

DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA

I INTRODUCCIÓN

En muchos tipos de problemas hidrológicos es necesario determinar la precipitación promedio sobre un área específica, para una tormenta específica o para un periodo de tiempo dado por ejemplo en base anual. Y después de conocer el valor correcto de la precipitación media en el área, se pueden realizar determinaciones importantes como, balances y modelos hidrológicos, muy necesarios en el manejo de cuencas hidrográficas.

La precipitación media, se determina específicamente para una área determinada o en el mejor de los casos para una cuenca hidrográfica específica, procurando tomar los datos de precipitación lo mas correctamente posible para que no se tengan datos falsos, es decir, que debe establecer previamente la consistencia de los registros de precipitación.

Posteriormente, utilizando el método mas adecuado a las condiciones de topografía y distribución de pluviómetros. Los cuales pueden ser factores limitantes para el buen funcionamiento de algunos métodos, se podrá estimar la precipitación media en un área en particular.

II OBJETIVOS

GENERAL

Conocer la forma de aplicación y uso de los diferentes métodos de determinación de la precipitación media.

ESPECÍFICOS

- Presentar los métodos y la forma de calculo de cada uno de ellos: el Promedio Aritmético, Polígonos de Thiessen, Curvas de Isoyetas
- Describir las limitantes de uso de cada uno de los métodos para el cálculo de la precipitación media.

III **MÉTODOS PARA DETERMINAR LA PRECIPITACIÓN MEDIA**

Existen varios métodos para calcular la lluvia media caída sobre un área conocida, dentro de los cuales están los siguientes:

- A. La Media Aritmética o Promedio Aritmético
- B. El Método de Thiessen o Polígonos de Thiessen
- C. El Método de las Isoyetas o Curvas Isoyetas

Estos métodos dan un resultado que puede ser expresado en mm, cm o pulgadas de lluvia caída por un área específica, siendo los mm la dimensional más usada en los países latinoamericanos.

A. PROMEDIO ARITMÉTICO

Este método es el más simple pero el más inseguro de todos, que da unos buenos estimativos en áreas planas, si los pluviómetros están distribuidos uniformemente y el valor captado por cada uno de los pluviómetros no varía mucho a partir de la media. Estas limitaciones se pueden prever si las influencias topográficas y la representatividad del área se consideran en la selección de los sitios en los cuales se van a ubicar los pluviómetros.

El método de Promedio Aritmético, consiste sencillamente en igualar la precipitación media caída sobre una cuenca al promedio aritmético de las lluvias registradas en los pluviómetros de la zona, o mejor dicho como su nombre lo indica, es el resultado obtenido al dividir la suma de las profundidades de agua caída de los registros de todas las estaciones pluviométricas, por el número de estaciones.

Por lo tanto, se deben considerar los valores de precipitación pluvial de las estaciones dentro y en límite de un área analizada o de una cuenca y no tomar en cuenta los valores de las estaciones circundantes que no caigan dentro del área considerada.

Si las estaciones están uniformemente distribuidas en la cuenca y la lluvia varía de una manera regular, el resultado obtenido por este método no difiere gran cosa del resultado obtenido por otro cualquiera. Sin embargo, como esta condición rara vez se cumple, el uso de este método no se recomienda, excepto para cálculos muy preliminares.

Por lo anterior, este método solo es aplicable a zona planas donde las estaciones presenten una distribución uniforme y donde las lluvias registradas por cada pluviómetro no difieran mucho entre sí. También se

necesitan condiciones homogéneas, donde no hayan variabilidad de altura y diferencias de precipitaciones significativas.

La formula general de éste método, es la siguiente:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots P_n}{n}$$

Donde:

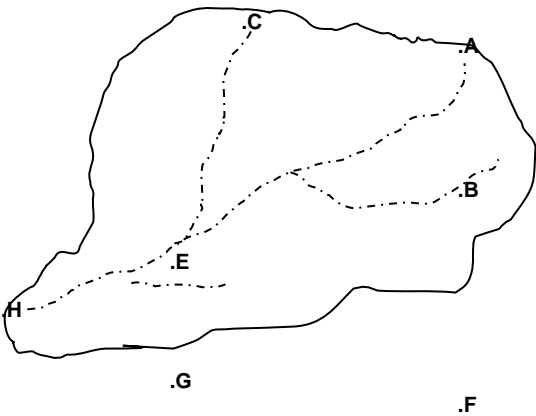
P_m = Precipitación Media

P_1, P_2, P_n = Precipitación de los pluviómetros

n = Cantidad de pluviómetros con lecturas.

