

Funcionamiento del Sistema de Alerta

Objetivo: Lectura, registro y transmisión de datos al COE; análisis hidrológico, pronóstico de inundaciones y difusión de la alerta

El funcionamiento del sistema de alerta propiamente dicho consiste en las siguientes actividades: lectura y registro de la medición de lluvia y nivel de agua de los ríos, transmisión de esta información al COE, procesamiento y análisis de estos datos, pronóstico de inundaciones y difusión del nivel de alerta respectivo. En la cubierta posterior del manual se presenta el funcionamiento del sistema gráficamente.

Lectura y Registro

Cuando se inicia la lluvia, los voluntarios comenzarán a tomar las lecturas de los pluviómetros y escalas hidrométricas a los que fueron asignados. Las lecturas se harán a las horas en punto o cada 45, 30 o 15 minutos según la intensidad de la lluvia para cuidar que los pluviómetros no se rebalsen. Los voluntarios lectores de los pluviómetros deberán tener en cuenta que conforme vaya lloviendo el pluviómetro se va llenando, y se tendrá que vaciar el agua acumulada antes que se rebalse. Esta actividad se debe anotar y reportar al COE para su incorporación al cálculo del pronóstico. Por otro lado, los voluntarios lectores de las escalas realizarán las lecturas si se observa un cambio en el nivel del río, aunque no esté lloviendo, porque puede ser que el caudal haya aumentado debido al aporte de los tributarios. Las figuras 15 y 16 que se presentan al final del Paso 4 pueden ser copiados o fotocopiados para que los voluntarios realicen el registro de las lecturas de los instrumentos.

Transmisión de Datos

Después de que las lecturas han sido tomadas y registradas, se deben transmitir inmediatamente al COE para que los encargados de este centro realicen los cálculos necesarios para el pronóstico de inundación (la manera de realizar el cálculo de la información recibida será

explicada más adelante). La manera de transmitir los datos hasta el COE debe ser discutida y organizada por los miembros de la comunidad, los cuales pueden desarrollar los medios de comunicación que estén al alcance del presupuesto.

Procesamiento y Análisis de Datos en el COE

Cálculo de la lámina de precipitación: Si el pluviómetro seleccionado es el de botella de plástico, se debe primero hacer el cálculo de la lámina de precipitación. Para obtenerla, se debe dividir la lectura recibida que está en centímetros cúbicos (cc) entre el área de la botella en centímetros cuadrados (cm²). El área de la botella se puede hallar utilizando la fórmula de la longitud (L) de una circunferencia ($L=2\pi r$). Se mide la circunferencia de la botella utilizando un cinta de sastre y se obtiene el radio dividiendo esta longitud entre (2π). Luego, con el valor del radio se encuentra el área circular de la botella utilizando la fórmula del área de un círculo ($A=\pi r^2$).

Por ejemplo, si el area de la botella es 58.50 cm², 1 cm de lluvia caída sobre esta área representará 58.50 cc. Entonces, para convertir la lectura recibida en en milímetros (mm) de precipitación se debe dividir entre 5.85.

Procesamiento de datos: Después de hallar la lámina de precipitación en mm se debe ingresar estos valores en un cuadro. El Cuadro 1 muestra cómo se ingresa la información de los diferentes pluviómetros. Este cuadro debe ser modificado de acuerdo con el número de pluviómetros y promedio que se utilice. Esto será determinado por el hidrólogo.

Cuadro 1

CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA

Hora	Número de horas	Lectura P1 (mm)	Lectura P2 (mm)	Lectura P3 (mm)	Promedio $X=(P1+P2+P3)/3$	Promedio acumulado
10:00am	1	48	55	60	54.33	54.33
11:00am	2	58	62	64	61.33	115.67
12:00pm	3					
1:00pm	4					

→ 54.33+61.33

Los promedios acumulados de la última columna del Cuadro 1 serán luego comparados con valores límite de lluvia acumulada de acuerdo al número de horas. Estos valores límite (parámetros de inundación) serán determinados por medio del análisis hidrológico de la cuenca menor en estudio.

