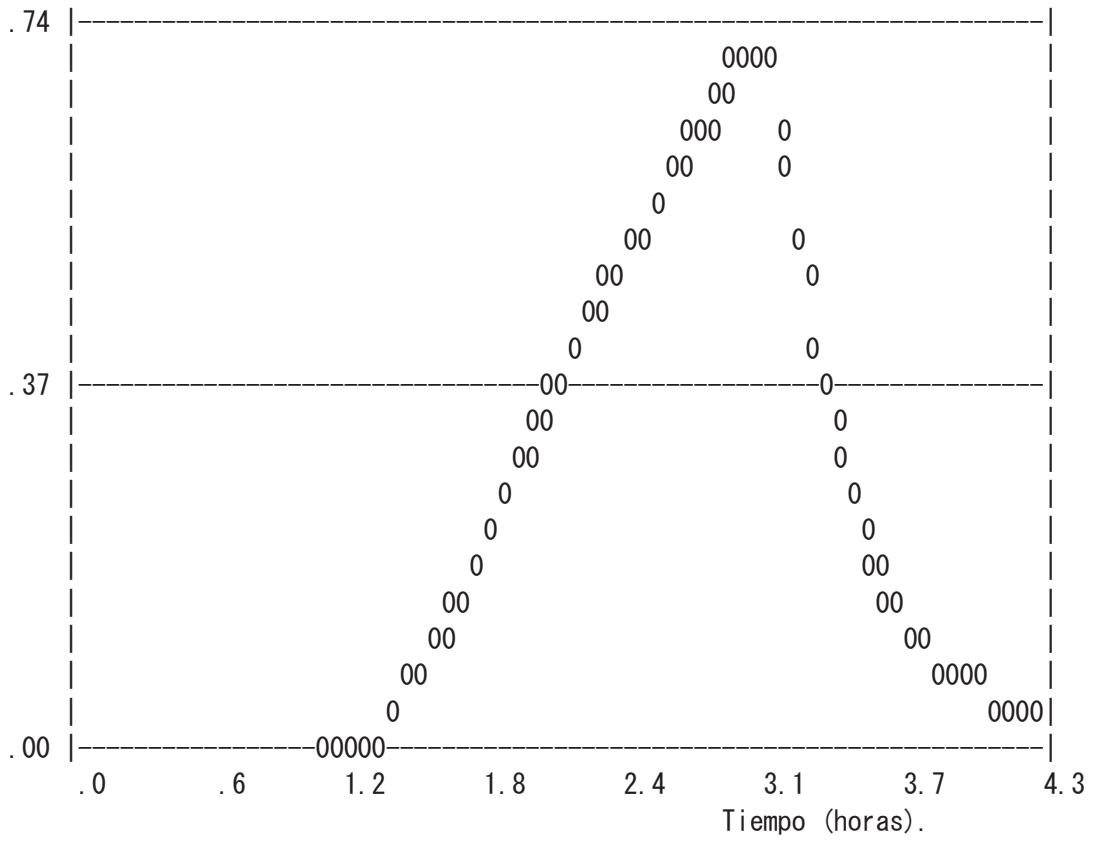
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 6.2 MM .004 HM3  
 Caudal pico = .7 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

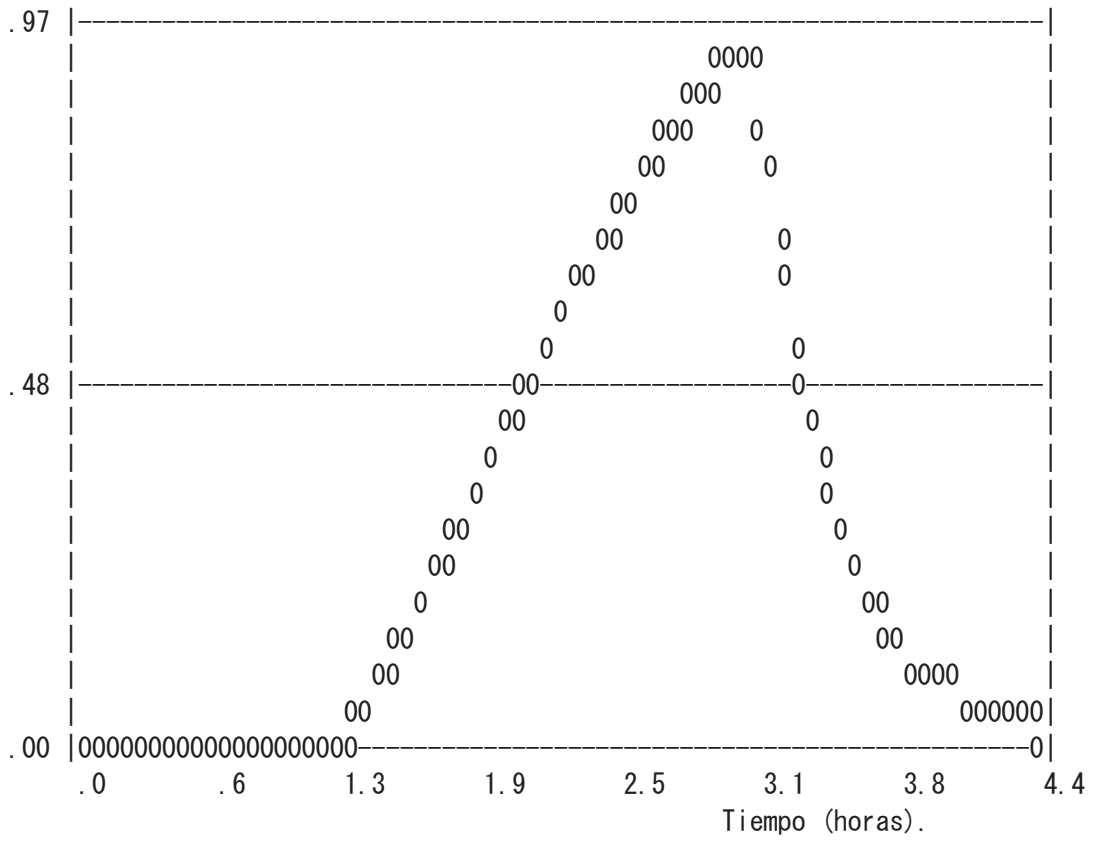
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 8.5 MM .005 HM3  
 Caudal pico = 1.0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

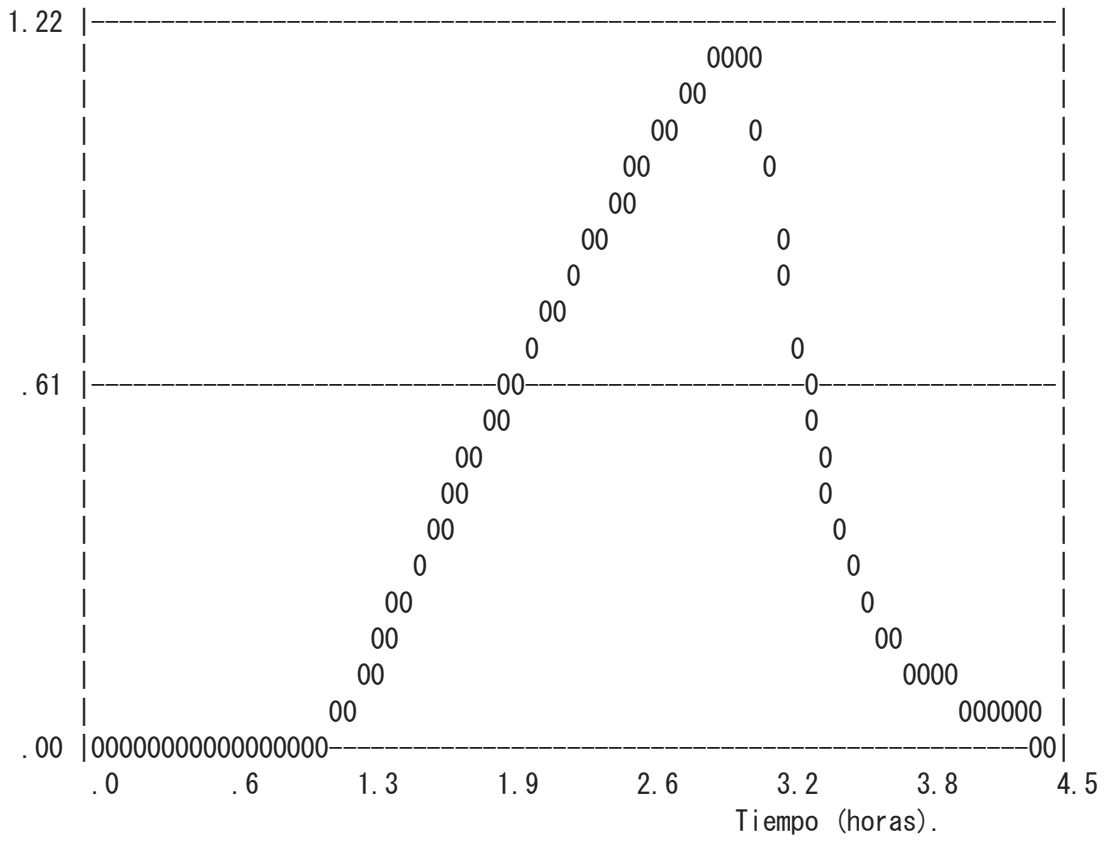
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 11.3 MM .007 HM3  
 Caudal pico = 1.2 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=79 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 13.5 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

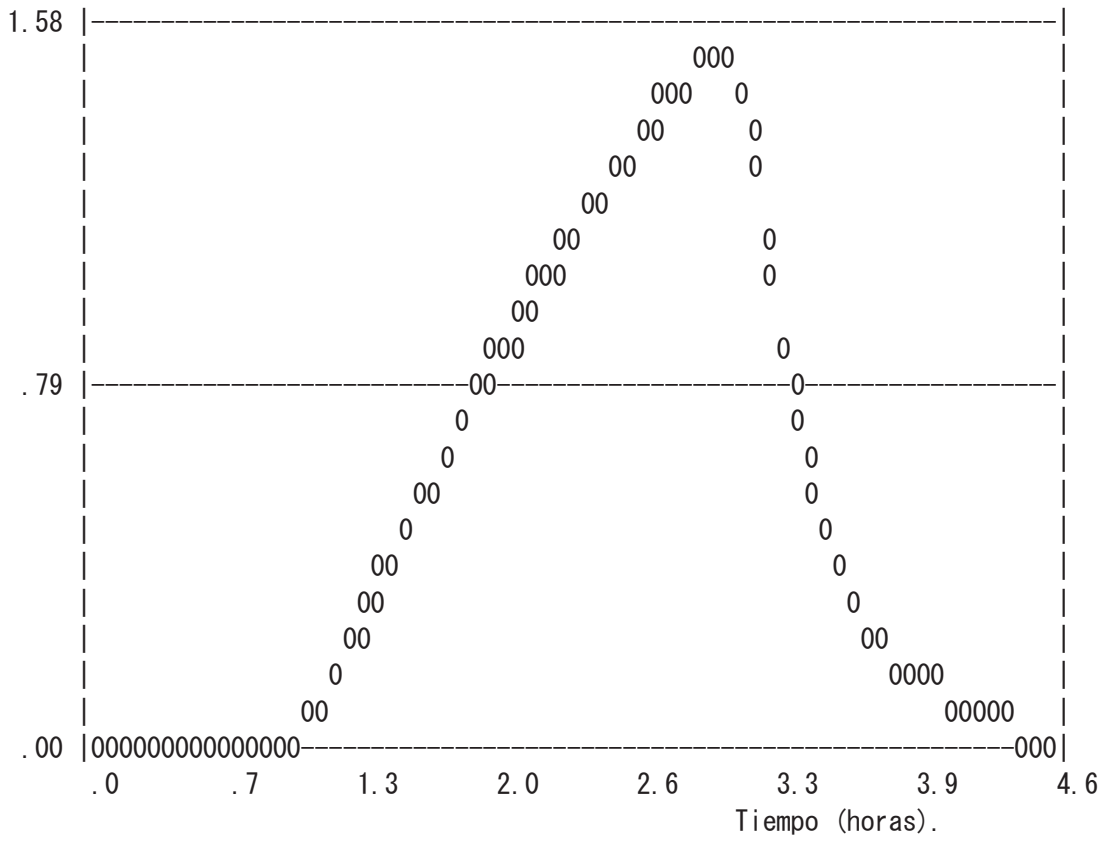
Escorrentia = 15.5 MM .009 HM3  
 Caudal pico = 1.6 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

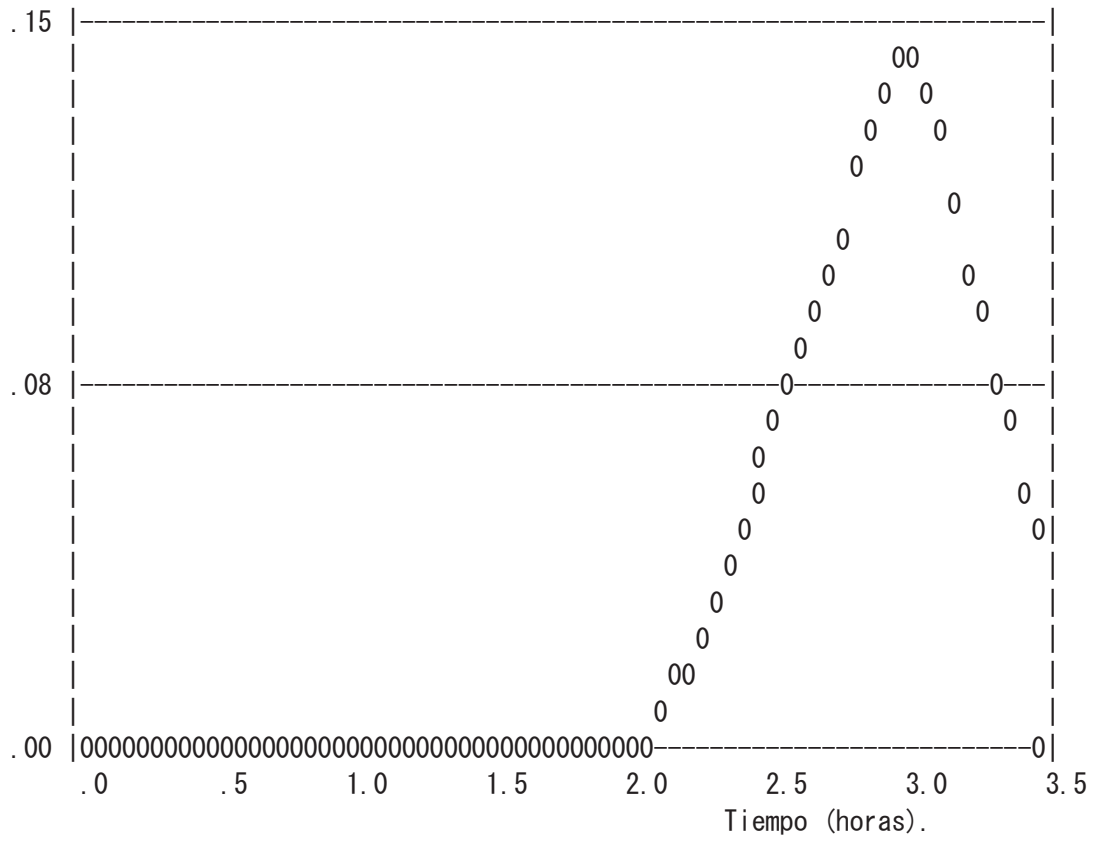
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = .7 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

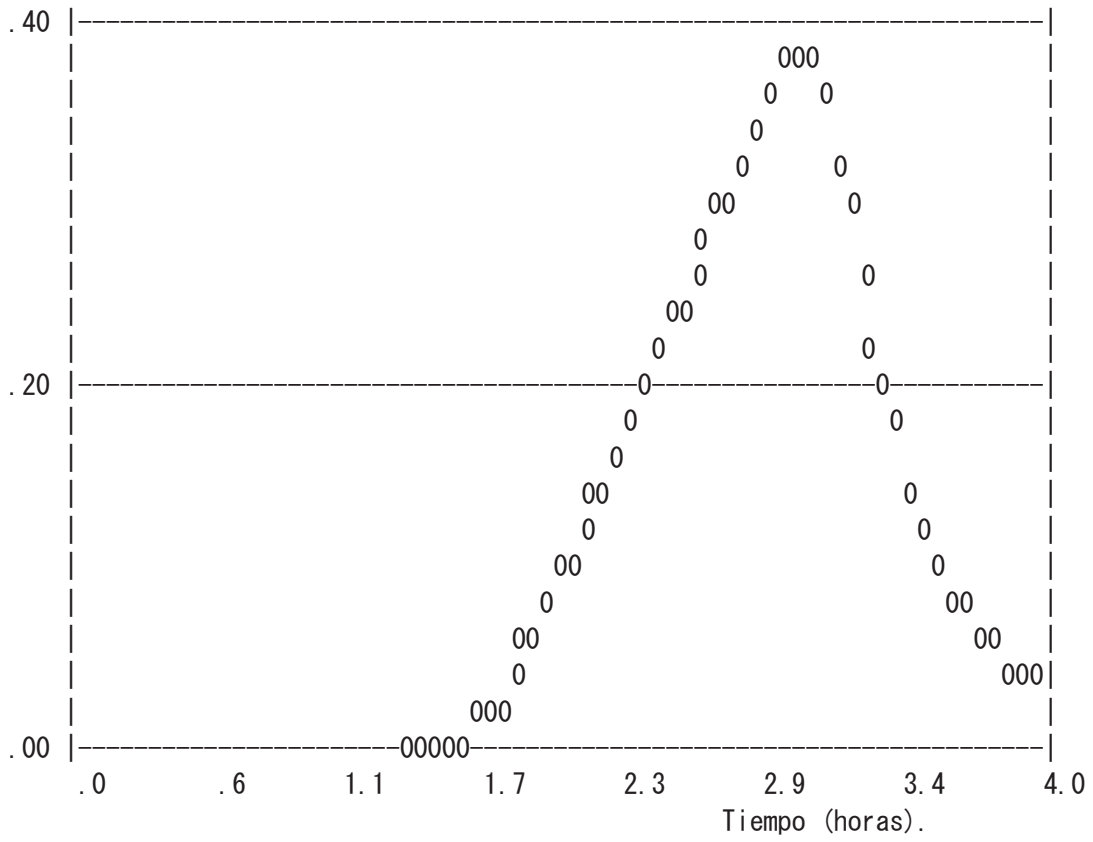
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 2.3 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .4 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

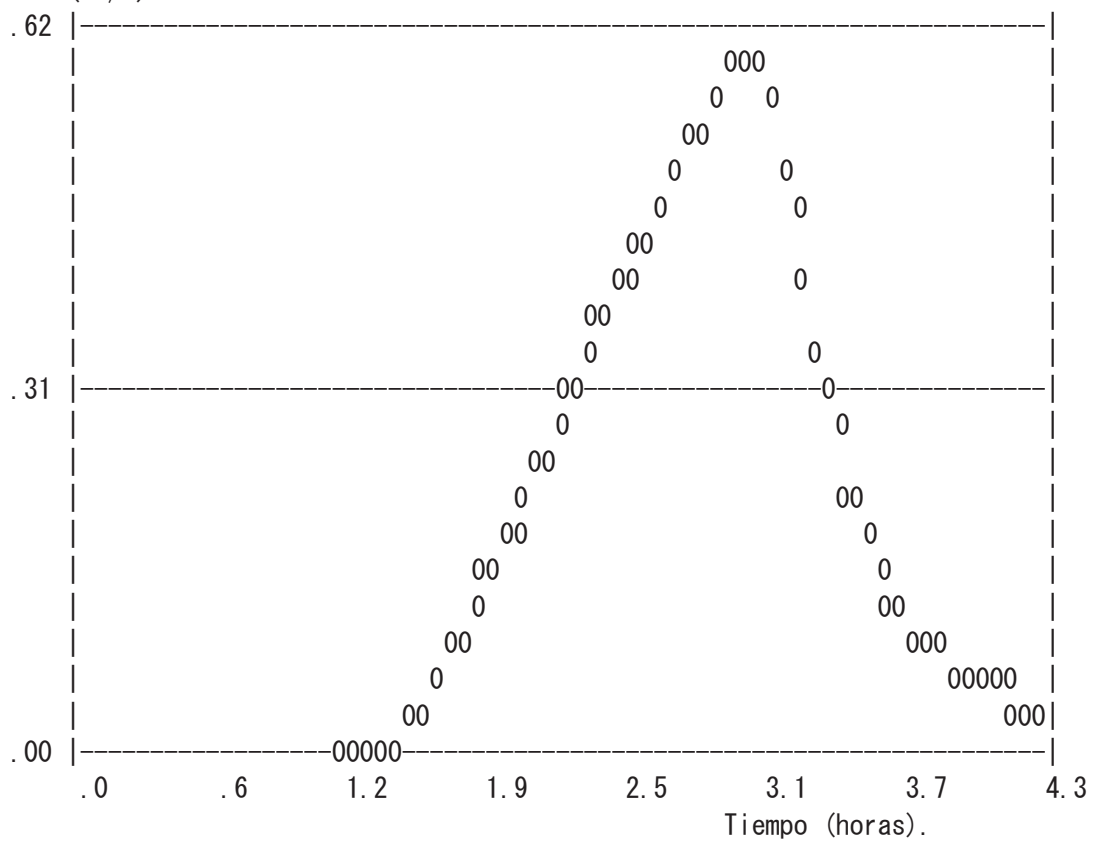
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 3.9 MM .003 HM3  
 Caudal pico = .6 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

