

materia
Hidroloxía

unidade didáctica **5**

Hidrogramas

Montserrat Valcárcel Armesto
Departamento de Enxeñería Agroforestal
Escola Politécnica Superior de Lugo



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA



unidade didáctica 5

Hidrogramas

Montserrat Valcárcel Armesto

Departamento de Enxeñería Agroforestal
Escola Politécnica Superior de Lugo



© Universidade de Santiago de Compostela, 2013



Esta obra atópase baixo unha licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/legalcode.g>

Deseño
Unidixital
Servizo de Edición Dixital
da Universidade de Santiago de Compostela

Edita
Vicerreitoría de Estudantes,
Cultura e Formación Continua
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime
Unidixital
Dep. Legal: C 279-2013
ISBN 978-84-9887-983-4

MATERIA: Hidroloxía

TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría Forestal e do Medio Natural

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Unidade I. Introducción á hidroloxía forestal

BLOQUE TEMÁTICO I: Hidroloxía superficial

Unidade II. A auga na atmosfera: Precipitación

Unidade III. Auga subsuperficial. Infiltración

Unidade IV. Auga superficial. Escoamento

Unidade V. Hidrogramas

Introdución

Tempo de concentración

Fluxo base

Hidrograma unitario

Hidrogramas Unitarios sintéticos

Unidade VI. Medicións hidrolóxicas

BLOQUE TEMÁTICO II: Estatística hidrolóxica

Unidade VII. Estatística hidrolóxica

Unidade VIII. Treboadas de deseño

BLOQUE TEMÁTICO III: Hidroloxía subterránea

Unidade IX. Hidroloxía subterránea

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	7
Os principios metodolóxicos	7
Os contidos básicos	9
1. Introducción	9
2. Definicións fundamentais	10
3. Fluxo base	11
3.1. Separación do fluxo base.....	12
4. Hidrograma unitario	13
4.1. Obtención do Hidrograma de treboada para treboadas complexas. Convolución de hidrogramas	16
4.1.1. Exemplo de aplicación da ecuación de convolución.	16
5. Hidrogramas Unitarios sintéticos	18
5.1. HU triangular	18
5.1.1. Hidrograma unitario triangular SCS	19
5.1.2. Hidrograma unitario triangular de Témez.....	19
5.2. HU adimensional do SCS	19
Actividades propostas	20
Avaliación da UD	21
Anexos	22
Bibliografía	23

PRESENTACIÓN

A presente Unidade Didáctica (en adiante UD) encádrase dentro do Bloque Temático I da materia *Hidroloxía*, onde se caracterizan os distintos procesos que determinan a hidroloxía superficial. Para iso é preciso coñecer e definir o ciclo hidrolóxico e os procesos do escoamento superficial (UD II, III e IV), ademais de coñecer a importancia da unidade de traballo en hidroloxía: a conca hidrolóxica e ser capaces de delimitala.

O hidrograma ten unha importancia capital na hidroloxía xa que é a representación do caudal de saída dunha conca en función do tempo, polo tanto, é o produto final do ciclo hidrolóxico. O caudal de saída nunha conca é a única variable que se pode cuantificar, como produto final, e serve de base para poder facer o estudo dos recursos hídricos dunha conca hidrolóxica.

O hidrograma é polo tanto o resultado da relación chuvia – escoamento nunha conca e isto é produto das condicións meteorolóxicas, fisiográficas e de usos do solo. Nestas condicións os hidrólogos só poden actuar sobre os usos do solo, onde se pode influír de maneira significativa, xa que unha conca onde temos harmonicamente distribuídos os usos do solo, principalmente cunha boa cuberta vexetal, terá un mellor comportamento hidrolóxico no caso de situacións excepcionais de precipitacións.

Esta unidade didáctica está deseñada para ser desenvolvida en 10 horas (5 sesións de clases teóricas, 2 de seminarios, e unha práctica de laboratorio de 3 horas).

OS OBXECTIVOS

O obxectivo xeral desta UD é que o alumno coñeza as diferentes teorías e métodos existentes para calcular e representar o escoamento superficial. Con este fin fórmulanse os seguintes obxectivos específicos:

- coñecer os distintos factores que explican a forma dos hidrogramas;
- diferenciar entre Hidrograma Total e Hidrograma de Escoamento Directo (HED) e cómo se fai a súa separación;
- coñecer a teoría do hidrograma unitario e como se aplica na práctica nunha conca hidrolóxica.
- coñecer a importancia do concepto de tempo de concentración para saber a resposta hidrolóxica dunha conca ante un evento de precipitación extremo;
- ser capaces de determinar o caudal de escoamento que se vai producir nunha conca hidrolóxica calquera a partir dun evento de precipitación dado.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