Cuando se cuente con un hidrólogo se revisarán estas actividades para verificar la validez de la información encontrada, realizar el análisis estadístico más apropiado de acuerdo con las características propias de cada cuenca menor en estudio, corregir y mejorar la manera de obtener la precipitación promedio de la cuenca menor (Cuadro 1).

Análisis Hidrológico

Para llevar a cabo el análisis hidrológico de la cuenca menor se necesita realizar las siguientes actividades:

1. *Búsqueda de información hidrológica:* Los voluntarios del grupo de trabajo 4, encargados de esta actividad, deben obtener información de registros históricos de precipitación (registro de precipitación máxima en 24 horas y registro horario de tormenta) de la cuenca menor en estudio. Si no los hubiera se debe utilizar los registros de una cuenca de similares características (clima, área, relieve, forma, etc.). Esta información se puede obtener de los siguientes lugares:
 - Estaciones pluviométricas del gobierno o de alguna empresa privada, ubicadas en el área de la cuenca menor.
 - Estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca de mayor tamaño.
 - Oficina de servicios de meteorología, recursos hídricos, recursos naturales, etc. En estas oficinas se preguntará por el registro más completo de precipitación que se tenga para la cuenca menor en estudio o para una cuenca con las mismas características de la cuenca menor.
2. *Análisis de la información histórica de precipitación:* Este análisis consistirá en realizar cálculos estadísticos para obtener la mínima cantidad de lluvia que puede causar una inundación.
3. *Determinación de los niveles de alerta:* Los niveles de alerta sirven para darle a la población un tiempo de antelación suficiente para prepararse ante un evento de inundación. Estos niveles se pueden determinar elaborando una curva del comportamiento horario de la tormenta para un período de retorno previamente determinado por la comunidad. La curva del comportamiento horario se puede elaborar con un registro horario de la duración de una tormenta.

A continuación se presenta un ejemplo de análisis hidrológico que se realizó para la cuenca del río Cuero en Honduras.

Análisis Hidrológico de la Cuenca del Río Cuero¹:

1. *Búsqueda de información hidrológica:* Se obtuvo la información de precipitación máxima en milímetros (mm) de dos estaciones: la estación de Tela y la estación de Ceiba. Se seleccionó estas estaciones porque poseen el mayor número de registros de precipitación pasada. La información se remonta desde el año 1958 para la estación de Tela y desde 1965 para la de Ceiba. También se observa que estas estaciones no tienen muchos espacios en blanco, como se observará en los cuadros 4 y 5; por lo que la información de estas estaciones es considerada confiable.

2. *Análisis de la información histórica de precipitación:*

2.1 Máxima precipitación para cada año de registro

Para obtener el valor máximo de precipitación para un determinado año solamente se requiere reconocer cual es el valor más grande para ese año y colocarlos en una columna que se denominará MÁXIMO (véanse los cuadros 4 y 5).

Por ejemplo: En la estación de Tela, se colocó el valor de 168.7 mm en la columna llamada MÁXIMO, porque este valor representa la cantidad más grande de lluvia para el año de 1958 (véase el valor encerrado en un círculo en la Cuadro 4). Así sucesivamente se sigue evaluando todos los años tanto para la estación Tela como para la estación Ceiba.

2.2 Promedio y desviación estándar de los valores máximos

Luego de obtener los valores máximos y colocarlos en una columna, se debe proceder a calcular el promedio aritmético y la desviación estándar de estos valores. Se utilizarán las siguientes formulas:

Formula 1

$$X = \sum Xi / n$$

Donde:

X = Promedio

$\sum Xi$ = Suma de todos los valores de precipitaciones máximas para cada año

n = Número de años

¹ Los cálculos aquí presentados no constituyen la única manera de realizar un análisis hidrológico. El hidrólogo debe realizar el análisis más conveniente de acuerdo con la información y tecnología disponibles.

