



**OEA**



*Gobierno de Irlanda*

**MANUAL PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES EN  
CUENCAS MENORES**



## **Relativo a Este Manual**

Este manual ha sido publicado por el Proyecto de Peligros Naturales de la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Organización de los Estados Americanos (OEA) gracias a una contribución del Gobierno de Irlanda como parte del Programa de Reducción de Vulnerabilidad a Inundaciones y Alerta Temprana en Cuencas Menores en Centro América (PCM).

El PCM se origina por la necesidad de complementar las actividades de capacitación comunitaria que muchas comunidades han recibido pero que no están asociadas al desarrollo de un programa de reducción de vulnerabilidad a un peligro natural específico. El PCM propone la creación de un método sistemático que reúna los aspectos clásicos de los programas de preparativos y respuesta a emergencias con propuestas para reducir la vulnerabilidad y el registro de los regímenes hídricos para alertar a la comunidad de las posibilidades de inundaciones. El PCM tiene como objetivo la capacitación y apoyo de grupos de ciudadanos y profesionales de organizaciones públicas y privadas, y organizaciones no gubernamentales en comunidades locales en el análisis de vulnerabilidad a inundaciones y desarrollo de medidas de mitigación, monitoreo de eventos hídricos y meteorológicos, desarrollo sistemas de alerta local, y desarrollo de programas de preparativos y respuesta a emergencias de inundaciones. El PCM contempla las siguientes actividades:

1. Análisis de la vulnerabilidad a las inundaciones de la infraestructura económica y social en cuencas menores.
2. Reducción de vulnerabilidad y ejecución de medidas de mitigación para reducir daños a la infraestructura económica y social.
3. Análisis hidrológico, diseño de sistemas de monitoreo y pronóstico de caudales.
4. Monitoreo pluviométrico e hidrométrico, pronóstico de inundaciones y alerta temprana para comunidades locales.
5. Planificación para emergencias, preparativos en el ámbito local, y respuesta a inundaciones.

El PCM es el único en la región que desarrolla sistemas de baja tecnología manejados directamente por la comunidad para alerta a inundaciones y provee información a los gobiernos locales para planificar su desarrollo reduciendo su vulnerabilidad a inundaciones. Este manual es producto de las experiencias del PCM que se han desarrollado hasta la fecha en Centro América tanto por la OEA como por otros organismos, lo que se manifiesta en el amplio uso de diferentes fuentes de información para su elaboración por lo que es propicio agradecer a todas esas fuentes su aporte. El manual explica el desarrollo de esos sistemas de baja tecnología y está diseñado para que pueda ser fotocopiado fácilmente. Otorgamos aquí el permiso de reproducción correspondiente de todas y cualquier sección de este manual para propósitos de reducción de vulnerabilidad a inundaciones por parte de comunidades localizadas en las cuencas menores.



## Índice

|   |    |
|---|----|
| Introducción.....   | 1  |
| Uso del Manual.....   | 2  |
| <b>Paso 1</b>   |    |
| Organización Comunitaria.....   | 3  |
| Formación de un Comité Organizador  |    |
| Reunión Inicial con Miembros de la Comunidad                                |    |
| <b>Paso 2</b>   |    |
| Reconocimiento de la Cuenca Menor.....                                      | 9  |
| Elaboración del Mapa de la Cuenca Menor                                     |    |
| Visualización del Concepto de Cuenca Menor                                  |    |
| Elaboración del Mapa de la Comunidad  |    |
| Análisis del Problema de las Inundaciones                                   |    |
| Elaboración del Mapa de las Zonas Vulnerables a Inundaciones                |    |
| <b>Paso 3</b>   |    |
| Medición de Lluvia y Nivel de Agua de los Ríos.....                         | 17 |
| Pluviómetros  |    |
| Escalas Hidrométricas   |    |
| <b>Paso 4</b>   |    |
| Funcionamiento del Sistema de Alerta.....                                   | 35 |
| Lectura y Registro  |    |
| Transmisión de datos  |    |
| Procesamiento y Análisis de Datos en el COE                                 |    |
| Análisis Hidrológico  |    |
| Actualización del Análisis y Parámetros de Inundación                       |    |
| <b>Paso 5</b>   |    |
| Evaluación de la Situación, Difusión de la Alerta y Plan de Emergencia..... | 51 |
| Evaluación de la Situación  |    |
| Difusión de la Alerta   |    |
| Plan de Emergencia  |    |
| Bibliografía.....   | 55 |

## Lista de Figuras

- Figura 1. Ubicación de la Cuenca Menor con Respecto a una Cuenca de Mayor Tamaño
- Figura 2. Ubicación Geográfica de la Cuenca Menor
- Figura 3. Mapa de la Cuenca Menor
- Figura 4. Mapa de la Comunidad
- Figura 5. Análisis de Inundaciones Utilizando el Conocimiento y Experiencia de la Comunidad
- Figura 6. Mapa de las Zonas Vulnerables a Inundaciones de la Comunidad
- Figura 7. Pluviómetro de Tubo de PVC
- Figura 8. Instalación de Pluviómetro de Tubo de PVC
- Figura 9. Lectura del Pluviómetro de Tubo de PVC
- Figura 10. Pluviómetro Prefabricado Trucheck
- Figura 11. Escala Fija en Puente de Madera
- Figura 12. Lectura de Escalas en Serie
- Figura 13. Ubicación de los Pluviómetros y Escalas Hidrométricas en la Cuenca Menor
- Figura 14. Precipitación Acumulada para una Tormenta de Período de Retorno de 2 Años
- Figura 15. Registro de Lecturas de Pluviómetros
- Figura 16. Registro de Lecturas de Escalas Hidrométricas

## Introducción

Desde 1995 la OEA/UDSMA ha desarrollado en varias fases el PCM en Centro América: Inicialmente se llevó a cabo una fase piloto en Honduras donde se estudiaron métodos básicos para diseñar un sistema simple de alerta con participación comunitaria para enfrentar los peligros de inundaciones en cuencas menores. Luego se ampliaron las actividades para desarrollar un modelo nacional en Honduras. Un equipo de profesionales fue capacitado para preparar análisis de vulnerabilidad, planes de mitigación, análisis hidrológico, pronóstico de inundaciones, monitoreo y alerta de inundaciones en un proyecto piloto, usando la metodología y las técnicas desarrolladas en la fase anterior. Además se realizaron actividades de preparación comunitaria para la atención de emergencias. Posteriormente se realizaron actividades de capacitación para expandir el PCM a toda Centroamérica, estandarizando la metodología y los materiales técnicos de capacitación producidos anteriormente. Caso seguido, los equipos nacionales de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Panamá se abocaron a trabajar en un proyecto piloto en una cuenca menor en cada país y se organizaron equipos de profesionales en cada país para producir la información técnica correspondiente a las actividades del PCM. Este proceso mostró la necesidad que tienen las comunidades de contar con información técnica apropiada lo que era oportuno satisfacer al recopilar y poner en un solo texto el contenido de este manual para uso de las comunidades que de otra manera no tendrían acceso a este tipo de información.

El manual proveerá la suficiente información para que como complemento de los talleres las comunidades puedan diseñar, construir, instalar y monitorear pluviómetros e instrumentos de medición de los niveles de los ríos. Sin embargo, se requerirá un profesional para supervisar ciertas actividades, estas serán indicadas a lo largo del manual.

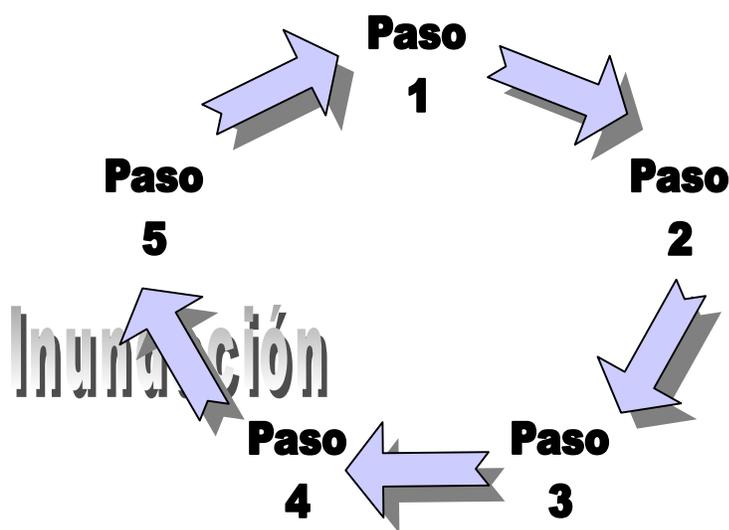
El éxito del desarrollo de este Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones radica en la participación de todos los miembros de la comunidad, ya que son ellos quienes realizarán los pasos necesarios tal como se describen en el manual para llevar a cabo dicho sistema.

El manual está dividido en cinco pasos. Estos pasos explican en una manera sencilla e ilustrativa el orden de actividades que se debe realizar. A lo largo de los pasos, habrá una nota encerrada en un recuadro que explica cómo se puede mejorar esta actividad cuando se cuente con más recursos. Es importante resaltar que el Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones debe estar siempre en funcionamiento. Conforme vaya transcurriendo el tiempo e incrementándose los recursos se podrán hacer mejoras en el Sistema.

Finalmente, y como un resumen se adjunta un folleto/afiche que presenta todos los pasos y sus respectivas actividades que puede servir de referencia a los voluntarios, operadores y a la comunidad en general.

## Uso del Manual

El objetivo de este manual es servir de guía sencilla para que paso a paso las comunidades que habitan las cuencas menores puedan por sí mismas diseñar e instalar un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones. Se describirá en cinco pasos el proceso para llevar a cabo un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones en cuencas menores. Estos cinco pasos se desarrollarán en reuniones que tenga la comunidad. Se debe recalcar que un Sistema de Alerta no es un proceso que comienza y termina: todo lo contrario, es un proceso cíclico, que está constantemente en marcha y en continuo perfeccionamiento.



Después de cada inundación y cuando sea oportuno se volverá a realizar las reuniones. Al revisar el Paso 1 se decidirá si se necesita crear nuevos equipos de trabajo, y se incorporarán a nuevas personas que estén interesadas en participar en el Sistema. En el Paso 2 se debe chequear si se cuenta con los recursos necesarios para obtener mapas mejores a los que se elaboraron en el Paso 2 del anterior ciclo, y también si se necesita incorporar en los mapas algún cambio ocasionado por la inundación. En el Paso 3 se verá si se cuenta con los recursos para comprar pluviómetros y escalas prefabricadas; de lo contrario, se procederá a construir, arreglar o reemplazar los instrumentos de medición según sea necesario.

En el Paso 4 se debe calibrar los datos que se tenía antes de la inundación, es decir, al contar con nueva información después del evento de inundación, se obtendrán nuevos parámetros de pronóstico.

Se discutirá si el plan de emergencia del Paso 5 fue efectivo, si fue seguido por todos, etc. En general se discutirá lo que salió bien y lo que salió mal para mejorarlo en el próximo ciclo.



## Organización Comunitaria

**Objetivo: Formación de un comité organizador y reunión inicial con miembros de la comunidad para formar equipos de trabajo y explicar conceptos generales para el desarrollo del Programa**

La clave del éxito de cualquier plan o actividad de un Programa de Alerta Temprana y Reducción de Vulnerabilidad a Inundaciones en Cuencas Menores es la participación directa de la comunidad. Los miembros de las comunidades afectadas por inundaciones deben organizarse para así entender mejor su responsabilidad en el sistema a diseñar y ejecutar por medio del Programa. Este Programa está basado en la organización, monitoreo, toma de decisiones e implementación por la comunidad. A continuación se presentan las actividades que serán necesarias para la organización comunitaria.