O Espazo Europeo de Educación Superior aposta por medir o traballo que se debe realizar tendo en conta o tempo que lle vai levar aos estudantes

acadar os obxectivos desenvolvidos na materia cunha aprendizaxe autónoma e construtiva. Isto leva a innovar e mellorar o concepto de docencia que recibía os estudantes (escoitar, tomar apuntamentos, memorizalos e realizar unha proba obxectiva) por outro mais acorde ás directrices do EEES. A docencia presencial cremos que segue sendo absolutamente necesaria e primordial. En calquera caso, apoiámonos tamén en novas técnicas docentes como é o emprego dos diferentes recursos dispoñibles na rede. Un exemplo pode ser a plataforma dixital da USC que habilitaremos e usaremos tanto para verter gran parte do contido da materia: guía docente, probas de autoavaliación, contidos teóricos como a presente unidade didáctica (en formato *diapositivas* ou PDF), así como citar a documentación coa que se realizarán tanto as clases teóricas como as prácticas. Permitirá facer un seguimento máis individualizado e unha periodización do traballo que leva o alumno coa axuda das titorías virtuais.

O equilibrio entre o ensino teórico e o práctico estará en consonancia coas competencias fixadas nos obxectivos da UD. Cabe insistir en que non só se considera e valora o coñecemento acadado nas horas teóricas baseadas nas clases maxistras, senón tamén o traballo persoal que posibilita a interiorización dos coñecementos e mellora a capacidade para expresalos de maneira competente e correcta.

A síntese do método que se empregará é a seguinte:

1. **Clases teóricas** (5 sesións de 50 minutos): clases presenciais de teoría nas que o profesor presentará, con axuda de medios audiovisuais os contidos da UD en liñas xerais. O obxectivo destas clases é proporcionar ao estudante os coñecementos básicos que lle permitan abordar o estudo da UD de xeito autónomo coa axuda da bibliografía recomendada e dos exercicios e traballos propostos.
2. **Clases de exercicios** (2 sesións de 50 minutos): clases presenciais nas que o profesor realizará detalladamente exercicios da UD. Entregaráselle ao alumnado un boletín de problemas (ver exemplo no anexo I) no que se abordan os diferentes conceptos vistos en teoría. Parte dos exercicios dos boletíns serán resoltos nestas clases de exercicios mentres que outra parte deberá ser resolta polo alumnado de xeito autónomo. Así mesmo, algúns dos problemas dos boletíns poderanse propor como traballo en grupo.
3. **Prácticas** (1 sesión de 3 horas): Realízase un estudo dunha conca hidrolóxica de Galicia, a partir dun mapa topográfico e obteríase o escoamento de saída co programa CauMax, a partir dun evento de precipitación dado. Este traballo será conxunto para as UD II, III, IV e V posto que deberá recoller, ademais dos contidos referentes esta UD V, os correspondentes a todo o ciclo hidrolóxico.
4. **Titorías en grupo e individuais.** Atenderase ao alumnado para discutir, comentar, aclarar e resolver cuestións concretas en relación as súas tarefas dentro da unidade didáctica. As titorías tamén permitirán á profesora realizar un seguimento do traballo desenvolvido, así como verificar o correcto funcionamento dos grupos durante os seminarios interactivos e as actividades propostas.
5. **Probas de fin de UD:** clase presencial na que se avaliará tanto os coñecementos teóricos como a resolución de problemas. A proba pode consistir na resolución de tarefas cun grao de dificultade similar aos

realizados en clases e propostos no boletín de problemas así como en preguntas curtas enfocadas a comprobar se están asimilados os conceptos teóricos básicos da UD.

OS CONTIDOS BÁSICOS

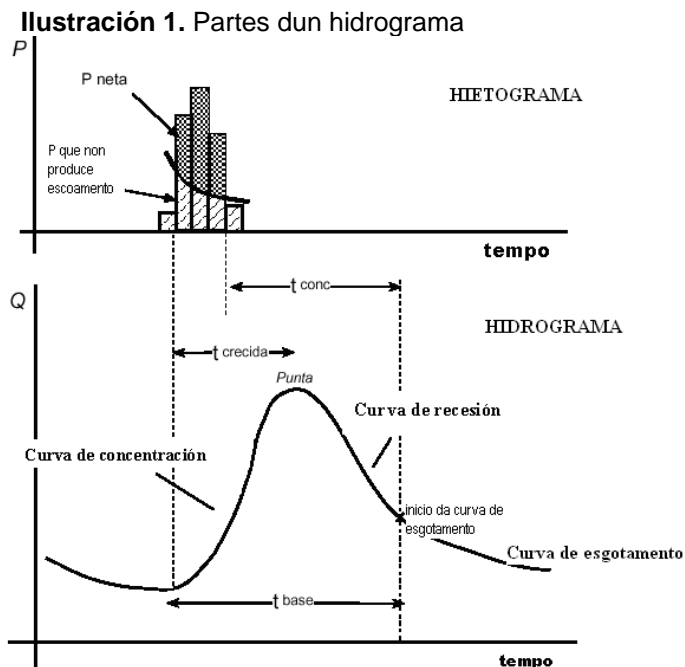
1. Introducción

O hidrograma dunha corrente é a representación gráfica das variacións do caudal con respecto ó tempo, en orden cronolóxico nun lugar dado da corrente. A área baixo o hidrograma, é o volume de auga que pasou polo punto de aforo, no intervalo de tempo expresado no hidrograma.

