

Figura 8-42 Precipitación máxima diaria de un año Estación Julio Buitrago (680032) restituida en la hoja de probabilidad logarítmico-normal

La precipitación diaria según recurrencia calculada del diagrama se muestra en el Cuadro 8-8, que fue elaborado utilizando el programa ofrecido durante OJT.

Cuadro 8-9 Precipitación diaria según períodos de retorno

Período de retorno (años) $1/(1-P)$	X
2	159.8
3	182.5
4	196.7
5	207.1
8	227.8
10	237.2
15	253.8
20	265.2
25	274.1
30	281.2
40	292.3
50	300.8
60	307.8
80	318.8
100	327.2
150	342.5
200	353.4
250	361.7
300	368.6
400	379.4
500	387.8

### 8-3-4 Hidrograma

(1) Hietograma

Con base en la precipitación diaria de acuerdo con la escala de diseño en el capítulo

precedente, se calculó el hietograma de precipitación de diseño siguiendo los pasos que se describen a continuación.

1.1) El patrón de lluvias de la precipitación diaria fue extraído de entre los datos existentes de precipitación horaria, que muestra los valores máximos. Se adoptó el patrón de lluvias entre 5:00 am del 29 de septiembre y 4:00 am del día 30 de septiembre de 2000.

Cuadro 8-10 Datos de precipitación

	Sep-00
	29-30
5	18.5
6	2.7
7	15.8
8	19.5
9	75.3
10	15.8
11	51.5
12	16.1
13	4.7
14	5.2
15	0.8
16	0.8
17	0.2
18	0.8
19	0.2
20	0.4
21	0.4
22	0.0
23	0.0
24	0.3
1	0.1
2	21.2
3	4.0
4	20.6
Cantidad	274.9

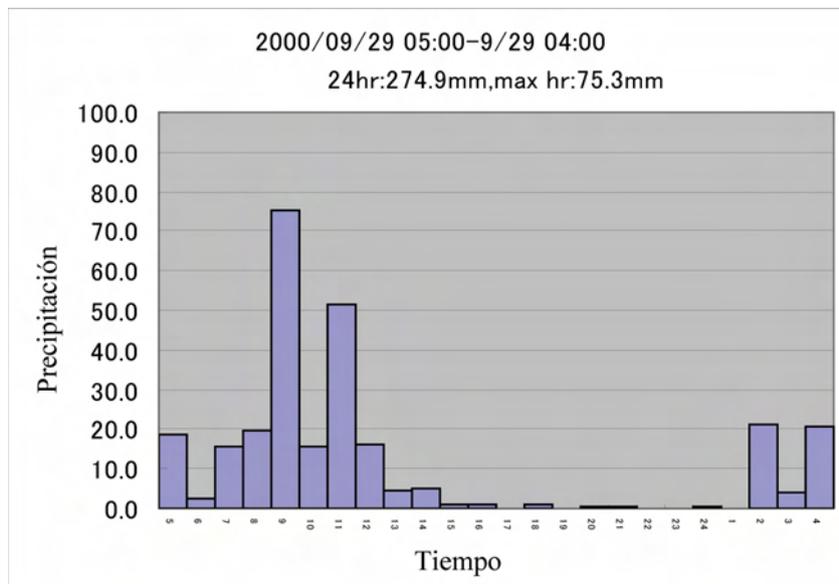


Figura 8-43 Hietograma preparado con base en los datos de precipitación

1.2) La Precipitación de cada hora fue convertida aplicando una tasa de la precipitación diaria real para cada periodo de retorno.

Cuadro 8-11 Precipitación de diseño

Periodo de retorno	25	50	100	200
Hora				
1	18.4	20.2	22.0	23.8
2	2.7	3.0	3.2	3.5
3	15.8	17.3	18.8	20.3
4	19.4	21.3	23.2	25.1
5	75.1	82.4	89.6	96.8
6	15.8	17.3	18.8	20.3
7	51.4	56.4	61.3	66.2
8	16.1	17.6	19.2	20.7
9	4.7	5.1	5.6	6.0
10	5.2	5.7	6.2	6.7
11	0.8	0.9	1.0	1.0
12	0.8	0.9	1.0	1.0
13	0.2	0.2	0.2	0.3
14	0.8	0.9	1.0	1.0
15	0.2	0.2	0.2	0.3
16	0.4	0.4	0.5	0.5
17	0.4	0.4	0.5	0.5
18	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.3	0.3	0.4	0.4
21	0.1	0.1	0.1	0.1
22	21.1	23.2	25.2	27.3
23	4.0	4.4	4.8	5.1
24	20.5	22.5	24.5	26.5
Caudal	274.1	300.8	327.2	353.4
Tasa de expansión	0.99709	1.094216	1.190251	1.285558

(2) Hidrograma

1) Definición del tiempo de escorrentía

Para la conversión de la precipitación en escorrentía, se utilizó la precipitación efectiva, que es la suma de la precipitación dentro del tiempo de concentración (*time of concentration*); que es la suma del tiempo de efluente desde el talud de un río y el tiempo del flujo del canal. Este valor fue determinado de la siguiente manera, a partir de la configuración de un valle.

Tiempo de eflujo (*outflow time*) desde el talud del río: 30 min

Longitud del curso de agua: 29.000 m

Diferencia en elevación: 700 m

Pendiente media:  $700/29000 = 1/41$

Velocidad media del flujo de inundación: Se utilizó el valor de Rziha. Dado que la pendiente media es superior a 1/100, el valor fue definido el  $3,5 \text{ m}^2/\text{seg}$ .

El tiempo de flujo del canal:  $29000/3,5 = 8285 \text{ seg} = 138 \text{ min}$

Por lo tanto, el tiempo de concentración de la inundación es de  $30+138 = 168$  min = 3 h.

La precipitación efectiva viene a ser la precipitación de tres horas. Por lo tanto, el valor promedio fue calculado cada tres horas con base en el hietograma de los datos históricos, y se obtuvo el hietograma de la precipitación efectiva.