### Formación de un Comité Organizador

El comité organizador debe estar compuesto por líderes de la comunidad: personas que estén dispuestas a responsabilizarse por el buen funcionamiento del sistema, monitoreando que todos los equipos de trabajo estén cumpliendo con su función de acuerdo con los pasos que se explicarán en este manual. Deben ser representantes de cualquiera de los grupos mencionados a continuación:

- Organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones voluntarias, clubes o asociaciones de la comunidad
- El sector público: la municipalidad, oficinas locales del gobierno, empresas del Estado (electricidad, agua, etc.)
- El sector privado: industrias, empresas, agricultores, negocios en general, etc.

## Reunión Inicial con Miembros de la Comunidad

Una vez establecido el comité organizador se debe convocar a todos los miembros de la comunidad, tanto los que viven en la parte baja de la cuenca como en la parte alta, a una reunión inicial para explicar que con la ayuda de este manual se adoptará un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones, basado en la participación de la comunidad, para lo cual se necesitará formar equipos de trabajo, establecer un programa de trabajo y explicar los conceptos generales necesarios para el mejor entendimiento de este manual.

### FORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO

Se identificarán a los voluntarios que formarán los diferentes grupos de trabajo. Esta distribución se hará repartiendo las responsabilidades de acuerdo con las habilidades de cada persona. Por ejemplo, si alguien trabaja de carpintero, sin duda esta persona será buena para estar en el equipo de trabajo 1, quienes construirán los instrumentos de medición. Los voluntarios pueden estar organizados en los siguientes grupos:

*Equipo de trabajo 1:* Voluntarios para la construcción e instalación de instrumentos de medición (explicado en el Paso 3 de este manual).

*Equipo de trabajo 2:* Voluntarios para la lectura de los instrumentos de medición de lluvia y nivel de agua de ríos y transmisión de la información (descritos en el Paso 3). Los miembros de este equipo de trabajo tienen que vivir en la parte alta de la cuenca cerca de los sitios donde se colocarán los instrumentos.

*Equipo de trabajo 3:* Voluntarios para buscar información hidrológica (conforme se explica en el Paso 4) y para trabajar en el Centro de Operaciones de Emergencia (COE). El COE es el lugar que será establecido con el propósito de recibir la información, procesarla, y pronosticar la inundación cuando sea necesario.

*Equipo de trabajo 4:* Voluntarios para ejecutar planes de emergencia como respuesta a un pronóstico de inundación. El Paso 5 contiene la información mínima que debe tener un plan de emergencia y que debe ser conocida por la comunidad.





## PROGRAMA DE TRABAJO

Después de haber formado los equipos de trabajo, se debe fijar una fecha y lugar para las próximas reuniones, asegurándose que cuenten con la mayor concurrencia de participantes. Las reuniones tendrán como objetivo seguir desarrollando los otros pasos de este manual.

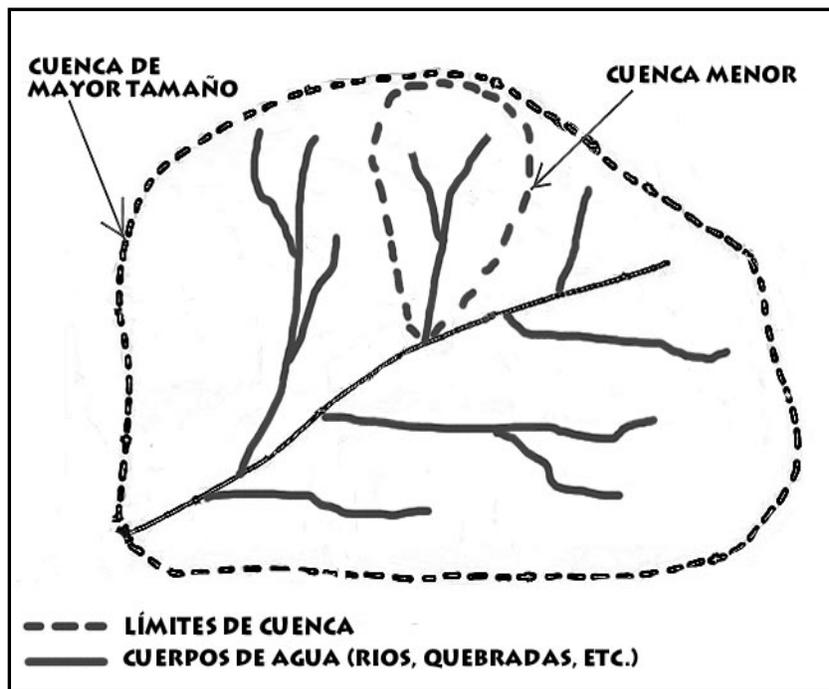
## CONCEPTOS GENERALES A EXPLICAR EN LA REUNIÓN INICIAL

*Cuenca menor:* En este manual llamamos "cuenca menor" al área que contiene un conjunto de cuerpos de agua (ríos, quebradas, lagos, etc.) que van a depositar sus aguas a un cuerpo de agua de mayor tamaño. Las cuencas varían en tamaño y forma. Aquí utilizaremos una forma de cuenca que es muy común y que se parece a una hoja. El borde de la hoja sería los límites de la cuenca y las venas del interior representarían los cuerpos de agua. Varias cuencas menores pueden formar una cuenca más grande. En la Figura 1 se muestra cómo se esquematiza una cuenca menor dentro de una cuenca de mayor tamaño.



Figura 1

### UBICACIÓN DE LA CUENCA MENOR CON RESPECTO A UNA CUENCA DE MAYOR TAMAÑO



El área de la cuenca menor alberga a las comunidades que son vulnerables a las inundaciones. La cuenca de mayor tamaño, junto con otras, puede a su vez conformar una región o país, tal como lo muestra la Figura 2.

**Figura 2**

**UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA CUENCA MENOR**



Fuente: Adaptado de Clements, et al., 1996.

De la figura se concluye que la comunidad para la cual se diseñara un sistema de alerta temprana de inundaciones, pertenece a una cuenca menor. La cuenca menor a su vez se encuentra en un área geográfica que pertenece a una cuenca de mayor tamaño.

*Partes alta y baja de la cuenca menor:* El relieve terrestre de una cuenca menor no es una superficie plana. Todo lo contrario, tiene partes que son más empinadas que otras. Estas partes empinadas o partes altas se encuentran próximas a los cerros o montañas. Las partes bajas están cerca a los ríos y quebradas, y generalmente son las áreas vulnerables a inundaciones.

*Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones en una Cuenca Menor:* Como su nombre lo indica este sistema tiene como objetivo alertar a la población con antelación suficiente para

que la comunidad pueda tomar las precauciones mínimas necesarias para enfrentar el evento de inundación. Se lleva a cabo contando con la participación directa de la comunidad que en forma de voluntarios no remunerados tendrán que realizar las siguientes actividades:

- Monitorear la cantidad de lluvia caída y los niveles de río por medio de:
  - La lectura de pluviómetros y escalas hidrométricas, y
  - La transmisión de estas lecturas al COE
- Pronosticar inundaciones
- Alertar a la población





## Reconocimiento de la Cuenca Menor

**Objetivo:** Elaboración del mapa de la cuenca menor, visualización del concepto de cuenca menor, elaboración del mapa de la comunidad, análisis del problema de las inundaciones y elaboración del mapa de las zonas vulnerables a inundaciones

**P**ara llevar a cabo el Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones correspondiente a una cuenca menor, se debe primero visualizarla como un área geográfica. Si la comunidad no cuenta con un mapa donde se muestre el área de la cuenca menor a la que pertenece la comunidad, entonces será necesario elaborar uno.

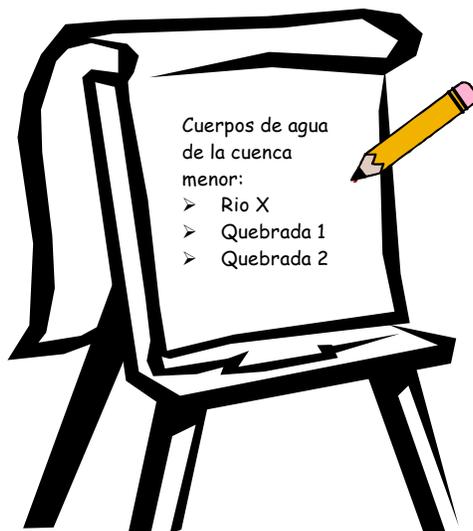
### Elaboración del Mapa de la Cuenca Menor

Se necesita elaborar un mapa sencillo donde se muestren los cuerpos de agua que tiene la cuenca menor. También se deben mostrar los tributarios de estos cuerpos de agua, si es que los hubiese. Existen varias maneras para elaborar un mapa. A continuación se indica una manera para esta elaboración:

#### 1. SE HACE UNA LISTA DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA MENOR

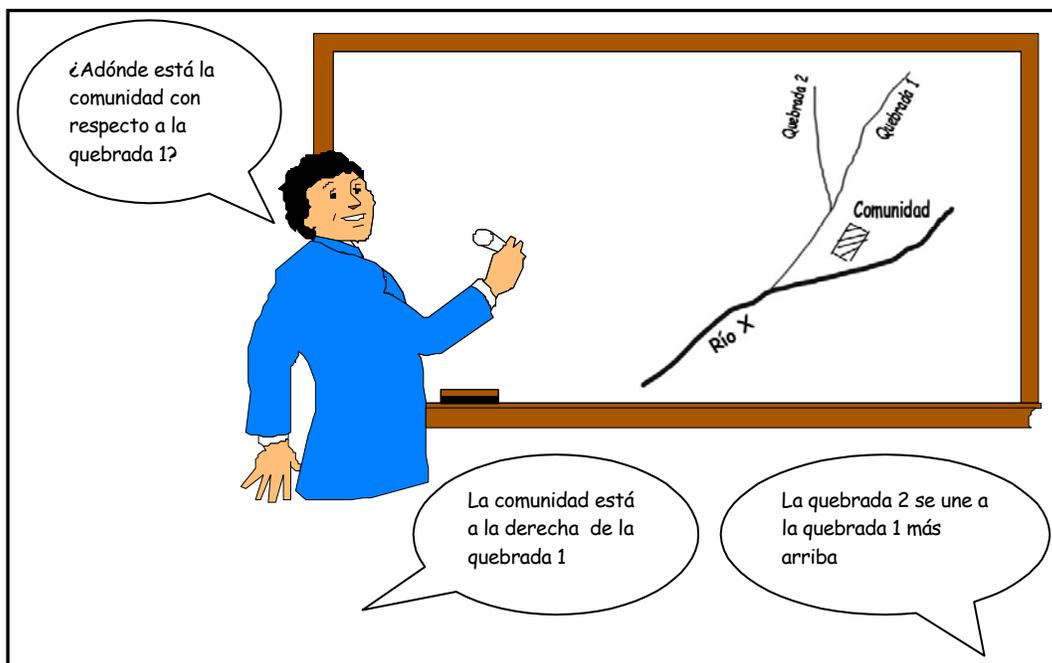
Los cuerpos de agua son los ríos, quebradas, lagos, lagunas, pantanos, estuarios, playas, etc. Se utiliza el papelógrafo o pizarra para hacer la lista, la cual servirá posteriormente para hacer el mapa de la cuenca menor. Con la contribución de todos los participantes esta tarea será muy fácil.