EJEMPLO:

Determinar la precipitación media, de acuerdo a los valores de precipitación sobre una cuenca, como se muestran en la figura y el cuadro siguiente:



ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN NORMAL ANUAL (mm)
A	800
B	1000
C	1470
D	1500
E	1750
F	1400
G	2000
H	2480
I	2150

Para el calculo de la precipitación media hay que recordar que solo deben tomarse en cuenta los valores de precipitación de las estaciones que se encuentran dentro y en el límite de la cuenca o sea en este caso, las estaciones: A, B, C, E y H.

$$P_m = \frac{800 + 1000 + 1470 + 1750 + 2480}{5}$$

$$P_m = \frac{7,500}{5}$$

$$P_m = 1,500 \text{ mm}$$

B. MÉTODO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN:

Este método es aplicable a zonas con una distribución irregular de estaciones y donde los accidentes topográficos no jueguen un papel importante en la distribución de las lluvias.

El método de Thiessen trata de tener en cuenta la no uniformidad en la distribución de los pluviómetros mediante un factor de ponderación para cada uno de ellos.

La precipitación media se determina como sigue:

- a. Se dibuja la zona en estudio con la ubicación exacta de las estaciones que contiene las circunvecinas.
- b. Se trazan las mediatrices (líneas perpendiculares bisectrices a las líneas de unión) de todos los lados, con lo que se formarán unos polígonos alrededor de cada estación se mide el área de otro método, y se expresa como un porcentaje del área total y su relación con el área total produce un coeficiente de ponderación para cada estación.

Para el trazo de las mediatrices, existe una regla: "Tienen prioridad las mediatrices de las líneas de unión mas cortas", por lo tanto, las mediatrices de las líneas de unión mas largas se consideran a veces.

- c. La lluvia media resulta de la sumatoria de los productos de las lluvias registradas en cada estación por el coeficiente de ponderación correspondiente, o como un promedio aritmético ponderado de acuerdo a las Áreas (A1) de cada polígono, dándose por las siguientes formulas:

$$P_m = \frac{(P_1 \times A_1) + (P_2 \times A_2) + (P_3 \times A_3) + \dots + (P_n \times A_n)}{A_T}$$

SIMPLIFICANDO:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times A_i}{A_T}$$

DONDE:

P_m = Precipitación media

P_i = Precipitación de cada estación contenida en un polígono.

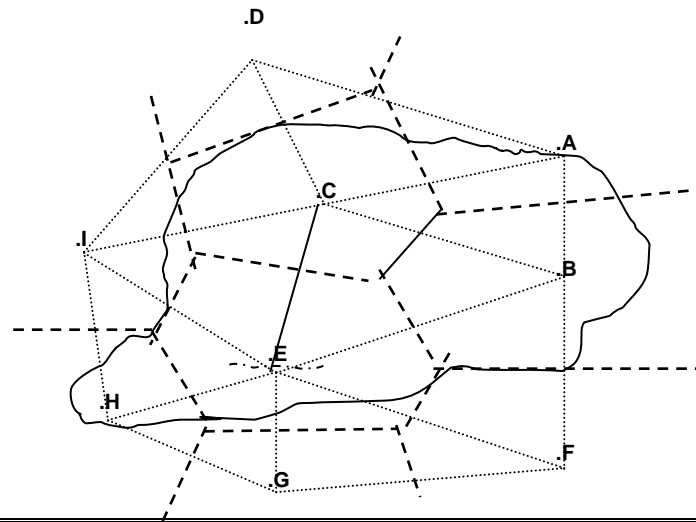
A_i = Áreas parciales de cada polígono

A_T = Área total de la cuenca

La superficie de cada uno de estos polígonos, forman los factores A_i de ponderación de la formula y se mantienen invariables para una determinada cuenca mientras todas las estaciones aporten ininterrumpidamente sus datos. De esta manera se facilita el calculo, pues basta multiplicar la precipitación caída durante un cierto intervalo de tiempo en un punto por el factor de ponderación de este punto o estación y sumarla a las estaciones restantes dividiendo finalmente la suma de estos productos por la superficie total de la cuenca. Para la determinación de los polígonos se aprovechan también las estaciones que están fuera de la cuenca, pero cerca de ella. Cuando en este caso se extienden los polígonos fuera del área considerada, se ocupa solo la parte del polígono que queda dentro de la cuenca.