Cuadro 8-12 Hietograma de diseño

período de retorno hora	25		50		100		200	
		R		R		R		R
1	18.4	12.3	20.2	13.5	22.0	14.7	23.8	15.9
2	2.7	12.3	3.0	13.5	3.2	14.7	3.5	15.9
3	15.8	12.3	17.3	13.5	18.8	14.7	20.3	15.9
4	19.4	36.8	21.3	40.3	23.2	43.9	25.1	47.4
5	75.1	36.8	82.4	40.3	89.6	43.9	96.8	47.4
6	15.8	36.8	17.3	40.3	18.8	43.9	20.3	47.4
7	51.4	24.0	56.4	26.4	61.3	28.7	66.2	31.0
8	16.1	24.0	17.6	26.4	19.2	28.7	20.7	31.0
9	4.7	24.0	5.1	26.4	5.6	28.7	6.0	31.0
10	5.2	2.3	5.7	2.5	6.2	2.7	6.7	2.9
11	0.8	2.3	0.9	2.5	1.0	2.7	1.0	2.9
12	0.8	2.3	0.9	2.5	1.0	2.7	1.0	2.9
13	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3	0.5
14	0.8	0.4	0.9	0.4	1.0	0.5	1.0	0.5
15	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3	0.5
16	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3
17	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3
18	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
19	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2
20	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.2	0.4	0.2
21	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
22	21.1	15.2	23.2	16.7	25.2	18.2	27.3	19.6
23	4.0	15.2	4.4	16.7	4.8	18.2	5.1	19.6
24	20.5	15.2	22.5	16.7	24.5	18.2	26.5	19.6
monto	274.1	274.1	300.8	300.8	327.2	327.2	353.4	353.4

2) Conversión precipitación-escorrentía

Para la conversión precipitación-escorrentía, se utilizó la fórmula racional (*rational formula*). En la siguiente ecuación: Q (m<sup>3</sup>/s) representa el caudal pico; C es el coeficiente de escorrentía; I (mm/h) es la intensidad de la precipitación efectiva; y A es el área de drenaje.

$$Q = \frac{1}{3.6} CIA$$

Dado que la geología y la topografía de la cuenca consisten en un relieve montañoso de depósito Terciario, la tasa de escorrentía C fue definida en 0.7. El área de drenaje A se estimó en 64.91 km<sup>2</sup>. En el Cuadro 8-13 se muestra el hidrograma para cada período de retorno.

Cuadro 8-13 Hidrograma

período de retorno hora	25	50	100	200
1	152.0	167.2	182.1	197.0
2	152.0	167.2	182.1	197.0
3	152.0	167.2	182.1	197.0
4	454.4	499.7	544.4	588.7
5	454.4	499.7	544.4	588.7
6	454.4	499.7	544.4	588.7
7	297.0	326.7	355.9	384.9
8	297.0	326.7	355.9	384.9
9	297.0	326.7	355.9	384.9
10	27.9	30.7	33.5	36.2
11	27.9	30.7	33.5	36.2
12	27.9	30.7	33.5	36.2
13	4.9	5.4	5.9	6.4
14	4.9	5.4	5.9	6.4
15	4.9	5.4	5.9	6.4
16	3.3	3.6	3.9	4.3
17	3.3	3.6	3.9	4.3
18	3.3	3.6	3.9	4.3
19	1.6	1.8	2.0	2.1
20	1.6	1.8	2.0	2.1
21	1.6	1.8	2.0	2.1
22	188.2	206.9	225.5	243.8
23	188.2	206.9	225.5	243.8
24	188.2	206.9	225.5	243.8

El método de estimación del caudal de inundación que se muestra es una simple aproximación utilizada en Japón. Esto es porque no existen datos utilizados para la verificación debido a la indisponibilidad de los datos reales sobre la descarga. Por lo tanto, no ha sido posible desarrollar un modelo complejo de análisis de escorrentía para el Río Maravilla. El Equipo de Estudio decidió estimar el valor mediante una fórmula simple. Este análisis de escorrentía debe ser re-evaluado cuando se tengan los datos acumulados de inundación en el país.

### 8-3-5 Modelo Digital de Elevación

#### (1) Datos topográficos

Los datos utilizados para creación del modelo de relieves topográficos fueron tomados del mapa topográfico de la zona litoral a escala 1/5,000 del Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR). Los datos fueron obtenidos durante la fase de recopilación de información sobre Tsunami, en la cercanía de Masachapa. Se ha visto que estos datos eran aplicables en el análisis de inundaciones, por lo tanto, el Equipo de Estudio decidió crear el modelo topográfico utilizando estos datos.

Los datos estaban en el formato "dwg file". Estos fueron importados al ArcView y convertidos al formato "shape file". De la altura de las curvas de nivel, se creó el modelo tridimensional de relieves topográficos. Debido que se detectaron errores de la altura en algunas partes de los datos, en el caso de utilizar en la práctica el modelo creado, se debe realizar una verificación detallada. Para este caso, sólo se corrigieron los errores más importantes. Como consecuencia, fue dibujada la microtopografía alrededor del río que no aparecen en escala 1/50,000. Por lo tanto, se considera que los datos pueden ser utilizados para un análisis de inundación que se haga en el futuro. En la Figura 8-44 se muestran los datos topográficos.

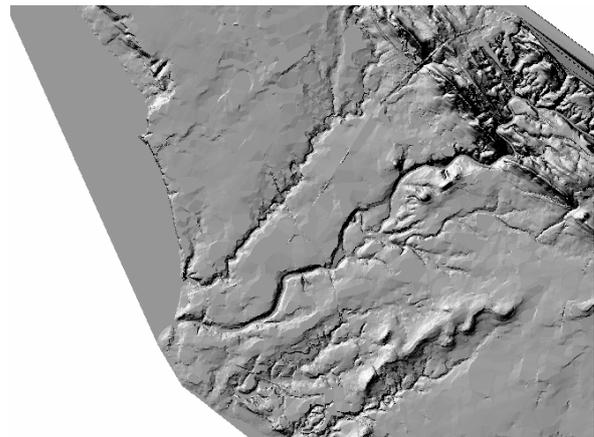


**Figura 8-44** Mapa a color mostrando los atributos lineales con base en los datos de mapa topográfico

El TIN fue preparado con base en los datos de curvas de nivel y el DEM de cuadrículas de 5 m fue preparado a partir de TIN. El mapa preparado a partir de DEM se muestra en la Figura 8-45, y el mapa de sombras en la Figura 8-46.



**Figura 8-45** Elevación clasificada en colores producida a partir de TIN



**Figura 8-46** Mapa de sombras

(2) Modelo de plano de inundaciones

Se preparó el modelo de relieves topográficos con una malla de 25 metros a partir del DEM con malla de 5 metros. Luego, se prepararon los archivos de datos a partir del modelo de relieves topográficos. Se analizaron la dirección y las características topográficas del río para definir el modelo topográfico. Los datos analizados incluyen el origen/plano (datum) y el área, a fin de hacer más eficiente el cálculo. En este proceso se utilizó la herramienta de generación de malla de SIG.

Los datos del modelo topográfico fueron organizados de acuerdo con la altitud dentro del rango del cálculo, rango fuera del cálculo (fuera del Área del Estudio), número de mallas de límite en el formato especificado en el programa. Se prepararon los archivos generales de texto. Los procedimientos fueron detallados en el manual de operación. Los datos creados fueron archivados en CD y entregados a la contraparte.