No hietograma da Ilustración 1 distínguese a precipitación que produce a infiltración, da que produce escoamento directo, esta última denomínase precipitación en exceso, precipitación neta ou efectiva.

É moi raro que un hidrograma presente un caudal sostido e moi marcado, na práctica a forma irregular da conca, a heteroxeneidade espacial e temporal da chuva, a influencia das infiltracións, etc, conducen a hidrogramas de un ou moitos picos (caudal máximo).

Analizando o hidrograma correspondente a unha tormenta illada (Ilustración 1) tense o seguinte:



Curva de concentración, é a parte que corresponde ao ascenso do hidrograma.

Punta do hidrograma, é a zona que rodea ó caudal máximo.

Curva de recesión, é a zona correspondente a diminución progresiva do caudal.

Punto de inicio da curva de esgotamento, é o momento en que todo o escoamento directo provocado por esas precipitacións xa pasou. A auga aforada desde ese momento é escoamento básico ou fluxo base, que corresponde a escoamento subterráneo.

Curva de esgotamento, é a parte do hidrograma no que o caudal procede soamente do escoamento básico. É importante notar que a curva de esgotamento, comeza máis alto que o punto de inicio do escoamento directo (punto de esgotamento antes da crecida), iso é debido a que parte da precipitación que se infiltrou está agora alimentando o álveo.

2. Definicións fundamentais

— **Tempo de concentración** (t_c) dunha conca, é o tempo necesario para que unha gota de auga que cae no punto “hidrolóxicamente” máis afastado daquela, chegue a saída (estación de aforo, Ilustración 2).

Ilustración 2: Tempo de concentración



Segundo Témez, a fórmula para o tempo de concentración é: t_c , tempo de concentración en horas; L, lonxitude do álveo principal en km; J, pendente media do álveo principal.

Hai outras fórmulas propostas por outros autores, que se poden consultar na bibliografía adxunta.

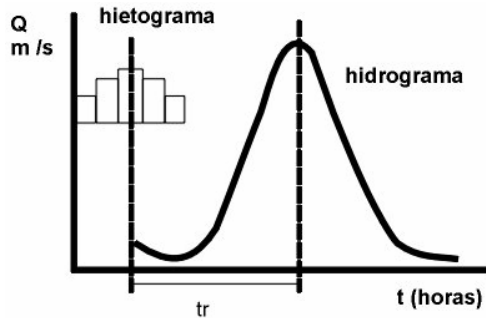
O tempo de concentración ten gran importancia hidrolóxica debido a que: inflúe notablemente na forma dos hidrogramas e depende do grao de intervención humana na conca.

— **Tempo do pico ou tempo punta** (t_p), é o tempo que transcorre desde que se inicia o escoamento directo ata o pico do hidrograma.

— **Tempo base** (t_b), é o intervalo comprendido entre o comezo e o fin do escoamento directo.

— **Tempo de retraso** (t_r), é o intervalo de tempo comprendido entre os instantes que corresponden, respectivamente ó centro de gravidade do hietograma da tormenta, e ó centro de gravidade do hidrograma (Ilustración 3).

Ilustración 3. Tempo de atraso

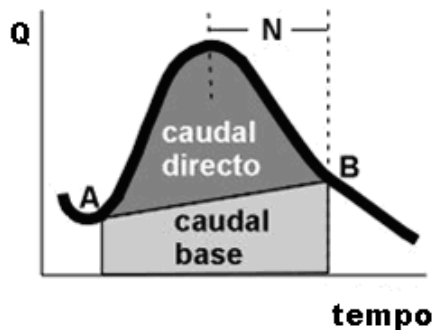


Os tempos de concentración e de retraso están relacionados: $t_c = k \cdot t_r$. No caso de Tézez o coeficiente k é igual a 0.35.

3. Fluxo base

En hidroloxía, é moi útil emprazar o punto de inicio da curva de esgotamento (punto B da Ilustración 4), a fin de determinar o caudal base e o caudal directo.

Ilustración 4. Emprazamento do punto de inicio da curva de esgotamento



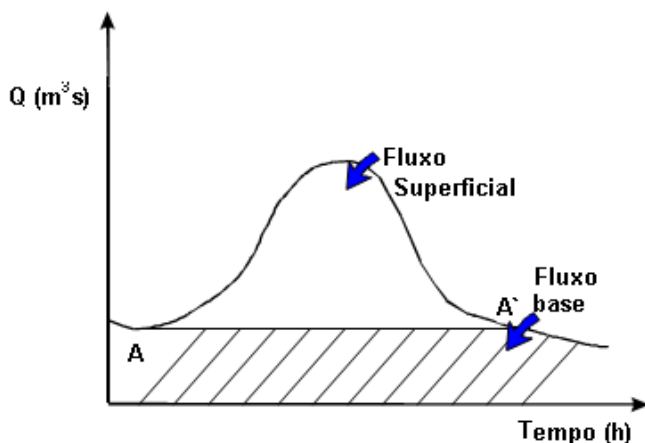
Falariamos dunha parte que é o **fluxo rápido** e outra que é o **fluxo base**, este varía ao longo do tempo, sendo no noso clima os meirandes valores no inverno. As características do fluxo rápido ou directo e do fluxo base, difiren tanto, que deben tratarse separadamente nos problemas que involucran períodos curtos de tempo.