Formula 2

$$S = \sqrt{\frac{(X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación Estándar

X_i = Precipitación máxima de cada año

X = Promedio

n = Número de años

En el Cuadro 6 se presenta un método para simplificar el cálculo de las formulas presentadas anteriormente. Sólo se requerirá aplicar operaciones matemáticas básicas.

2.3 Cálculo estadístico

La experiencia ha demostrado que sólo los sucesos o eventos hidrológicos extremos son los que tienen importancia para la predicción de catástrofes hidrológicas como las inundaciones. Por esto, se debe analizar solamente la serie de datos de la columna máximo. Hay dos métodos estadísticos que se utilizan con frecuencia para determinar la probabilidad de la ocurrencia un evento extremo (cantidad de lluvia que provoca inundación). Estos dos métodos son la distribución tipo III Log-Pearson y la distribución tipo I de Gumbel.

Para este ejemplo, utilizaremos la distribución tipo I de Gumbel para hallar la precipitación máxima de la serie de datos de la columna máximo de las estaciones Ceiba y Tela. Sin embargo, el hidrólogo deberá analizar las series de datos y determinar el tipo de distribución a utilizar.

Formula 3

$$P_{m\acute{a}xima} = X + K \times S$$

Donde:

P = Precipitación máxima

X = Promedio

K = Factor de frecuencia (véase Cuadro 2)

S = Desviación estándar

Cuadro 2

CÁLCULO DEL VALOR K

Período de Retorno (años)	K
1.58	-0.450
2.00	-0.164
2.33	0.001
5	0.719
10	1.30
20	1.87
50	2.59
100	3.14
200	3.68
400	4.23

Fuente: Adaptado de Linsley, 1982.

Entonces se tienen los siguientes valores:

Período de retorno = 2 años (Figura 5)

K = -0.164 (Cuadro 2)

X = 298.04 (Cuadro 6)

S = 114.1 (Cuadro 6)

Reemplazando en la Formula 3 se obtiene:

$P_{\text{máx}} = 298.04 + (-0.164) \times (114.1) = 279.33$ mm de precipitación

Se repite el mismo procedimiento para la estación de la Tela., para la cual se obtuvo:

$P_{\text{máx}} = 193.1 + (-0.164) \times (61.5) = 182.87$ mm de precipitación

Se obtiene el promedio de las precipitaciones máximas para la estación Tela y la estación Ceiba:

Promedio de las dos estaciones = $(279.33 + 182.87) / 2 = 231.1$ mm

A este resultado se le debe aplicar un factor por duración de tormenta, determinado por el hidrólogo, en este ejemplo utilizaremos el 13%, por lo que se tendrá:

$231.1 + 231.1 \times 13/100 = 261.143$ mm de precipitación

Este valor de 261.143 mm. será la cantidad de precipitación que causará una inundación en la parte baja de la cuenca menor.

3. *Determinación de los niveles de alerta:* En las cuencas menores se puede igualar el tiempo de duración de la tormenta con el tiempo de concentración determinado por la comunidad. En este ejemplo, utilizaremos un período de concentración igual a tres horas. Se elaboró una curva usando el registro horario de una tormenta para un período de retorno de 2 años. Los niveles de alerta se determinaron de la curva, tal como se muestra en la Figura 14. De la curva se puede desarrollar un cuadro con los niveles de alerta como el que se presenta a continuación.