## 2. SE DIBUJAN LA COMUNIDAD Y LOS CUERPOS DE AGUA QUE LA RODEAN

Después de haber hecho una lista de todos los ríos, quebradas y demás cuerpos de agua se procede a hacer un dibujo. Este dibujo mostrará la ubicación de la comunidad con respecto a la cuenca menor y cómo sus cuerpos de agua la rodean, la cruzan o se encuentran cerca de ella. El dibujo de la pizarra que se muestra a continuación es un ejemplo de la ubicación de una comunidad con respecto a sus cuerpos de agua.



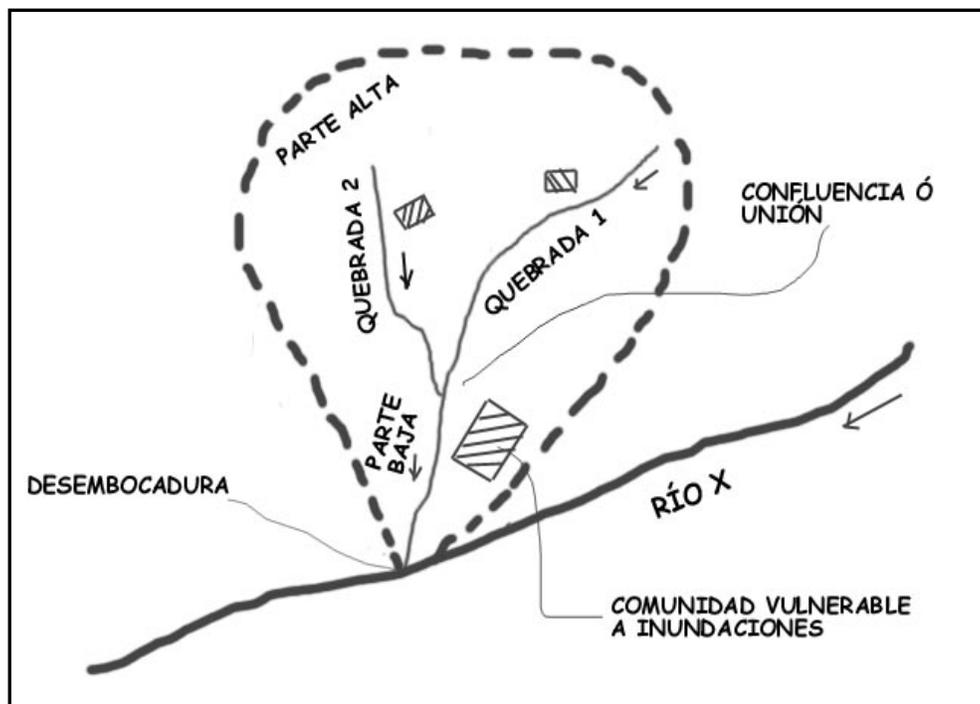
### 3. SE DIBUJA EL MAPA DE TODA LA CUENCA MENOR

Ahora se requiere ampliar el gráfico anterior para señalar ciertos sitios que serán necesarios para el Paso 4. Estos sitios son:

- Confluencia de cuerpos de agua: Se deben reconocer los lugares donde están los encuentros o uniones de dos o más cuerpos de agua.
- Partes alta y baja de la cuenca menor: Se debe reconocer que algunos lugares son más elevados o más bajos con respecto a otros. Generalmente las quebradas se originan en las partes más altas, y siguen un rumbo descendiente hasta desembocar en otro cuerpo de agua más grande.

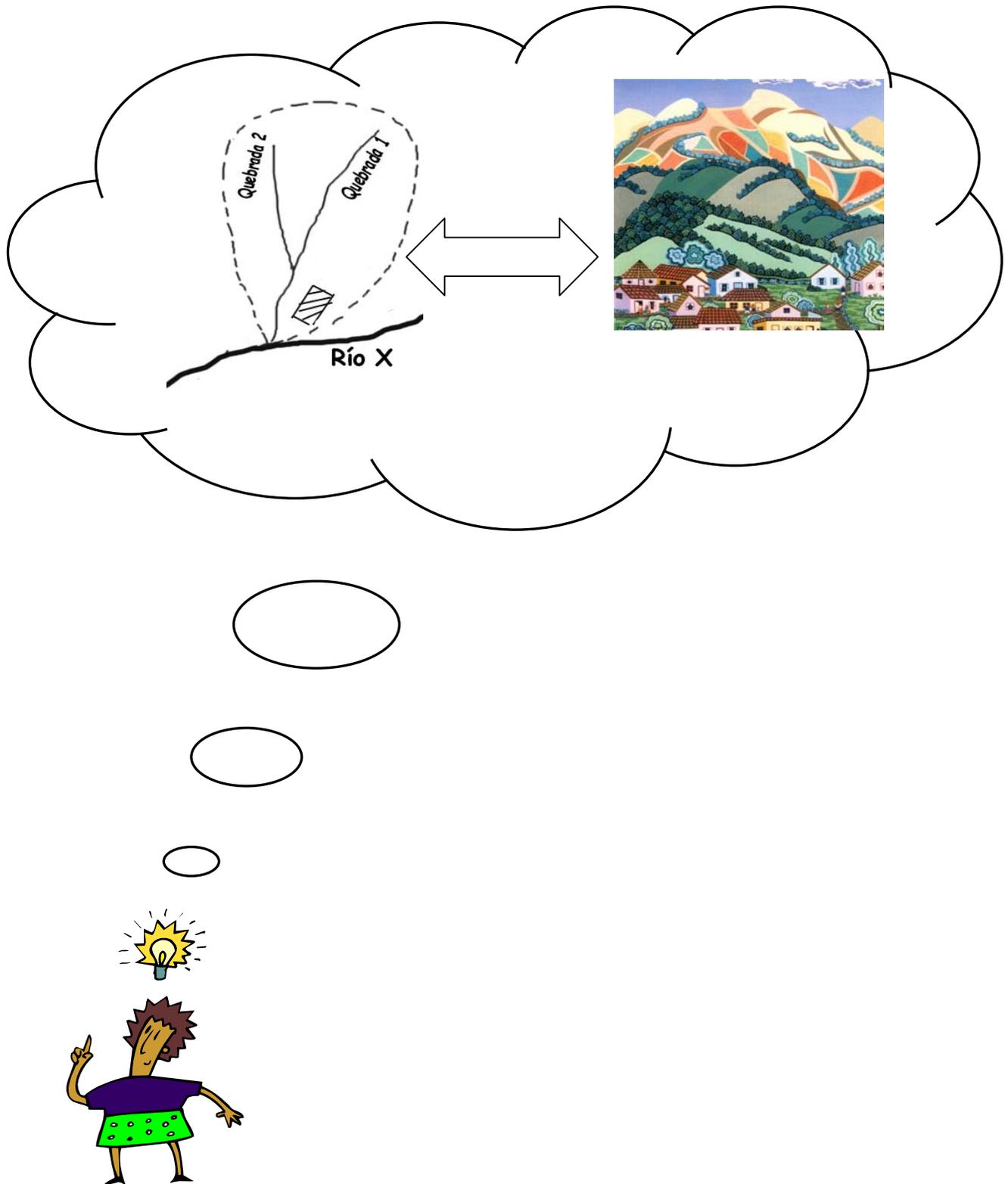
**Figura 3**

**MAPA DE LA CUENCA MENOR**



Este mapa será mejorado si se cuenta con mapas topográficos o de relieve terrestre, en donde se muestre las altitudes del terreno y todos los cuerpos de agua de la región. También, si se cuenta con estos mapas topográficos se puede hacer una mejor delimitación de la cuenca menor.

## Visualización del Concepto de Cuenca Menor

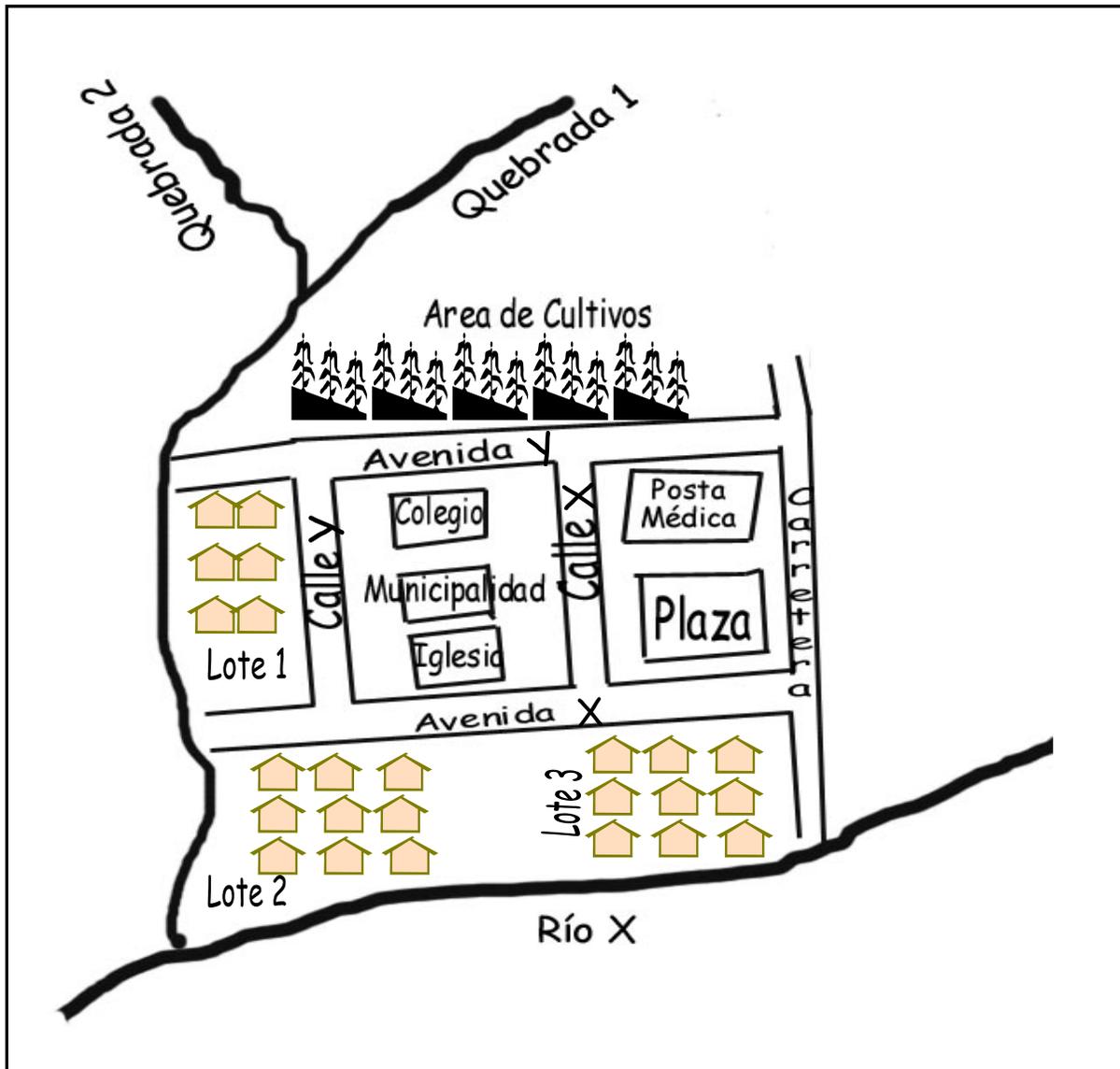


## Elaboración del Mapa de la Comunidad

Si no se cuenta con un mapa de la comunidad, entonces se tendrá que elaborar un mapa sencillo, donde se muestre la ubicación de las carreteras, avenidas, casas, colegios, municipalidad, iglesia, etc., con respecto a los cuerpos de agua que cruzan o que rodean a toda la comunidad. Si se cuenta con un mapa, se debe verificar que este refleje la realidad. De no ser así, se procederá a hacer las modificaciones que sean necesarias. La Figura 4 es un ejemplo de un mapa de una comunidad.