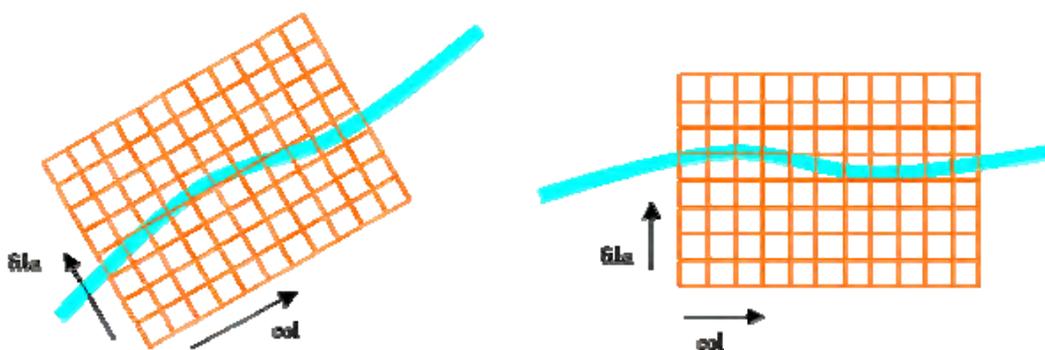
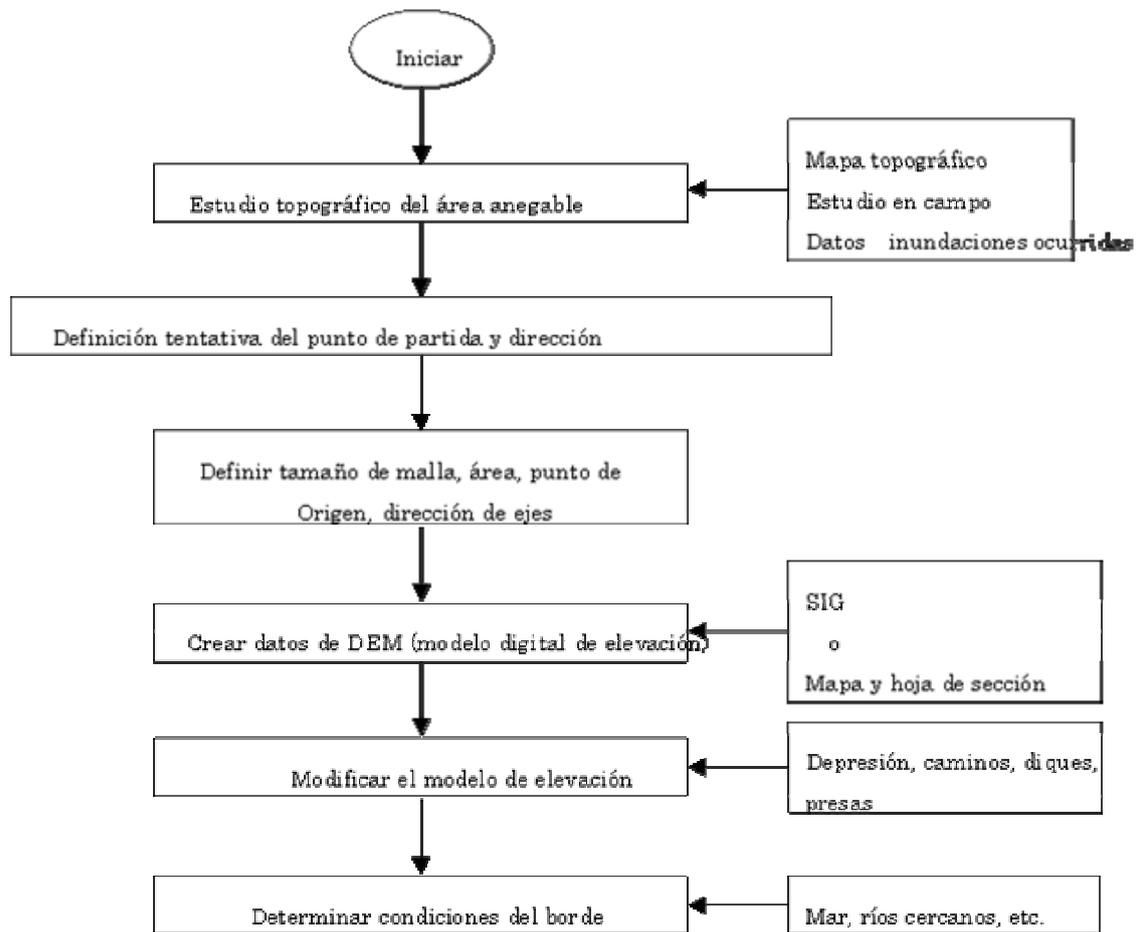


Figura 8-48 Creación del modelo de plano de inundaciones para el análisis bidimensional

### 8-3-6 Simulacro Bidimensional

(1) Cálculo bidimensional del flujo inestable – Ecuaciones básicas

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \dots\dots\dots(3)$$

“u” y “v” : Velocidad media de flujo en dirección “x” y la dirección de profundidad en dirección “y”, respectivamente

h: Profundidad de agua, M = uh, y N = vh : Es el flujo de caudal en dirección x y dirección “y”, respectivamente.

$\tau_{xb}$  y  $\tau_{yb}$ : Esfuerzo cortante de direcciones “x” e “y” que actúa en la base, y cuando se aplica la fórmula Manning como regla de resistencia, se expresa de la siguiente manera.

$$\tau_{xb \text{ or } \tau_{yb}} / \rho = gn^2 u \text{ or } v \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3} \dots\dots\dots(4)$$

(2) Ecuaciones básicas a ecuaciones diferenciales

Para el cálculo de inundación en una tierra protegida por diques, se diferenciaron las ecuaciones (1), (2) y (3). Primero, el espacio (x, y, z) fue dividido en forma de rejillas como se muestra en la Figura 8-49. Luego, las variables dependientes M, N y h fueron ordenadas alternativamente. El espaciamiento de las rejillas se definió para cada dirección  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , y  $\Delta t$ . Para los efectos de la diferenciación, los sufijos “i” y “j”, expresados como ubicación plana (x, y), fueron agregados a la parte inferior derecha de las variables, y el otro sufijo “n” fue colocado en la parte superior derecha de la variable para mostrar el incremento del tiempo.

La ecuación continua (1) y la ecuación dinámica (2) en dirección x se desarrollan de la siguiente manera. La ecuación dinámica para la dirección “y” también puede desarrollarse del mismo modo.