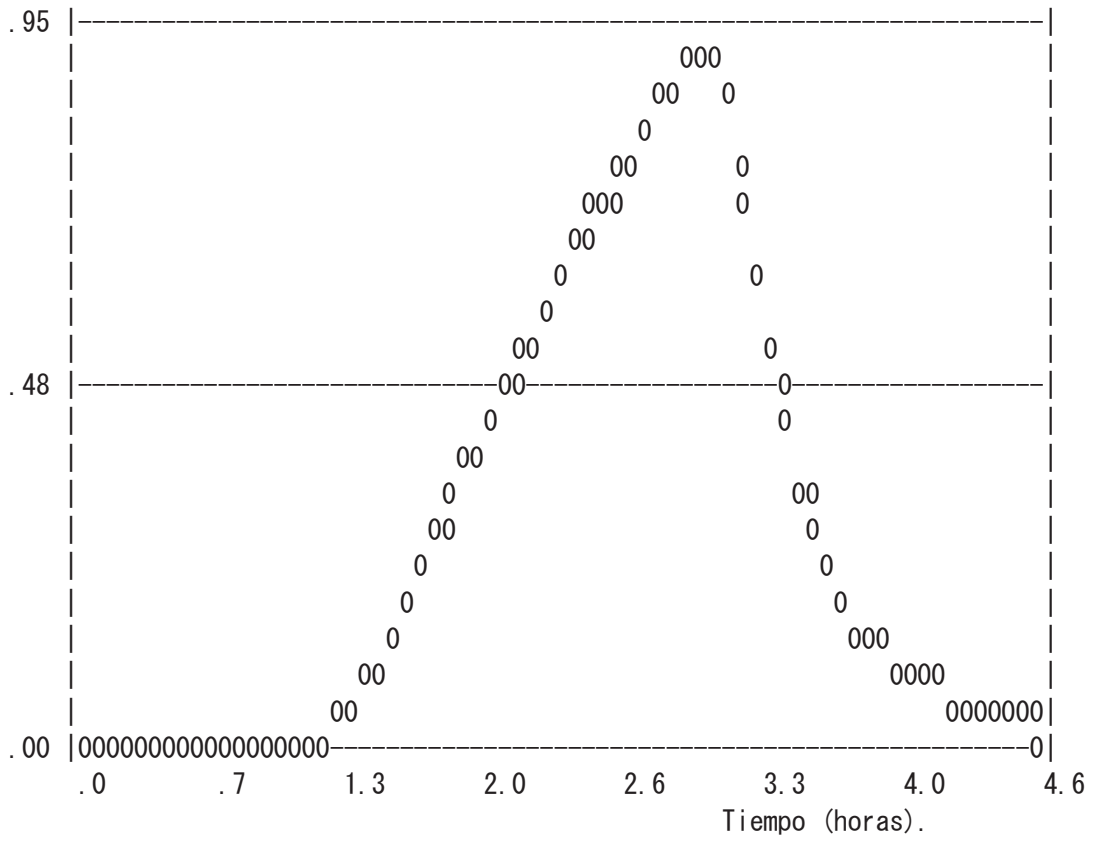
Escorrentia = 6.7 MM .005 HM3  
 Caudal pico = 1.0 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

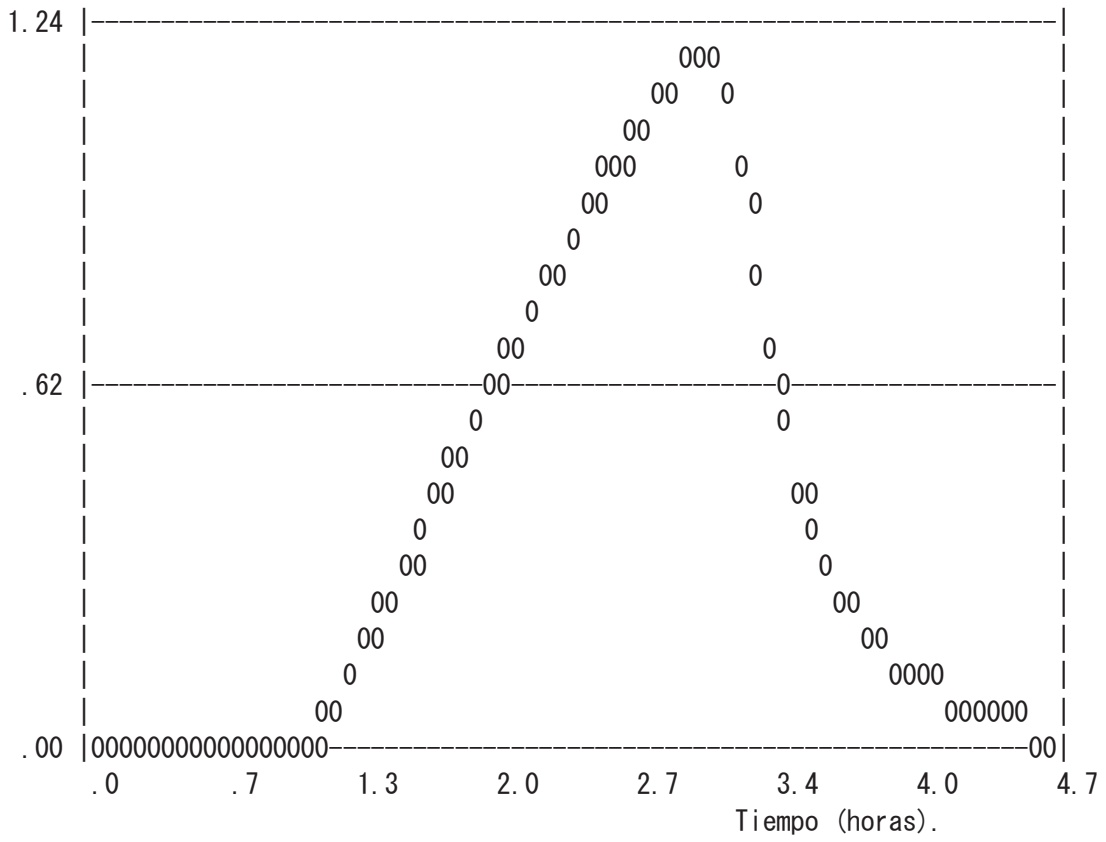
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 9.1 MM .007 HM3  
 Caudal pico = 1.2 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.03 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

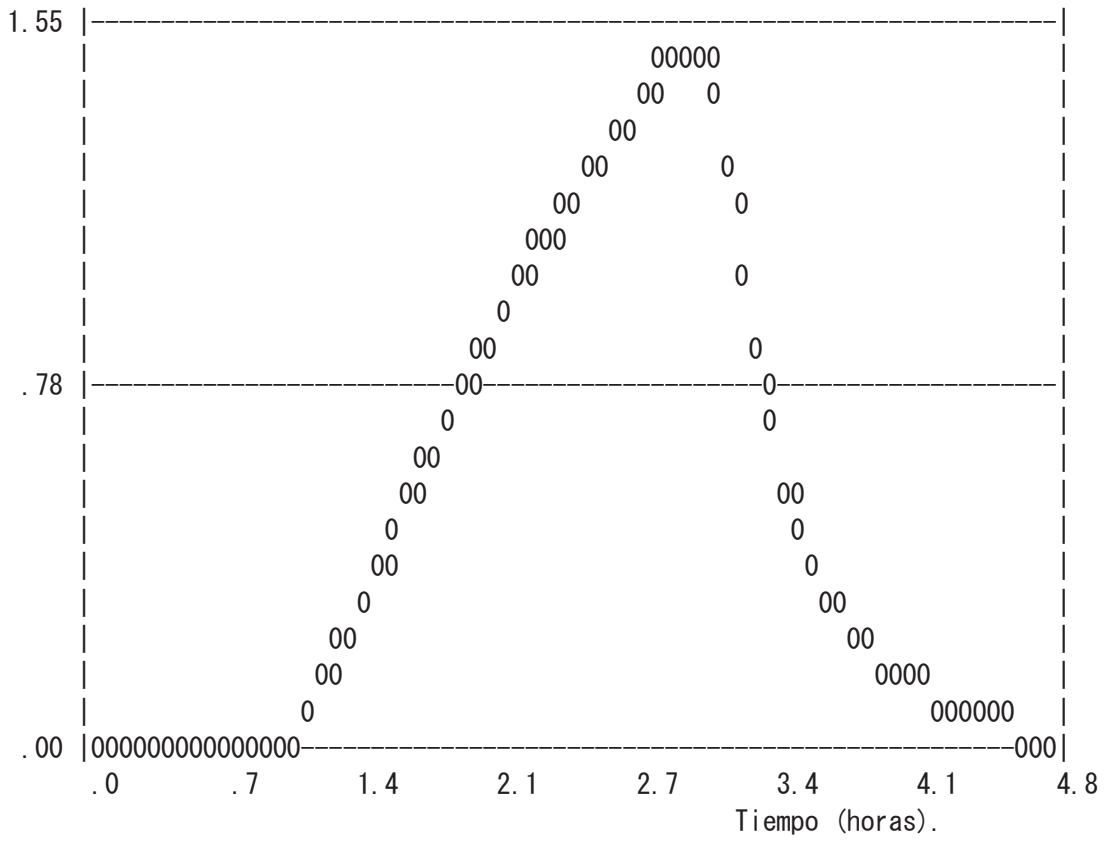
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 12.0 MM .010 HM3  
 Caudal pico = 1.6 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

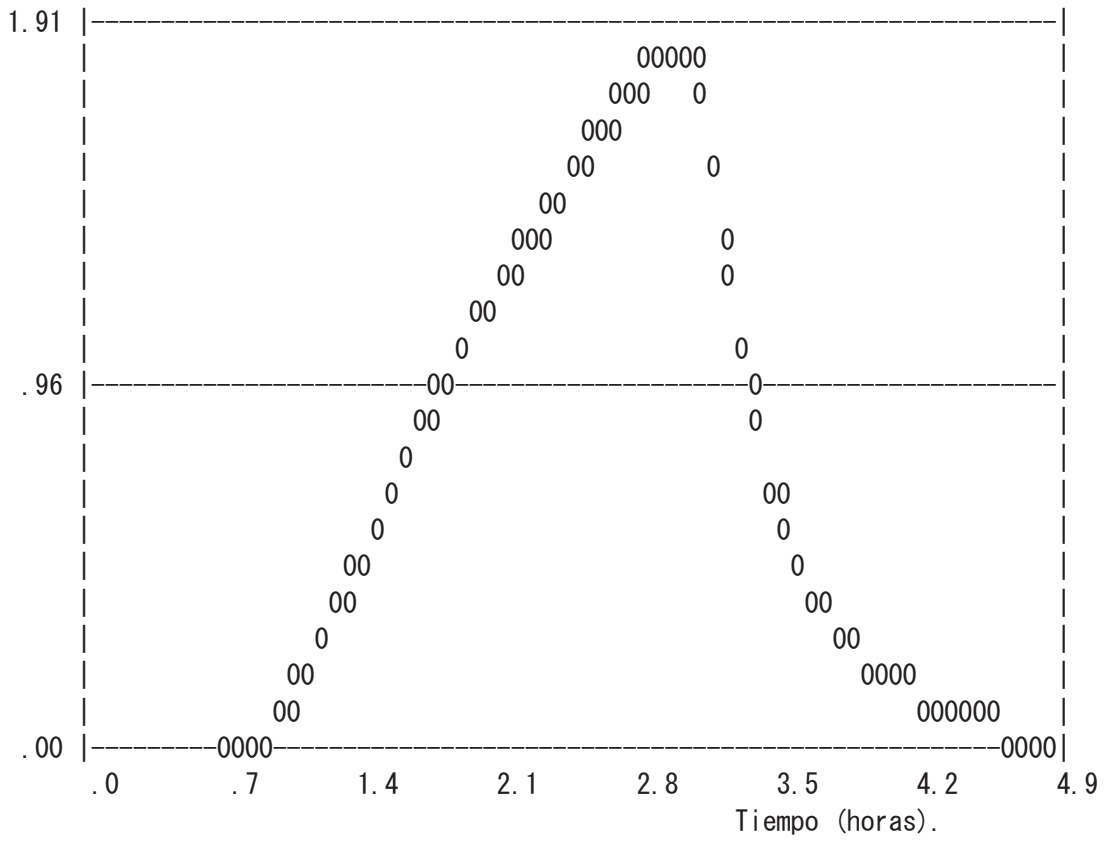
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 15.4 MM .012 HM3  
 Caudal pico = 1.9 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=83 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 10.4 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2
.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

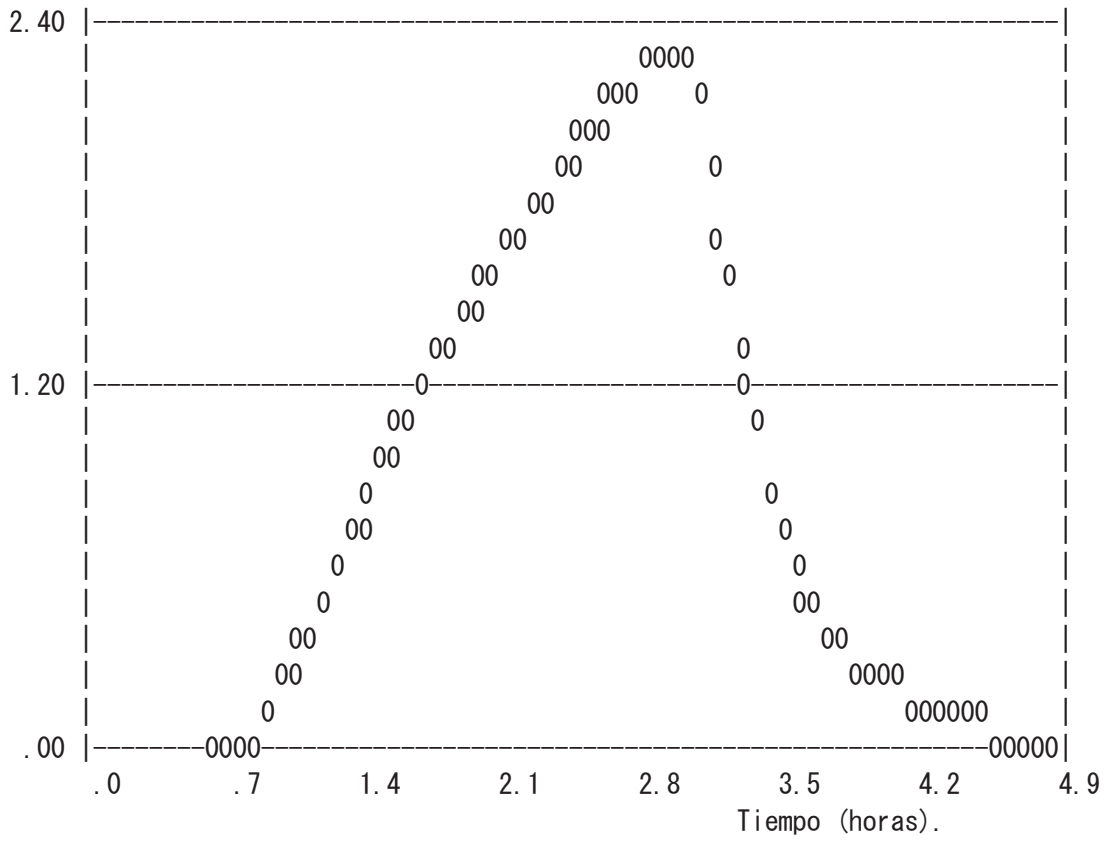
Escorrentia = 20.3 MM .016 HM3  
 Caudal pico = 2.4 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

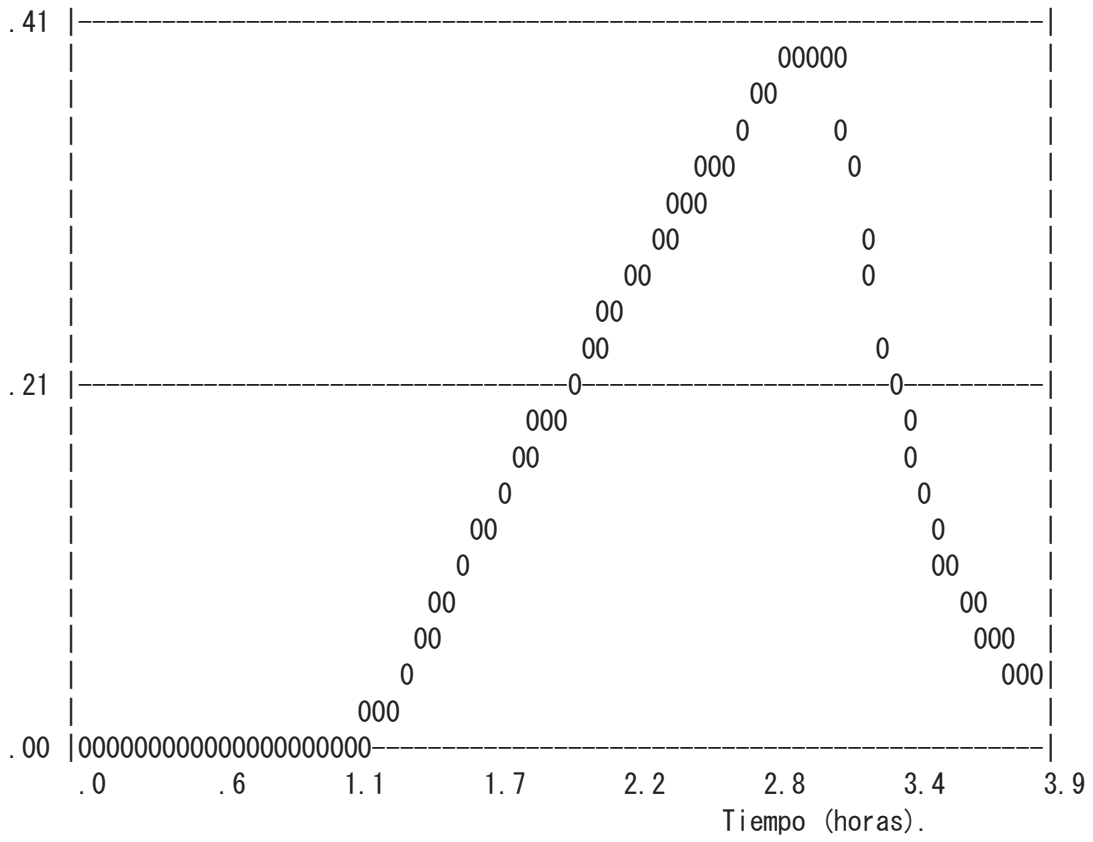
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 3.7 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .4 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

