

Precipitation Runoff Modeling System (P.R.M.S.)

Juan Cabrera, Civ. Eng.
Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Civil

1. Introducción

La búsqueda de mejores resultados en el modelamiento de caudales condujo al desarrollo del concepto de “unidad de respuesta hidrológica” (H.R.U.). Este concepto permite analizar a la cuenca como una suma de sub áreas, cada una de las cuales tiene un comportamiento propio. De esta manera surgen los modelos “semi-distribuidos”, uno de los cuales es el PRMS.

El modelo PRMS puede operar de dos modos: el modo diario y el modo tormenta. Este documento está enfocado solamente a brindar detalles del modo diario.

2. Características del Modelo

El modelo PRMS es un modelo semi-distribuido con base física (physically based), diseñado para simular el balance de agua en una cuenca sobre una base continua. Todos los procesos hidrológicos relevantes en la interacción atmósfera-vegetación-suelo son incluidos en el modelo. Para una simulación continua es necesario que los procesos de corta duración que operan durante las tormentas (como la producción rápida de escorrentía superficial) sean modelados juntos con procesos de larga duración que son dominantes durante los períodos inter-tormentas, tales como la evapotranspiración, derretimiento de nieve y producción de flujo base.

La naturaleza espacial semi-distribuida del modelo PRMS se basa en el hecho que la cuenca es dividida en unidades homogéneas respecto a su respuesta hidrológica (HRUs). Cada una de estas “unidades” tiene su propio grupo de parámetros y es modelada por separado.

3. Modos de PRMS

El modelo PRMS puede operar en dos modos de acuerdo a su resolución temporal: “modo diario” y “modo tormenta”. En el modo diario, los componentes hidrológicos son simulados para cada HRU como promedios diarios. En el modo tormenta, el modelo es aplicado a eventos individuales, y determinados procesos hidrológicos son simulados en intervalos de tiempo mucho más pequeños que un día.

En el modo diario, el direccionamiento de flujo a través del sistema no es considerado explícitamente. En el modo tormenta, el direccionamiento de flujo sí es incluido. Naturalmente, la elección de HRUs es completamente diferente en el modo tormenta porque se requiere conectividad entre HRUs individuales (o planos de flujo) y canales.

4. Componentes del modo diario

La figura 1 esquematiza el cálculo del balance hidrológico para el modo diario. Los datos climáticos a ingresar en el modelo son precipitación diaria, temperaturas mínima y máxima diarias del aire para una o más estaciones climatológicas, y radiación de onda corta diaria. Cada HRU tiene una estación climática asignada (la radiación solar y evaporación puede ingresarse si hay medidas conocidas; de lo contrario, estas cantidades son calculadas por el modelo). Las temperaturas mínima y máxima son ajustadas para todos los HRU dependiendo de la variación de temperatura y la elevación promedio de la HRU. La precipitación diaria total es primero corregida para todas las HRU, luego la porción de precipitación total que ocurre como lluvia es calculada en función de la temperatura máxima y mínima y su relación a la temperatura base. La radiación de onda corta diaria es calculada para todos los HRU

a partir del aspecto y pendiente medias, y la relación entre cubierta del cielo, precipitación y temperatura. El siguiente paso en el modelo es calcular la precipitación neta, que es la precipitación que cae sobre la superficie de la HRU. Para este fin, se debe determinar la interceptación de precipitación sobre la vegetación en verano e invierno.