Figura 4

MAPA DE LA COMUNIDAD

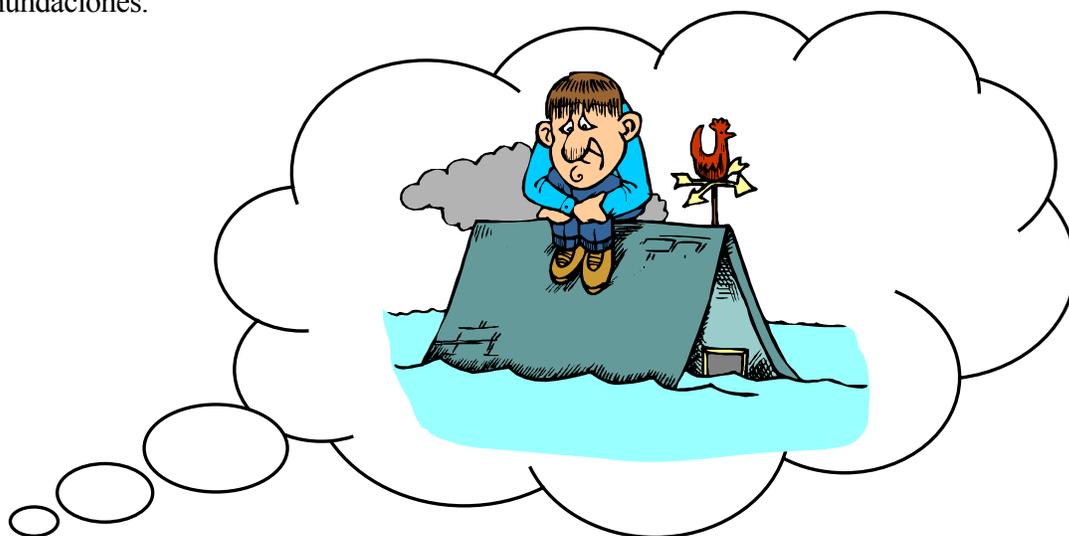


## **Análisis del Problema de las Inundaciones**

Utilizando el conocimiento y la experiencia de la comunidad acerca de las inundaciones, se puede obtener información para identificar los lugares vulnerables a inundaciones dentro de la comunidad y reconocer las características de los eventos de inundación que se repiten en la cuenca menor. Otra fuente de información puede ser los relatos noticiosos de revistas, periódicos o radios locales.

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS LUGARES VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INUNDACIONES**

Para poder identificar los sitios vulnerables a futuras inundaciones y reconocer las características de un posible evento de inundación se debe recordar lo que pasó en las últimas inundaciones.



Pero no todas las inundaciones pasadas han sido iguales. En este manual, diferenciamos a las inundaciones de acuerdo a su magnitud, es decir, de acuerdo con la extensión y el nivel a que llegaran las aguas desbordadas. La identificación de la frecuencia con la que ocurren las diferentes inundaciones es muy importante porque permitirá un mejor pronóstico de las futuras inundaciones.

La Figura 5 muestra cómo se puede caracterizar una inundación pasada haciendo uso del conocimiento, experiencia y relatos noticiosos de una comunidad.

**Figura 5**



**ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE INUNDACIONES UTILIZANDO EL CONOCIMIENTO Y  
 EXPERIENCIA DE LA COMUNIDAD**

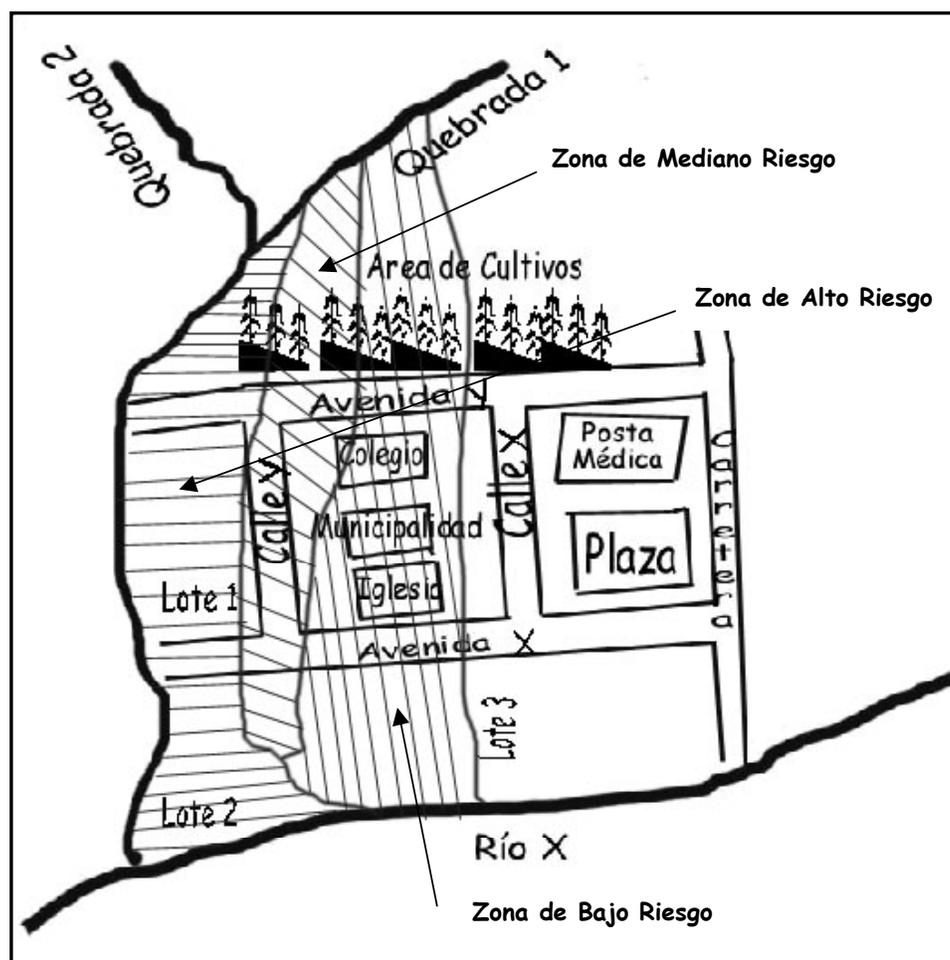
|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la Comunidad:</b> _____   |  |
| <b>Fecha de la Inundación:</b> _____ <b>Hora de la Inundación:</b> _____   |  |
| ¿Por cuánto tiempo llovió antes de producirse la inundación?   |  |
| ¿Cuánto tiempo se demoró el agua que se desbordó en llegar desde el punto más alto de la cuenca hasta el sitio vulnerable? (A este tiempo se le llama <b>tiempo de concentración</b> )   |  |
| ¿Qué cambios se observó en el comportamiento de los ríos o quebradas en la parte alta de la cuenca menor?  |  |
| ¿Cuál fue la extensión de la inundación?<br>¿Qué áreas de la comunidad se inundan: calles, casas, lugares públicos, etc.?  |  |
| ¿Hasta dónde llega el nivel de las aguas desbordadas hasta los tobillos, rodillas, cintura, 0.5 metros, 1 metro, la mitad del poste de luz, la ventana de las casas, etc.?   |  |
| ¿Con cuánta frecuencia se presenta este tipo de inundación, en términos de nivel de las aguas y extensión de la inundación: siempre, cada 2 años, 5 años, rara vez, etc.?<br>(A esta frecuencia se le llama <b>tiempo de retorno</b> ) |  |
| ¿De dónde provienen las aguas que se desbordan: de la quebrada 1, quebrada 2, del río, de todas partes, etc.?  |  |
| Espacio para anotar cualquier otra información que se conozca o se obtenga sobre esta inundación:  |  |

## Elaboración del Mapa de las Zonas Vulnerables a Inundaciones

Para elaborar el mapa de las zonas vulnerables a inundaciones se puede utilizar la Figura 4 como base y la información obtenida de la Figura 5 para determinar aquellos lugares de la comunidad que tienen alto, mediano y bajo riesgo a inundaciones. La comunidad puede representar en el mapa las áreas de alto, mediano y bajo peligro respectivamente como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

MAPA DE LAS ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES DE LA COMUNIDAD





## Medición de Lluvia y Nivel de Agua de los Ríos

**Objetivo: Construcción de los instrumentos de medición, instalación, lectura y mantenimiento**

La medición de la lluvia y del nivel de agua de los ríos y quebradas tiene por objetivo hacer un seguimiento a las condiciones hidrológicas que pueden producir una inundación. Los instrumentos de medición del volumen de lluvia y nivel de agua de los ríos se llaman **pluviómetros** y **escalas hidrométricas** respectivamente. Los pluviómetros proveen información del volumen de agua que ya se encuentra en el suelo (lluvia caída) y las escalas hidrométricas proveen información sobre el crecimiento del nivel de agua en los cuerpos de agua. Generalmente, la información proporcionada por las escalas hidrométricas es suficiente para un pronóstico de inundación confiable. Sin embargo, el sistema de alerta temprana a desarrollar en este manual contará con una red de pluviómetros y escalas para poder brindar un tiempo de aviso adicional, ya que la medición se realizará en la parte alta de la cuenca. Este tiempo adicional se logra midiendo la cantidad de lluvia caída y calculando su futuro impacto en los ríos y quebradas.

### Pluviómetros

El número de pluviómetros que se necesitará depende de las condiciones locales de cada cuenca menor. Por ejemplo, las áreas montañosas requerirán mas pluviómetros que las áreas llanas. El mínimo número de pluviómetros a instalar es tres y el máximo número depende de los recursos con que se cuente. Los pluviómetros se pueden comprar o construir; esto dependerá de los recursos con los que cuente la comunidad.

A continuación se muestran tres tipos de pluviómetros. Dos de ellos son de fabricación casera y el otro es prefabricado.

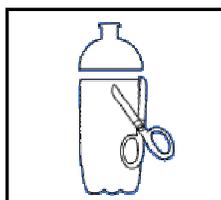
## PLUVIÓMETRO DE BOTELLA DE PLÁSTICO

### Materiales a usar

- 1 botella de plástico (como las de gaseosa de 2 litros)
- Tijeras
- Plumón o marcador
- Una regla, cinta de sastre o centímetro
- Un nivel de mano (opcional)
- Un balde, cubeta o cubo
- Una tabla o madera de más o menos 30 por 30 centímetros
- Un tornillo
- Un destornillador
- Cinta adhesiva
- Un pedazo de papel
- Arcilla o plastilina

### Procedimiento de construcción<sup>1</sup>

1. Se corta la parte superior de la botella, aproximadamente un tercio de todo el alto de la botella.



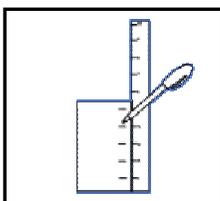
2. Se llena el fondo de la botella con plastilina o arcilla hasta formar una capa horizontal y se coloca la parte superior pico abajo dentro de la botella en forma de embudo, como se muestra en la figura siguiente.

---

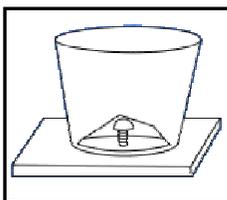
<sup>1</sup> *How to measure precipitation*. Illustrations by Stephanie Kent from EcoKids® Online, [www.ecokids.earthday.ca](http://www.ecokids.earthday.ca). Reproducido con permiso de Earth Day Canada, © 2001.