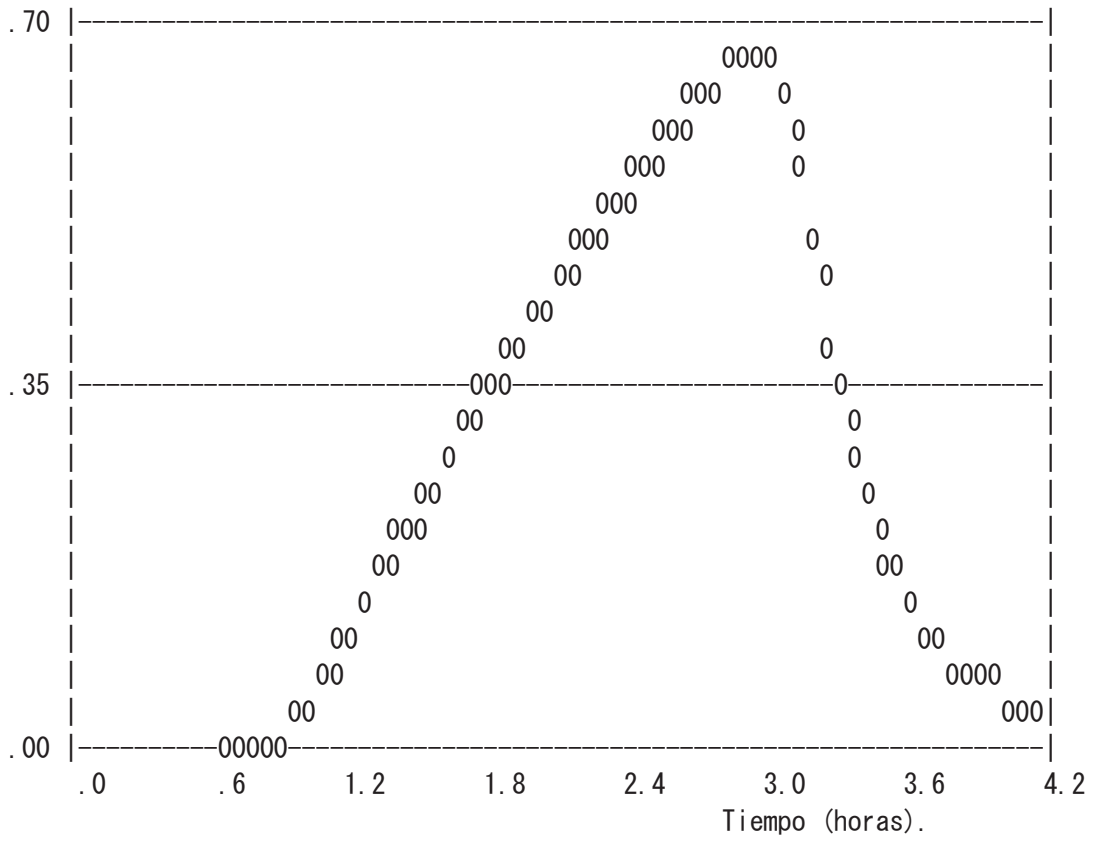
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 7.2 MM .004 HM3  
 Caudal pico = .7 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.3	.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

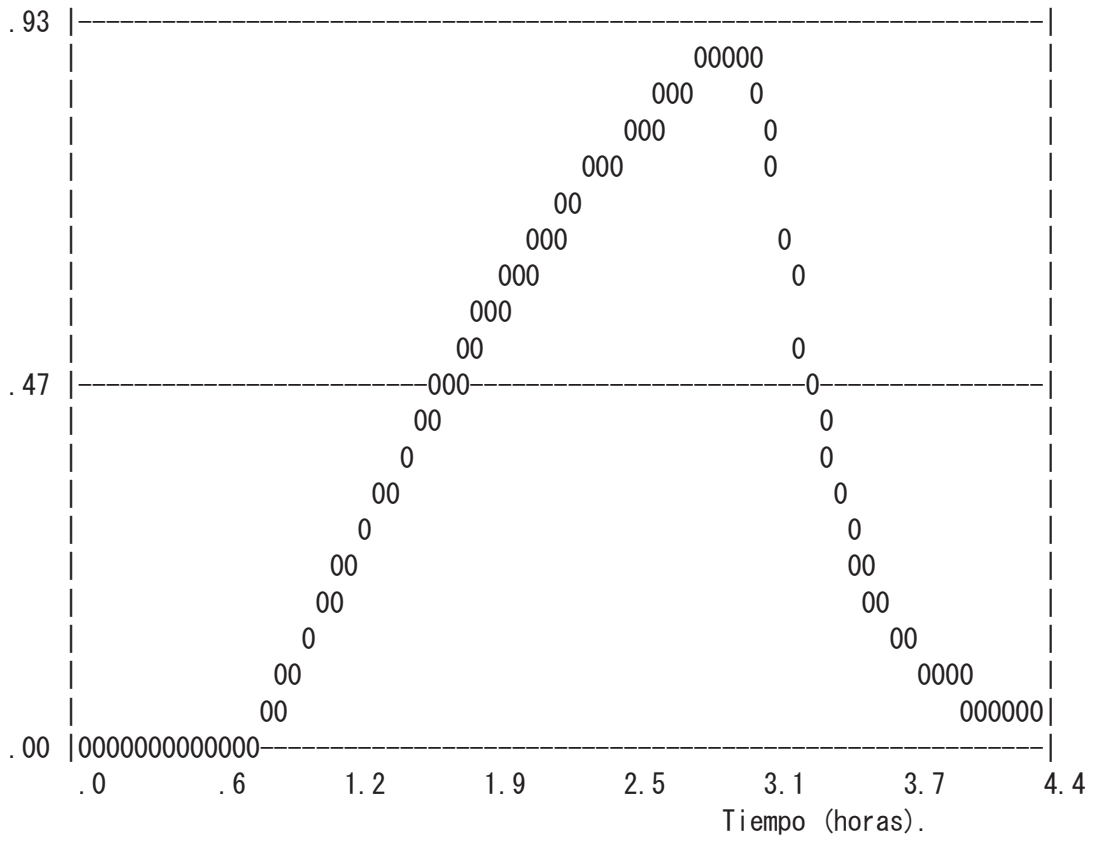
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 10.1 MM .006 HM3  
 Caudal pico = .9 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

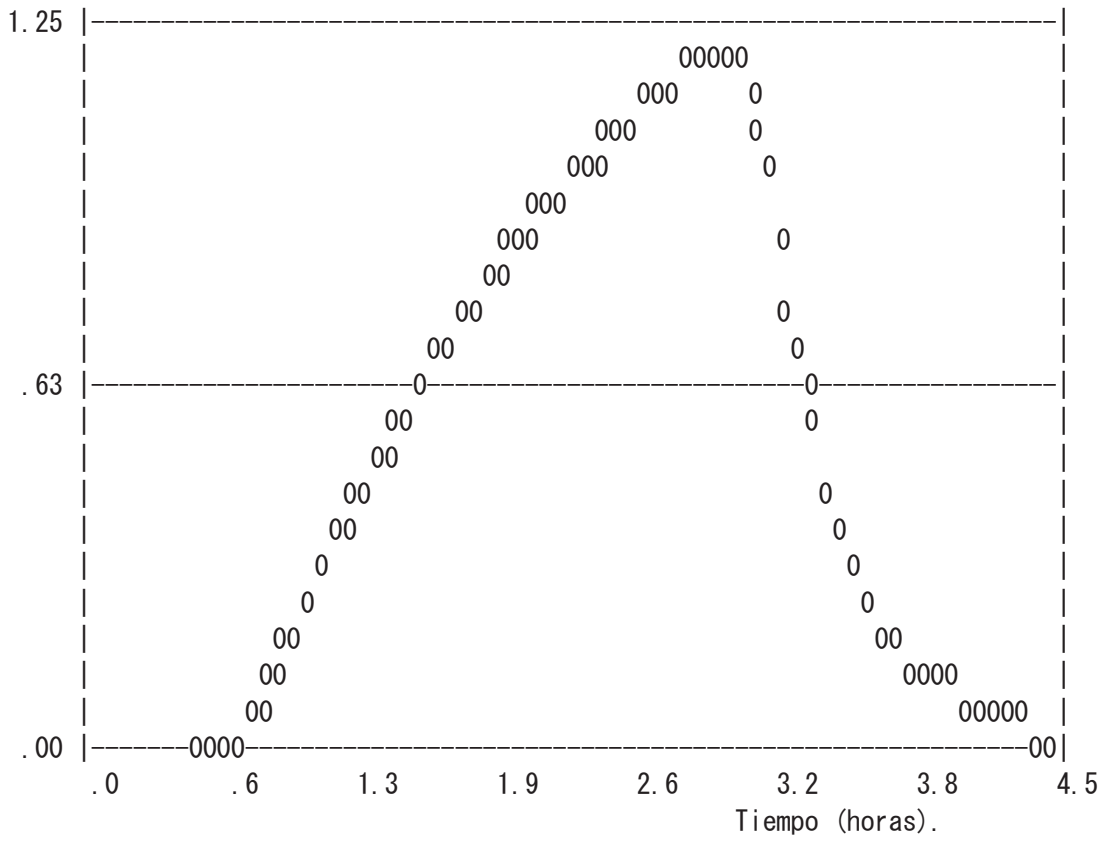
Escorrentia = 14.5 MM .009 HM3  
 Caudal pico = 1.3 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS,  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

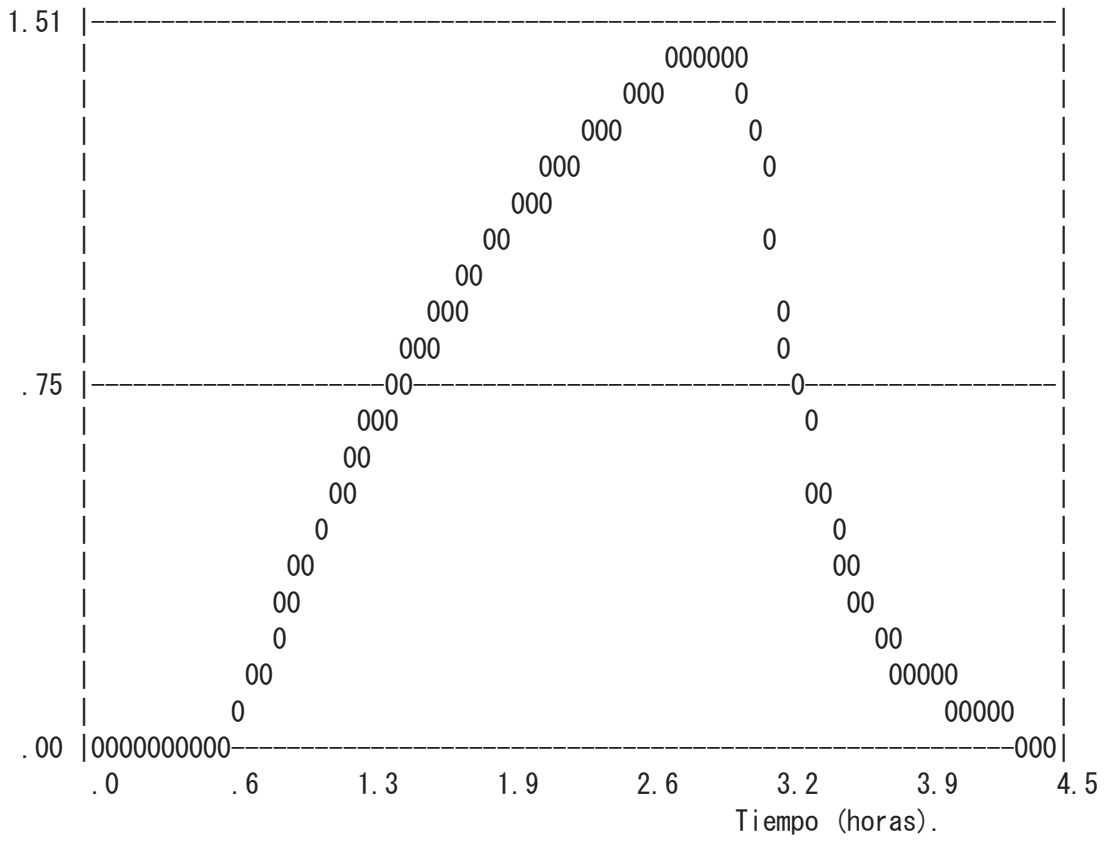
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 18.1 MM .011 HM3  
 Caudal pico = 1.5 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

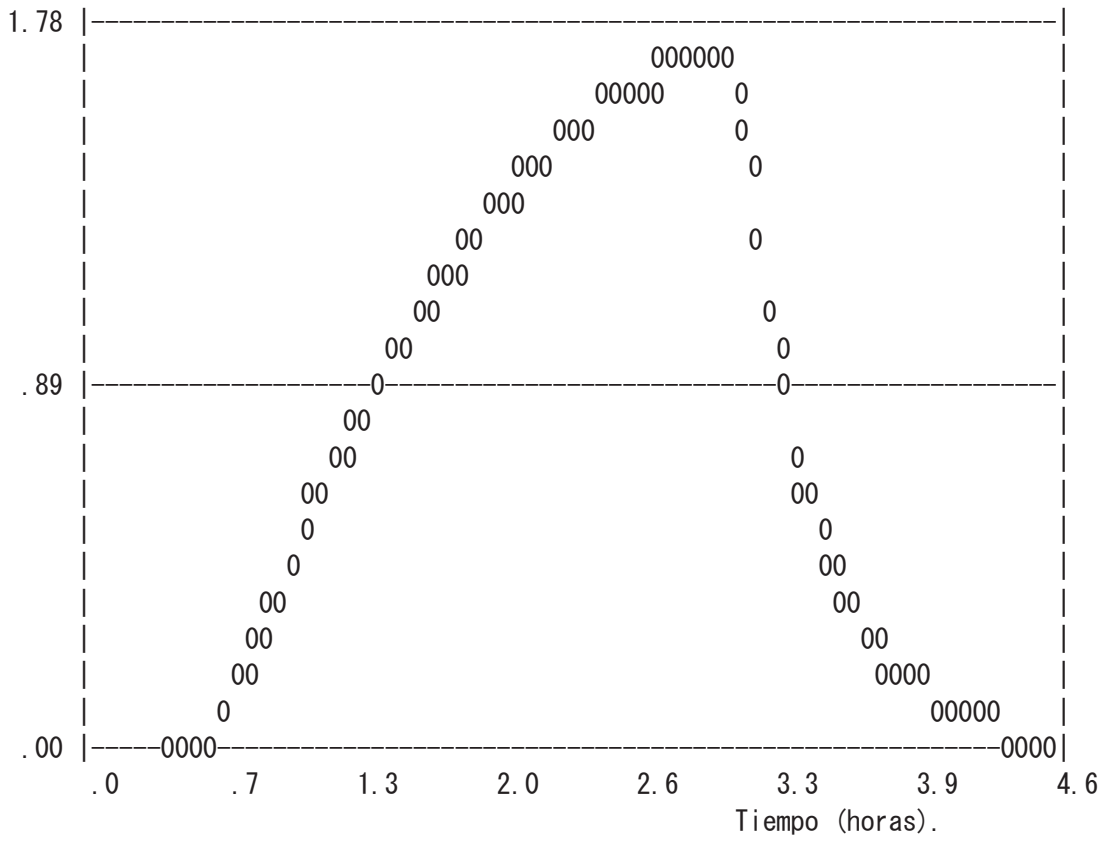
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 22.1 MM .013 HM3  
 Caudal pico = 1.8 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

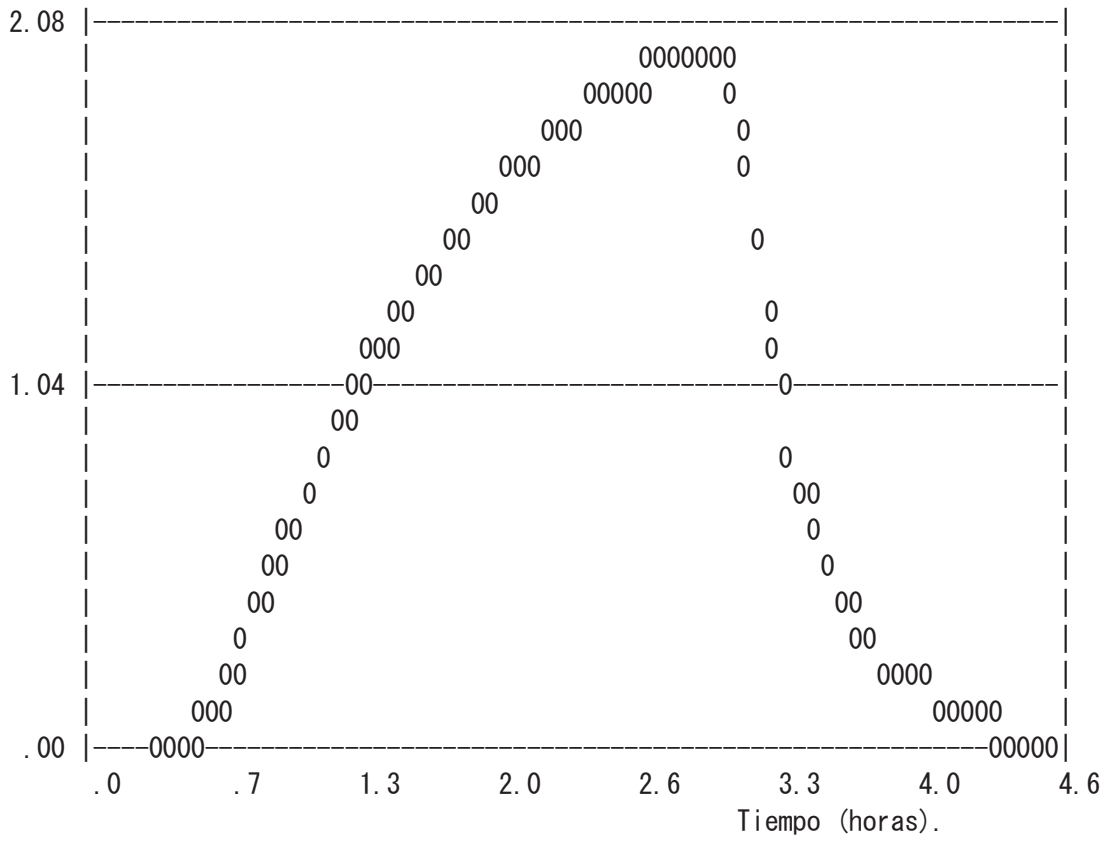
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 26.6 MM .016 HM3  
 Caudal pico = 2.1 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DE LA ALFANDIGA. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.60925 KMC CN=91 IA=-1 HT=170 M  
 L=1.434 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.512 K = .290 HORAS  
 QPU = .3 M3/S TPU = .200 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .040 horas

.000	.092	.195	.266	.303	.314	.306	.285	.258	.228	.199	.173
.151	.131	.114	.100	.087	.076	.066	.057	.050	.044	.038	.033
.030	.029	.027	.026	.025	.024	.023	.022	.021	.020	.019	.018
.017	.016	.016	.015	.014	.014	.013	.013	.012	.011	.011	.010
.010											

Hietograma efectivo con dt = .040 horas Ia= 5.0 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1
.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