Cuadro 3

NIVELES DE ALERTA Y ACCIÓN A IMPLEMENTARSE

Tipo de Alerta	Condición de Alerta	Acción
Aviso	Promedio acumulado sobrepase los 70mm en la primera hora o si el nivel de la quebrada 1 es de 3 m. (esta información fue proporcionada por la comunidad en el Paso 2, sin embargo será calibrada cuando ocurra una inundación)	Dar aviso a la comunidad para que le den seguimiento al comportamiento de las lluvias
Alerta	Promedio acumulado sobrepase los 80mm en la primera hora o 100mm en la segunda hora	Dar alerta a los encargados para implementar acciones previas a una inundación
Alarma	Promedio acumulado sobrepase la precipitación acumulada sobrepase los 100mm en la primera hora o 110mm en la segunda hora	Dar alarma a las comunidades aguas abajo para implementar planes de emergencia

Actualización del Análisis y Parámetros de Inundación

Este sistema está diseñado para ser aplicado en cuencas menores en donde por lo general no existen datos históricos de precipitación y de niveles del río o, de lo contrario, donde la información que existe proviene de una o dos estaciones que tienen información bastante corta o con lecturas de precipitación diaria que presentan condiciones fuera de la realidad.

Dadas estas condiciones, se debe evitar en lo posible la incongruencia entre la realidad y los pronósticos. Para lograr esto, después de la instalación de los instrumentos de medición y la recopilación de información de datos tomados durante una inundación, es necesario revisar y/o actualizar el análisis hidrológico y los parámetros producto de ese análisis. Adicionalmente, es necesario que después de una inundación se inspeccionen los sitios donde están colocadas las escalas hidrométricas y las comunidades afectadas, con el propósito de observar los cambios sufridos por el cauce del río y los niveles que alcanzaron las aguas.

Cuadro 4

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (MM), ESTACIÓN DE TELA, HONDURAS

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	MÁXIMO
1958			120.1	31.8	37.1	37.3	80.8	95.3	17.3	168.7	55.9	66	168.7
1959	116.6	28.7	29	32.5	29.2	32	67.1	26.4	124.7	17	183.6	90.9	183.6
1960	85.9	128.3	77	50.3	30.2	30.2	68.6	50	21.1	52.1	182.6	202.7	202.7
1961	130.3	298.2	14.5	14.5	28.7	68.1	90.4	91.7	135.6	88.9	44.7	129	298.2
1962	143.3	16.5	50.3	102.6	19.1	71.4	74.7	81.3	36.8	150.1	54.9	55.6	150.1