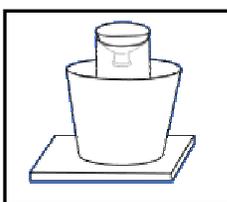
3. Se marca el papel utilizando la regla, colocándola al costado del papel y dividiendo la graduación en 0.5 centímetros. Este papel debe cubrirse con cinta adhesiva para protegerlo de la lluvia. Se pega el papel graduado a la botella haciendo coincidir el 0 con la parte superior de la capa de arcilla. Alternativamente, se puede hacer la graduación directamente en la botella utilizando un plumón.



4. Se une el balde con la tabla utilizando el tornillo o perno y el destornillador.



5. Se coloca la botella con el embudo dentro del balde. Así se recolectará la lluvia.



## Instalación

Los pluviómetros de botella de plástico no requieren mayor instalación, sólo se colocan en el lugar que se indicará en el Paso 4 de este manual.

## Lectura

La lectura es directa. Se saca la botella del balde y se lee la altura del agua de la lluvia utilizando la graduación de la botella. Esta lectura será el volumen de lluvia recolectado. Luego, se escribe esta información en el cuadro que se presenta al final del Paso 4 (Figura 15). En el

COE se calculará la lámina de precipitación en milímetros, dividiendo la lectura directa entre el área circular de la botella. En el Paso 4 se explica cómo calcular el área circular de la botella.

## **Mantenimiento**

Con los pluviómetros de botella de plástico se debe tener los siguientes cuidados:

- Cuidar que no exista ninguna rama o cualquier otra obstrucción que impide la libre caída de la lluvia en el pluviómetro.
- Controlar que la base de madera esté siempre horizontal. Esto se puede chequear con un nivel de mano, o al ojo.
- Cuidar que no exista ningún agujero en la botella. Si lo hubiera se deberá reemplazar la botella.

## **PLUVIÓMETRO DE TUBO DE PVC**

### **Materiales a usar**

- Un tubo de PVC de 6 pulgadas de diámetro y 70 centímetros de longitud
- Una rejilla para poner en la parte superior del tubo
- Un tubo de PVC de ½ "
- Una reducción para insertar el tubo de 6 " con el tubo de ½ "
- Una conexión tipo "T" de PVC de ½ "
- Una manguera transparente de más de 1 m y 5 cm de largo
- Una cinta métrica o cinto de sastre
- Un grifo de bronce de ½ "
- Cemento
- Tornillos, ángulos ranurados, roscas correspondientes (véase Figura 7 de la página 22)
- Herramientas

### **Procedimiento de construcción**

1. En la parte inferior del tubo de 6" se inserta el tubo de ½" usando la reducción.

2. Al otro lado del tubo de 1/2" se le coloca la conexión tipo T.
3. La conexión tipo T tiene dos lados. En un lado se coloca la manguera y en el otro se coloca el grifo de 1/2".
4. Se sujeta la manguera al tubo paralelamente.
5. Se pega la cinta métrica en el tubo de 6" paralelamente a la manguera.

### **Instalación**

Las Figuras 7 y 8 explican la manera de instalar un pluviómetro de tubo de PVC.

### **Lectura**

El tubo recolector de agua del pluviómetro está conectado a una manguera transparente la que actúa como un sifón. De esta manera el nivel del agua captada en el pluviómetro es representado en la manguera graduada. Se utilizará el número al cual el nivel del agua en la manguera esté más cercano; por ejemplo, si el nivel del agua está entre 0.5 y 1.0 pero más cercano a 1.0, la lectura será 1.0. La Figura 9 muestra ejemplos de lecturas.

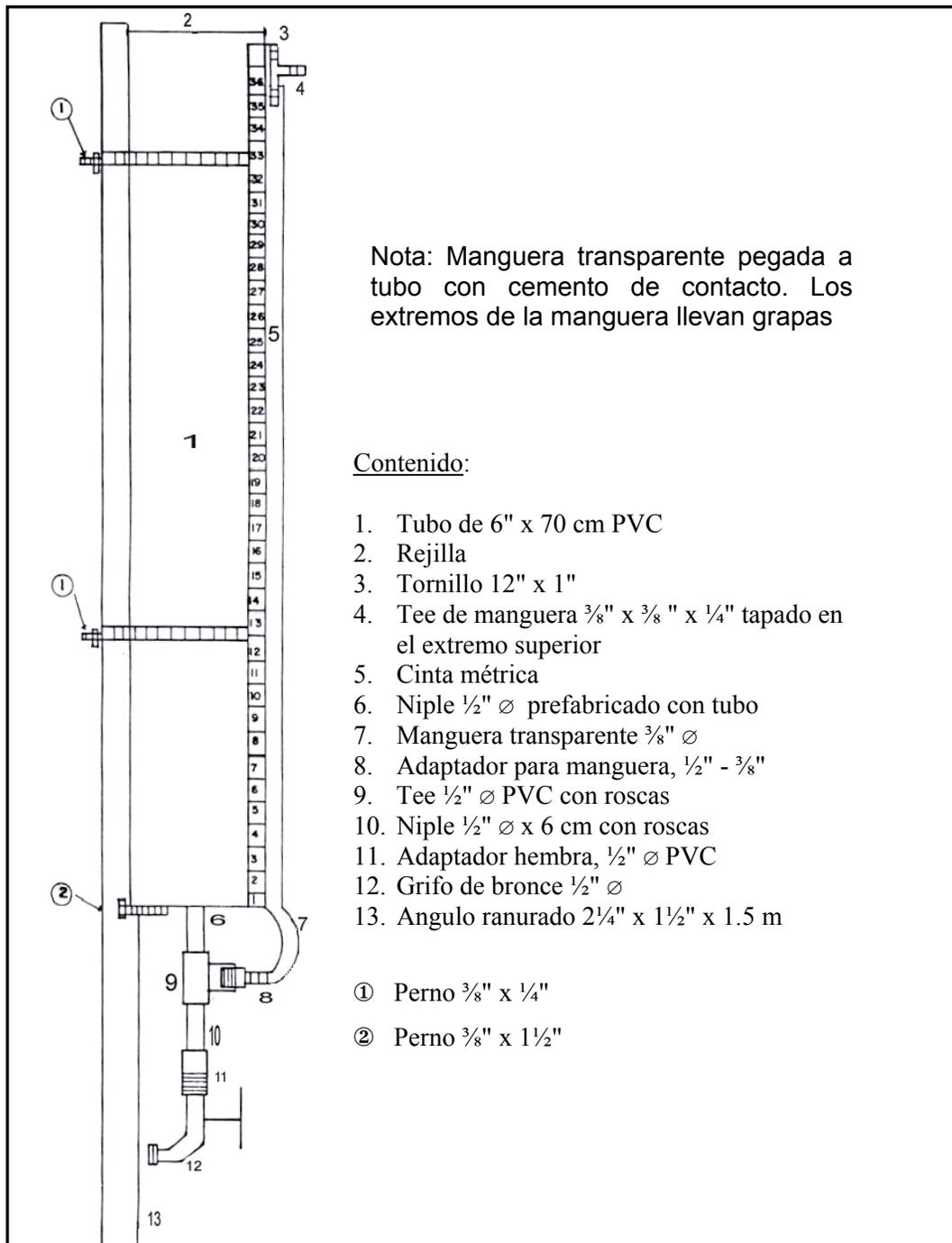
### **Mantenimiento**

Las conexiones de este tipo de pluviómetro pueden con el tiempo originar una fuga de agua en alguna parte. Esto debe repararse inmediatamente; de lo contrario, la lectura de datos será incorrecta.