Ecuación continua:

$$\frac{M_{i+1/2, j+1/2}^{n+3} - h_{j+1/2, j+1/2}^{n+1}}{2 \Delta t} + \frac{M_{i+1, j+1/2}^{n+2} - M_{i, j+1/2}^{n+2}}{\Delta x} + \frac{N_{i+1/2, j+1}^{n+2} - N_{i+1/2, j}^{n+2}}{\Delta y} = 0 \dots\dots\dots(5)$$

Ecuación de la dirección X:

$$\frac{h_{i,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^n}{2\Delta t} = -g \frac{(h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})(H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i-1/2,j+1/2}^{n+1})}{2\Delta x} - gn_{i,j+1/2}^2 \frac{(M_{i,j+1/2}^n + M_{i,j+1/2}^{n+2})\sqrt{(u_{i,j+1/2}^n)^2 + (v_{i,j+1/2}^n)^2}}{2[(h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})^2]^{4/3}} \dots (7)$$

Por lo tanto:

$$u_{i,j+1/2}^n = 2M_{i,j+1/2}^{n+1} / (h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}) \dots (8)$$

Ecuación de la dirección Y:

$$\frac{h_{i+1/2,j}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^n}{2\Delta t} = -g \frac{(h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})(H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i+1/2,j-1/2}^{n+1})}{2\Delta y} - gn_{i+1/2,j}^2 \frac{(N_{i+1/2,j}^n + N_{i+1/2,j}^{n+2})\sqrt{(u_{i+1/2,j}^n)^2 + (v_{i+1/2,j}^n)^2}}{2[(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1})^2]^{4/3}} \dots (9)$$

Por lo tanto:

$$u_{i+1/2,j+1/2}^n = 2N_{i,j+1/2}^{n+1} / (h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}) \dots (10)$$

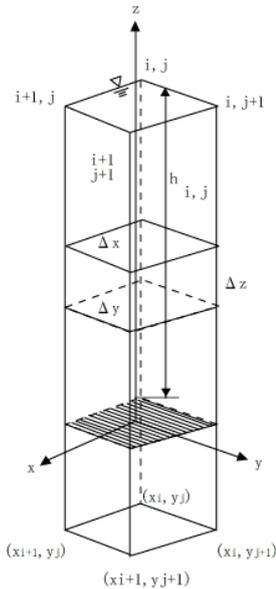


Figura 8-49 Control de volumen

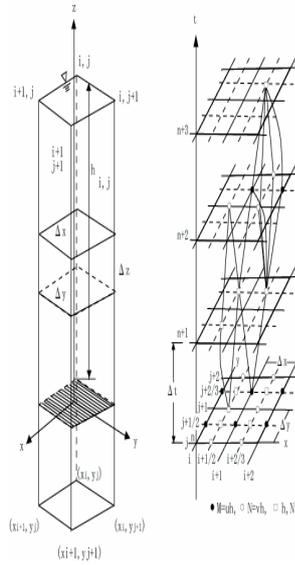


Figura 8-50 Atribución de variables sobre el esquema diferencial

(3) Programa

La Figura 8-51 siguiente es el diagrama de flujo.

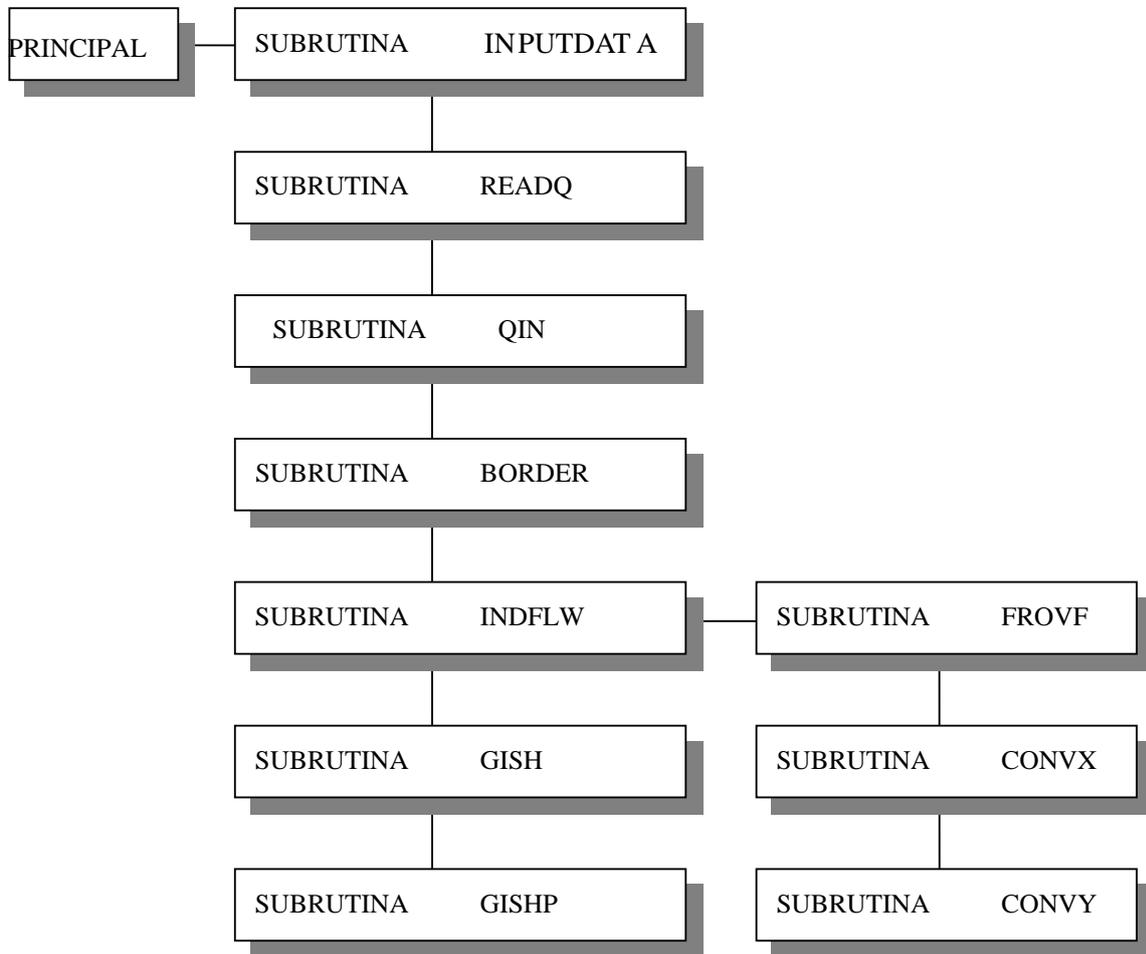


Figura 8-51 Flujo de procesamiento del Programa

Para el presente Estudio se utilizó un programa de simulacro desarrollado originalmente con base en un programa disponible comercialmente referido en literaturas sobre el tema, el que fue modificado agregando algunas mejoras. El lenguaje utilizado es FORTRAN77. El compilador utilizado fue WATCOM FORTRAN considerando su flexibilidad y disponibilidad. Este compilador es accesible libre de costo en Internet. El código fuente del programa está incluido al final del manual de operación. Con este compilador, se archivó el archivo “text” en un CD y se entregó a la contraparte. Para mayor detalle, sírvase referirse al material informativo del CD y del manual de operación.