Los resultados son por lo general mas exactos que aquellos obtenidos por un simple promedio aritmético. La mayor limitación del método de Thiessen es su poca flexibilidad, puesto que se requiere un nuevo diagrama cada vez que hay un cambio en la red. El método tampoco tiene en cuenta influencias orográficas. En realidad, el procedimiento de Thiessen simplemente supone una variación lineal de la precipitación entre las estaciones y asigna un segmento del área a la estación más cercana.

EJEMPLO: Determinar la precipitación media por el método de los polígonos de Thiessen, para la cuenca estudiada.



ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN NORMAL ANUAL (mm) "P _i "	AREA PARCIAL (Km ²) "A _i "	% AREA	PRECIPITACIÓN PONDERADA (P _i x %A)	PP X AREA (P _i x A _i)
A	800	14.0	18.54	14832.0	11,200
B	1000	14.5	19.21	19210.0	14,500
C	1470	17.7	23.44	34456.8	26,019
E	1750	15.8	20.93	36627.5	27,650
H	2480	7.0	9.27	22989.6	17,360
I	2150	6.5	8.61	18511.5	13,975
SUMATORIA		75.5	100%	146627.4	110,704

$$P_m = \frac{PP \text{ pnd.}}{100} = \frac{146,627.4}{100} = 1466.3 \text{ mm}$$

$$P_m = \frac{\sum P_i \times A_i}{A_T} = \frac{110,704}{75.5} = 1466.3 \text{ mm}$$

C. MÉTODO DE LAS CURVAS ISOYETAS:

Es el método mas exacto para promediar la precipitación sobre un área, donde la localización de las estaciones y las cantidades de lluvia se grafican en un mapa adecuado y sobre este se dibujan las líneas de igual precipitación (isoyetas).

Este método consiste en trazar curvas de igual precipitación para un periodo elegido. Los intervalos de profundidad de precipitación y de incremento de tiempo se toman de acuerdo a la necesidad del problema.

Las curvas isoyetas son líneas que unen puntos de igual cantidad de lluvia. Estas líneas se trazan interpolando los datos puntuales dados por los distintos pluviómetros con una técnica similar a la utilizada en topografía, y de acuerdo a las condiciones locales de la cuenca.