**Figura 7**

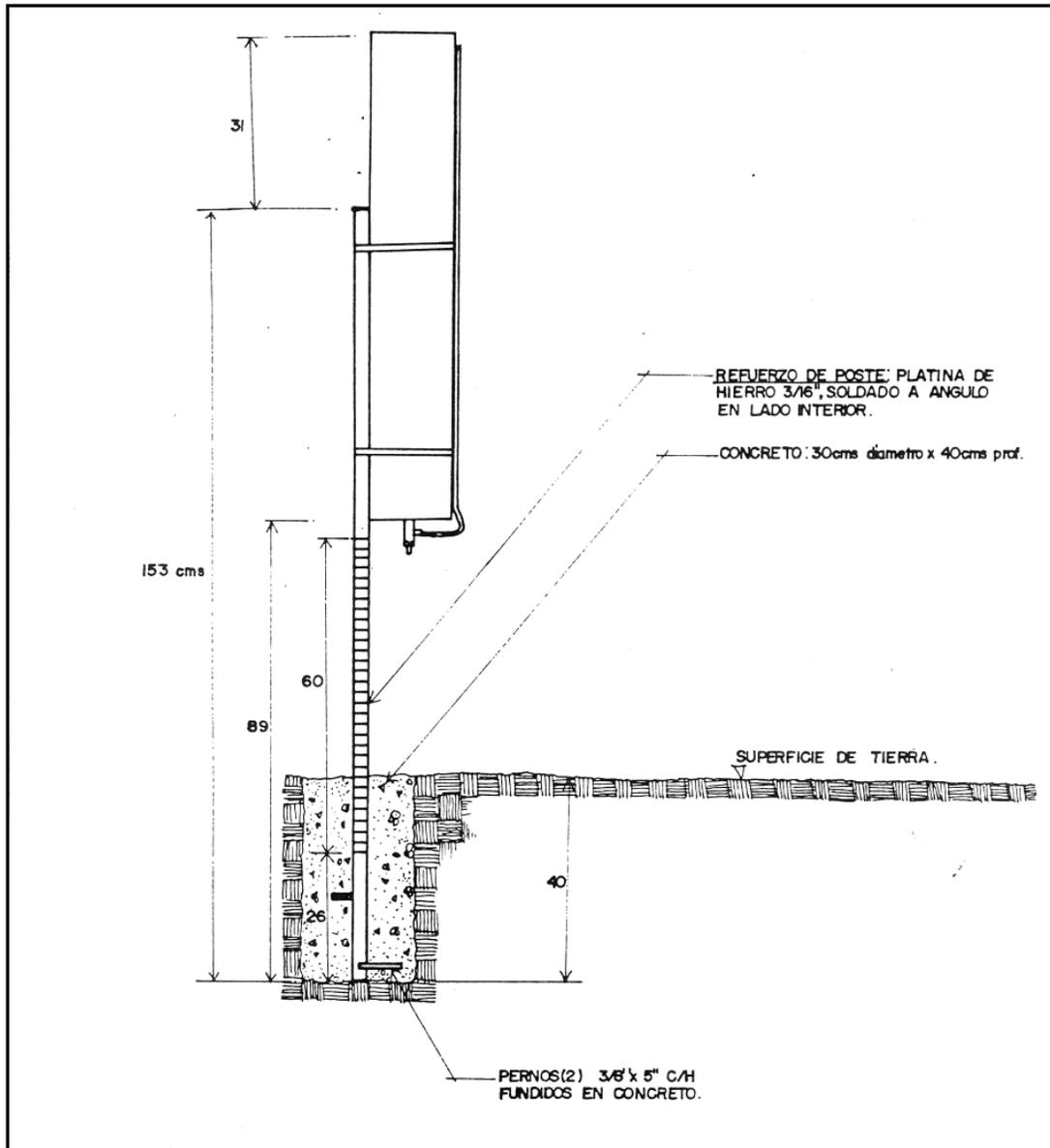
**PLUVIÓMETRO DE TUBO DE PVC**



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

**Figura 8**

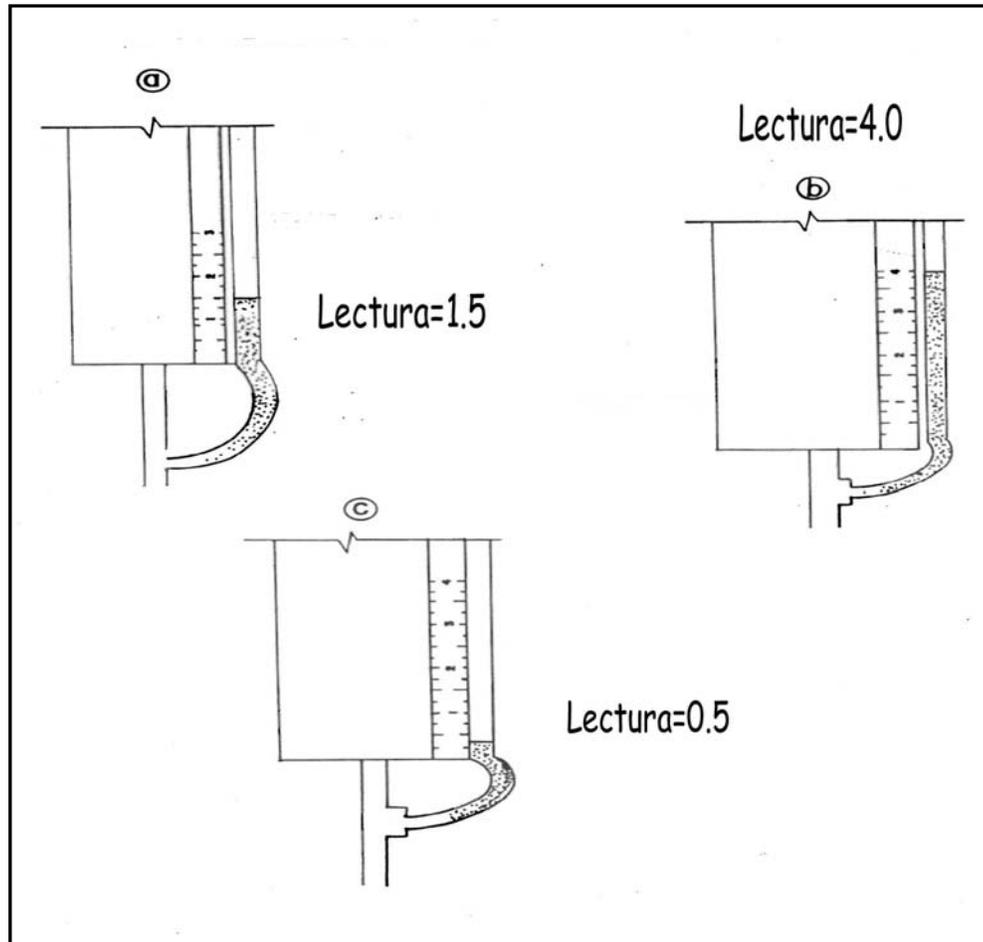
**INSTALACIÓN DE PLUVIÓMETRO DE TUBO DE PVC**



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

**Figura 9**

**LECTURA DEL PLUVIÓMETRO DE TUBO DE PVC<sup>2</sup>**



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

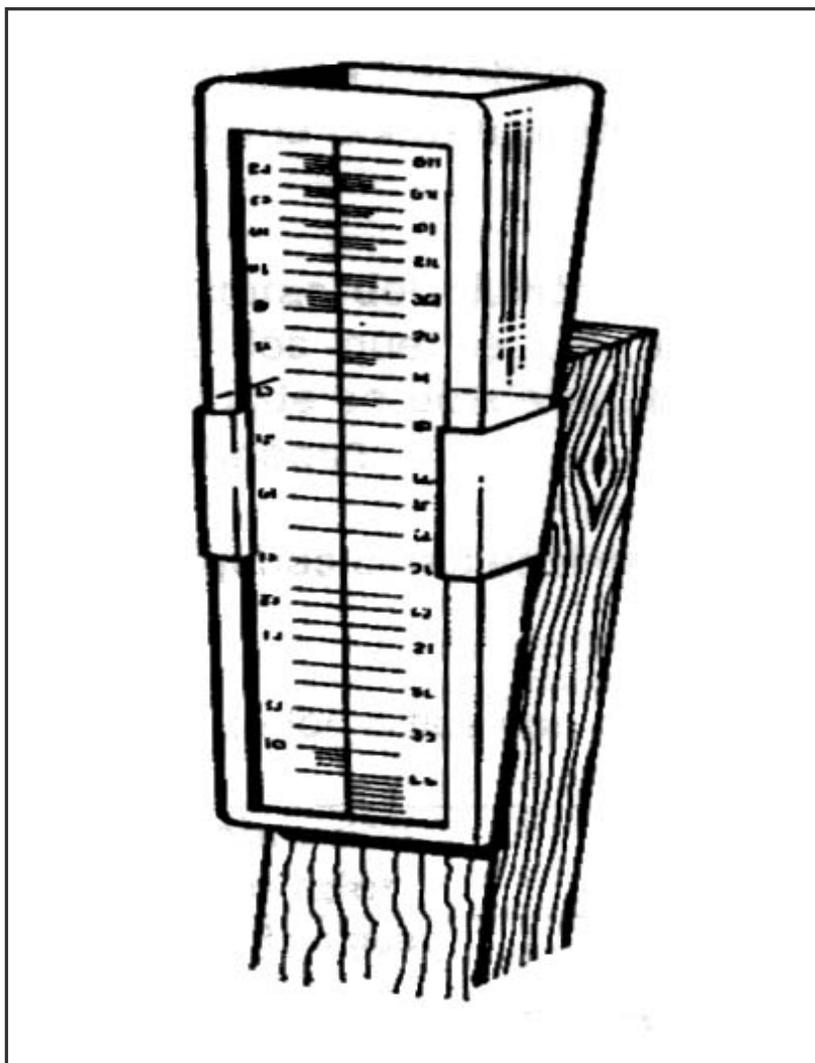
<sup>2</sup> Se escogerán las unidades de medición (pulgadas o centímetros) con los cuales los voluntarios estén más familiarizados.

## PLUVIÓMETRO PREFABRICADO

Si se cuenta con los recursos se pueden comprar pluviómetros ya listos. La Figura 10 muestra un tipo de pluviómetro prefabricado. Si se desea más información sobre pluviómetros prefabricados se puede obtener en las estaciones pluviométricas o en la oficina de servicio meteorológico del gobierno.

**Figura 10**

### PLUVIÓMETRO PREFABRICADO TRUCHECK



Fuente: Proyecto Reducción de Vulnerabilidad a Inundaciones y Sistema de Alerta Temprana en la Cuenca del Río Juan Díaz, Panamá, OEA, 1989.

## **Instalación y mantenimiento**

Para el mantenimiento e instalación de un pluviómetro prefabricado se deberá seguir las instrucciones que provee el fabricante.

## **Lectura**

La manera correcta de leer la cantidad de lluvia de un pluviómetro prefabricado debe estar explicado en el manual de instrucciones proporcionado por el vendedor al momento de la venta.

## **Escalas Hidrométricas**

El número de escalas a instalar dependerá del número de cuerpos de agua en la cuenca menor. Idealmente se requiere una escala en cada río y quebrada, así como en sus tributarios. Las escalas hidrométricas no son otra cosa que unas reglas con las cuales se lee el nivel o altura de las aguas de los ríos y quebradas. Esta regla debe ser lo suficientemente larga para poder medir el nivel cuando el río esté muy alto. Se puede construir dos tipos de escala:

- Escala hidrométrica sujeta a estructuras fijas y
- Escala hidrométrica en serie

### **ESCALA HIDROMÉTRICA SUJETA A ESTRUCTURAS FIJAS**

Esta escala se utiliza cuando existen estructuras fijas. Se aprovechan los pilares de los puentes, muelles o embarcaderos para colocar la escala. También se puede pintar una graduación directamente en los pilares.

### **Materiales a usar**

- Pintura fosforescente
- Viga de madera
- Cinta métrica
- Herramientas
- Clavos, alambre, sogas, nivel de mano, etc.

## **Construcción e instalación**

1. En la época seca se mide el nivel mínimo del río o quebrada donde se va a colocar la escala.
2. Se mide desde una punta de la viga el nivel mínimo más un espacio para enterrar la viga en el lecho del río. Esta medida será el punto 0 de la escala.
3. Se procede a hacer más divisiones en la viga, las cuales pueden ser de cada 25 cm o cada medio metro. Los números indicarán los metros completos y las rayas intermedias los incrementos de 0.25 o 0.5 m, según sea el caso.
4. Se entierra una parte de la escala en el lecho del río, haciendo coincidir el punto cero con el nivel mínimo del agua. Se debe mantener la escala verticalmente sujetándola a la estructura fija que se usará (pilar, columna, etc.).
5. Otra manera de construir una escala es simplemente pintando las graduaciones en los pilares de los puentes u otras estructuras. La comunidad decidirá cual de estos dos métodos se adecúa más a las condiciones del lugar.

## **Lectura**

El nivel inferior de la escala hidrométrica (sin contar la parte enterrada) debe coincidir con el nivel mínimo del río, el cual será considerado como su punto 0. Cuando el nivel del agua se encuentre entre dos puntos se tomará la lectura utilizando el punto más cercano. Las lecturas se deben tomar a cada hora en punto e inmediatamente después que el nivel del río comienza a subir, aunque no esté lloviendo. La Figura 11 muestra una escala colocada en el soporte de un puente de madera.