1963	41.7	118.4	75.2	14.7	28.4	17.8	23.6	31.8	42.4	80.8	109.2	89.2	118.4
1964	33.5	98	0.8	14.2	28.7	90.4	33	23.1	47.5	200.9	143.3	280.7	280.7
1965	47.2	18.5	31	26.2	48	20.1	49	53.3	57.2	219.5	71.6	112	219.5
1966	135.1	209.3	58.2	19.1	25.4	174.8	27.4	29.7	76.2	189.7	65.3	123.7	209.3
1967	120.7	50.5	15.5	82.8	46.5	29	19.1	21.3	75.2	109.7	125	69.9	125
1968	66.5	68.6	82.8	8.6	20.6	19.6	36.6	90.4	94.7	85.3	92.2	154.7	154.7
1969	44.7	29	69.6	18.8	66.8	20.1	52.3	25.1	234.4	130	91.4	71.4	234.4
1970	58.4	40.9	63.5	0	54.9	129.8	42.2	56.1	77.5	30	74	104.6	129.8
1971	54.9	116.6	17	115.1	4.1	40.6	62.2	46.2	91.9	95.8	87.4	59.4	116.6
1972	27.2	110.5	16.3	13	24.1	32	61	37.3	46.5	76.2	30.2	331.2	331.2
1973	38.1	87.1	56.9	33	88.4	50.8	104.8	34.3	28.2	25	55.6	134.8	134.8
1974	40.2	56.5	9	11	3.7	53.2	32	69.1	199.7	97.6	70.2	103.9	199.7
1975	46.1	24.5	6.8	2.2	2.4	32.9	19.6	68.3	55.5	92.3	92.1	83.1	92.3
1976	131.4	48.1	0	68.1	25	61.5	31.3	38.5	38.4	221.1	128	97.6	221.1
1977	62.8	67.8	23.2	37.1	70	31.6	21	44.3	67	67	164.4	63.4	164.4
1978	76.3	81.3	99.5	4.5	6.1	80	43.3	62.5	80.9	225.5	95.9	106.7	225.5
1979	154.5	139.5	39	8.1	6	38.7	132.5	52.8	28.5	83.8	167.5	119	167.5
1980	93	55.8	7.6	106.4	14.8	86.9	71.5	90.2	144.5	230.1	174.8	133.1	230.1
1981	64.5	112.5	62	26.5	51.5	34.3	59.1	72	105.5	180.7	70.9	94.6	180.7
1982	67.7	71.3	81	11.8	67.9	21.2	59.2	64	29.5	20.7	36.9	20.2	81
1983	48.4	25.6	51.3	77.9	13.2	7	144.4	51.9	28.3	34.3	74.2	106.4	144.4
1984	46.7	108	76.5	40.2	31.4	26.5	36.8	50.4	18.5	33.8	162.5	59.7	162.5
1985	100.8	41.1	33.6	33.2	16	28	41.8	56.3	32.4	49.9	207	102.4	207
1986	73.6	10.5	109.8	36.4	69.7	15	58.2	40	40.6	182.3	37	120.5	182.3
1987	65.1	39.6	89.9	23.1	7.7	23	33.5	57.3	56.7	132.7	171.4	312.7	312.7
1988	281.4	52	117.7	121.5	23.3	41.1	115.8	43.2	48.7	235.3	47.5	133.4	281.4
1989	87	30.1	85.5	72.7	94.3	55.7	27.7	40	103.2	140.6	130.4	192.1	192.1
1990	164.2	199.5	70.4	103.4	36	66	63.2	84.4	85.6	75	202.7	211	211
1991	305.7	37.8	96.3	23	5.1	25.3	29.9	142.1	45	105.4	330.1	43.2	330.1
1992	137.6	90.2	26.7	168.7	23.7	70.2	15.5	63.2	60.4	40.1	67.1	137.1	168.7
1993	22.1	98.9	175.5	42.7	52.4	38.4	54.9	51	210.3	203.9	94.9	39	210.3
1994	145.4	62.9	154.1	32.5	23.2	2.7	66	46.5	48.5	24.4	114	34.6	154.1
1995	81.7	66.7	10.5	9	1.9	48.5	62.2	50.1	103.5	114.1	131.1	108.3	131.1
1996	55	133.5	203	106.1	65.8	48.8	33	37.5	27.2	126.6	224.6	67.2	224.6

