

## **CIMDEN - VILLATEK**

El Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales, CIMDEN, es una organización técnico-



*Ciencia y Tecnología  
para el Desarrollo  
Sostenible de  
América Central*

científica dedicada al estudio de la problemática asociada a los desastres naturales, teniendo como meta la sistematización de las causas que dan lugar a tales desastres para proponer e implementar medidas que tiendan a reducir los impactos en las sociedades urbanas y rurales de América Central.

Reconociendo la necesidad de brindar un aporte conceptual para el entendimiento de las causas de los desastres, se presenta esta revista que contiene los aspectos más relevantes en torno a la gestión del riesgo, que es el concepto más moderno en torno a la temática de reducción de desastres naturales.

El Dr. Juan Carlos Villagrán De León, fundador de CIMDEN, ha sido pionero de esta temática en América Central, brindando aportes como consultor regional para varias organizaciones tales como el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales de América Central, CEPREDENAC, así como para la Agencia de Cooperación Técnica Alemana, GTZ, y para instituciones nacionales de protección o defensa civil. El Dr. Villagrán ha diseñado e implementado múltiples sistemas comunitarios de alerta temprana en cuencas menores de América Central, creó la gerencia de gestión para la reducción del Riesgo en CONRED, Guatemala, y se dedica a la investigación científica, en particular en áreas de geofísica, física de superficies y óptica aplicada.

## **SERIE APORTES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Editada y publicada por CIMDEN-VILLATEK con el apoyo financiero de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA.

15 Avenida "A" 20-01 Zona 13,

Guatemala, Guatemala

Centro América

Correo Electrónico: [cimden\\_ca@hotmail.com](mailto:cimden_ca@hotmail.com)

Foto de portada: Inundación de una calle en La Ceiba, Atlántida, Honduras, durante el huracán Mitch. Cortesía de COPECO.

Diagramación: Marco Luque - CEPREDENAC

---

### **NOTA ACLARATORIA:**

Las opiniones expresadas por el autor no necesariamente representan la postura de la Agencia de Cooperación Técnica del Japón (JICA) en el tema.

**I N U N D A C I O N E S**  
**LINEAMIENTOS GENERALES PARA SU MANEJO**

---

***APORTES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE***  
**Dr. Juan Carlos Villagrán De León**  
**CIMDEN - VILLATEK**  
**Guatemala, Guatemala - 2004**

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| PREFACIO .....   | 7  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 9  |
| MARCO CONCEPTUAL DE RIESGOS .....  | 10 |
| LA AMENAZA INUNDACION .....  | 11 |
| VULNERABILIDADES ASOCIADAS A INUNDACIONES .....                              | 17 |
| DEFICIENCIAS EN LAS MEDIDAS DE PREPARACION<br>ASOCIADAS A INUNDACIONES ..... | 24 |
| FACTORES QUE GENERAN RIESGOS .....   | 25 |
| EL CONCEPTO DEL MANEJO INTEGRAL DE RIESGOS .....                             | 27 |
| LA PREVENCION .....  | 31 |
| LA MITIGACION .....  | 33 |
| LA PREPARACION .....   | 34 |
| EL PAPEL DE LA ALERTA TEMPRANA .....   | 35 |
| ASPECTOS ACTUALES CON RELACION A LOS SAT .....                               | 38 |
| LA ORGANIZACIÓN Y CAPACITACION DE COMITES<br>DE EMERGENCIA .....             | 39 |
| EL MANEJO PARTICIPATIVO DE RIESGOS .....                                     | 40 |
| LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL MANEJO DE<br>INUNDACIONES .....               | 44 |
| CONCLUSIONES .....   | 49 |
| BIBLIOGRAFIA .....   | 52 |

## PREFACIO



### **Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA**

Después de la Segunda Guerra Mundial Japón se benefició de la cooperación internacional para encarrilarse en la senda del desarrollo sostenible. Ahora, gracias a esta cooperación internacional, hemos logrado algún nivel de calidad de vida. Lo que aprendimos durante esa época de pobreza y en ese período como país receptor de la cooperación internacional lo podemos resumir en el siguiente concepto: **Se requieren del Esfuerzo propio y del Apoyo Externo para alcanzar el desarrollo en un país.** Es por ello que ahora Japón ofrece cooperación internacional en todo el mundo. JICA, el organismo gubernamental responsable de la implementación de la cooperación técnica brindada por Japón en múltiples temas, lo realiza en base al programa denominado **Asistencia Oficial para el Desarrollo (ODA).**

Los desastres naturales son una de las causas del retraso en el desarrollo de una nación debido a su impacto negativo en cualquier actividad afectada. Es un tema de gran importancia en todo el mundo y también para JICA, que realiza actividades a nivel mundial con el fin de disminuir los efectos de esta condición externa que impide el desarrollo, en base a nuestra experiencia, conocimiento y la cultura del BOUSAI. Éste manual es útil para aprender cómo promover el desarrollo sostenible considerando la prevención y mitigación de desastres asociados a inundaciones, tanto para elaborar estrategias de planificación, como para identificar acciones a nivel del desarrollo comunitario, con más voluntad de todos los protagonistas de la región, incluso los pueblos mismos. Así que espero que todos lectores puedan aprovechar y consultar este manual para fomentar el desarrollo sostenible.