## **ESCALA HIDROMÉTRICA EN SERIES**

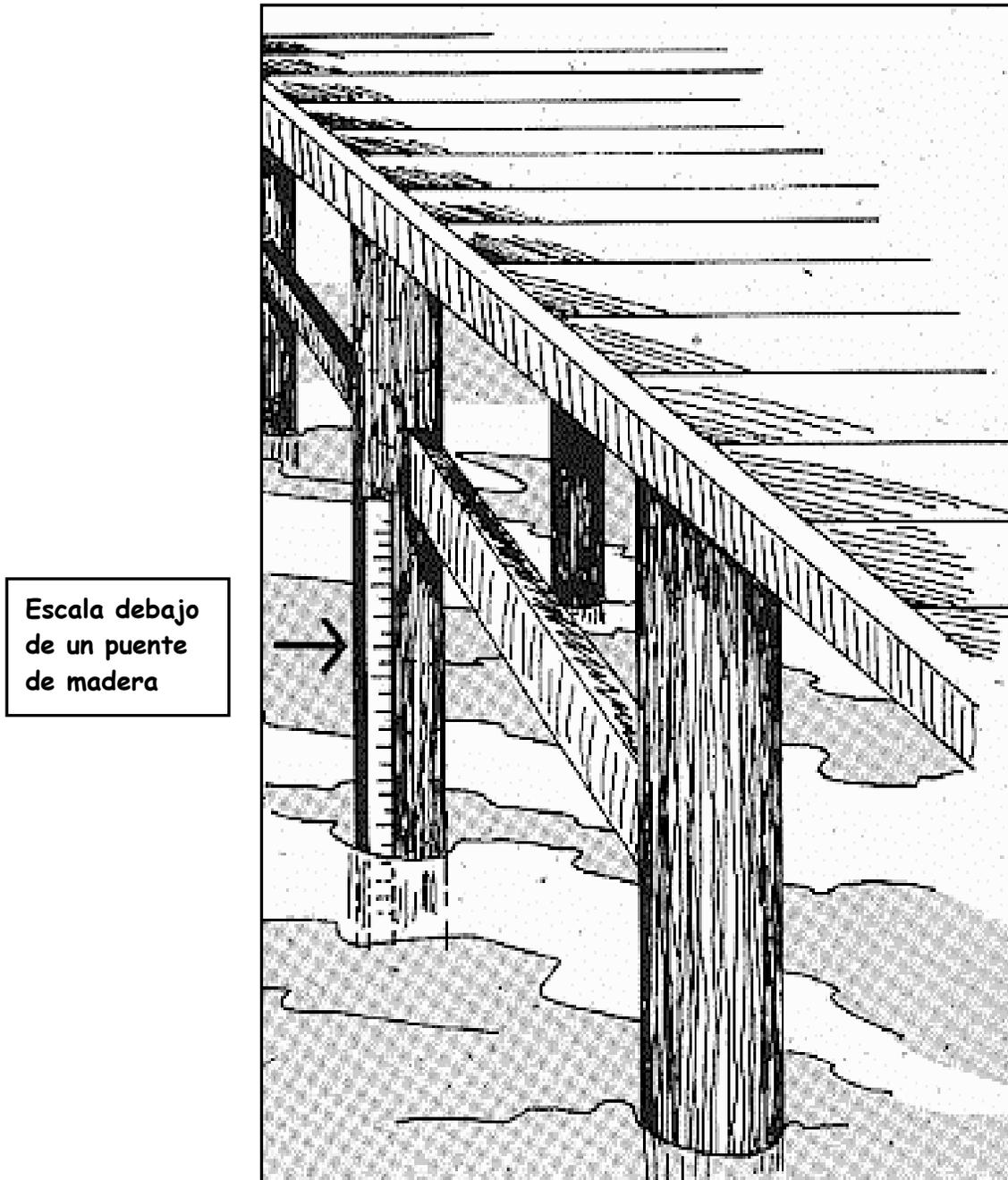
Si no hay ninguna estructura fija cerca del lugar donde se quiere medir el nivel de las aguas, entonces se puede utilizar una serie o conjunto de escalas que pueden ser montadas en árboles que se encuentren cerca.

### **Materiales a usar**

- Pintura
- Placas de metal (opcional)
- Cinta métrica o regla de carpintero

**Figura 11**

**ESCALA FIJA EN PUENTE DE MADERA**



Fuente: *A Citizen Guide to Understanding and Monitoring Lakes and Streams: Getting a Handle on Hydrology*. Illustrations by Joy Michaud. Reproducido con permiso de Joy Michaud, © 2001.

### **Procedimiento de construcción**

Se prepara las placas que se van a clavar en los árboles pintándolas con las mediciones. Alternativamente, se pueden pintar los números directamente en los árboles.

### **Instalación**

Se coloca las placas en los árboles midiendo con una cinta métrica las distancias verticales, o se pintan los números en el árbol usando la cinta métrica.

### **Lectura**

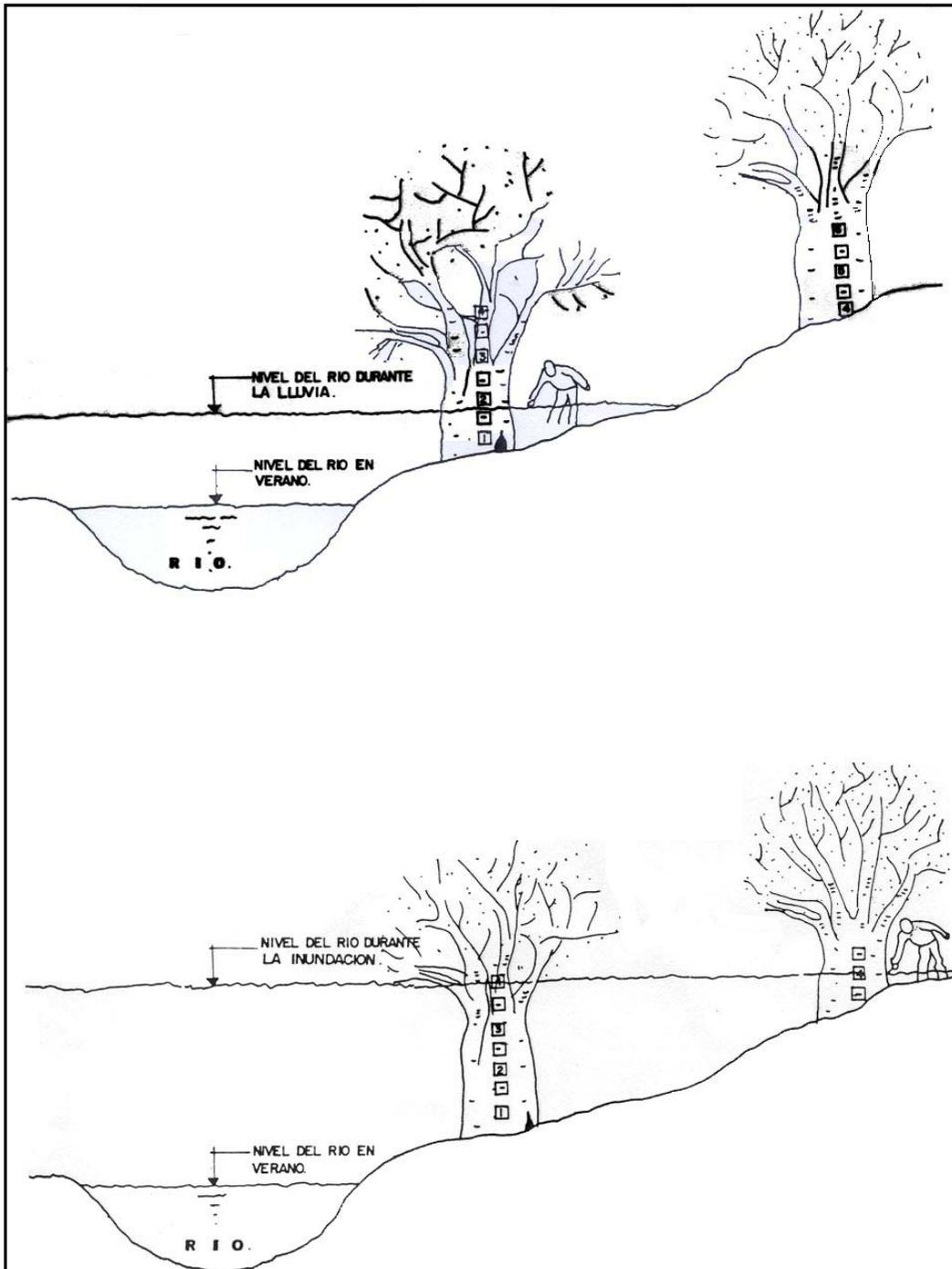
Al inicio de la inundación se leen los niveles en el árbol más cercano a la orilla del río, y a medida que vaya subiendo el nivel del agua las lecturas se hacen a mayor distancia del río hasta llegar al segundo árbol y así sucesivamente de un árbol a otro. Así se permite que el voluntario mantenga una posición segura todo el tiempo. La Figura 12 muestra cómo se realiza la lectura de las escalas en serie.

### **Mantenimiento**

Los números en las escalas deben siempre estar bien pintados para poder hacer una buena lectura. Después de una inundación se debe revisar que todas las escalas estén en su lugar. Se reemplazará las que estén rotas.

**Figura 12**

**LECTURA DE ESCALAS EN SERIE**



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

## Ubicación de Pluviómetros y Escalas Hidrométricas

### Criterios para la ubicación de pluviómetros

- Los pluviómetros tienen que ser accesibles a los voluntarios que harán las lecturas.
- Deben estar de preferencia en la parte alta de la cuenca.
- Se deben colocar de manera que cubran toda la extensión de la cuenca menor.

### Criterios para la ubicación de escalas hidrométricas

- Tienen que ser accesibles a los voluntarios que realizarán las mediciones.
- Se deben colocar en la parte alta de la cuenca menor.
- Deben colocarse en un tramo del río o quebrada sin curva por lo menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo de la escala.
- Deben colocarse abajo de la confluencia de dos o más quebradas.
- La sección del río (forma del perfil del lecho del río) debe ser la más estrecha posible.
- El río no debe desbordarse en este punto.



Reproducido con permiso de Natural Hazards Informer, ©2001.

La ubicación y número de instrumentos de medición puede ser mejorados cuando se cuenta con la ayuda de un profesional (hidrólogo o ingeniero). Mientras tanto, se puede ir colocando los instrumentos en los sitios que cumplan con el criterio mencionado anteriormente.

Después de la instalación de los instrumentos de medición se debe hacer una relación de los tipos de pluviómetros y escalas ubicados en el campo, especificando quién es el encargado o encargada de su lectura. También se debe contar con un mapa donde se enseñe la ubicación de los instrumentos. La Figura 13 muestra el mapa de la cuenca menor elaborado en el Paso 2 donde se señala la ubicación de los instrumentos de medición. El COE debe tener una copia de la relación y del mapa para poder llevar un mejor control del desarrollo del sistema de alerta.

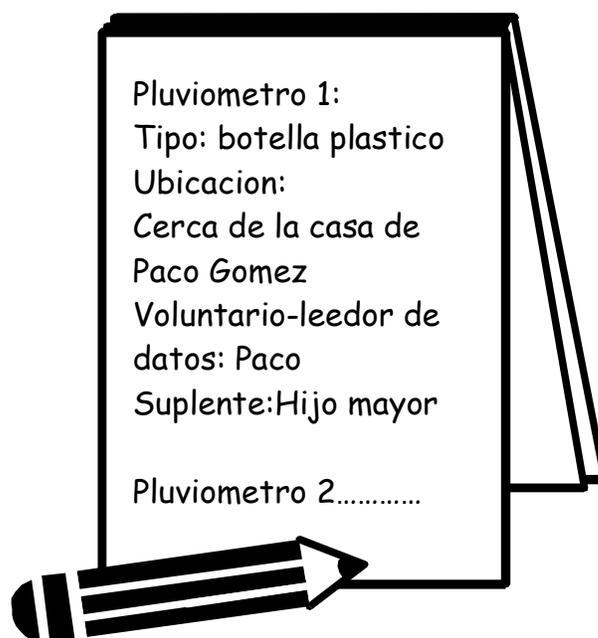
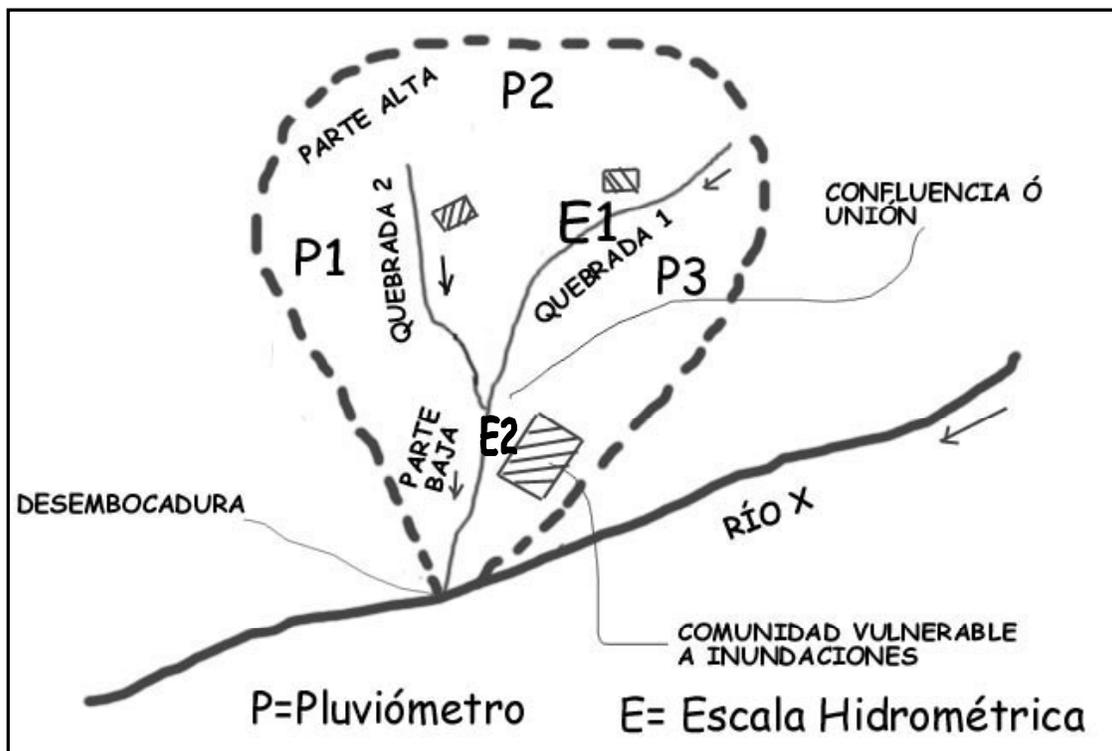