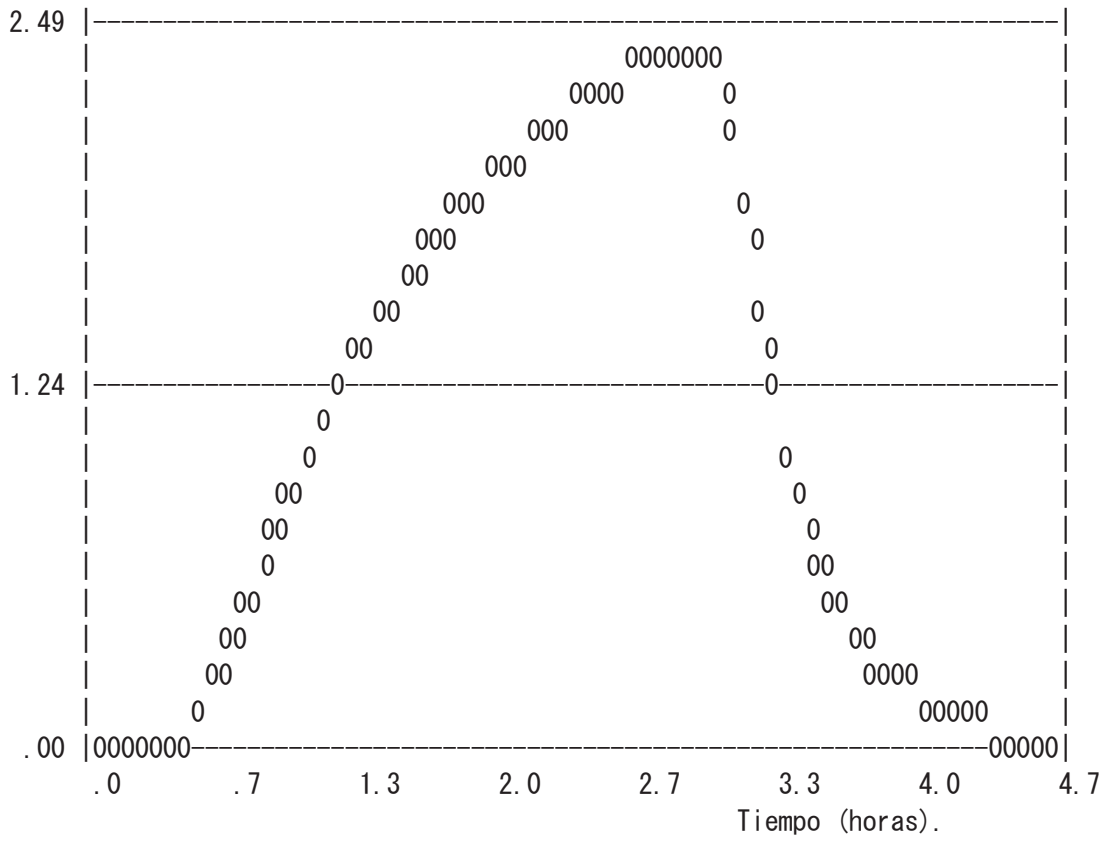
Escorrentia = 32.9 MM .020 HM3  
 Caudal pico = 2.5 M3/S  
 Tiempo al pico = 3.00 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR2 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 5.58 11.16 16.74 22.32\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

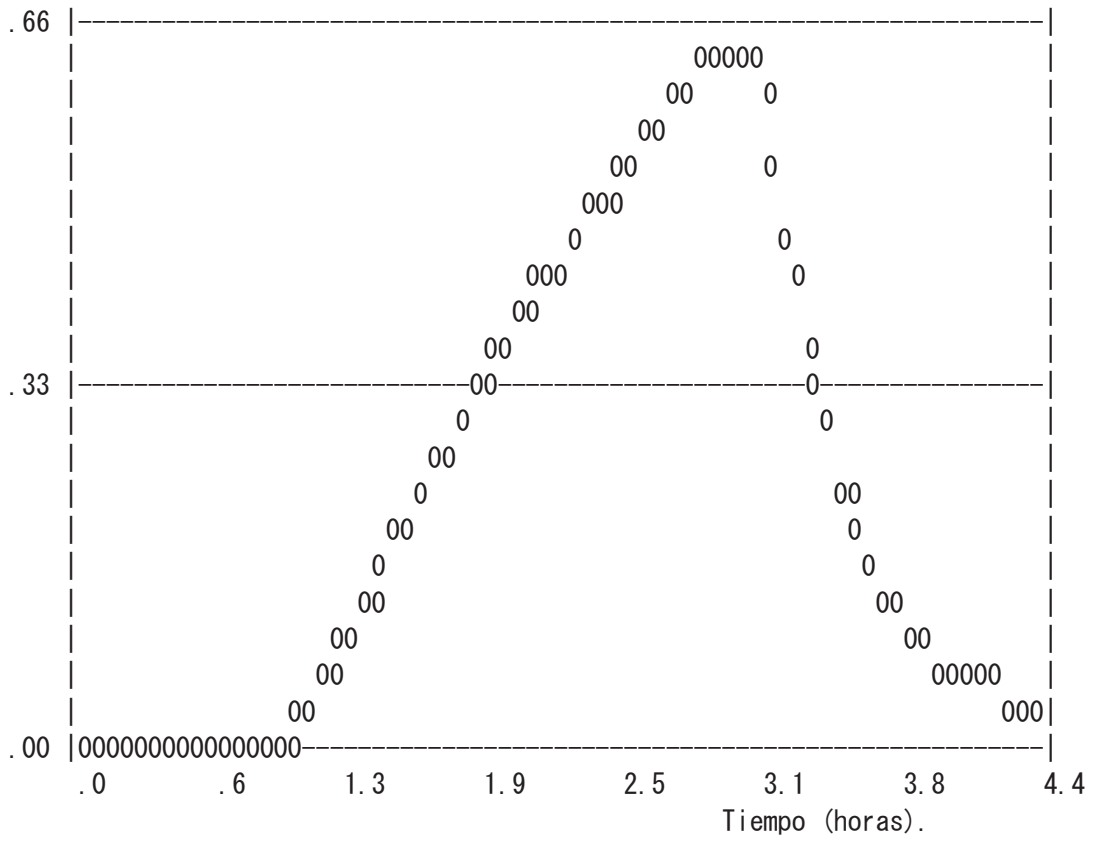
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 5.2 MM .004 HM3  
 Caudal pico = .7 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUESC  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.3	.3	.3	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

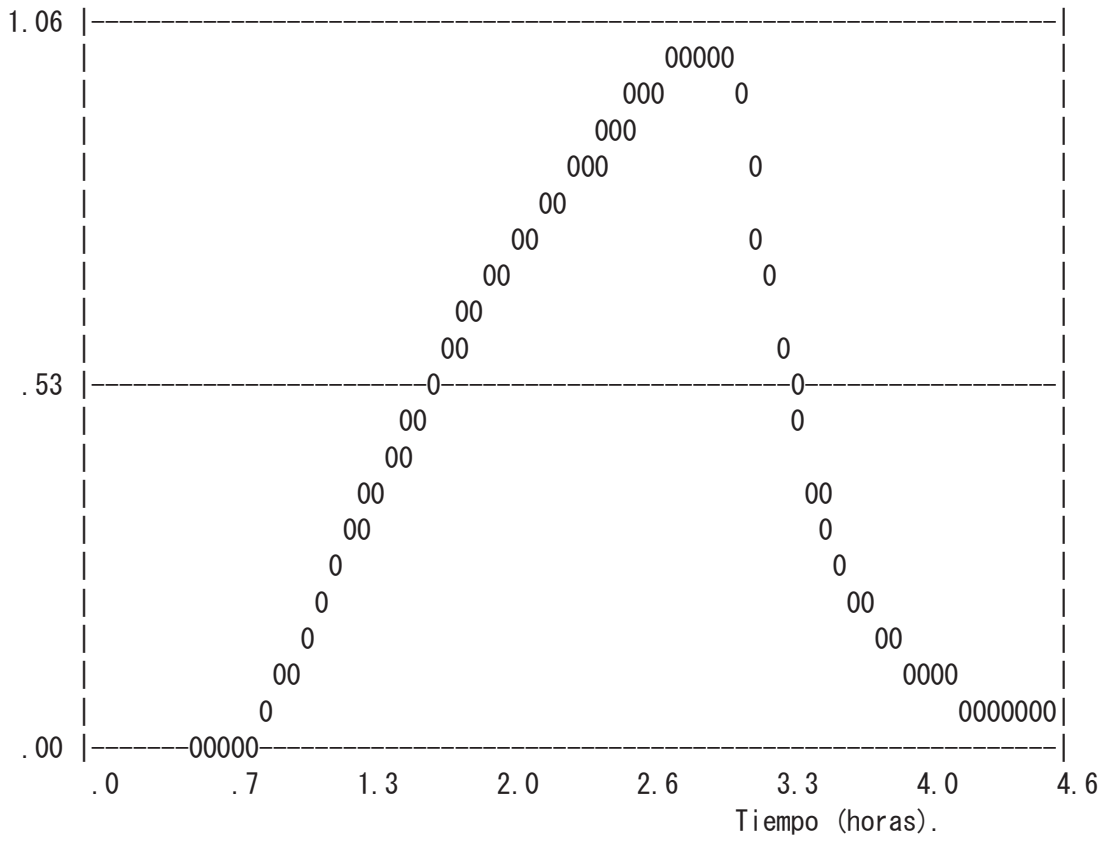
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 9.2 MM .007 HM3  
 Caudal pico = 1.1 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR10 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 8.93 17.86 26.79 35.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

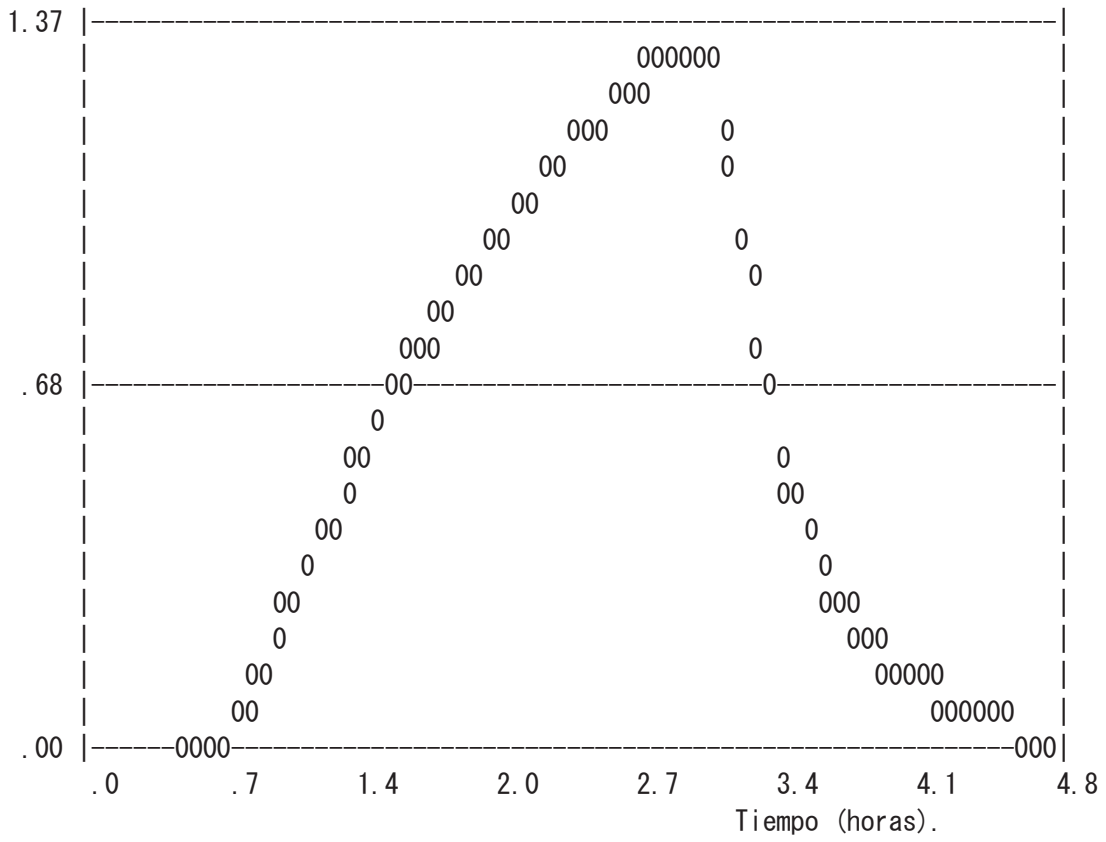
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 12.5 MM .010 HM3  
 Caudal pico = 1.4 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

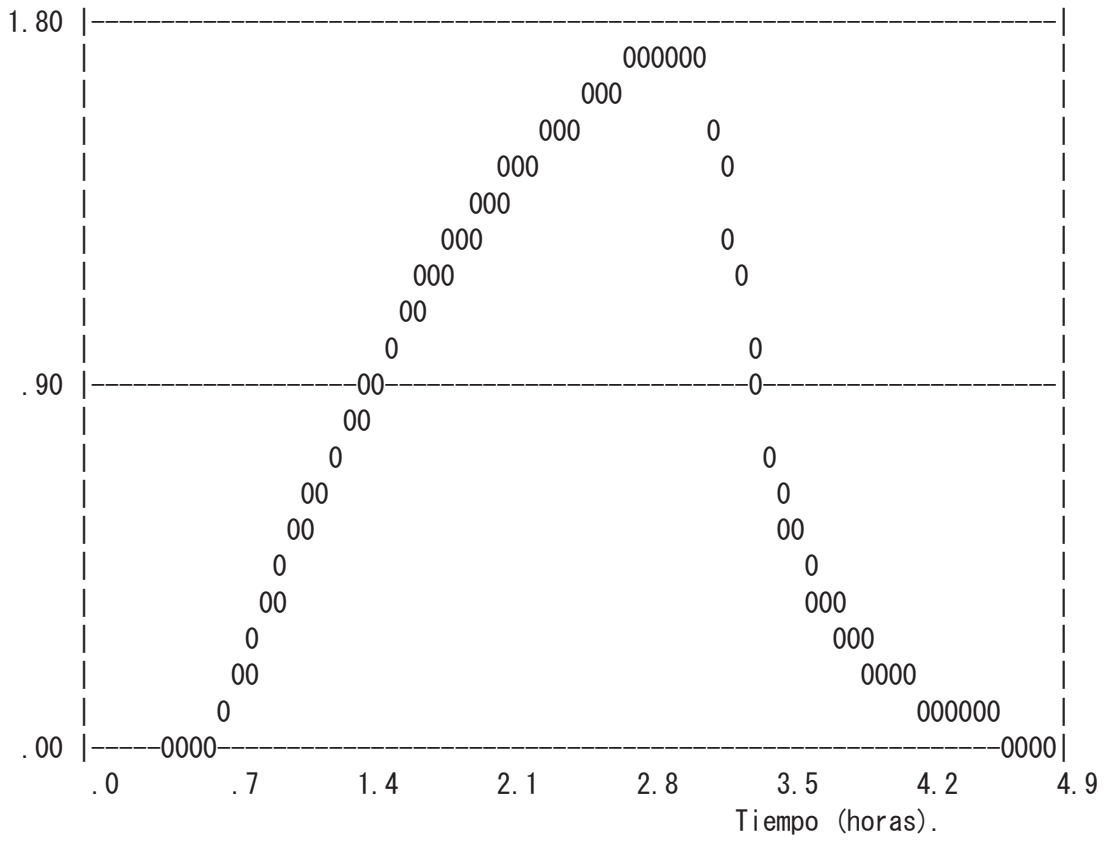
Escorrentia = 17.3 MM .014 HM3  
 Caudal pico = 1.8 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUES  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1
.1	.2	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

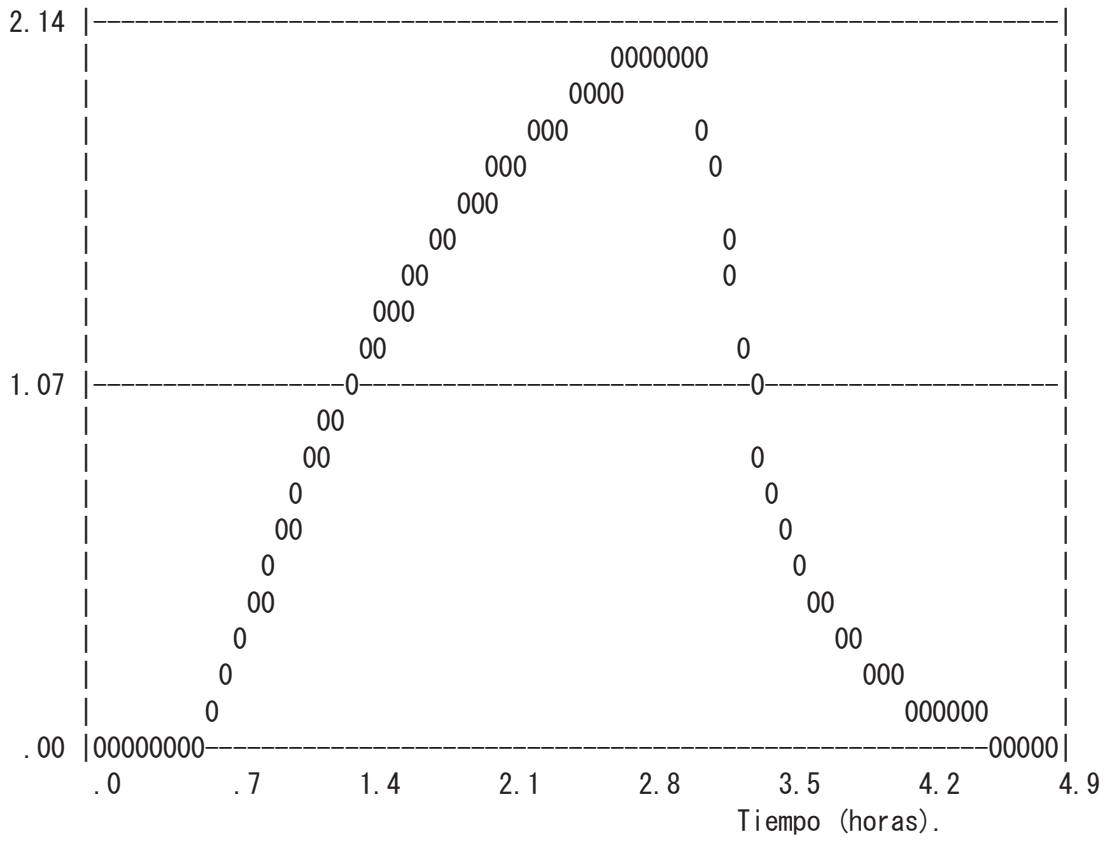
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 21.2 MM .017 HM3  
 Caudal pico = 2.1 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR100 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.2
.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4
.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
.5	.5	.5	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

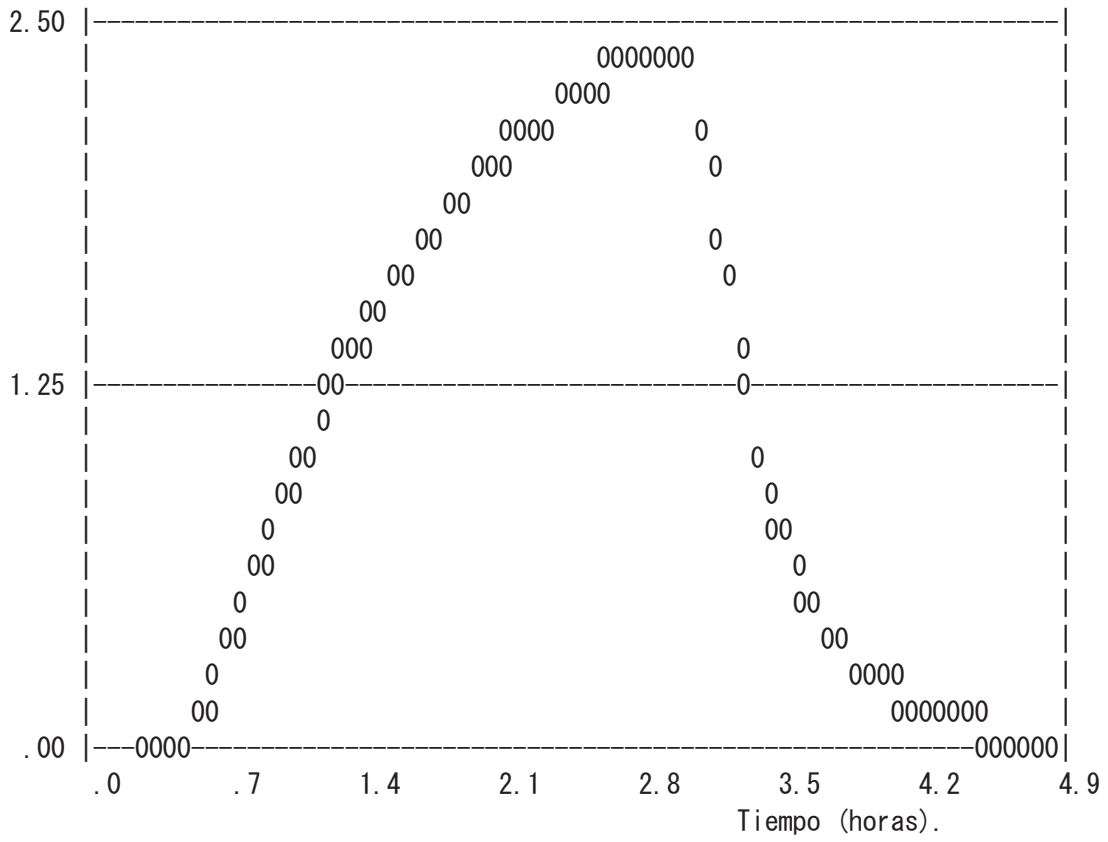
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 25.5 MM .020 HM3  
 Caudal pico = 2.5 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR200 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.2	.2	.2
.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5
.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.7	.7
.7	.7	.7	.7	.7	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrentia = 30.3 MM .024 HM3  
 Caudal pico = 2.9 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C CUENCA DEL BCO. DEL DIABLO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILLOS DE APIÉS, HUE  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.79118 KMC CN=93 IA=-1 HT=155 M  
 L=1.552 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.663 K = .316 HORAS  
 QPU = .4 M3/S TPU = .233 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .047 horas