3.1. Separación do fluxo base

Suxeríronse varias técnicas, para separar o fluxo base do escoamento directo dun hidrograma. A continuación imos ver as máis básicas.

a) Método do fluxo base constante: É o método máis sinxelo para separar o fluxo base, simplemente a liña que separa o fluxo base da escorrentía directa empeza no caudal máis baixo ó inicio da escorrentía de treboada e esténdese a un caudal constante ata que a recta de caudal base se corta coa curva de recesión do hidrograma.

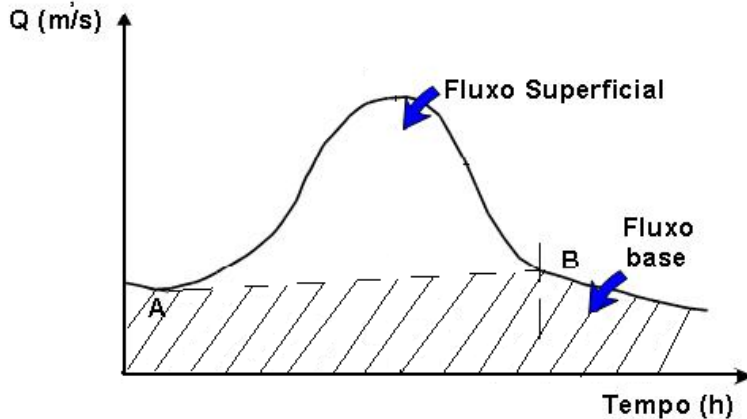
Ilustración 5. Método do fluxo base constante



Aínda que é un método moi sinxelo de aplicar, tamén é fácil discutir a súa base conceptual. Pódese argumentar que o fluxo base continuará diminuindo logo do comezo do escoamento directo, posiblemente ata que o escoamento de treboada sexa máxima.

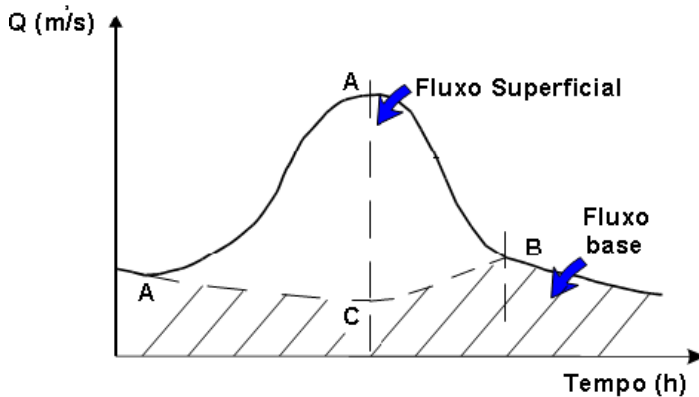
b) Método da pendente constante do fluxo base: Se consideramos que o fluxo de auga subterránea desde o acuífero comeza ó finalizar a curva de recesión. Entón soamente necesitamos coñecer o punto onde finaliza a escorrentía directa. Existen varios métodos propostos para identificar ese punto. Quizais o máis común é aquel que di que este termina no punto de inflexión do hidrograma, é dicir, cando a curva de descenso do hidrograma pasa de cóncava a convexa (é dicir pásase dunha pendente maior que 1 a unha pendente menor que 1).

Ilustración 6. Método da pendiente constante do fluxo base



c) Fluxo base cóncavo: Para este método os puntos de comezo e final para a liña que separa o fluxo base e o superficial son os mesmos que para o método anterior. Porén neste método, o fluxo base continua decrecendo ata que se acada o caudal pico. A partir de aquí trázase unha liña recta entre este punto e o punto de inflexión na recesión. Probablemente este método é a representación máis realista da verdadeira separación de fluxo durante unha treboada.

Ilustración 7. Método do fluxo base cóncavo



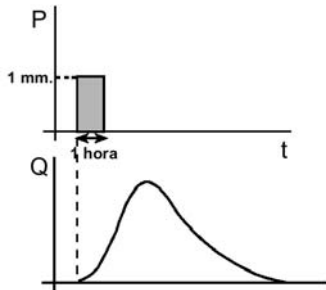
4. Hidrograma Unitario

En moitas ocasións recórrase a métodos aproximados para o cálculo dos caudais de saída que implican algún coñecemento do funcionamento hidrolóxico da conca. Un destes métodos é o do hidrograma unitario.