Fuente: Servicio de Meteorología, Honduras

Cuadro 5

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (MM), ESTACIÓN DE LA CEIBA, HONDURAS

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	MÁXIMO
1965	77.5	50.3	162.8	18.5	21.6	27.2			31.2	84.6	63.8	66.3	162.8
1966	61.5	52.1	105.9	14.5	33.8				57.6		90.9		105.9
1967		43.4	15.2	58.9	26.2	19.6	28.7	32	34.5	88.9	147.8	247.4	247.4
1968	113.5	119.1	120.6	15.2	84.3	44.7	8.6	71.1	49.5	108.7	303	158	303
1969	128.3	54.6	101.6	22.1	111.5		25.4	27.9		19.6	12.9	88.1	128.3
1970	91.4	86.6	134.6	0	3.8						168.4	52.1	168.4
1971	53.3	159	104.1	58.9	56.9	31.2	13.5	76.2	168.7	115.3	83.1	81.3	168.7
1972	33.8	95	20.8	48.3	55.9	109.2	17.8	138.4	66	83.1	15	221.5	221.5
1973	119.4	304.8	116.1	50.8	232.2	15	20.6	27.4	104.1	130.6	21.6	124.5	304.8
1974	14	308.6	12.7	15	37.3	48	46.2	65.8	104.4	188	89.7	59.9	308.6
1975	117.6	98.9	7.9	2.5	9.7	14.2	10.7	60.5	34	83.1	144	66	144
1976	164.6	102.9	0	68.6	54.6	47.2	102.4	9.7	15.8	179.1	381.3	237.2	381.3
1977	22.1	114.6	15	54.1	65.5	160	157.8	30.4	30.4	274	556.4	272.9	556.4
1978	80.4	205	144.6	9	13	25	75.2	80	106	145.4	218.4	68.6	218.4
1979	146	135	235.9	13.2	8.9	73.4	15.3	19	62.4	90.5	477.2	243	477.2
1980	144.7	74.3	11.4	173.5	3.8	42.2	50.2	172.5	82.1	135	353.8	71.2	353.8
1981	42.8	89.4	21.9	49	44	41.4	35.4	54.4	86	105.1	348.5	90.3	348.5
1982	34.7	24	108.5	7.5	63.6	89	79.6	87.4	44.7	67.9	266.1	251.5	266.1
1983	63.1	54	8.6	58.7	3.2	29.6	43.4	118.1	73.4	318.8	106.2	232.8	318.8
1984	134.5	442.9	162.1	227.3	69.3	9.6	143.6	30.2	39.8	110.9	257.7	51	442.9
1985	270.8	262.5	47.1	47.3	21.6	7.4	63.6	20	11.7	102	60.7	97.7	270.8
1986	175	13.4	405.6	21.1	35.4	34.8	33.8	53.9	82.3	115.8	36	86.6	405.6
1987	105.9	113.8	181.1	64.7	14.1	29.3	58.2	49.3	13.4	110.6	336.3	172.4	336.3
1988	150.8	94.1	116.3	100.2	9.6	91.1	43	37	60.7	120.6	81.2	230	230
1989	124	168.5	135	72.2	26.7	13.5	37	75.4	95.7	356.6	139.8	380.8	380.8
1990	59.9	160.6	237.7	20	45.1	26.4	23.9	79	90.4	84.2	254.9	389.2	389.2
1991	280.6	32.7	68.4	133.3	14.4	42.6	86.8	14.3	47.5	215.2	142.6	37.2	280.6
1992	49.5	125.9	101	35	55	74	32.2	22	78.9	182.9	112.6	76.2	182.9
1993	34.3	120.1	35.6	13.6	72.4	88.2	30.5	19.4	114.6	551	125.4	385.4	551
1994	260.6	60.5	53.6	13.7	20.7	7.5	14.2	36	91	8.3	78.3	65	260.6
1995	49	44	63.4	8.8	1.2	34	38.6	49	73.8	123.9	292.4	145.4	292.4
1996	199.9	308.9	330.3	110.7	54.4	28.5	17.7	22.7	29.3	140.4	316.9	39.5	330.3