.000	.096	.218	.307	.356	.370	.359	.332	.298	.260	.224	.193
.167	.144	.124	.107	.092	.080	.069	.059	.051	.044	.038	.035
.033	.031	.030	.029	.027	.026	.025	.023	.022	.021	.020	.019
.018	.017	.017	.016	.015	.014	.014	.013	.012	.012	.011	.011
.010	.010										

Hietograma efectivo con dt = .047 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.2	.2	.3	.3
.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.6
.6	.6	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.7	.7	.7	.7
.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7
.7	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8
.8	.8	.8	.8	.8	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0										

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

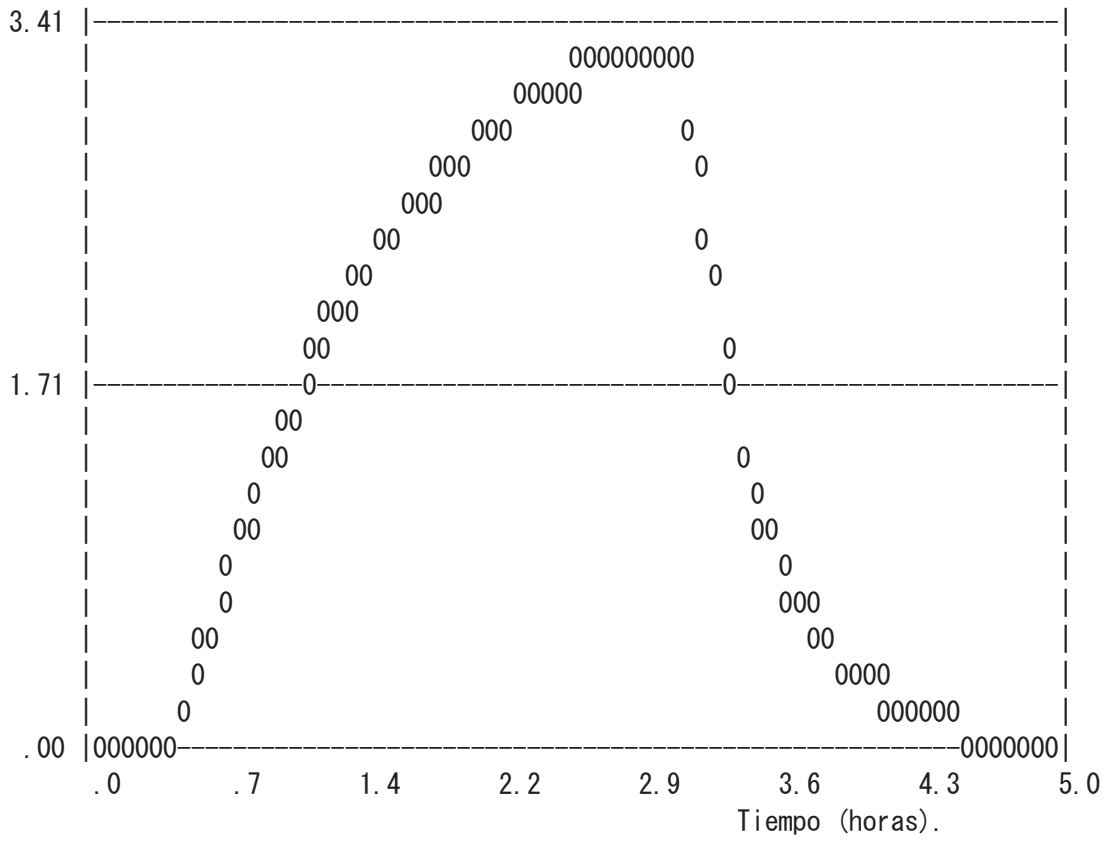
Escorrentia = 36.8 MM .029 HM3  
 Caudal pico = 3.4 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1



0= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



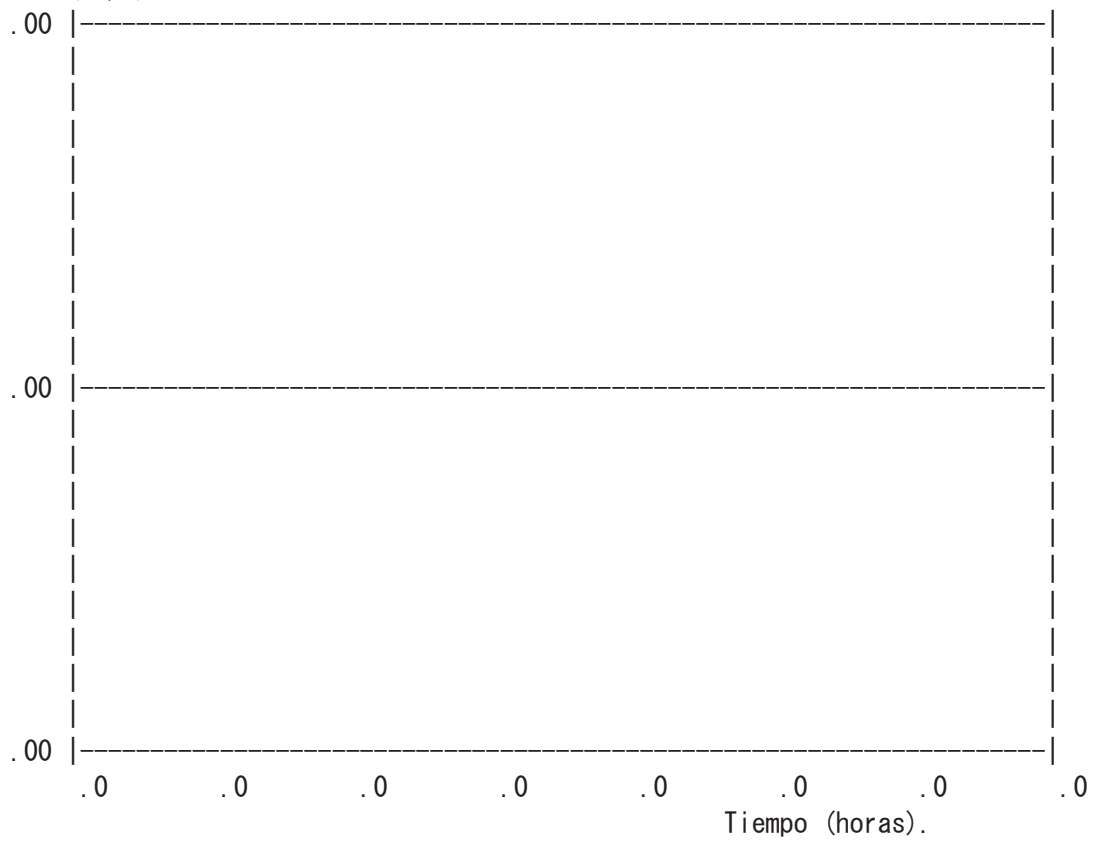
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



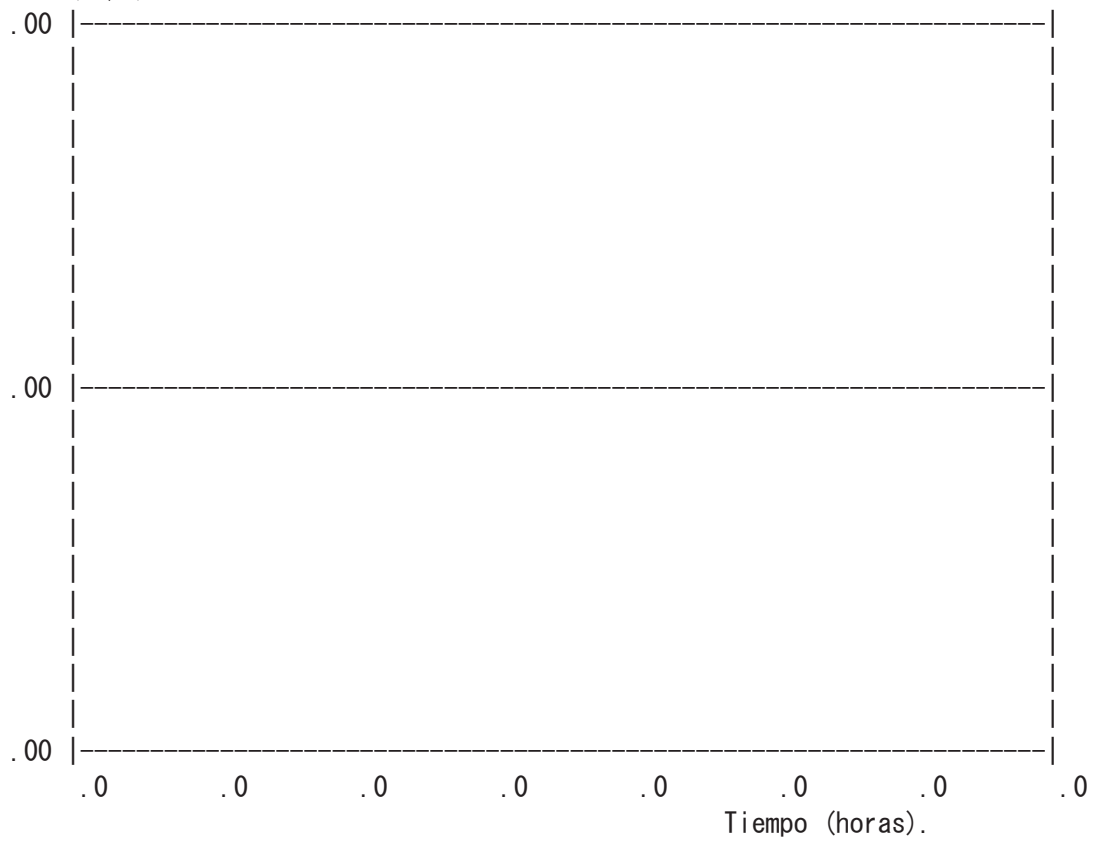
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



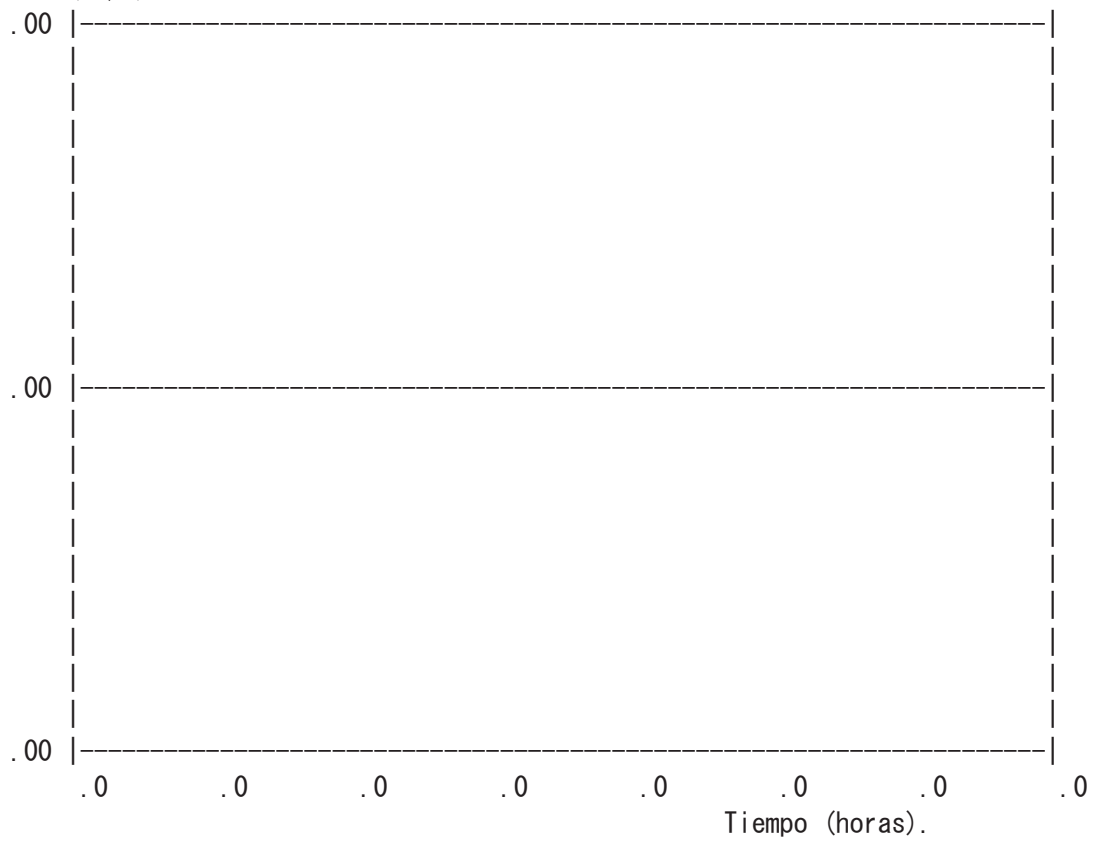
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

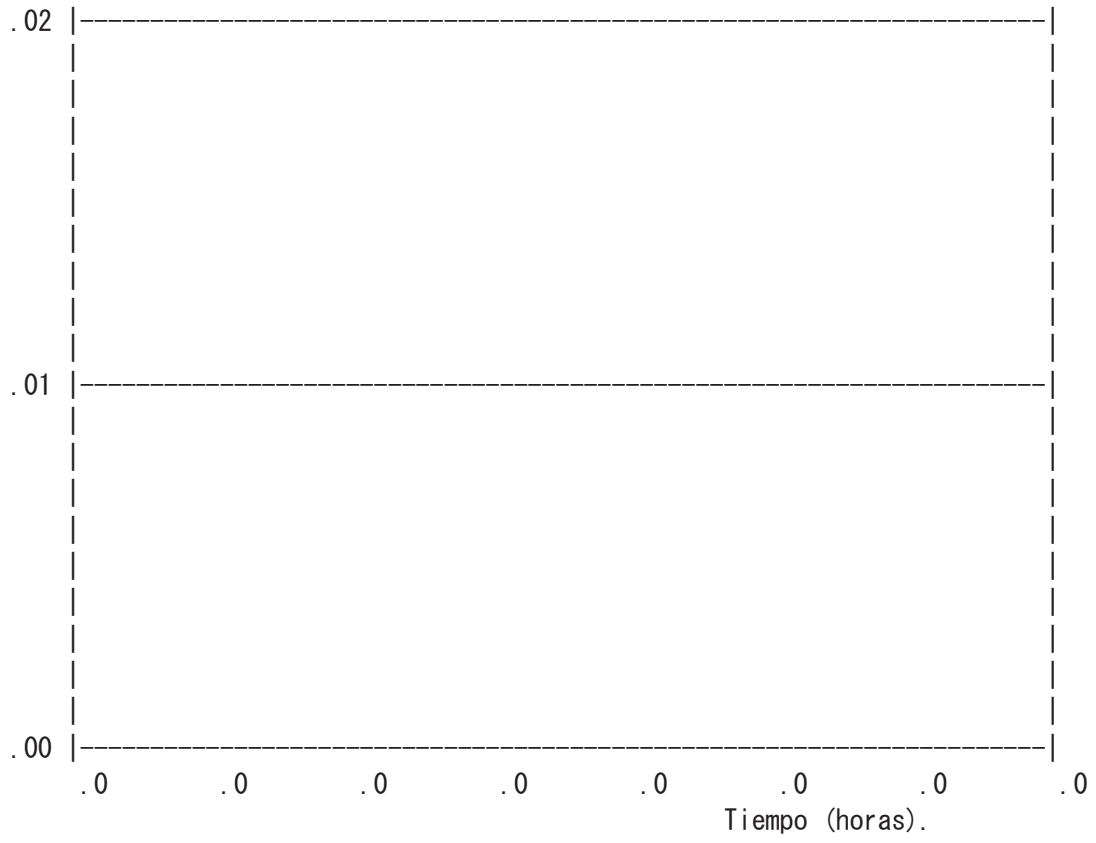




GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



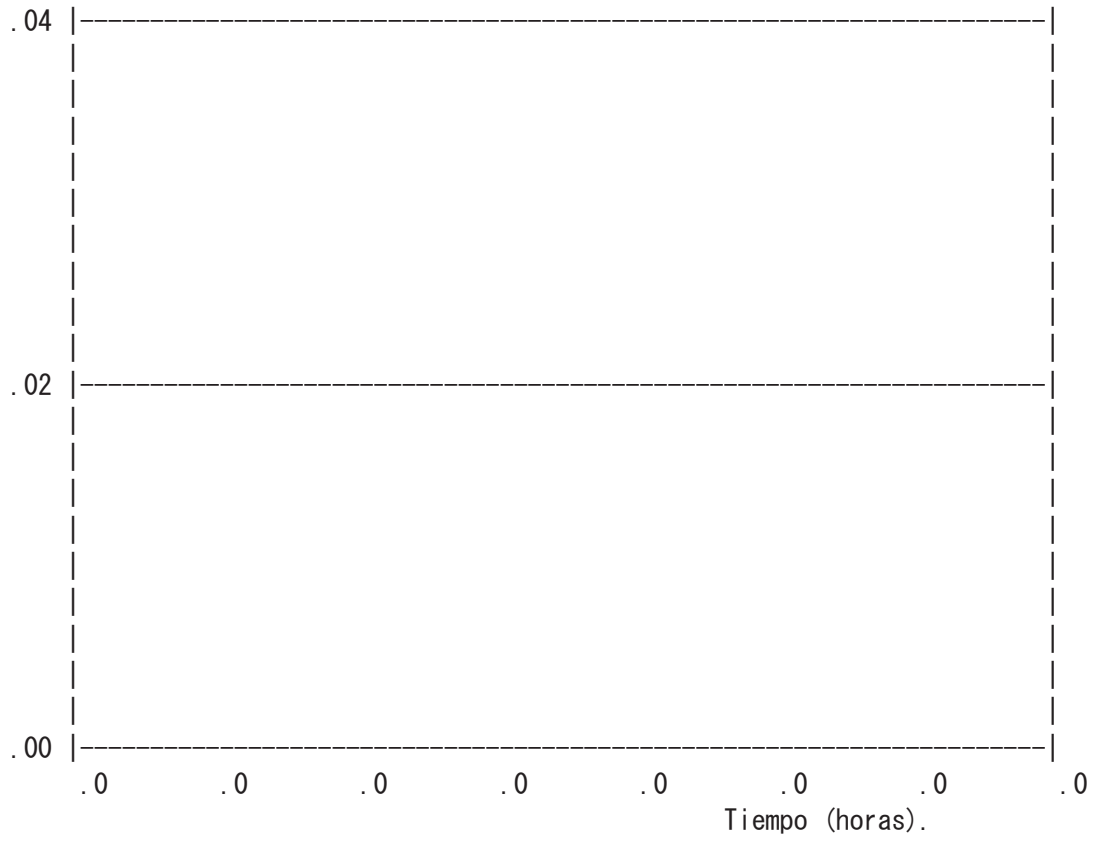
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