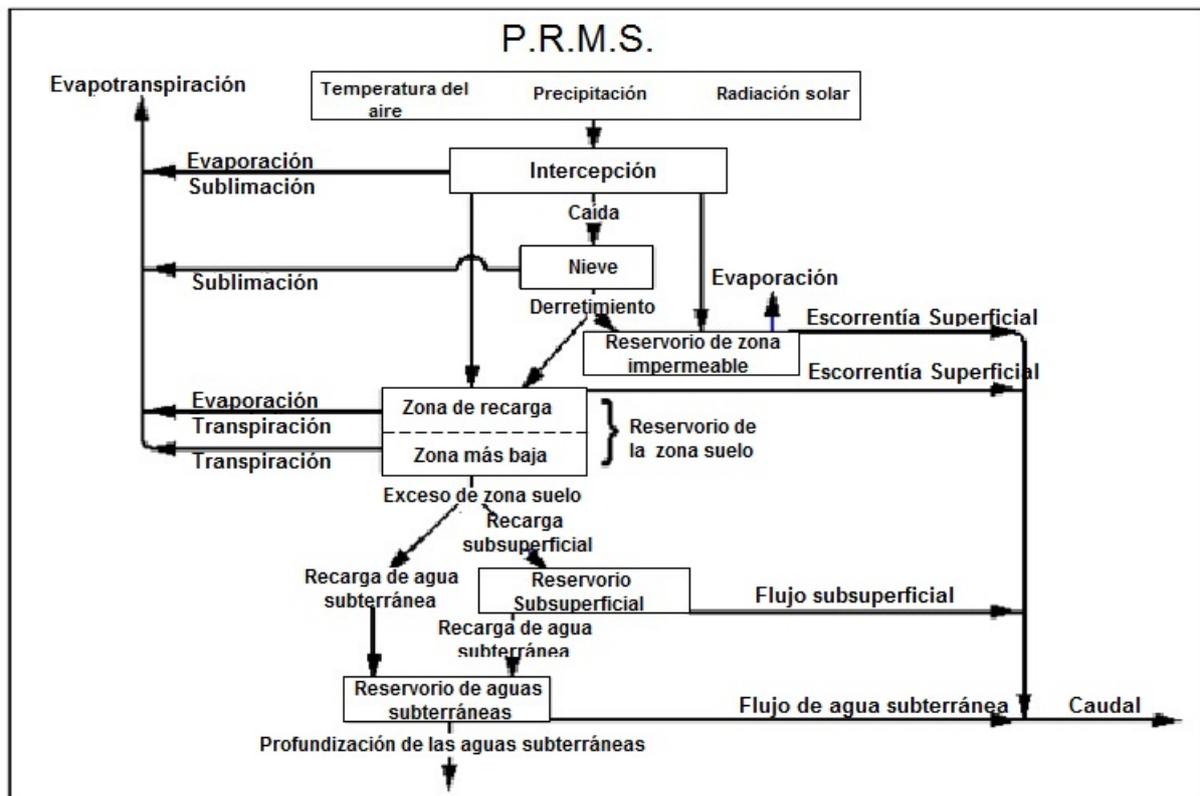


Fig.1.- Diagrama de modelamiento con PRMS.
Fuente: Molnar (2011)

La precipitación neta se divide en escorrentía superficial directa y agua que infiltra en la matriz de suelo. El suelo es conceptualizado como un sistema de tres reservorios: reservorio de zona suelo, el sub superficial y el subterráneo (Leavley et al., 1983).

El reservorio de zona suelo es un sistema de dos capas definido todos los HRU y tiene una capacidad determinada por el tipo de suelo del HRU dominante. El agua puede perderse por evaporación y transpiración y puede infiltrar en suelo más profundo (al reservorio sub superficial y al subterráneo). Si la capacidad de retención de este reservorio es excedida, el exceso se convierte en escorrentía superficial.

El reservorio sub superficial simula el flujo sub superficial rápido (interflow) utilizando un reservorio lineal o no lineal. Puede definirse un número de reservorios sub superficiales para la cuenca pero es común definir uno para cada tipo de suelo (o uso), que implica un reservorio sub superficial para cada HRU.

El reservorio subterráneo simula el componente lento de escorrentía (baseflow). Se conceptualiza como un reservorio lineal que recibe agua de los reservorios de zona suelo y sub superficial, y permite la percolación profunda. Comúnmente es suficiente definir un reservorio subterráneo para una cuenca.

Hay muchos procedimientos en el modelo PRMS para calcular la evapotranspiración potencial diaria. La evapotranspiración actual es una fracción de la potencial, y es alimentada secuencialmente: primero de la interceptación (de agua y/o nieve), subsecuentemente de la superficie de nieve por sublimación, del agua almacenada en las zonas impermeables del HRU, y finalmente del reservorio de la zona suelo. Cuando el abastecimiento de agua no es un factor limitante, la evapotranspiración actual es igual a la potencial.

Finalmente, el hidrograma diario simulado a la salida de la cuenca está conformado por tres componentes: escorrentía superficial, flujo sub-superficial y flujo subterráneo, acumulados de todas las HRUs. La escorrentía superficial viene de las áreas impermeable del HRU o de una fracción de las áreas permeables, dependiendo de su nivel de saturación. La identificación de estos tres componentes es importante para la calibración del modelo porque ellos tienen características muy diferentes e identificables (por ejemplo, la escorrentía superficial es rápida y generalmente define el pico del hidrograma mientras que el flujo subterráneo es permanente y generalmente define el flujo base permanente del hidrograma).

5. Ejemplo de aplicación

Para fines de este ejemplo, se analizó la cuenca de Latterbach, ubicada en los Alpes suizos. Esta cuenca se caracteriza por la presencia de nieve en la época invernal, la cual alimentará los caudales en la época de deshielo.