(4) Casos y parámetros del cálculo

Los casos analizados en el hidrograma fueron cuatro: 25 años, 50 años, 100 años, y 200 años. También se aplicó el mismo criterio para todas las demás condiciones, tales como el modelo topográfico y el punto de influjo.

El punto de influjo fue determinado como el canal de una montaña justo antes de discurrir hacia la planicie. El hidrograma de flujo de entrada se muestra en el Cuadro 8-14 y la Figura 8-52. El nivel del mar se definió en 0,0 m, y se asumió que el nivel de agua es

estable.

Cuadro 8-14 Caudal según períodos de retorno

periodo de retorno hora	25	50	100	200
1	155.2	170.3	185.3	200.1
2	155.2	170.3	185.3	200.1
3	155.2	170.3	185.3	200.1
4	463.9	509.1	553.7	598.1
5	463.9	509.1	553.7	598.1
6	463.9	509.1	553.7	598.1
7	303.2	332.8	362.0	391.0
8	303.2	332.8	362.0	391.0
9	303.2	332.8	362.0	391.0
10	28.5	31.3	34.0	36.8
11	28.5	31.3	34.0	36.8
12	28.5	31.3	34.0	36.8
13	5.0	5.5	6.0	6.5
14	5.0	5.5	6.0	6.5
15	5.0	5.5	6.0	6.5
16	3.4	3.7	4.0	4.3
17	3.4	3.7	4.0	4.3
18	3.4	3.7	4.0	4.3
19	1.7	1.8	2.0	2.2
20	1.7	1.8	2.0	2.2
21	1.7	1.8	2.0	2.2
22	192.1	210.8	229.3	247.7
23	192.1	210.8	229.3	247.7
24	192.1	210.8	229.3	247.7

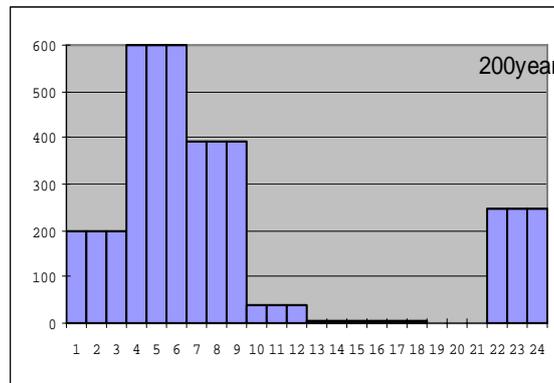


Figura 8-52 Hidrograma correspondiente al período de retorno de 200 años

A continuación se describen las bases del cálculo. Para más detalles, véase el manual de operación.

Modelo topográfico

Punto de origen: Esquina inferior izquierda (eje x: de oeste a este, eje y: de sur a norte)

Coordenadas del punto de origen: x = 552000, y = 1301500 (sistema de coordenadas: WGS-1984, UTM zona 16N)

Tamaño de la malla: x = 25 m, y = 25 m

Cantidad de mallas: x = 150, y = 200, fuera del Área del Estudio = 3314 cuadrículas

Bases del cálculo

Coordenadas de la malla de inicio del cálculo:  $x = 171$ ,  $y = 119$   
dirección de flujo inicial: hacia sur  
Intervalo de tiempo del cálculo: 0,25 s  
Número de valores de caudal: 25  
Continuidad de cada descarga : 3600 s (1 h)

(5) Resultados del cálculo

Los resultados del cálculo indican que aun cuando ocurren lluvias intensas de 200 años de probabilidad no se produce el desbordamiento importante. El flujo de inundación permanece solo alrededor del río, debido a la topografía del Río Maravilla que es honda.

De estos cálculos, se obtuvieron y se archivaron los resultados del cambio horario, de profundidad de agua, dirección del flujo, velocidad del flujo, etc. Las profundidades máximas del agua fueron ingresadas en el SIG y se expresaron sobre ortofotos, etc. Para los efectos de agilizar la operación de cada proceso de trabajo, se desarrolló y se entregó a la contraparte una herramienta (programa) que opera sobre SIG. De la Figura 8-53 a Figura 8-56 se presentan los datos de profundidades máximas de agua utilizados en el proceso. Estos datos son profundidades máximas de cada período de retorno. También se preparó una diapositiva para mostrar la variación horaria de los resultados utilizando Microsoft PowerPoint. Los cambios de rangos de inundación a lo largo del tiempo también están representados claramente. El material de presentación fue utilizado en el seminario y en otras ocasiones.