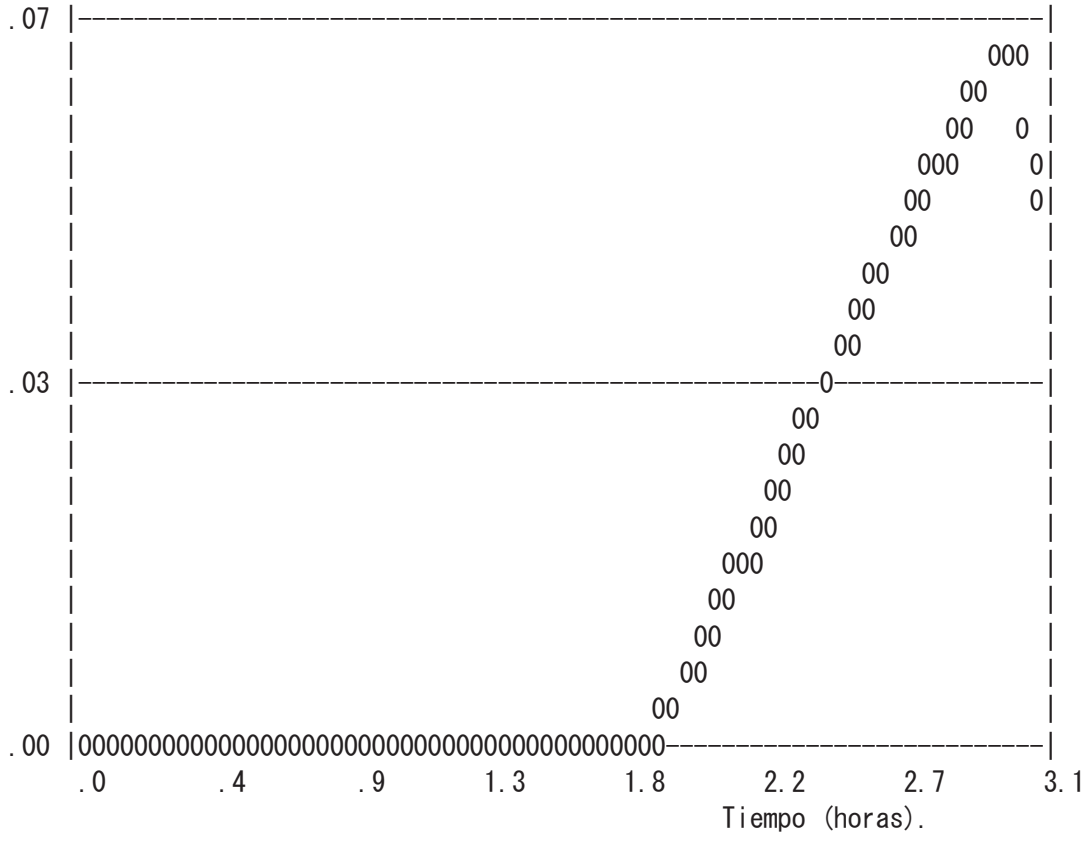
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

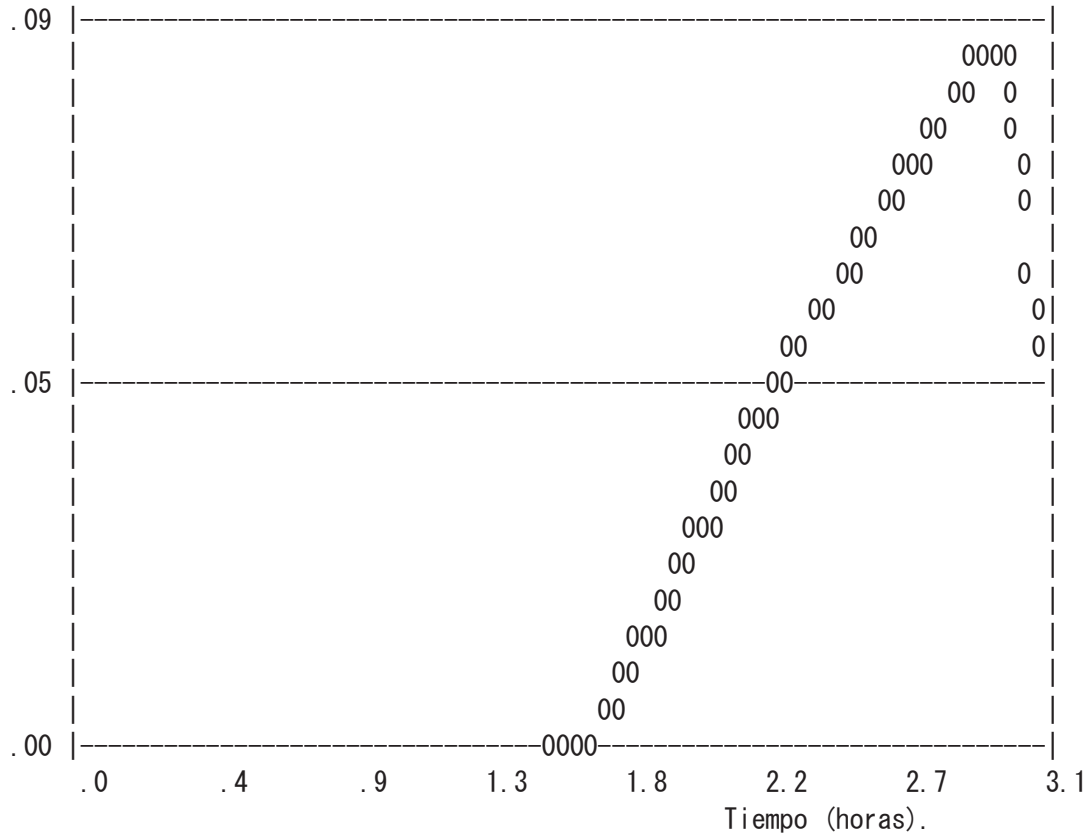


Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN



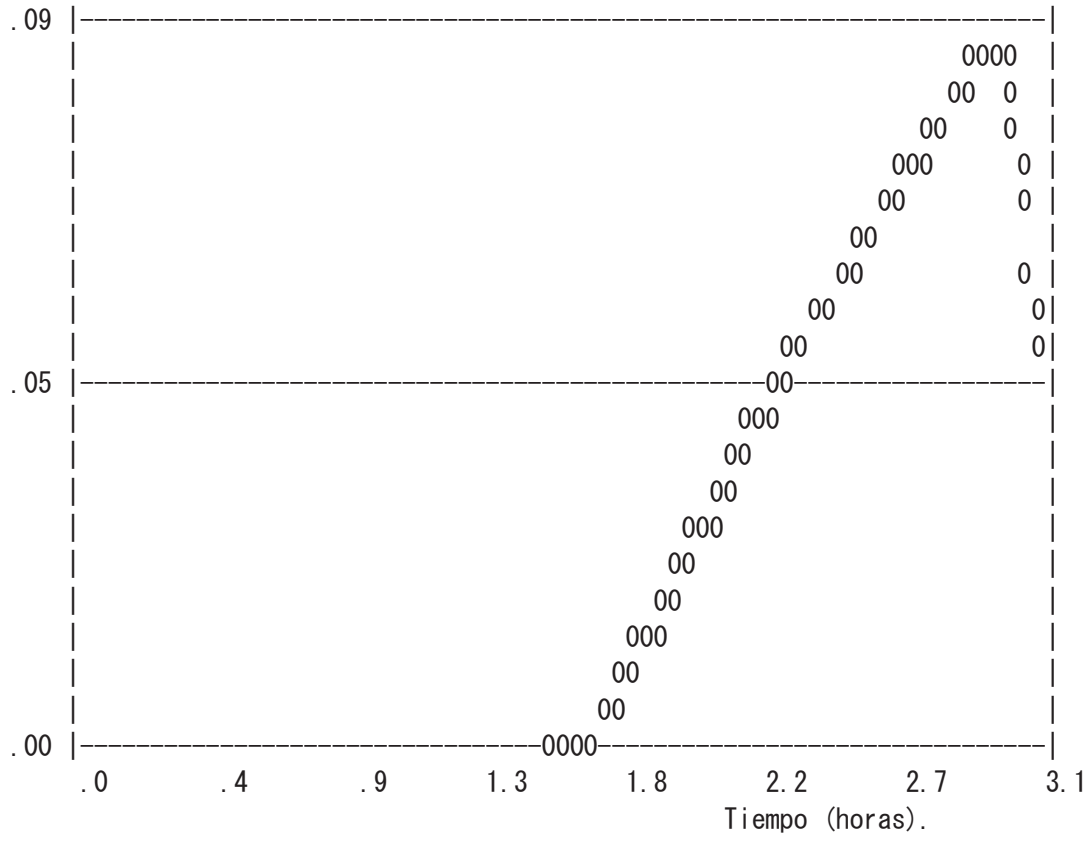


Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=68 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 23.9 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

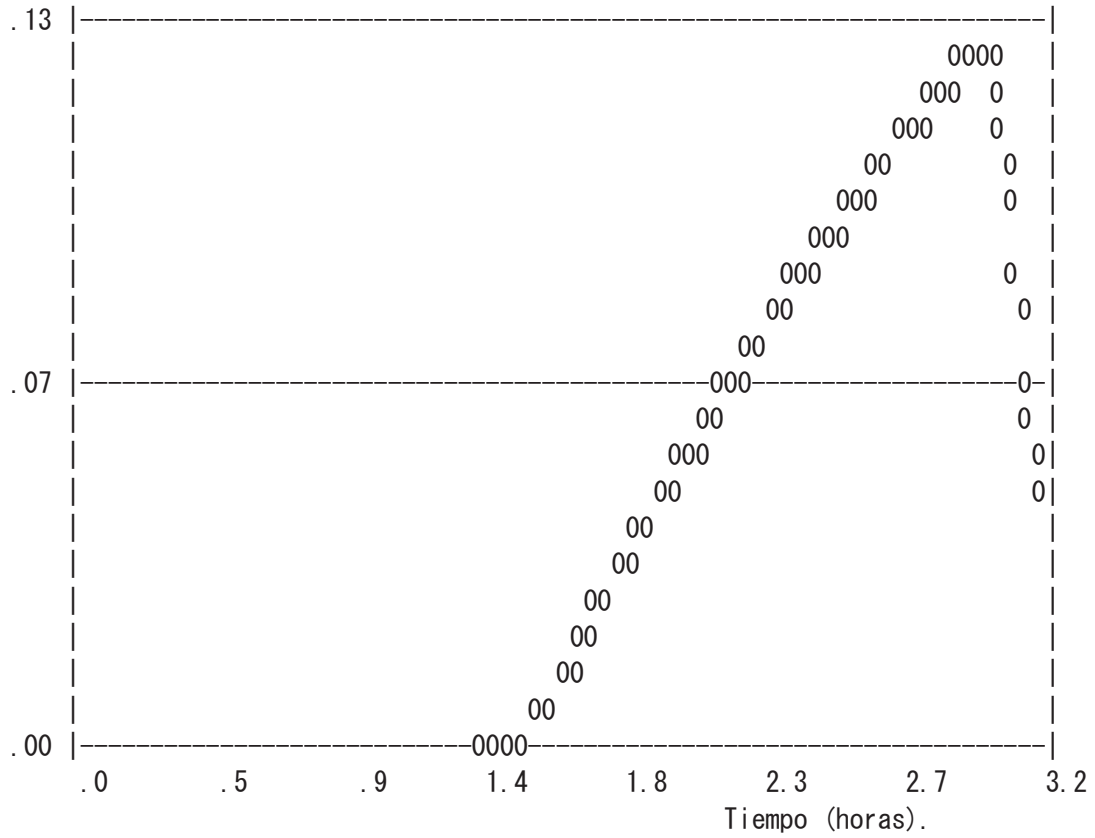
Escorrent.a = 6.2 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .1 M3/S

Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



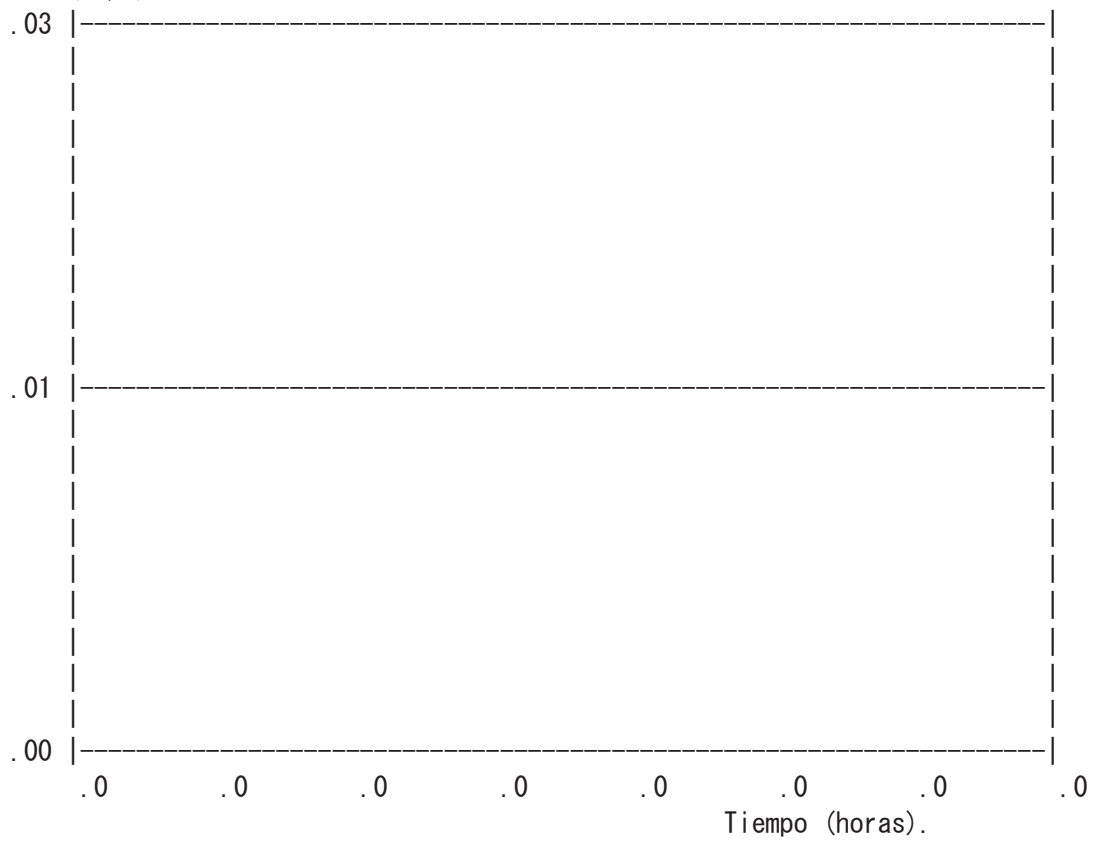
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



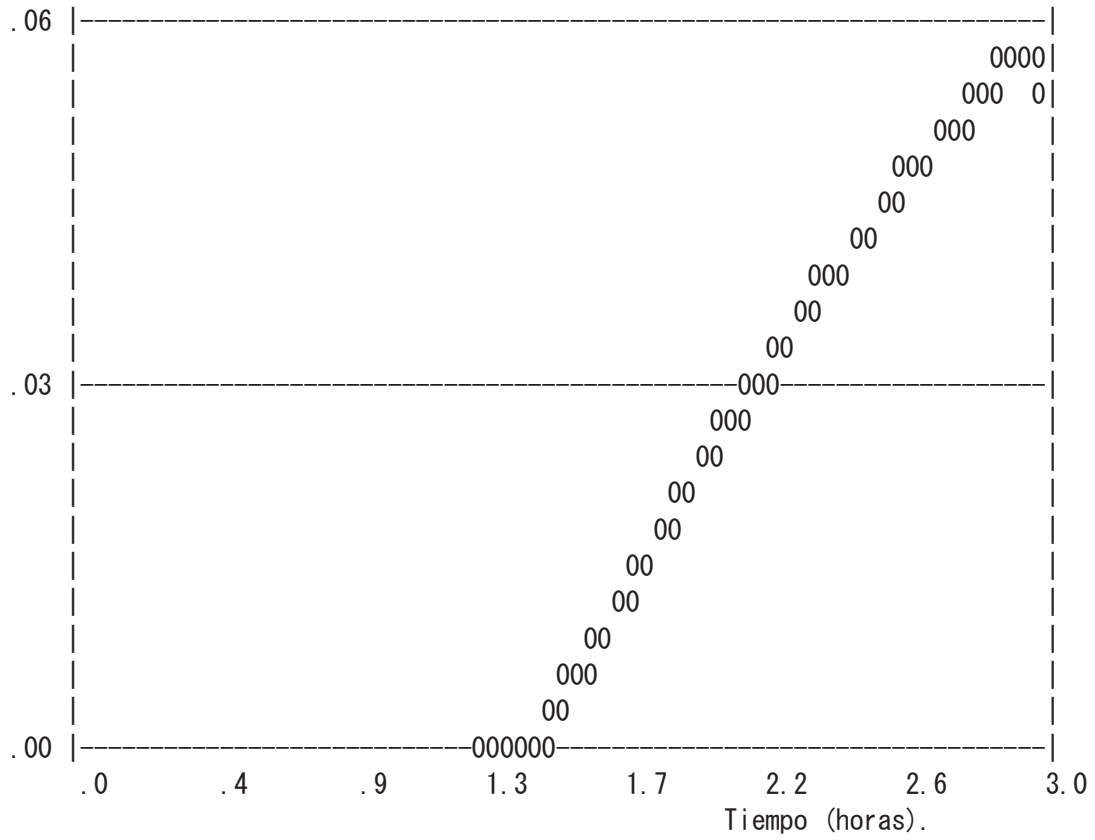
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

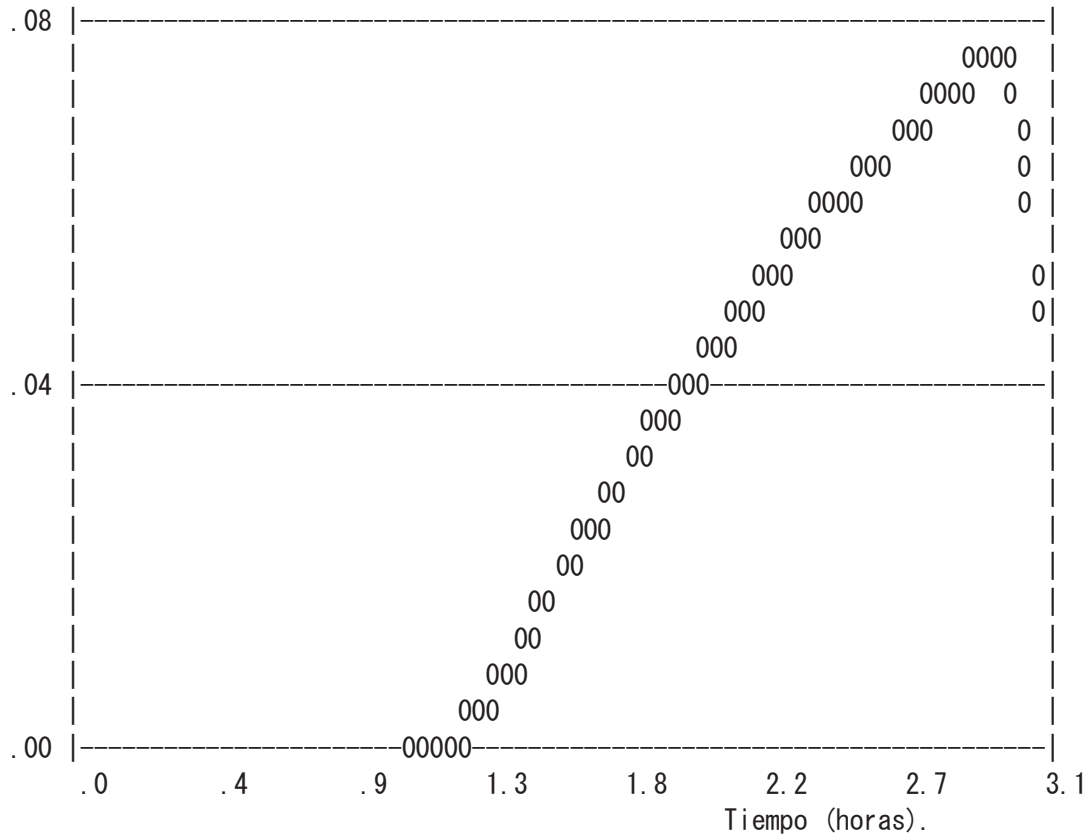




GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR25 (VERTEDERO DE FORNILLO  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=84 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 10.88 21.76 32.64 43.52\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 9.7 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