Fuente: Servicio de Meteorología, Honduras

Cuadro 6

CÁLCULO PARA OBTENER EL PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE LA ESTACIÓN CEIBA

x	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$
162.8	162.8 -298.04 = -135.24	(-135.24) X (-135.24) = 18289.86
105.9	105.9 -298.04 = -192.14	(-192.14) X (-192.14) = 36917.78
247.4	247.40 -298.04 = -50.64	(-50.64) X (-50.64) = 2564.41
303	303.00 -298.04 = 4.96	(-4.96) X (-4.96) = 24.60
128.3	128.30 -298.04 = -169.74	(-169.74) X (-169.74) = 28811.67
168.4	168.4 -298.04 = -129.64	(-129.64) X (-129.64) = 16806.53
168.7	168.7 -298.04 = -129.34	(-129.34) X (-129.34) = 16728.84
221.5	221.5 -298.04 = -76.54	(-76.54) X (-76.54) = 5858.37
304.8	304.8 -298.04 = 6.76	-6.76 X -6.76 = 45.70
308.6	308.6 -298.04 = 10.56	-10.56 X -10.56 = 111.51
144	144 -298.04 = -154.04	(-154.04) X (-154.04) = 23728.32
381.3	381.3 -298.04 = 83.26	-83.26 X -83.26 = 6932.23
556.4	556.4 -298.04 = 258.36	-258.36 X -258.36 = 66749.89
218.4	218.4 -298.04 = -79.64	(-79.64) X (-79.64) = 6342.53
477.2	477.2 -298.04 = 179.16	-179.16 X -179.16 = 32098.31
353.8	353.8 -298.04 = 55.76	-55.76 X -55.76 = 3109.18
348.5	348.5 -298.04 = 50.46	-50.46 X -50.46 = 2546.21
266.1	266.1 -298.04 = -31.94	(-31.94) X (-31.94) = 1020.16
318.8	318.8 -298.04 = 20.76	-20.76 X -20.76 = 430.98
442.9	442.9 -298.04 = 144.86	-144.86 X -144.86 = 20984.42
270.8	270.8 -298.04 = -27.24	(-27.24) X (-27.24) = 742.02
405.6	405.6 -298.04 = 107.56	-107.56 X -107.56 = 11569.15
336.3	336.3 -298.04 = 38.26	-38.26 X -38.26 = 1463.83
230	230 -298.04 = -68.04	(-68.04) X (-68.04) = 4629.44
380.8	380.8 -298.04 = 82.76	-82.76 X -82.76 = 6849.22
389.2	389.2 -298.04 = 91.16	-91.16 X -91.16 = 8310.15
280.6	280.6 -298.04 = -17.44	(-17.44) X (-17.44) = 304.15
182.9	182.9 -298.04 = -115.14	(-115.14) X (-115.14) = 13257.22
551	551 -298.04 = 252.96	-252.96 X -252.96 = 63988.76
260.6	260.6 -298.04 = -37.44	(-37.44) X (-37.44) = 1401.75
292.4	292.4 -298.04 = -5.64	(-5.64) X (-5.64) = 31.81
330.3	330.3 -298.04 = 32.26	-32.26 X -32.26 = 1040.71
Suma 9537.30	suma 0	$s^2 =$ suma= 403689.70