O hidrograma unitario (en adiante HU) é a función resposta de pulso unitario para un sistema hidrolóxico lineal. Proposto por primeira vez por Sherman, o hidrograma unitario dunha conca defínese como o hidrograma

de escoamento directo resultante dunha unidade (1 cm o 1 mm) de exceso de chuva xerado uniformemente sobre a área de drenaxe a unha taxa constante ó longo dunha duración efectiva.

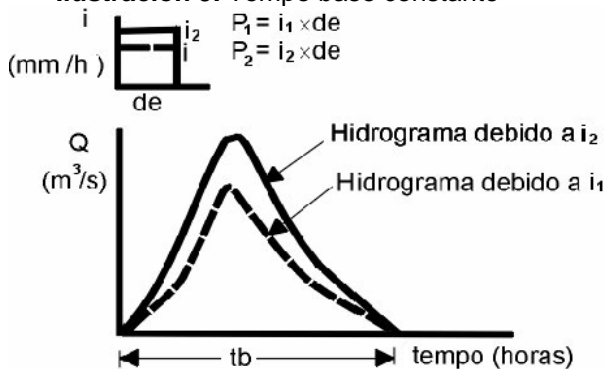
Ilustración 8. Método do fluxo base cóncavo



Hai unha serie de **hipóteses básicas** necesarias que é preciso establecer

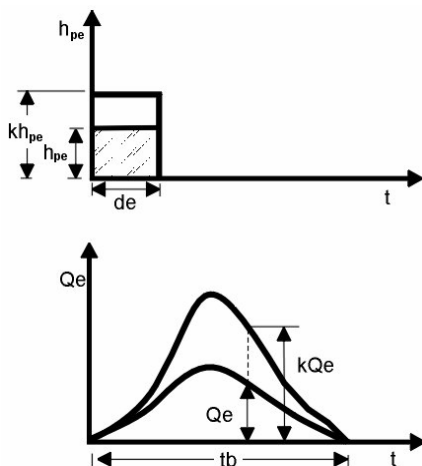
1. O exceso de precipitación ten unha intensidade constante dentro da duración efectiva Δt .
2. O exceso de precipitación está uniformemente distribuído na conca.
3. O tempo base do hidrograma de escoamento directo resultante dun exceso de chuva dunha duración dada (de) é constante, independentemente da intensidade de precipitación efectiva.

Ilustración 9. Tempo base constante



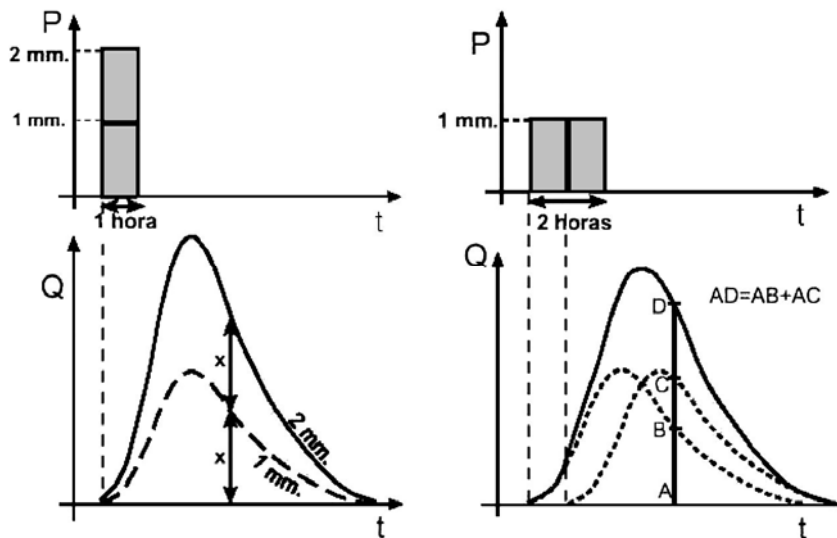
4. As ordenadas de todos os HED dunha base de tempo común son directamente proporcionais a cantidade total de escoamento directo representado para cada hidrograma. É dicir, o dobre de exceso produce un hidrograma de escoamento con ordenadas de valor dobre e a metade produce unhas ordenadas de valor a metade. Esta chámase a **hipótese de linealidade**.

Ilustración 10. Aplicación da hipótese de linealidade



5. Para unha conca illada, o hidrograma resultante dun exceso de chuvia dado reflicte as características non cambiantes da conca.
6. Os principios de superposición e proporcionalidade supóñense válidos, de tal maneira que as ordenadas Q do HED poden calcularse utilizando a ecuación de resposta a un pulso discreto.

Ilustración 11. Aplicación dos principios de superposición e proporcionalidade



4.1. Obtención do Hidrograma de treboada para treboadas complexas. Convulación de hidrogramas

1. Faise a separación do caudal base, por algún dos procedementos vistos anteriormente.

2. Cálculase o volume de escoamento directo e determinase a precipitación efectiva.

3. Da definición do HU, a ordenada Q_n do hidrograma de escoamento directo para calquera tempo será (**Ecuación de Convulación Discreta**):

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1} \quad (1)$$

Onde: Q_n = Hidrograma na saída, con “n” número de pulsos. P_m = Hietograma de precipitación, con “m” número de bloques de precipitación.