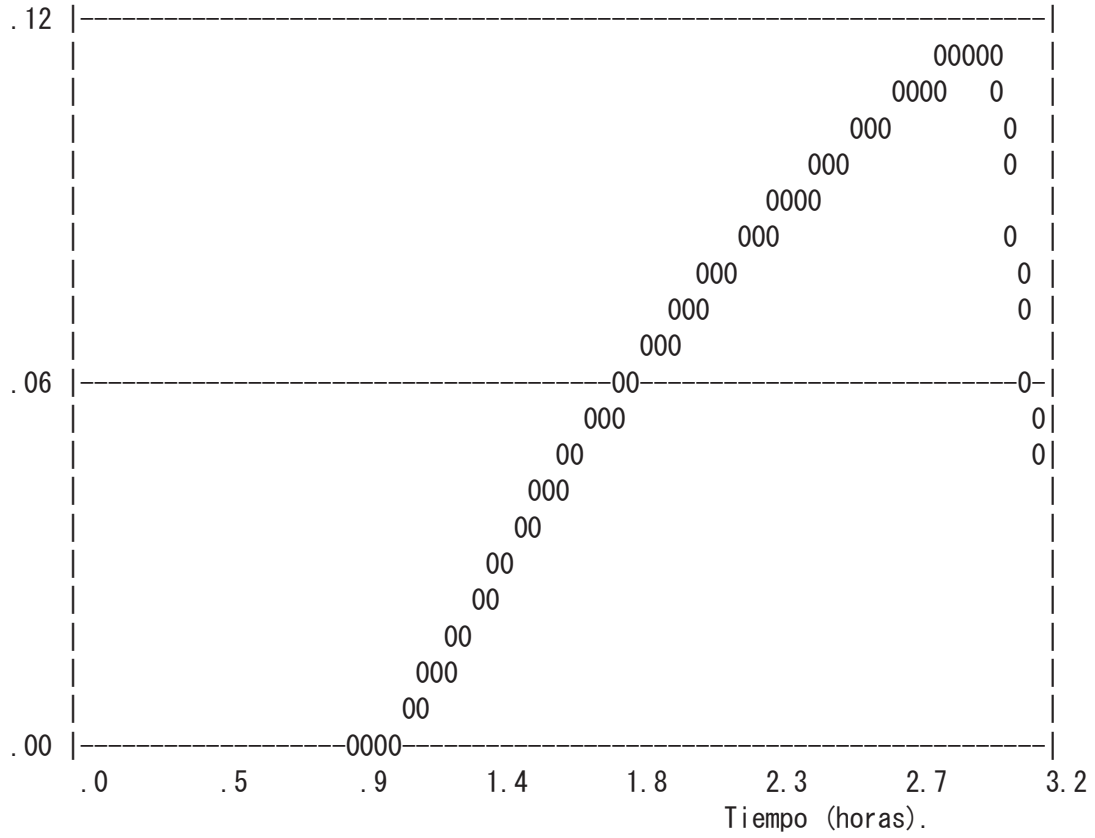
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 7.4 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .1 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLO  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=84 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 9.7 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

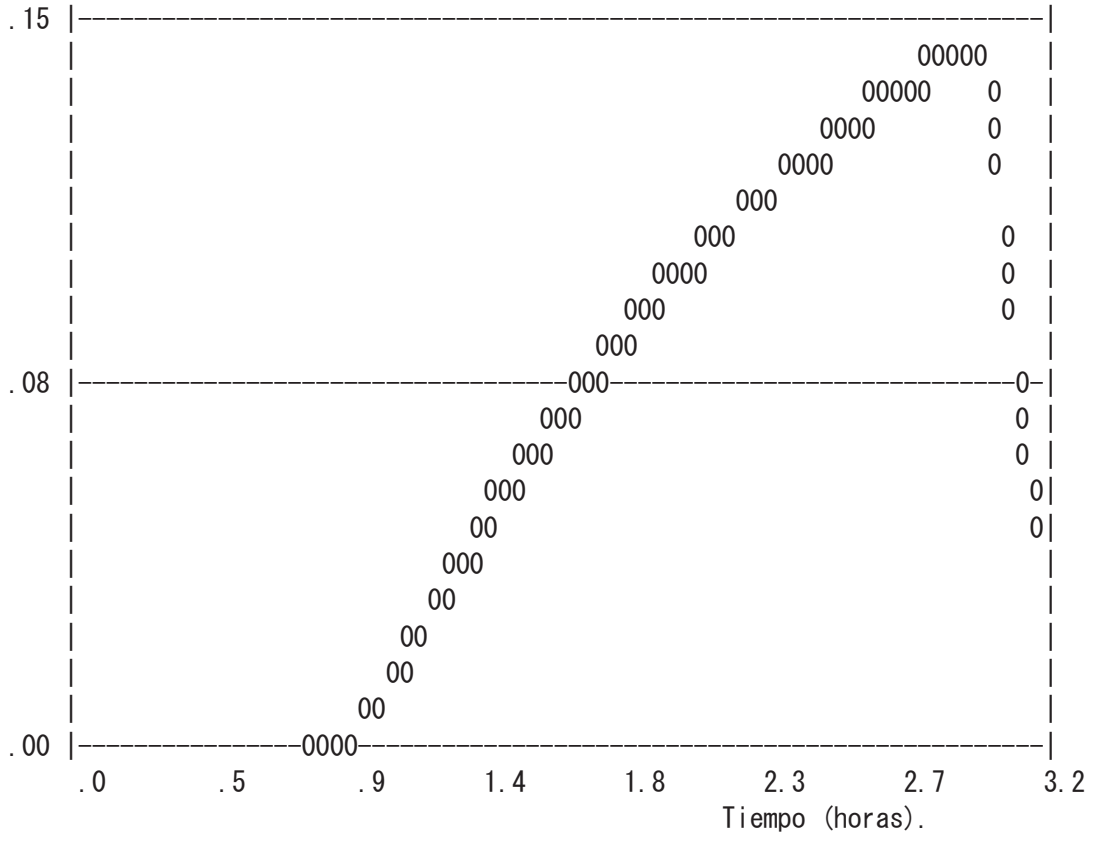
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 10.0 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR100 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=84 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 9.7 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

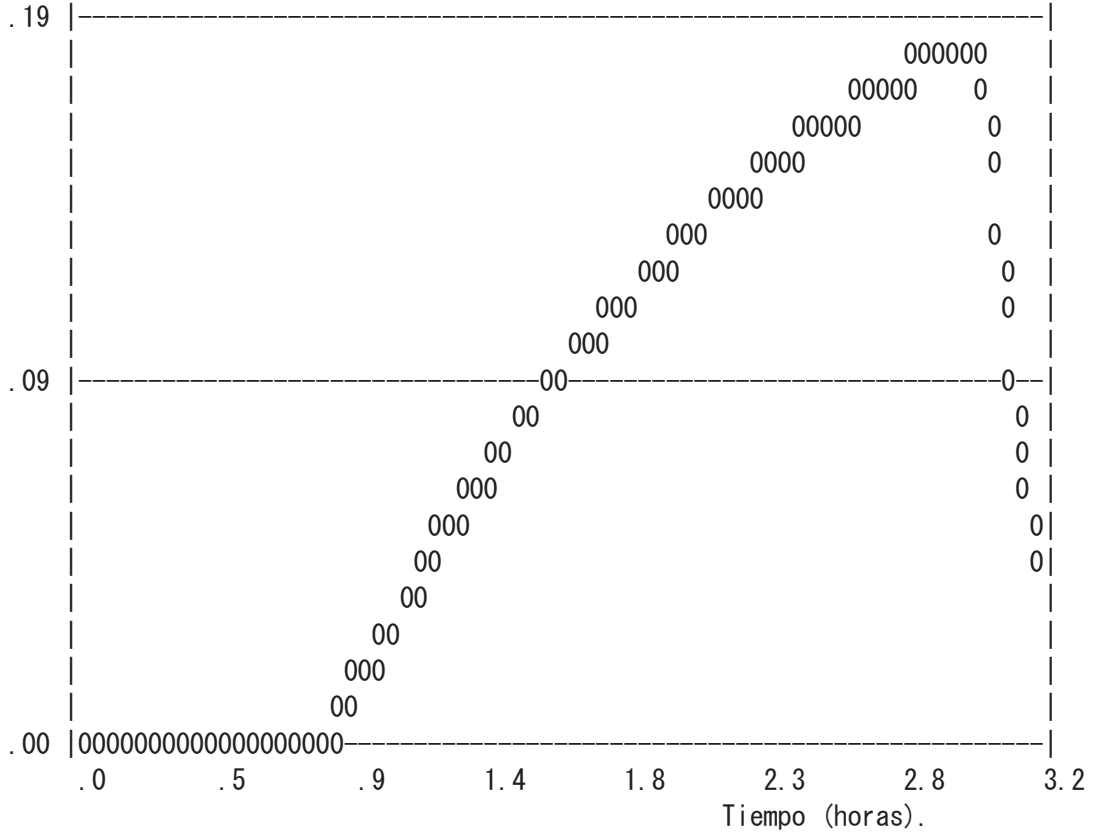
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 13.0 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

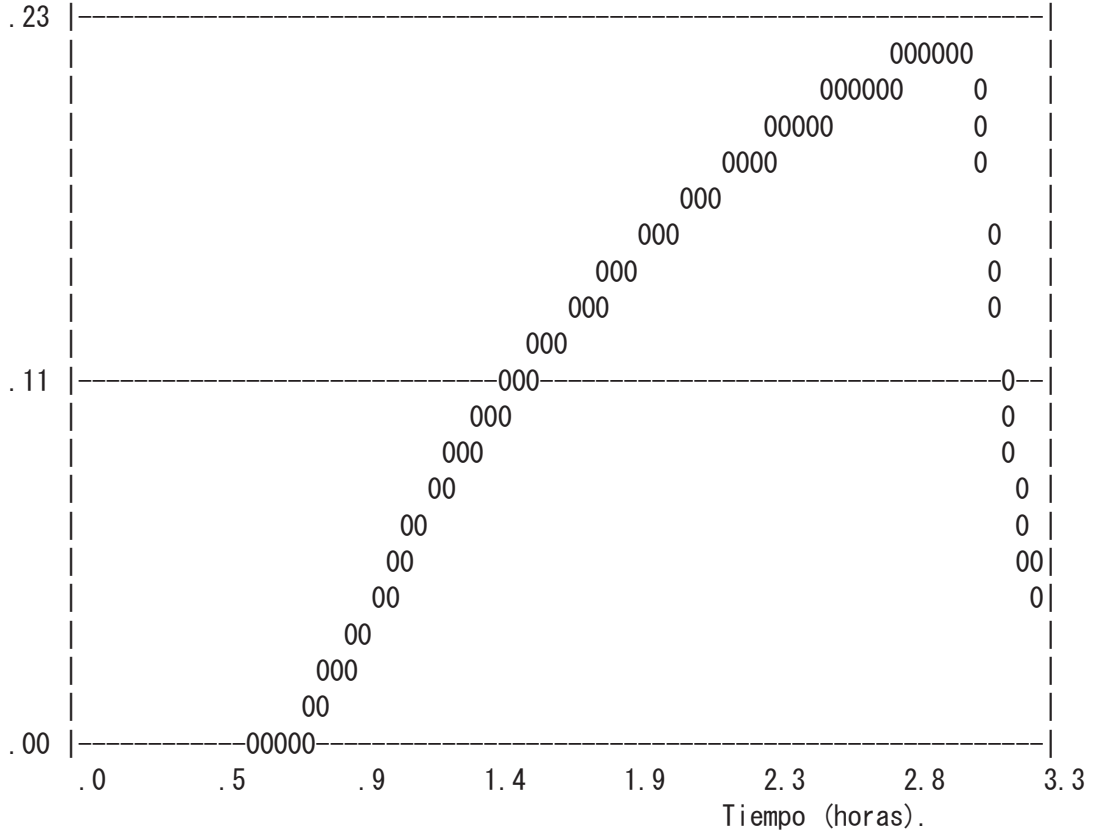




GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=84 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 9.7 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

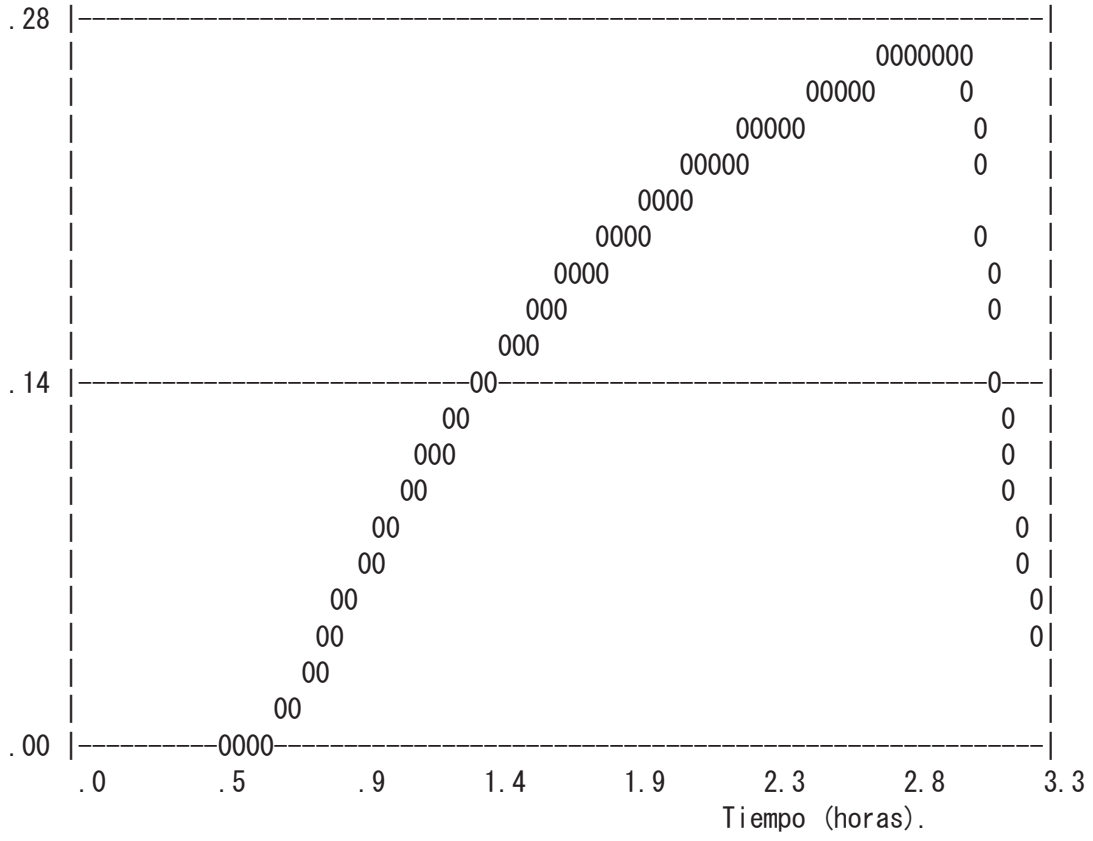
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 21.6 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



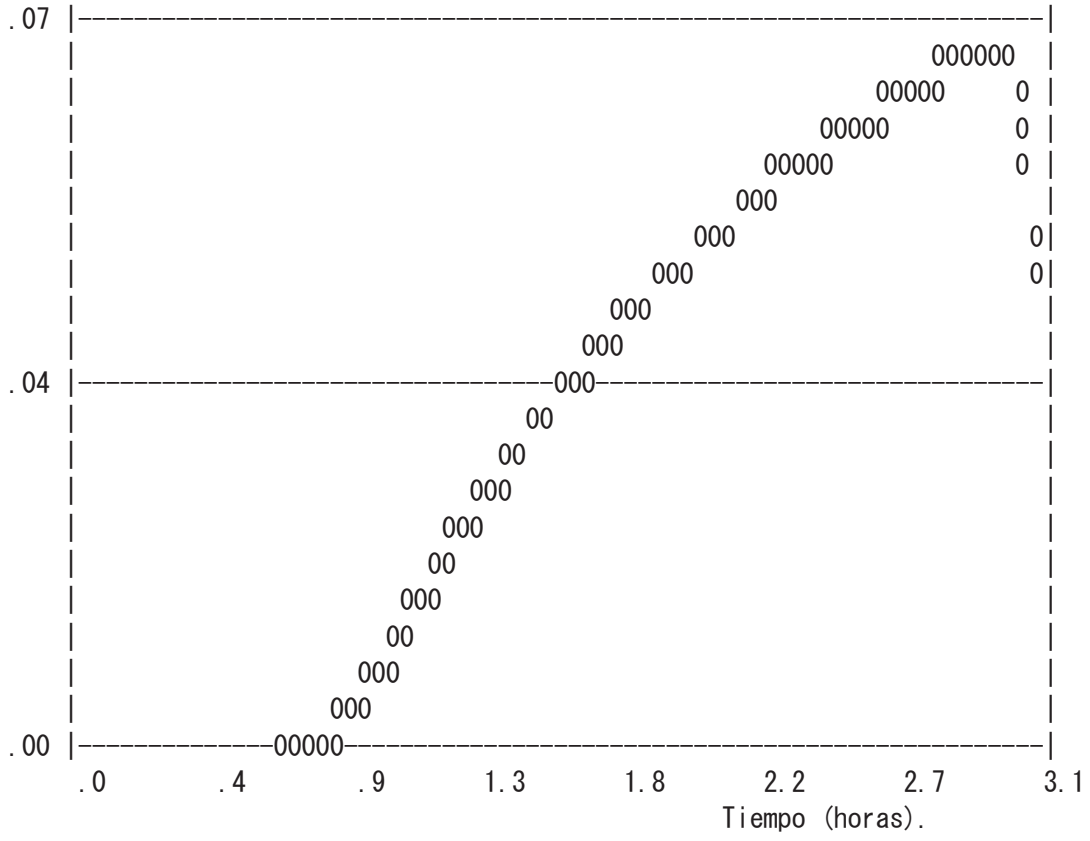
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR5 (VERTEDERO DE FORNILLOS  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=93 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 7.49 14.98 22.47 29.96\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

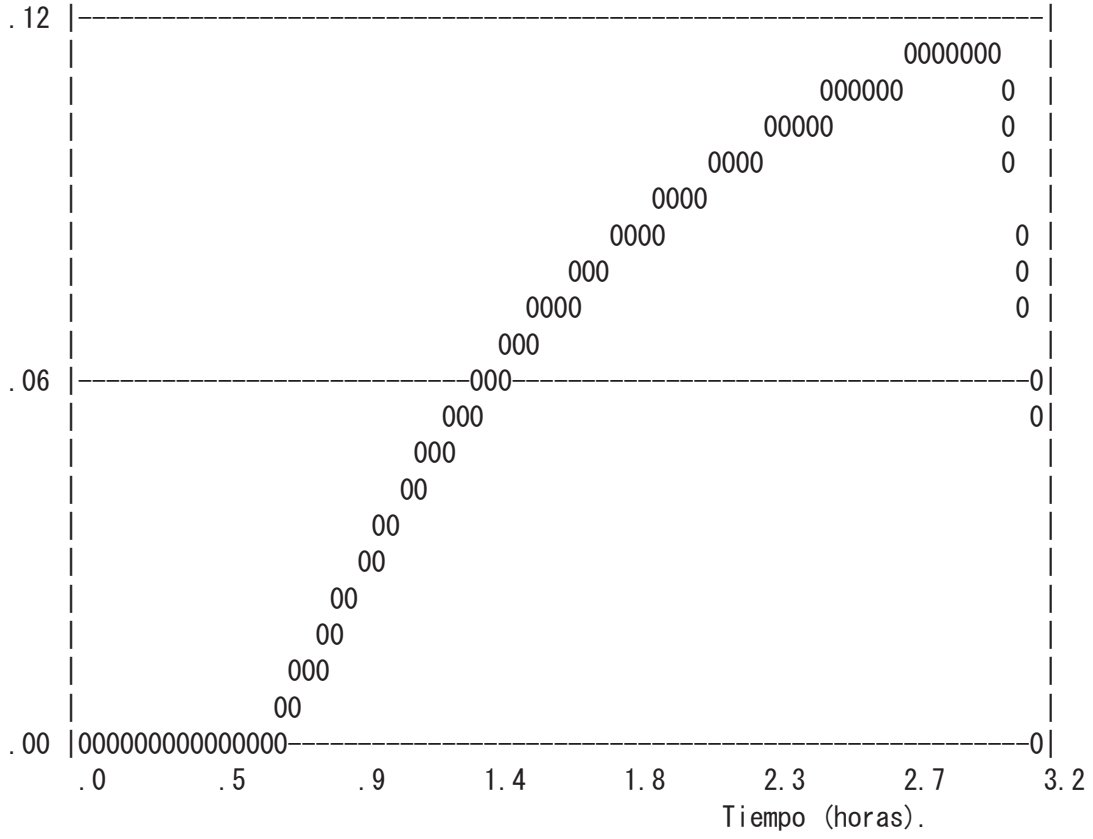
Escorrent.a = 9.2 MM .001 HM3  
 Caudal pico = .1 M3/S

Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

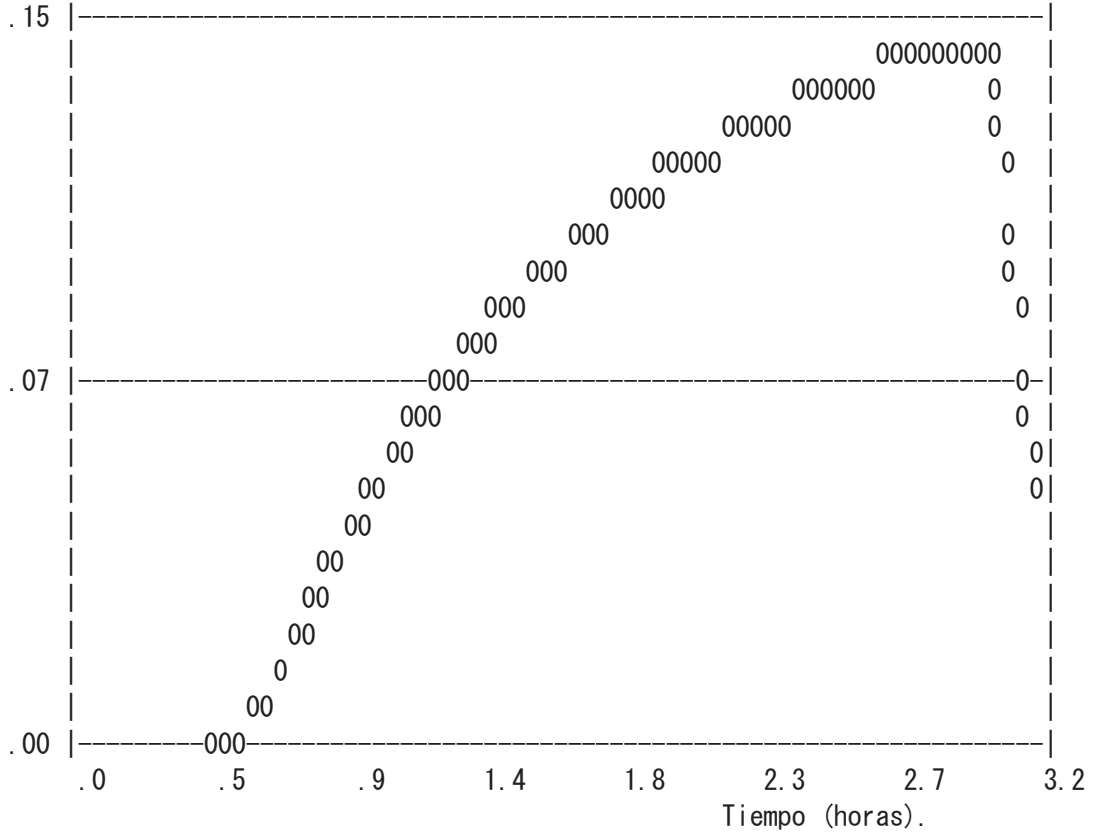




GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



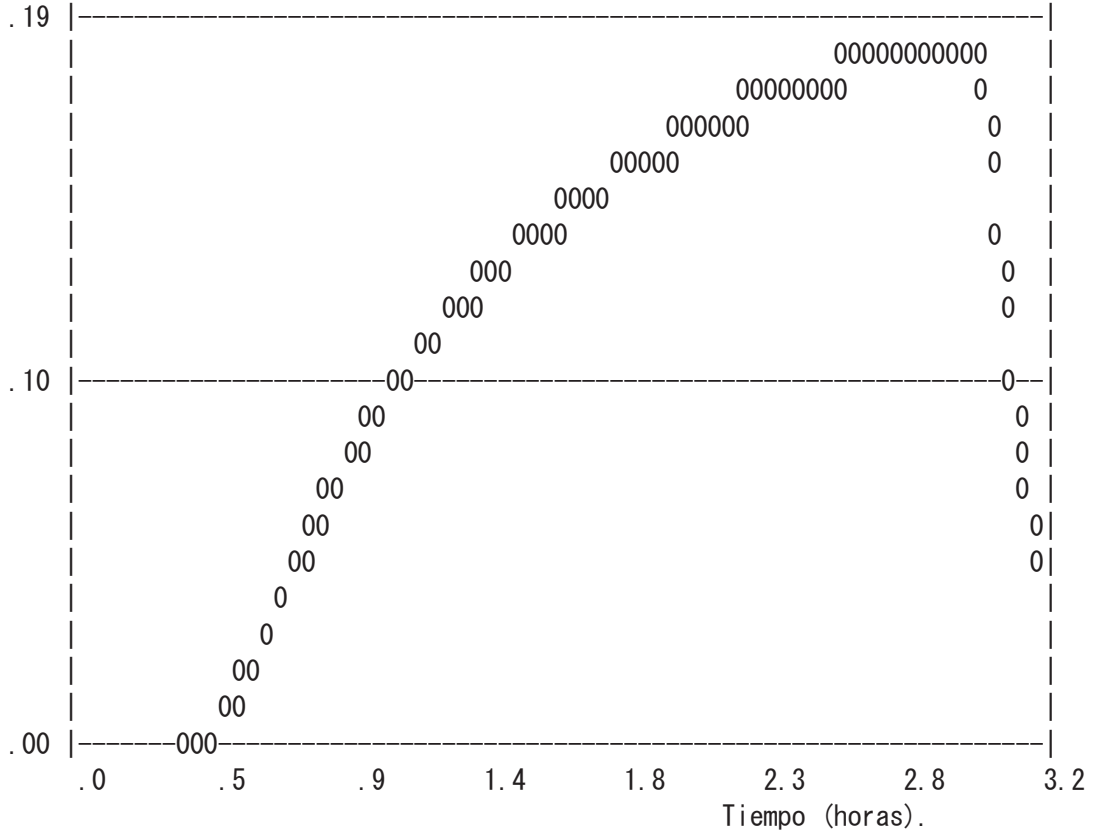
FIN



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR50 (VERTEDERO DE FORNILLO  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=93 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 12.41 24.82 37.23 49.64\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

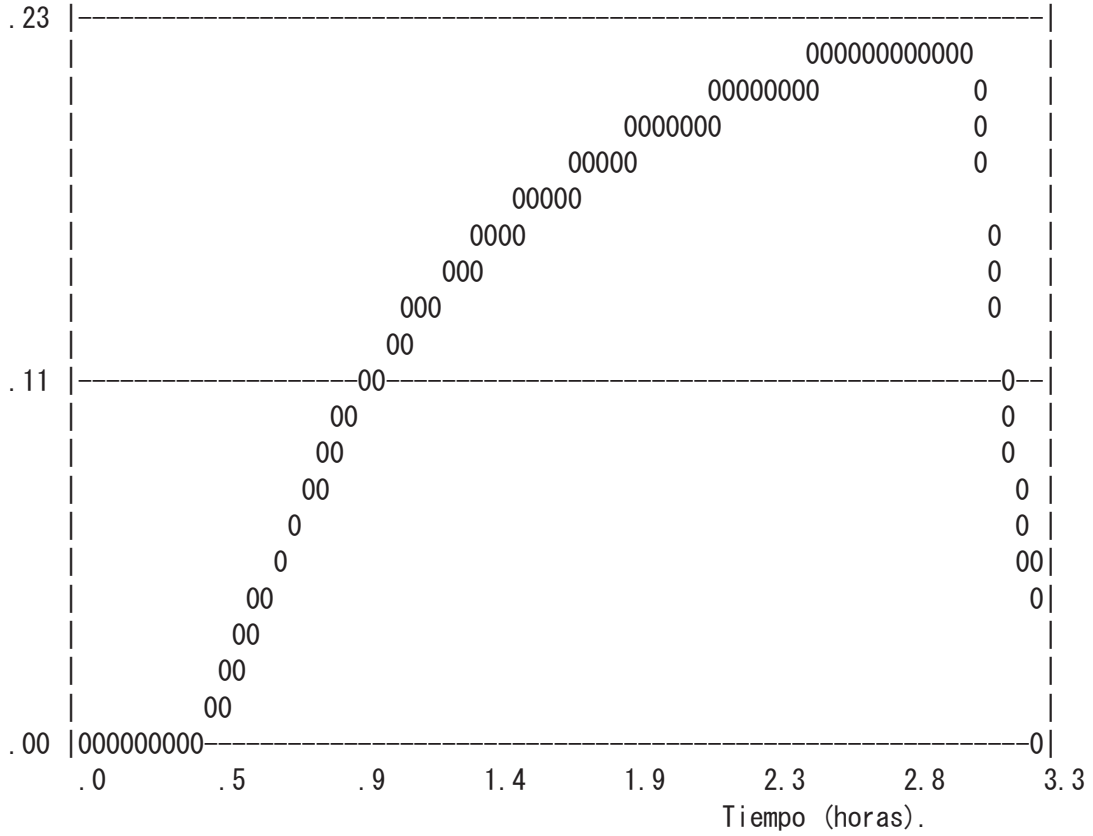
Escorrent.a = 21.2 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .2 M3/S

Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR100 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=93 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 14.04 28.08 42.12 56.16\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

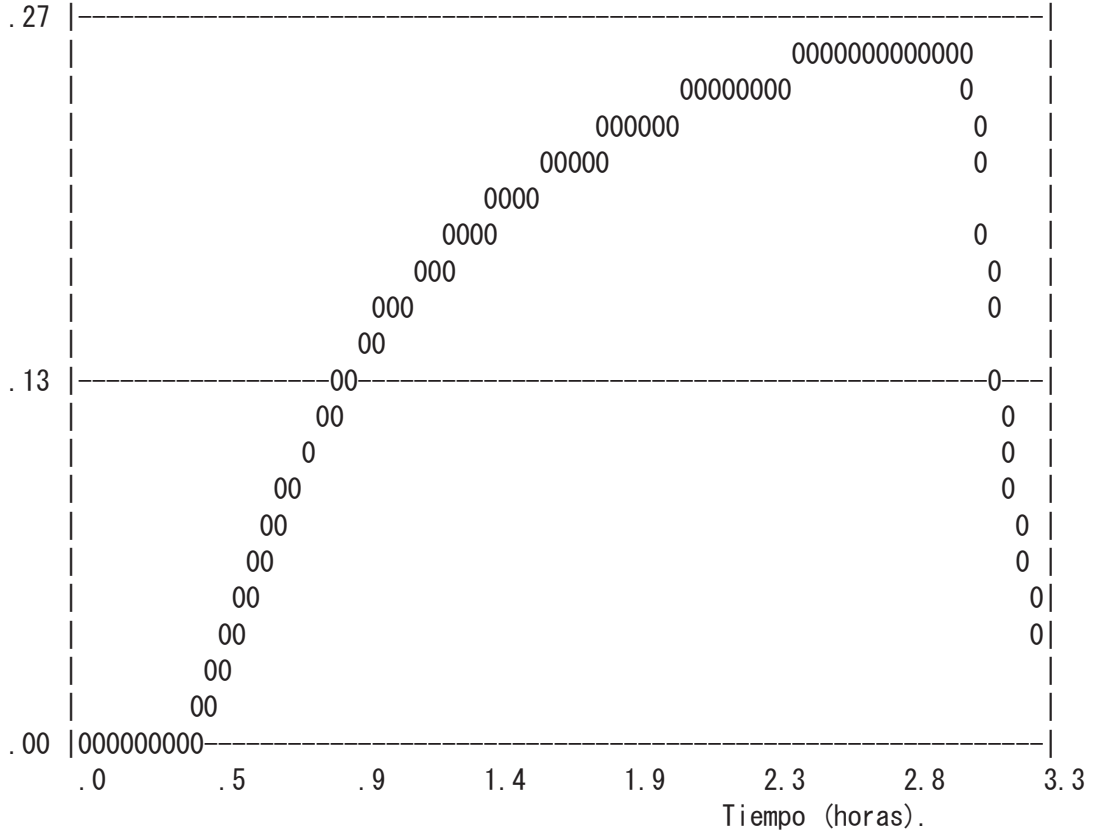
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 25.5 MM .002 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR200 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=93 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 15.81 31.62 47.43 63.24\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

HIDROGRAMA DEL AREA 301

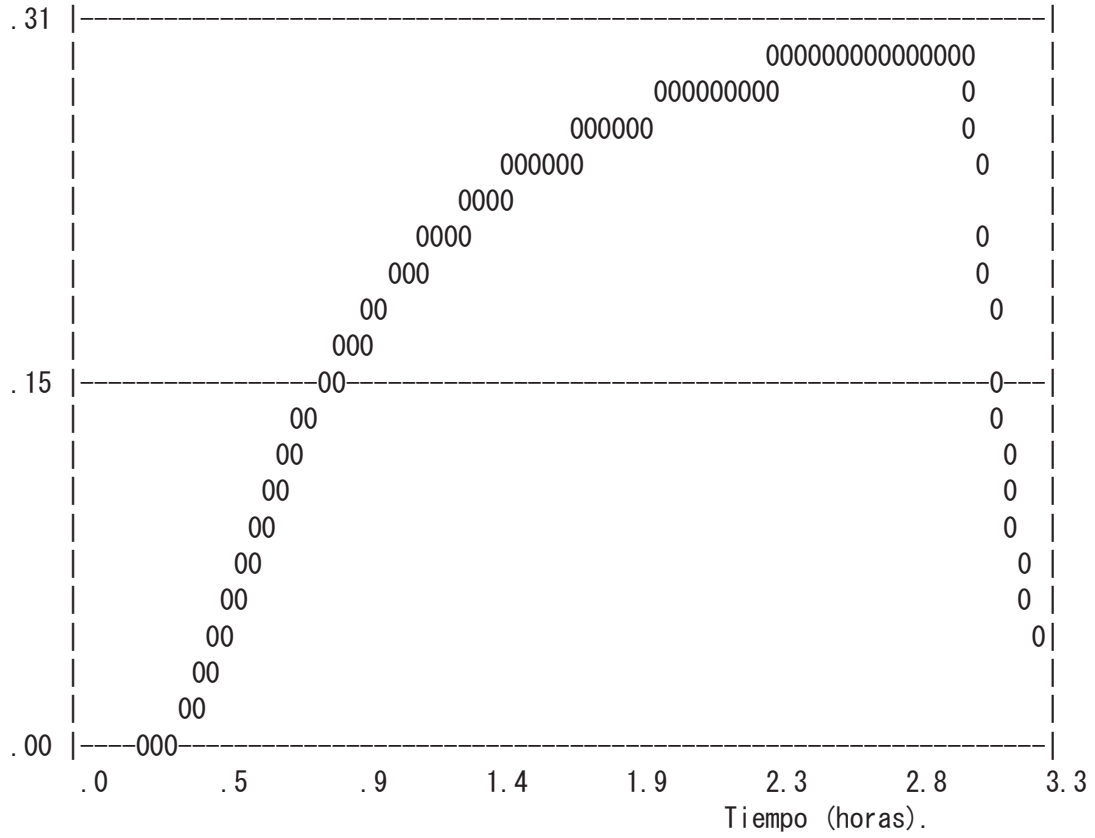
Escorrent.a = 30.3 MM .003 HM3  
 Caudal pico = .3 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas



GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN

C APLICACION DEL MODELO ARHYMO A LA  
 C SUPERFICIE SITA AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO. TR500 (VERTEDERO DE FORNILL  
 C simulacion.  
 INICIA COMIENZA 0.0 HR COD=0

RURHIDRO HID=301 DT=60 MIN A=0.092805 KMC CN=93 IA=-1 HT=115 M  
 L=0.544 KM  
 NPREC=0 CURVA DE MASA DE LLUVIA 0 18.18 36.36 54.54 72.72\*

CALCULO HIDROGRAMA DEL AREA 301

N = 2.060 K = .155 HORAS  
 QPU = .1 M3/S TPU = .082 HORAS

Hidrograma unitario con dt = .016 horas

.000	.040	.067	.084	.092	.094	.093	.088	.082	.075	.068	.061
.055	.050	.045	.040	.036	.032	.029	.026	.024	.021	.019	.017
.015	.014	.013	.011	.010	.009						

Hietograma efectivo con dt = .016 horas Ia= 3.8 mm

.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
.2	.2	.2	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
.3	.3	.3	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0							

IMPHIDRO HID=301 COD=1 DT=0

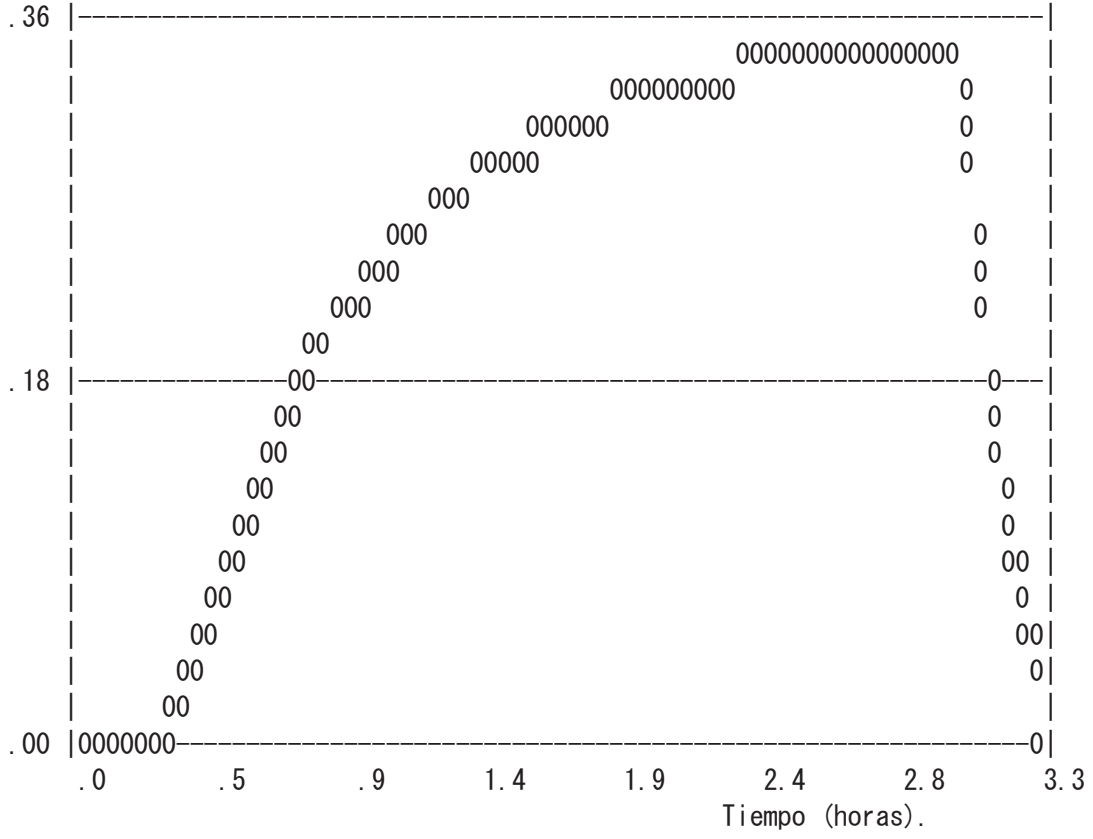
HIDROGRAMA DEL AREA 301

Escorrent.a = 36.8 MM .003 HM3  
 Caudal pico = .4 M3/S  
 Tiempo al pico = 2.99 horas

GRAFHID HID=301 \* ID=1

O= HIDROGRAMA AREA 301

CAUDAL (M3/S)



FIN