Para este ejemplo, se definieron cinco HRUs. Las características de estos HRUs se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Características de los HRUs definidos para la cuenca Latterbach

HRU	Definition	Area (Km2)	Elev. (m)	Slope (%)	Veget. Cover	Soil type	Aspect (deg)
1	Glaciers	11.86	2716.63	23.92	bareland	clay	North
2	Rocks (barelands/lakes)	64.95	2075.40	62.96	bareland	clay	North
3	Soil (forest)	130.80	1375.53	50.95	tree	loam	North
4	Soil (pasture)	274.57	1683.18	41.67	grass	loam	North
5	Soil (arable land/low construction)	79.13	1045.13	25.13	grass	loam	East
Total area		561.31					

Fuente: Autor

El proceso de calibración se realizó para el período 1985-1995 obteniéndose un valor de 0.41 para el criterio de Nash, que indica una buena calibración. La Figura 2 muestra los caudales observados y los simulados.

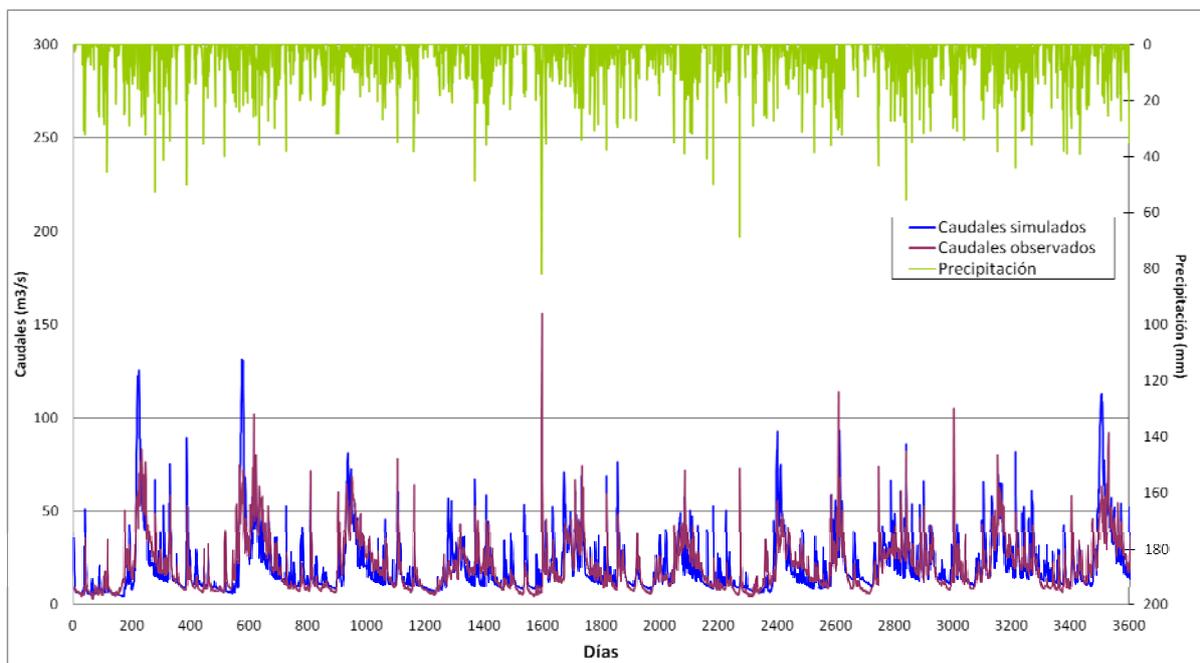


Fig.2.- Caudales diarios observados y caudales diarios simulados usando PRMS en la cuenca de Latterbach, Suiza. Período 1985-1995. En la parte superior se incluye la precipitación diaria.

Fuente: Autor

Los resultados muestran coincidencia en la estacionalidad; sin embargo, no hay coincidencia entre los picos de precipitación y los picos de caudales. Este efecto se justifica por el hecho de que esta cuenca tiene el componente nieve, y el deshielo genera picos de caudales que no coinciden con los picos de la precipitación.

Asimismo, los resultados muestran una mejor performance respecto a los modelos agrupados para los caudales picos, lo cual sugiere su uso para modelar caudales extremos.

6. Referencias

Leavensley, G.H., Lichty, R.W., Troutman, B.M. and Saindon, L.G., (1983). Precipitation-runoff modelling system: User's Manual. Water Resources Investigations Report 83-4238 - Geological Survey, Denver, Colorado.

Leavensley, G.H., and L.G. Stannard, (1995). The precipitation-runoff modelling system - PRMS. In *Computer Models of Watershed Hydrology*, edited by V.P. Singh, Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado.

Molnar, P. (2011). "PRMS Modelling". Watershed Modelling, SS 2011. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management, ETH Zürich. Switzerland.