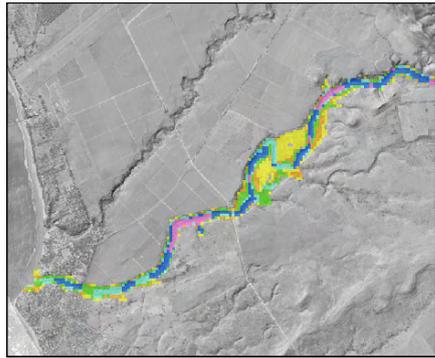


Figura 8-53 Período de retorno 25 años

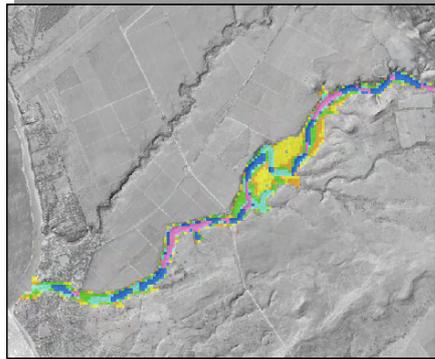


Figura 8-54 Período de retorno 50 años

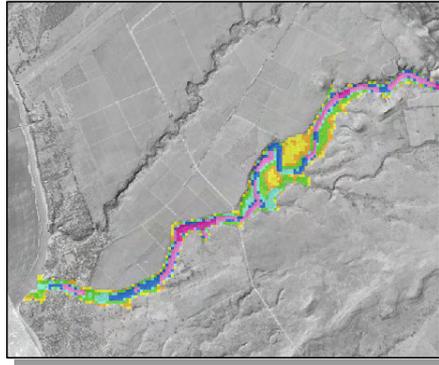


Figura 8-55 Período de retorno 100 años

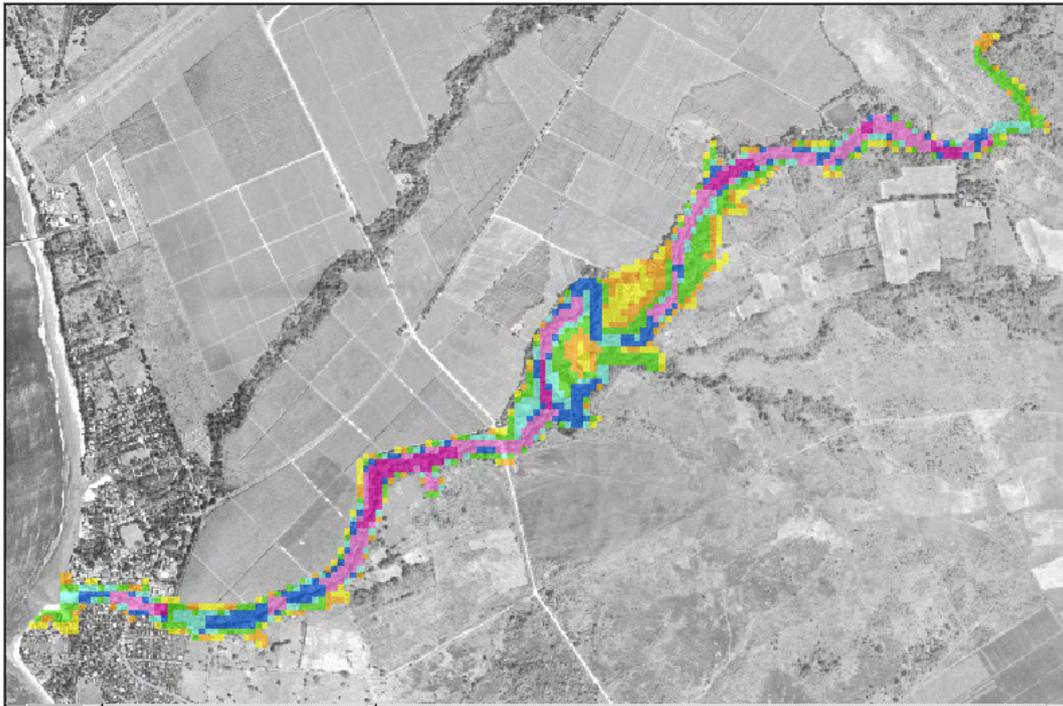


Figura 8-56 Período de retorno de 200 años

### 8-3-7 Marco del mapa de amenazas de inundación

Los resultados del cálculo de simulación muestran solamente las áreas anegables basadas en hipótesis. Los mapas de amenazas son un instrumento que facilita el uso de la información técnica para la prevención de desastres. El tamaño, la apariencia, su contenido, etc. de los mapas de amenazas, deben ser determinados posteriormente en consulta con los usuarios. Considerando esta situación, el Equipo de Estudio preparó el primer borrador del mapa de amenazas, el que fue sometido a una serie de discusiones con la contraparte para refinar su contenido. Posteriormente, se preparó el borrador final.

#### (1) Presentación del borrador de mapas de amenazas

Durante la quinta etapa de trabajo en Japón, se preparó el borrador de mapas de amenazas, el que fue presentado por el Equipo de Estudio a la contraparte. Después de sostener cuatro o más sesiones informativas y de discusiones, ambas partes llegaron a un acuerdo sobre el borrador final del mapa de amenazas.

## 1) Características

Los mapas de amenazas se definen como mapas que contienen información sobre las áreas propensas a inundación estimadas para que los encargados de prevención de desastres puedan tomar las medidas necesarias. Los usuarios enfocados son los funcionarios responsables en prevención de desastres del gobierno central y de los gobiernos locales. Los organismos e instituciones tales como la policía, cuerpos de bomberos, etc. también están incluidos entre los usuarios. Dado que los funcionarios a cargo de la prevención de desastres no siempre son especialistas en la materia de hidrología o ingeniería fluvial, el Equipo de Estudio decidió no incluir descripción técnica, sino más bien confeccionar mapas de fácil lectura. Es más, se procuró hacer que los mapas sean de fácil lectura e interpretación para la comunidad local.

## 2) Contenidos y expresiones

A continuación se resumen los lineamientos de elaboración de las especificaciones del mapa.

### (a) Formato y cantidad

Los mapas que sirven para elaborar medidas de desastres e investigar un área extensa debieron ser elaborados en formato grande para que puedan ser vistos simultáneamente por varias personas. Asimismo, fue necesario elaborar mapas de formato pequeño (fácil de transportar) para los usuarios comunes. Considerando estos dos puntos mencionados, el Equipo de Estudio decidió preparar los mapas en dos formatos. Tipo G (tamaño grande: A1) y Tipo P (tamaño común: carta). El tamaño carta es el tamaño comúnmente utilizado para las documentaciones en Nicaragua, el cual puede ser reproducido fácilmente con impresora o fotocopiadora.

Tipo G (Grande) (para la municipalidad) Tamaño A1 (59,4 cm × 84,1 cm)

Es el tamaño que puede ser colocado en la pared para ser utilizado en las actividades de prevención de desastres por los organismos e instituciones pertinentes. Se produjeron cincuenta (50) ejemplares para que sean repartidos principalmente a estos organismos e instituciones.

Tipo P (Pequeño) (para la comunidad) Tamaño carta (8,5 pulgadas × 11 pulgadas)

Se ha asumido que los mapas de tamaño reducido serán entregados a los usuarios comunes a través de los gobiernos locales. Por lo tanto, se consideró que el formato tamaño carta en blanco y negro de bajo costo y de fácil reproducción, es el más adecuado. Así que, se decidió entregar este tipo de mapa en archivos pdf de tal manera que pueda ser impreso aún con una computadora de bajas especificaciones. El formato de los datos en tamaño carta es principalmente para producir fotocopias. Las profundidades de agua son expresadas con sombras de diferentes intensidades asumiendo que las copias serán en blanco y negro. Se decidió hacer entrega de 50 copias como ejemplares.

### (b) Expresión de las zonas propensas a inundación

Pese a que los resultados del cálculo de las zonas propensas a inundación son impresos para cada período de retorno, la información contenida en el mapa presupone que será solamente para los eventos de 200 años de probabilidad que es el rango más grande y el mayor nivel de agua. La clasificación de profundidades de agua se basó en los criterios aplicados en los mapas de amenazas del Japón. Se tomó en cuenta que la mayoría de las viviendas particulares en Nicaragua es de una sola planta, y se adoptó la siguiente clasificación.