U_{n-m+1} = HU, con n-m+1 ordenadas.

Quedando o seguinte conxunto de ecuacións:

$$Q_1 = P_1 U_1$$

$$Q_2 = P_2 U_1 + P_1 U_2$$

$$Q_3 = P_3 U_1 + P_2 U_2 + P_1 U_3 \dots$$

$$Q_M = P_M U_1 + P_{M-1} U_2 + \dots + P_1 U_M$$

$$Q_M = 0 + P_M U_2 + \dots + P_2 U_M + P_1 U_{M-1} \dots$$

$$Q_{N-1} = 0 + 0 + \dots + 0 + \dots + P_M U_{N-M} + P_{M-1} U_{N-M+1}$$

$$Q_N = 0 + 0 + \dots + 0 + \dots + 0 + P_M U_{N-M+1}$$

Que se o expresamos en forma de matrices, resulta:

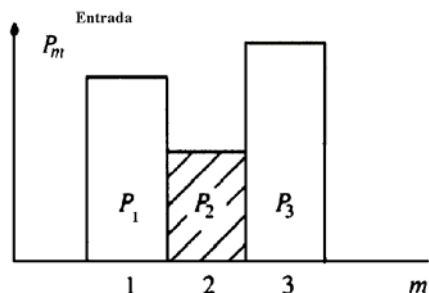
$$\begin{bmatrix} P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ P_2 & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ P_3 & P_2 & P_1 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ P_M & P_{M-1} & P_{M-2} & \dots & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ & P_M & P_{M-1} & \dots & P_2 & P_1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & P_M & P_{M-1} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & P_M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \vdots \\ U_{N-M+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ \vdots \\ Q_M \\ Q_{M+1} \\ \vdots \\ Q_{N-1} \\ Q_N \end{bmatrix}$$

¶

4.1.1. Exemplo de aplicación da ecuación de convulación

E, para exemplificar a aplicación da ecuación de convulación a un caso concreto, imos observalo a partir dun hietograma de precipitacións de 3 pulsos:

Ilustración 12. Hietograma de entrada

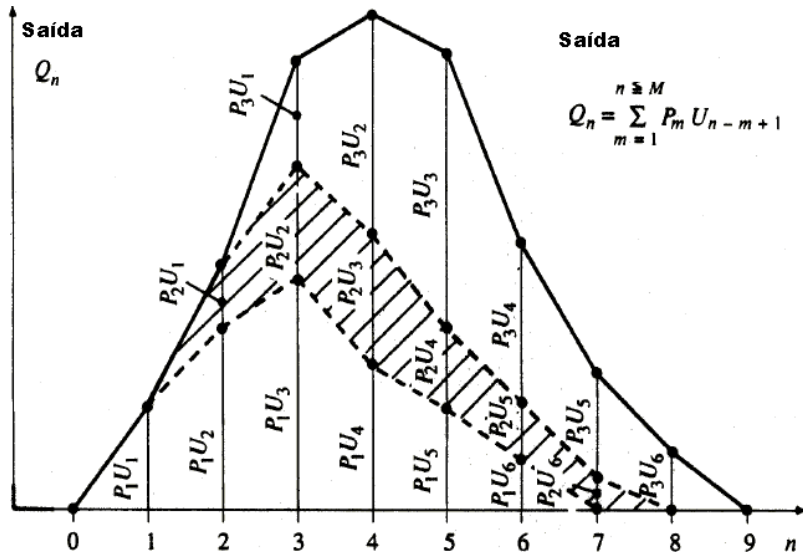


Sabemos como dato tamén que o número de ordenadas do caudal de saída é $n = 8$, entón operando o número de ordenadas do HU é: $n - m + 1 = 6$. O cal nos leva como resultado o seguinte caudal de saída (aplicando a ecuación de convolución):

Táboa 1: Aplicación da ecuación de convolución

Hidrograma Resultante	Hidrograma de P_1	Hidrograma de P_2	Hidrograma de P_3	Total
Q_1	$P_1 * U_1$			$P_1 * U_1$
Q_2	$P_1 * U_2$	$P_2 * U_1$		$P_1 * U_2 + P_2 * U_1$
Q_3	$P_1 * U_3$	$P_2 * U_2$	$P_3 * U_1$	$P_1 * U_3 + P_2 * U_2 + P_3 * U_1$
Q_4	$P_1 * U_4$	$P_2 * U_3$	$P_3 * U_2$	$P_1 * U_4 + P_2 * U_3 + P_3 * U_2$
Q_5	$P_1 * U_5$	$P_2 * U_4$	$P_3 * U_3$	$P_1 * U_5 + P_2 * U_4 + P_3 * U_3$
Q_6	$P_1 * U_6$	$P_2 * U_5$	$P_3 * U_4$	$P_1 * U_6 + P_2 * U_5 + P_3 * U_4$
Q_7		$P_2 * U_6$	$P_3 * U_5$	$P_2 * U_6 + P_3 * U_5$
Q_8			$P_3 * U_6$	$P_3 * U_6$