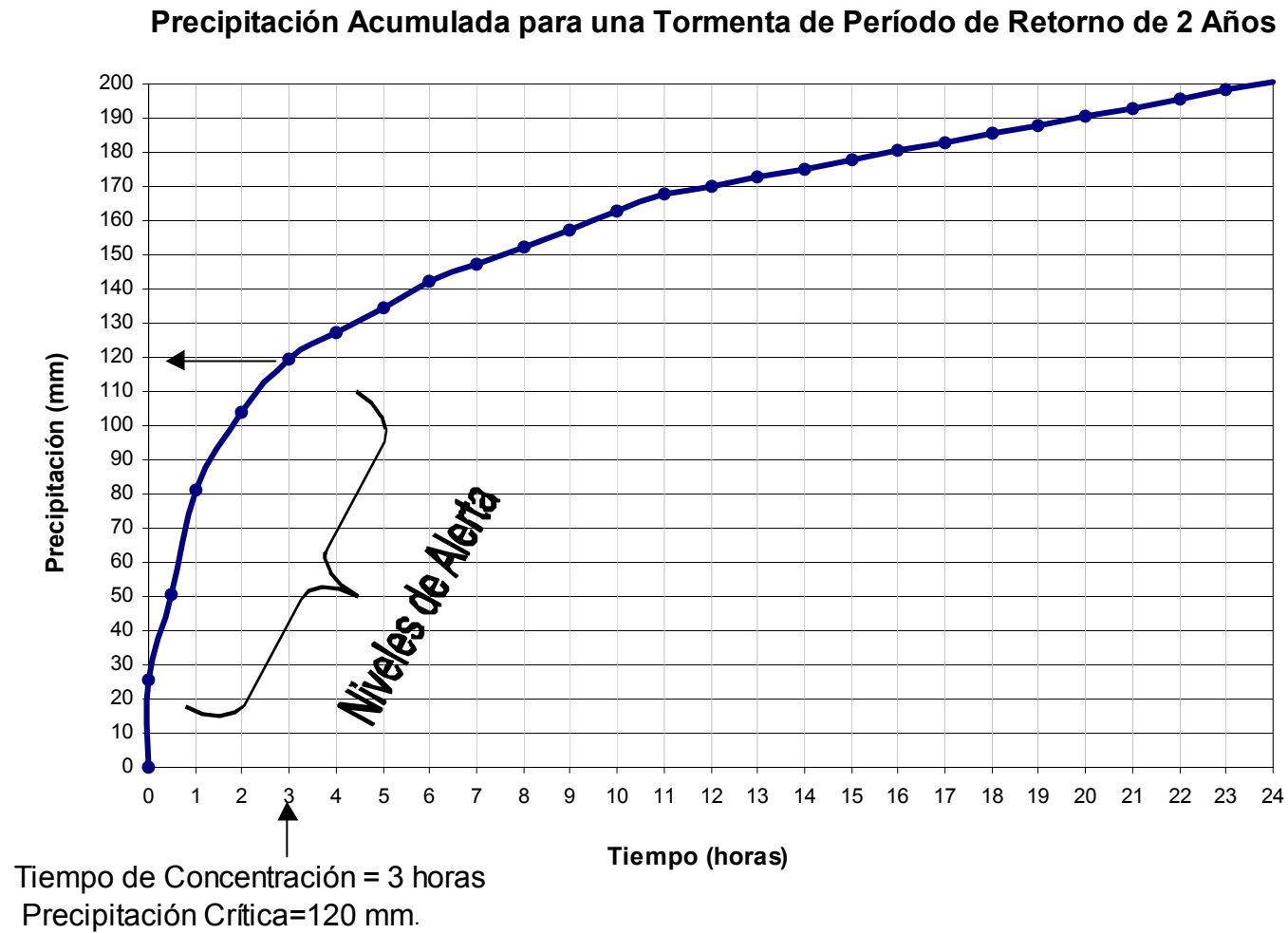
n= número de datos=32 años

Promedio= $9537.30/32=298.04$

$$S^2 = \frac{403689.70}{32 - 1} = 13022.2$$

Desviación Estándar= $S = \sqrt{13022.2} = 114.1$

Figura 14



Fuente: Adaptado de Módulo II, Análisis Hidrológico, Diseño de Sistemas de Alerta y Medición Hidrológica, Proyecto OEA/ECHO/COPECO.

Figura 15



REGISTRO DE LECTURAS DE PLUVIÓMETROS

Nombre de la Cuenca Menor:			Ubicación del Pluviómetro:																						
Mes:		Año:		Voluntario:												Horas de Vaciado:									
Día	12:00 a.m	1:00 a.m	2:00 a.m	3:00 a.m	4:00 a.m	5:00 a.m	6:00 a.m	7:00 a.m	8:00 a.m	9:00 a.m	10:00 a.m	11:00 a.m	12:00 m	1:00 p.m	2:00 p.m	3:00 p.m	4:00 p.m	5:00 p.m	6:00 p.m	7:00 p.m	8:00 p.m	9:00 p.m	10:00 p.m	11:00 p.m	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									

Figura 16



REGISTRO DE LECTURAS DE ESCALAS HIDROMÉTRICAS

Nombre de la Cuenca Menor:			Ubicación de la Escala Hidrométrica:																						
Mes:		Año:		Voluntario:												Horas de Vaciado:									
Día	12:00 a.m	1:00 a.m	2:00 a.m	3:00 a.m	4:00 a.m	5:00 a.m	6:00 a.m	7:00 a.m	8:00 a.m	9:00 a.m	10:00 a.m	11:00 a.m	12:00 m	1:00 p.m	2:00 p.m	3:00 p.m	4:00 p.m	5:00 p.m	6:00 p.m	7:00 p.m	8:00 p.m	9:00 p.m	10:00 p.m	11:00 p.m	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									