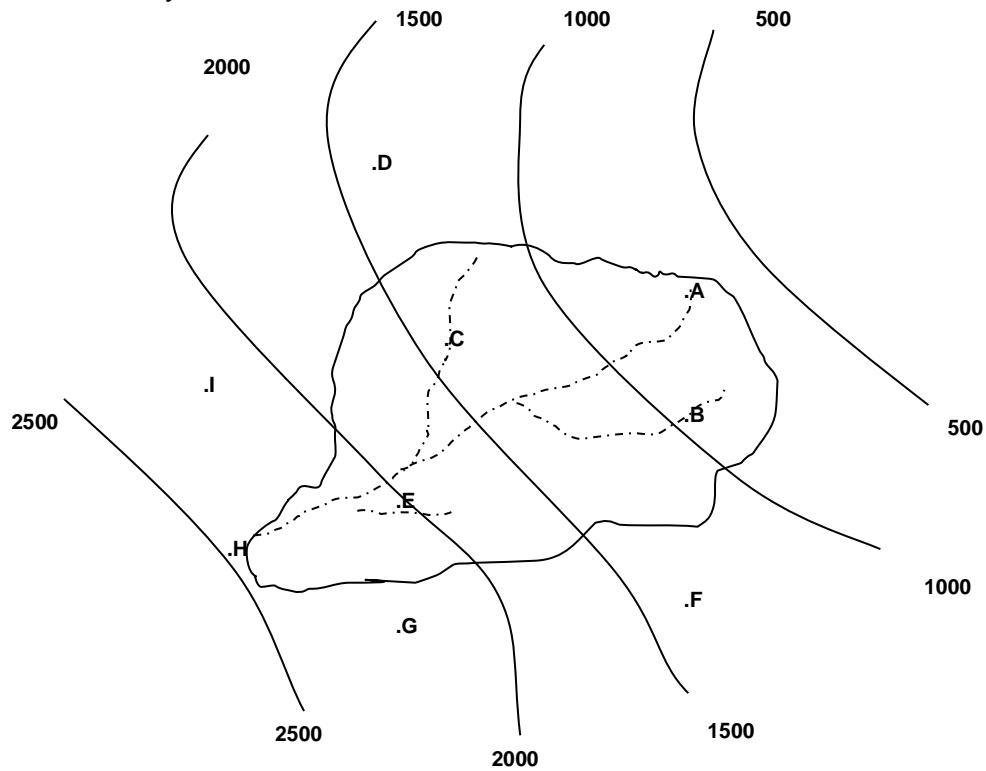
El trazado de las isoyetas debe considerar la variación de la precipitación con la altura y las condiciones sinópticas de la zona. Por medio de la planimetría se determina el área entre dos curvas isoyetas contiguas, y multiplicando por el valor de la isoyeta intermedia se define la cantidad de lluvia entre las dos isoyetas contiguas. La precipitación media para el área se calcula ponderando la precipitación media para el área se calcula ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas (por lo general tomando el promedio de dos valores de las isoyetas) por el área de las isoyetas, totalizando estos productos y dividiendo este por el área total.

El calculo de las áreas como ya se indico puede realizar con el planímetro o pasando franjas de papel o superponiendo el mapa a un papel milimetrado (método de la cuadrícula).

Para trazar las isoyetas, se recomienda superponer la cuenca a un mapa con curvas de nivel, para tener en cuenta el efecto de la orografía, pues de otra forma no se diferencia mayormente de recurrir a interpolaciones lineales, sobre todo cuando se trabaja en zonas montañosas. Este método es el mas preciso cuando el análisis de las curvas se hace debidamente.

El método de las isoyetas permite el uso y la interpretación de toda la información disponible y se adapta muy bien para discusión. En la construcción de un mapa de isoyetas, el analista puede utilizar todo su conocimiento sobre los posibles efectos orográficos y la morfología de la tormenta: en este caso el mapa final debe representar un patrón mucho mas real de la precipitación que aquel que se puede obtener utilizando únicamente las cantidades medidas. La exactitud del método de las isoyetas depende en gran parte de la habilidad del analista. Si se utiliza una interpolación lineal entre estaciones, el resultado será esencialmente el mismo que se obtiene utilizando el método de Thiessen. Además, un análisis inadecuado puede conducir a errores considerables.

EJEMPLO: Determinar la precipitación media de la cuenca en estudio por el método de las Isoyetas.



ISOYETAS	ÁREA NETA o PARCIAL (Km ²) Ai	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm) (Pi)	AREA x PRECIP. MEDIA (Ai x Pi)
2000 – 2500	14.0	2,250	31,500
1500 – 2000	20.0	1,750	35,000
1000 – 1500	27.0	1,250	33,750
500 – 1000	14.5	750	10,875
SUMATORIA	75.5		111,125

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \times P_i}{\sum A_i}$$

$$P_m = \frac{111,125}{75.5}$$

$$P_m = 1,471.85 \text{ mm} = 1,472 \text{ mm}$$

REPORTE:

El reporte deberá contener (más las discutidas en clase):

- Introducción
- Marco teórico
- Mapa de la cuenca y esquema utilizados para análisis
- Los calcos utilizados para la aplicación de los métodos
- Memoria de cálculo, incluyendo la determinación de la relación lluvia-altitud
- Análisis de resultados
- Bibliografía

La información para construir el modelo lluvia-altitud los datos los obtendrán a través de la página <http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/>

Para determinar la precipitación media por los tres métodos utilice la lluvia anual de las estaciones ubicadas dentro y cercanas a la cuenca, disponibles en el sitio guateagua.

En el caso de las isoyetas se deberán dibujar a cada 50 mm.