Ilustración 13. Hidrograma de saída



5. Hidrograma unitario sintético

Para usar o método do hidrograma unitario, sempre é necesario contar con polo menos un hidrograma medido a saída da conca, ademais dos rexistros de precipitación. Non obstante, a maior parte das concas, non contan cunha estación hidrométrica ou ben cos rexistros pluviográficos necesarios. Por iso, é adecuado contar con métodos cos que se poidan obter hidrogramas unitarios usando unicamente datos de características xerais da conca. Os hidrogramas unitarios así obtidos denominanse sintéticos.

Debido á súa importancia, desenvolvéronse unha gran cantidade de hidrogramas unitarios sintéticos; a continuación explicaranse dous deles.

5.1. Hidrograma unitario triangular

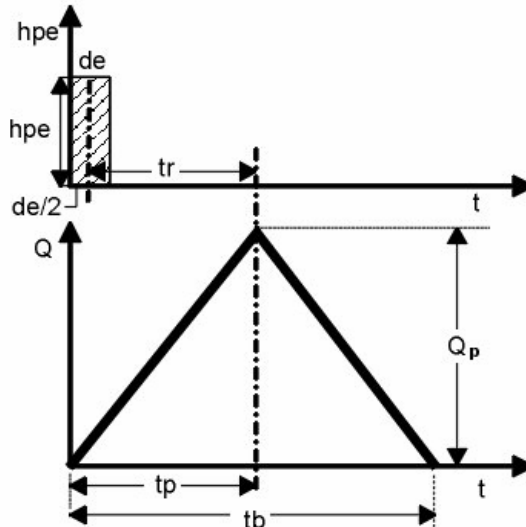
Caracterízase por un tempo base (t_b), un tempo punta (t_p) e un caudal punta (Q_p).

O caudal punta calculase como:

$$Q_p (m^3 / s) = \frac{P_e (mm) A (km^2)}{1.8 \cdot t_b (h)} \quad (2)$$

E a área encerrada por este triángulo equivale a un escoamento de valor P_e mm. E o tempo pico é igual a $T_p = \frac{de}{2} + t_r = \frac{de}{2} + k \cdot t_c$ de onde de é a duración dos intervalos de precipitación, t_r o tempo de retardo e t_c o tempo de concentración.

Ilustración 14. Hidrograma triangular



5.1.1. Hidrograma unitario triangular SCS

Neste hidrograma considerase que existe unha relación fixa entre tempo base e tempo punta:

$$t_b = 2.67 \cdot t_p \quad (3)$$

5.1.2. Hidrograma unitario triangular de Témez

Este tipo de hidrograma non considera que exista unha relación fixa entre tempo base e tempo punta, considerando que o valor do tempo base é:

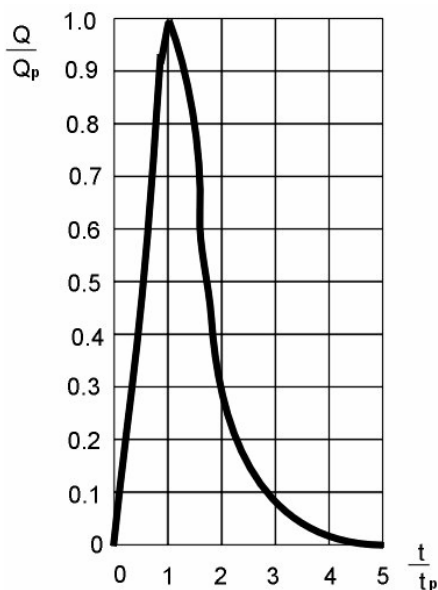
$$t_b = D + t_c \quad (4)$$

Para o cálculo do tempo de concentración emprégase a fórmula de Témez.

5.2. Hidrograma adimensional do SCS

Do estudo de gran cantidade de hidrogramas, rexistrados nunha gran variedade de concas obtivéronse hidrogramas adimensionais, dividindo a escala de caudais entre o caudal pico (Q_p) e a escala do tempo entre o tempo o que se presenta o pico (t_p), observouse que se obtén un hidrograma adimensional como o que se amosa na Ilustración 15.

Ilustración 15. Hidrograma adimensional do SCS



Esta técnica dos hidrogramas sintéticos, soamente é válida para considerar os hidrogramas producidos por precipitacións curtas e homoxéneas. Para precipitacións nas que a intensidade varía o longo do hietograma considerado, é necesario utilizar o hidrograma unitario.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Ao longo do desenvolvemento da UD iranse propoñendo diferentes boletíns de exercicios e problemas.

Algúns deles serán resoltos de forma individual, mentres que os de maior complexidade resolveranse en grupo durante os seminarios interactivos.

Ademais, certos problemas e exercicios de interese terán que ser entregados á finalización das sesións de seminario, ou ben nos prazos que no seu momento se determinen no caso de ser preciso traballo autónomo por parte do alumno.