Figura 13

UBICACIÓN DE LOS PLUVIÓMETROS Y LAS ESCALAS HIDROMÉTRICAS EN LA CUENCA MENOR







## Funcionamiento del Sistema de Alerta

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

**E**l 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 (cm<sup>2</sup>). 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 ( $2\pi$ ). 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 cm<sup>2</sup>, 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 Cuero<sup>3</sup>:**

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

<sup>3</sup> 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 <b>9537.30</b> | suma 0                   | $s^2 =$ suma= <b>403689.70</b>   |

n= número de datos=32 años

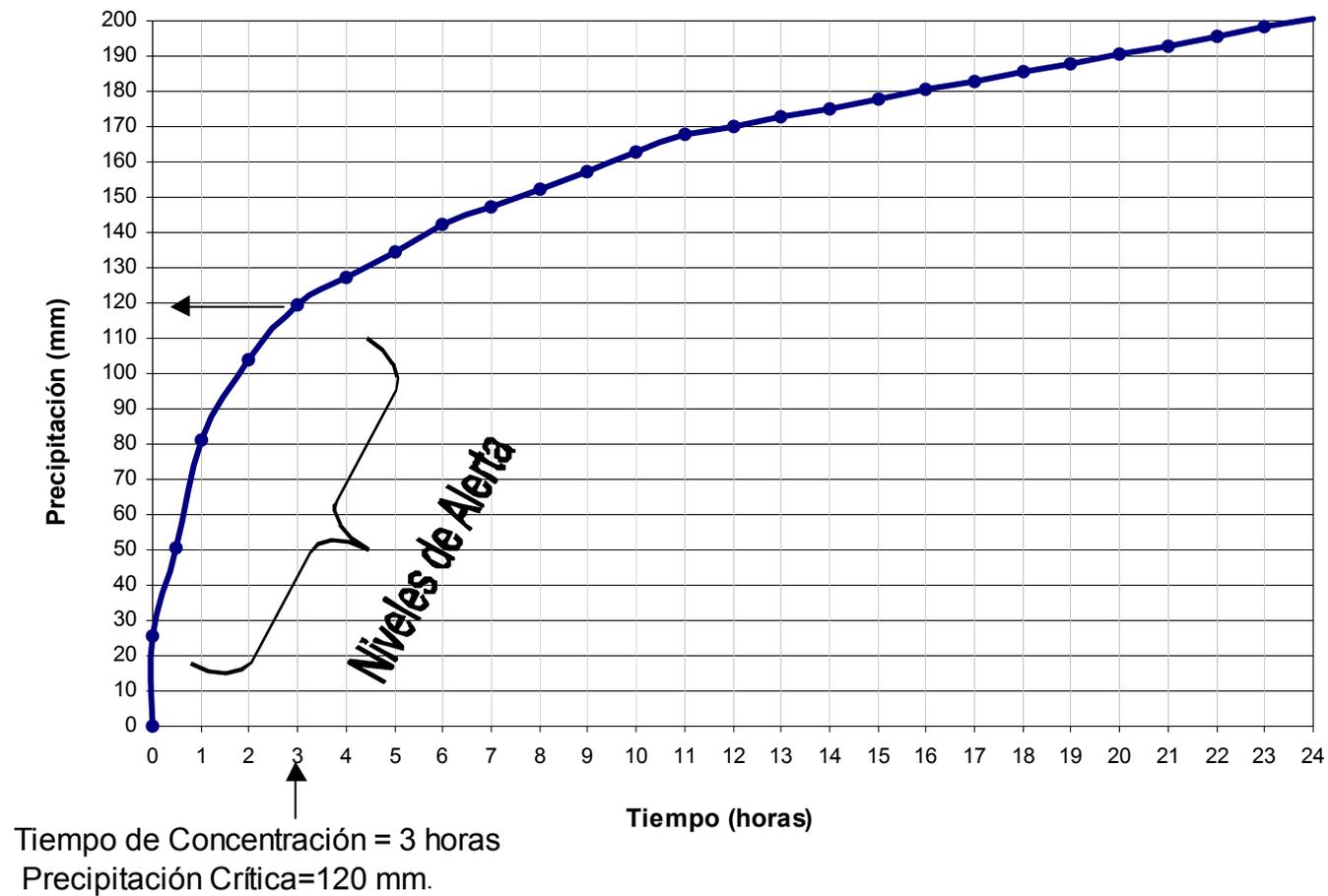
Promedio=  $9537.30/32=298.04$

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

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

Figura 14

Precipitación Acumulada para una Tormenta de Período de Retorno de 2 Años



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                         |           |                                      |          |             |          |          |          |          |          |          |           |           |         |          |          |                   |          |          |          |          |          |          |           |           |  |





## Evaluación de la Situación, Difusión de la Alerta y Plan de Emergencia

**Objetivo: Aviso de alerta a toda la comunidad cuando hay peligro de inundación**

Cualquier comunidad que es vulnerable a inundaciones debe siempre contar con un plan de emergencia para así saber responder ante un posible peligro de inundación. Este plan consiste en haber pensado de antemano en una serie de medidas que tienen por finalidad brindar seguridad a la población.

### Evaluación de la Situación

Cuando los encargados de procesar los datos hidrológicos en el centro de operaciones de emergencia se dan cuenta que los datos recibidos indican que puede venir una inundación (Cuadro 3), comunican de esta situación a la persona responsable. Hay tres tipos diferentes de condiciones:

- Aviso de inundación. Lo emite el COE para que todos los voluntarios leedores de mediciones, todos los encargados del plan de emergencia y todos los pobladores en general le den seguimiento al comportamiento de las lluvias.
- Alerta de inundación. Lo emite el COE para que los diferentes grupos de voluntarios y personal encargado se preparen y ejecuten las acciones previas a una inundación.
- Alarma de inundación. Lo emite el alcalde o máxima autoridad. Se ordenará la evacuación de los pobladores a los albergues y las otras acciones especificadas en el plan de emergencia.

## Difusión de la Alerta

La alerta se difundirá utilizando la radio local, la campana de iglesia, radioparlantes, bocinas, sirena, bandera roja y cualquier otro instrumento que tenga el mayor alcance para que toda la comunidad pueda ser avisada.

## Plan de Emergencia

### CONOCIMIENTO DEL PLAN DE EMERGENCIA

Es muy importante que la comunidad conozca qué hacer en caso de una inundación; es decir, sepa dónde queda el albergue, cuál es la ruta de evacuación o salida, y cómo se puede salvar o proteger los objetos personales. El plan de emergencia y el mapa de evacuación deben estar a la vista en los hogares de los habitantes de la comunidad. Por ejemplo, se puede colocar el mapa de evacuación en la sala de la casa, o en otro lugar donde haya bastante visibilidad.

### CARACTERÍSTICAS DE UN PLAN DE EMERGENCIA

La siguiente cartilla muestra las características que debe tener todo plan de emergencia:

#### 1. ORGANIZACIÓN DEL COMITÉ DE EMERGENCIA LOCAL

|                                      |
|--------------------------------------|
| Presidente:                          |
| Vice-Presidente:                     |
| Secretario:                          |
| Tesorero:                            |
| Fiscal:                              |
| Coordinador de Salud:                |
| Coordinador de Educación:            |
| Coordinador Evacuación y Rescate:    |
| Coordinador de Seguridad:            |
| Coordinador de Recursos Disponibles: |
| Representantes del Sector Público:   |
| Representantes del Sector Privado:   |

## 2. ALERTA

Responsables de la alerta:

|                                |
|--------------------------------|
| Presidente:                    |
| Vice-Presidente:               |
| En ausencia de los anteriores: |

## 3. ALARMA

|  |
|--|
| En caso de que sea necesario iniciar la evacuación se activará la alarma en la siguiente forma (Indicar el sonido que se utilizará): |
|--|

De acuerdo con el mapa de vulnerabilidad las zonas de alto riesgo son las siguientes:

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| a) | Habitantes: | Casas: |
| b) | Habitantes: | Casas: |
| c) | Habitantes: | Casas: |

## 4. ACTIVIDADES A REALIZARSE

Las actividades siguientes deben ser asignadas al comité de emergencia local organizado previamente.

- Transportar a la gente a los albergues
- Transladar ayuda a los damnificados: agua, medicinas, etc.
- Coordinar las actividades para el rescate utilizando la ruta de evacuación
- Buscar y rescatar a las personas desaparecidas
- Dar seguridad a los pobladores y sus pertenencias
- Vigilar los centros de distribución de alimentos y de ayuda en general

- Atender a heridos y enfermos
- Mantener un registro de la población afectada
- Distribuir alimentos en los albergues

## **RUTA DE EVACUACIÓN**

La comunidad debe saber por dónde evacuar en caso de una emergencia de inundación. La ruta de evacuación puede estar descrita en un mapa, el cual debe estar en un lugar visible en los hogares de los miembros de la comunidad. Este mapa debe mostrar la ruta más segura para llegar al albergue previamente establecido.

## **Bibliografía**

Bedient, Philip. Hydrology and the Floodplain Analysis. New York, Addison-Wesley, 1992.

Chereque, Wendor. Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1989.

Clements, et al. A Framework for Watershed Management. Virginia, Water Environment Research Foundation, 1996.

Department of the Army. Engineering and Design. Hydrologic Aspects of Flood Warning-Preparedness Programs. Washington D.C., U.S. Corps of Engineers, 1996.

Linsley, Kohler, Paulhus. Hydrology for Engineers. New York, McGraw-Hill, 1982.

Organización de los Estados Americanos. Proyecto Reducción de Vulnerabilidad a Inundaciones y Sistema de Alerta Temprana en la Cuenca del Río San Juan Díaz. Panamá, 1999.

Organización de los Estados Americanos. Modulo II, Análisis Hidrológico, Diseño de Sistemas y Medición Hidrológica, Proyecto OEA/ECHO/COPECO. Tegucigalpa, Honduras, 1998.

Organización de los Estados Americanos. Proyecto Reducción de Vulnerabilidad a Inundaciones, Medidas de Mitigación y Desarrollo del Sistema de Alerta Temprana en Cuencas Menores de Honduras. Tegucigalpa, Honduras, 1999.