	0 < 0,5m	Por debajo de la altura de las rodillas de un adulto
	0,5 < 1,0m	Por debajo de la altura de la cintura de un adulto
	1,0 < 3,0m	A la altura del techo de una vivienda
	3.0m<	Por encima de la altura de una vivienda

Figura 8-57 Criterios y colores

(c) Mapa base

El mapa base que representa las zonas propensas a inundación fue preparado sobreponiendo las ortofotos con una tasa de transparencia de 50 % tomadas en el estudio sobre el mapa de sombras. Éste último fue preparado a partir de las curvas de nivel del mapa topográfico utilizado para la creación del modelo topográfico. El método de traslape tiene la ventaja de permitir al usuario conocer intuitivamente los relieves topográficos. La escala fue definida en 1/7.000 para maximizar la expresión de las áreas inundadas mientras que el contenido fue representado ajustándose al margen.

(d) Explicación

El mapa incluye informaciones explicativas, tales como el propósito, los usuarios enfocados y las bases del cálculo. Al mismo tiempo, se incluyó una nota que dice que los resultados son solamente una presentación de los resultados del cálculo, y que la situación representada no necesariamente se volverá una realidad en un futuro. El Equipo de Estudio preparó el borrador de las anotaciones, las cuales fueron perfeccionadas por la contraparte en una versión final en español después de sostener discusiones entre ambas partes.

Acerca de este mapa

A continuación se transcriben las anotaciones incluidas en “Acerca de este Mapa”, así como las precauciones de uso.

**ACERCA DE ESTE MAPA**

- Este mapa de amenaza indica el área de inundación estimada.
- El propósito de este mapa es brindar apoyo a las actividades del SINAPRED, COMUPRED y las autoridades Municipales para prevención de desastres por inundaciones. Las municipalidades locales son los usuarios finales de este mapa.
- Las lluvias fuertes traen mucha agua, la cual se concentra dentro del río. La capacidad del río para conducir agua (capacidad del cauce) es limitada y, por consiguiente, el exceso de agua cubriría el área alrededor causando inundaciones.
- Conociendo de antemano el área de inundación se pueden tomar medidas para reducir los daños.
- Se recomienda no construir ningún tipo de edificación en el área afectada por inundaciones. Las personas que actualmente viven en esas áreas deben ser evacuadas ante el aviso de lluvias intensas en la zona.
- El área de inundación representada en este mapa se calculó asumiendo una precipitación con un período de retorno de 200 años.

Nota

Asimismo se incluyó la información sobre las bases del cálculo, etc. con el fin de proporcionar la información técnica.

**NOTA**

**1-The hydrograph of design rainfall are estimated by observed data 1987 to 2000 at Julio Buitrago.**

El hidrograma de diseño, esta estimado en datos de lluvia observados entre 1987-2000 en la estación Julio Buitrago.

**2-Daily precipitation on return period 200 years in 310.4 mm/day**

La precipitación diaria para un período de retorno de 200 años es de 310.4 mm/día.

**3-Rainfall-runoff conversion method is rational formula.**

El método de conversión lluvia-escorrentía utilizado fue el de la fórmula racional.

**4-Design peak discharge is 588.7 m<sup>3</sup> / seg.**

El caudal pico de diseño es de 588.7 m<sup>3</sup> / seg

**5-Digital elevation model are based on topographic map of scale 1:5000 provided by INTUR. Calculating mesh size is 25 m.**

El modelo digital de elevación esta basado en mapas topográficos a escala 1:5000 proporcionados por INTUR. La medida de la malla calculada es de 25 m.

**6-This map is made by INETER in cooperation with Japan.**

Este mapa fue hecho por INETER con la cooperación del gobierno de Japón

(e) Otros

Para el uso de los mapas por los usuarios no expertos, la imagen de las profundidades de agua y la intensidad de lluvias intensas fue incorporada como apoyo para la interpretación del mapa de amenazas. Todos los ejemplos son los utilizados en los mapas de amenazas de inundaciones del Japón, los cuales fueron adaptados para reflejar la situación en Nicaragua.

**Imagen de la profundidad de agua**

Para reflejar las situaciones de las viviendas más comunes en Nicaragua, se utilizó como estructura típica una vivienda de una sola planta (de 3 metros de altura).

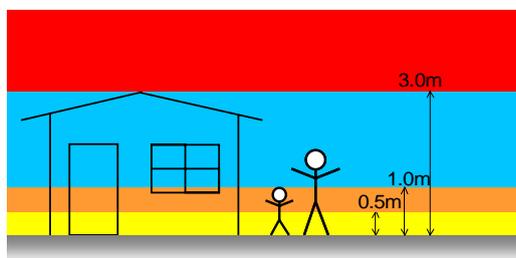


Figura 8-58 Imagen de la profundidad de agua

**Comparación de profundidades clasificadas y colores**

Es necesario escuchar ampliamente las opiniones de los usuarios sobre la clasificación de profundidades y sobre los colores de la leyenda con el fin de transmitir la idea de los riesgos de inundación. A modo de referencia, se plantea el plan alternativo que se está discutiendo.

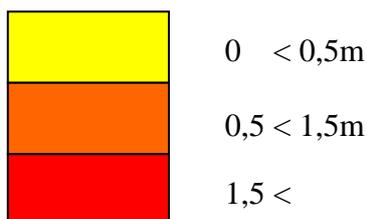


Figura 8-59 Clasificación según profundidades de agua y colores atribuidos (Ejemplo)

La siguiente figura muestra un ejemplo de la leyenda del Mapa de Amenazas. Se requiere someter a más discusiones para perfeccionar.

	< 0,5m	Por debajo de la altura de las rodillas de un adulto
	< 1,0m	Por debajo de la altura de la cintura de un adulto
	< 2,0m	Por debajo de la altura de los aleros del primer piso
	< 5,0m	Por debajo de la altura de los aleros del segundo piso
	5,0m<	Por encima de los aleros del segundo piso

Figura 8-60 Ejemplo de la leyenda

Esta leyenda fue preparada con base en las normas aplicadas en Japón. En la siguiente figura se presenta la imagen de las profundidades de agua.