Por outra banda, vinculado ás prácticas realizadas, propónse un traballo de grupo que consistirá na elaboración dun estudo dunha conca hidrolóxica de Galicia, en mapa a escala 1:50000 e nesta conca terán que

facer o cálculo do caudal de saída a partir dun evento de precipitación dado. Este traballo será conxunto para as UD II, III, IV e V posto que deberá recoller, ademais dos contidos referentes os hidrogramas, os correspondentes a todo o ciclo hidrolóxico para poder ser calculado o escoamento de saída. Ademais, deberá ser presentado e defendido nas sesións de seminarios interactivos, sendo precisa a participación de todos os compoñentes do grupo.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

A avaliación desta UD farase no conxunto da materia. Recorrerase a un sistema de avaliación continua no que se terán en consideración diferentes aspectos relacionados non só cos coñecementos finais adquiridos senón tamén co propio proceso de aprendizaxe. Os diferentes aspectos que se avaliarán, os criterios e instrumentos que se empregarán, así como o seu valor na cualificación final do alumno recóllense na Táboa 2.

Táboa 2. Aspectos, criterios e instrumentos de avaliación.

Aspectos	Criterios	Instrumentos	Valor (%)
Clases expositivas	- Asistencia - Coñecementos teóricos	- Folla de sinaturas - Control	20
Seminarios Interactivos	- Asistencia - Participación - Capacidade de traballo en grupo - Formulación e resolución de exercicios e problemas	-Folla de sinaturas - Observacións e anotacións - Entrega de problemas e exercicios	20
Prácticas	- Asistencia - Aproveitamento das prácticas	- Folla de sinaturas - Observacións e anotacións - Entrega e defensa da actividade proposta	20
Exame	- Coñecementos teóricos - Formulación e resolución de exercicios e problemas	- Proba escrita	40

ANEXOS

Anexo 1. Exercicios propostos

1. Sexa un hietograma de exceso de precipitación con dous pulsos de 1 e 2 cm., tendo o hidrograma de escoamento directo (HED) 3 ordenadas de valores 2,5, 6 e 2 m³/s. Calcular as ordenadas do hidrograma unitario.
2. Facendo uso do caudal rexistrado nunha Estación de aforo (Táboa adxunta) que drena unha superficie de 7 km² na cunca do río Ebro durante unha treboada de 2 horas de duración.
 - a. Estimar o volume de chuva útil durante esa tormenta.
 - b. Obter o hidrograma unitario e debuxalo.

Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Tempo (h)	Caudal (m ³ /s)
1	0	8	5,2
2	0,3	9	2,6
3	3,4	10	1,4
4	13,3	11	0,0
5	15,7		
6	15,2		
7	9,2		

3. Os caudais medidos para un hidrograma unitario dunha chuva de 2 horas de duración amósanse na seguinte táboa.
 - a. Debuxar o hidrograma unitario.
 - b. Obter o hidrograma unitario para unha treboada de 6 horas.
 - c. Obter o hidrograma para unha treboada de 4 horas supoñendo que o exceso de chuva foi o que se indica na Táboa.
 - d. Usar o hidrograma unitario de 2 horas para construír un hidrograma de 3 horas

Tempo (h)	Exceso de Chuva (mm)	Caudal (m ³ /s)
1		0
2	0,75	2,8
3	0,75	28,3
4	1,25	110,3
5	1,25	126,3
6		43,0
7		21,7
8		11,8
9		1,6
10		0,0

4. Nunha conca de 256 km², tense un tempo de concentración de 10 h, prodúcese unha treboada con 6 horas de duración, a cal ten unha chuvia en exceso de 15 mm, 35.6 mm e 20 mm, en cada período de tempo de 2 horas. Construír o hidrograma unitario triangular das 2 horas e logo construír o hidrograma composto.

BIBLIOGRAFÍA

- CEDEX. 2011. Mapa de caudales máximos Memoria Técnica. CEDEX. Madrid. 73 pp. http://hercules.cedex.es/caumax/caumax_v2.rar
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R. y MAYS, L.W. 1994. *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana. Santa fe de Bogotá. 584 pp.
- HEGGEN, R. J. (Ed.). 1996. *Hydrology handbook*. 2ª edición. ASCE Press. New York. 784 pp.
- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. 1998. *HEC-HMS Hydrologic Modeling System. User's manual*. Hydrologic Engineering Center. US Army Corps of Engineers. Davis.
- LLAMAS, J. 1993. *Hidrología general. Principios y aplicaciones*. Servicio editorial de la Universidad del País Vasco. Bilbao. 635 pp.
- MAIDMENT, D. R. 1989. *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill Inc. New York. 1250 pp.
- MUÑOZ CARPENA, R., RITTER RODRÍGUEZ, A.. 2005. *Hidrología Agroforestal*. Mundi-Prensa Libros, SA. Madrid: 360 pp.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN LINGÜÍSTICA