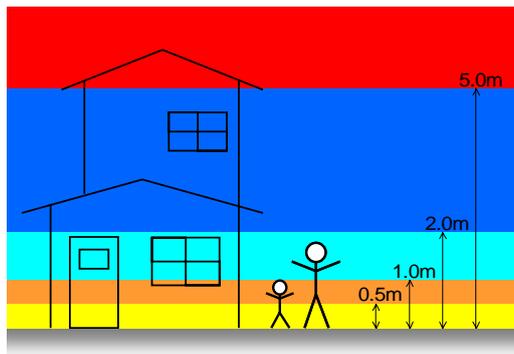


Figura 8-61 Imagen de profundidades de agua

Imagen de la intensidad de lluvias

Los dibujos fueron tomados del documento "Preparación del Mapa de Amenazas de Inundación – Explicación y ejemplos de procedimientos de preparación (2002)" del River Information Center Foundation con su debida autorización.

Lluvia poco fuerte	Lluvia relativamente fuerte	Lluvia fuerte	Lluvia severa	Lluvia Muy severa
10 - 20 mm/hr	20 - 30 mm/hr	30 - 50 mm/hr	50 - 80 mm/hr	80 < mm/hr
Se forman charcas y no se oyen bien las voces	Se moja aunque use una sombrilla y/o capote	Puede causar avenidas fuertes o deslizamientos	Hay mas posibilidades de causar inundaciones	Hay gran posibilidad de causar desastres a gran escala

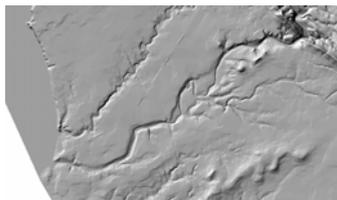
Mapa de ubicación

La Figura muestra la ubicación del río objeto.



Mapa de sombras

Se incluyó el mapa de sombras para tener mejor idea de la topografía en la cuenca baja.



Cuenca hidrográfica del Río Maravilla

La ortofoto incluye los límites de la cuenca y la ubicación de estaciones hidrológicas.



Logotipos (INETER, JICA, Oyo-Internacional, Pasco)

Los mapas incluyen los logotipos de INETER, JICA, ODA, OYO Internacional Corporación y Pasco Corporación, ver figura 8-31



Figura 8-62 Logotipos

### 3) Método de preparación

Se confeccionaron como el producto final los mapas de amenazas utilizando SIG (ArcGIS), para que el personal de contraparte pueda incorporar modificaciones y cambios e imprimir ellos mismos. El Equipo de Estudio decidió reproducir 50 ejemplares del Tipo G con el plotter y el Tipo P con la impresora. Los productos entregados por el Equipo de Estudio son los datos SIG, los datos de disposición del mapa, y los archivos en formato pdf.

### 4) Taller

Dado que Masachapa es el área cubierta por el estudio de amenazas de inundación y

tsunami, se organizó un taller en forma conjunta en esta ciudad. Un huracán (Huracán Beta) había azotado la zona antes de la fecha del taller, lo que incrementó el interés de los participantes. Aproximadamente 20 personas asistieron al taller y discutieron e intercambiaron opiniones de manera muy activa. Se percibió la necesidad de distribuir un mapa de amenazas que sea fácil de interpretar en la mayor medida de lo posible, para darle mayor utilidad en la práctica.

5) Inclusión de las amenazas de inundación y tsunami en el Mapa de Amenazas

Masachapa es también el área de estudio de tsunami. Se propuso confeccionar un mapa de amenazas combinando la información de inundaciones y de tsunami.

El cálculo de ascensión de tsunami fue realizado con una malla de 100 m, que es más grande que la malla utilizada para el simulacro de inundaciones (de 25 m). Mediante el uso de diferentes colores se puede expresar y mostrar la diferencia. En este ejemplar, la sombra verde indica el riesgo de Tsunami. Puede interpretarse que Masachapa tiene una zona propensa a tsunami más grande que la de inundación.

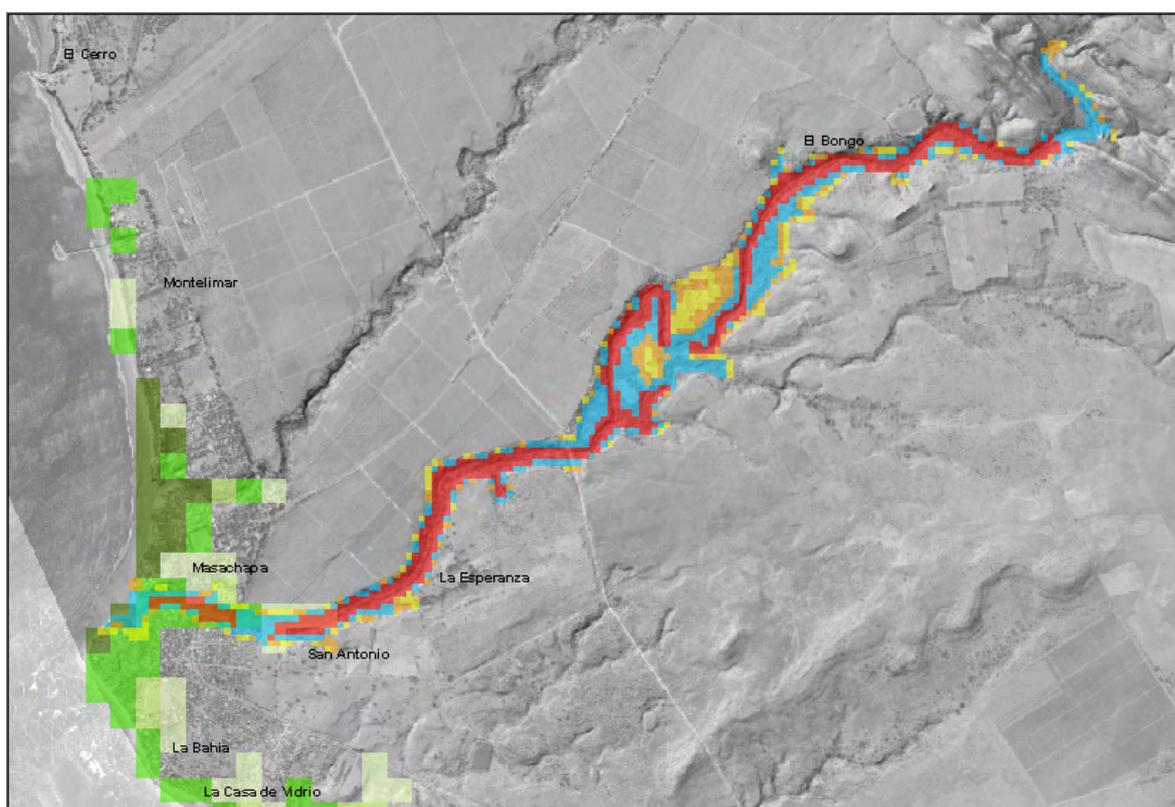


Figura 8-63 Mapa de amenazas con múltiples temas