**“Por un Mejor Mañana para Todos”** refleja la gran meta y los sinceros deseos del pueblo Japonés.

Ing. Tsuneki Hori  
Experto de JICA en Centroamérica,  
Tsuneki.Hori@jica.go.jp

## INTRODUCCIÓN

**E**n el contexto de los desastres naturales, las inundaciones continúan provocando daños materiales, económicos y pérdidas de vidas humanas. Las inundaciones afectan a poblaciones urbanas y rurales, interrumpen los procesos cotidianos del desarrollo y en algunos casos aumentan la pobreza en los países en vías de desarrollo.



El análisis de los impactos de las inundaciones debe servir de motivación a los gobiernos y autoridades a todo nivel, a las instituciones y organizaciones no gubernamentales, así como a la sociedad civil, para tomar responsabilidades con respecto a como afrontarlas para minimizar su impacto.

Al analizar las experiencias en América Central después de Mitch, se concluye que hay muchas valiosas que se deben recopilar, sistematizar y divulgar para fomentar la cultura de reducción de desastres, necesaria para fomentar el desarrollo sostenible. En tal sentido, este documento recoge varias de esas experiencias recopiladas a lo largo de cinco años, enfocando aspectos como las diversas medidas a implementarse para reducir el impacto de las inundaciones. Reconociendo que el esfuerzo debe tener un carácter multisectorial, presenta ejemplos y comentarios que ilustran tales aspectos, así como sugerencias sobre alternativas que pueden implementarse en el ámbito de la gestión para la reducción de riesgos y la preparación.

En la elaboración del documento se ha tenido en mente un público meta constituido de técnicos de instituciones nacionales de reducción de desastres o de protección civil, entidades como las alcaldías y organizaciones no gubernamentales que hacen de la reducción de desastres su quehacer diario, estudiantes universitarios en los programas de maestría de gestión de riesgos, así como los miembros de los comités de emergencia y de reducción de desastres que están siendo conformados y capacitados en los diversos países de América Central a nivel provincial, municipal y local.

Siguiendo el enfoque de gestión para la reducción de riesgos, se inicia el documento exponiendo el marco conceptual que permite clasificar las posibles medidas a implementarse bajo el contexto de la prevención, la mitigación y la preparación. La implementación de los tres tipos de medidas es necesaria para garantizar un verdadero sendero hacia la reducción de desastres. Además se hace énfasis en la interacción entre todos los actores responsables como estrategia para promover el sostenimiento a largo plazo.

A lo largo del documento se han incluido ejemplos que acompañan el texto para incorporarle la riqueza de la experiencia centroamericana en el contexto de las inundaciones, ya sea en base a la presentación de los problemas típicos que afectan a comunidades, así como medidas exitosas que se han implementado para minimizar sus impactos.

## MARCO CONCEPTUAL DE RIESGOS

Los desastres naturales que han causado cuantiosas pérdidas materiales y fatalidades a lo largo de los últimos siglos, han puesto de manifiesto que varios países en vías de desarrollo han optado por procesos de desarrollo que no están adecuadamente adaptados a la diversidad de fenómenos naturales que se pueden manifestar en las diversas regiones del planeta. Bajo la nueva óptica de la gestión para la reducción del riesgo, se resume que la sociedad está continuamente construyendo riesgos, que se tornan en desastres cuando los fenómenos naturales se manifiestan físicamente.

Esta nueva visión de la reducción de los desastres mediante el manejo integral del riesgo tiene como meta la identificación de esas causas que guían a la sociedad en la generación de los riesgos, con la meta de atacar estas causas de raíz y de esta manera promover un desarrollo más sostenible.



De acuerdo al modelo planteado por el autor, el riesgo se integra en base a 3 componentes: amenazas, vulnerabilidades y deficiencias en las medidas de preparación. Las amenazas naturales y socio naturales representan la posibilidad de que se manifiesten estos tipos de fenómenos y se caracterizan mediante su dinámica espacial y temporal. En particular, las amenazas socio-naturales representan aquellas que son magnificadas como resultado de acciones sociales, por ejemplo los deslizamientos e inundaciones que se pueden propiciar como resultado de manejos inadecuados de los suelos y bosques en cuencas y laderas y la deforestación masiva.

En contraste a las amenazas, las vulnerabilidades reflejan la propensión de la infraestructura y líneas vitales, de procesos y de la prestación de servicios en las comunidades a ser afectados por fenómenos naturales de diversas magnitudes y tipos.

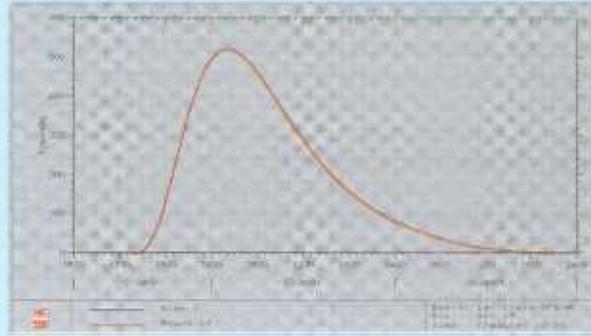
Finalmente, las deficiencias en las medidas de preparación son indicativas de incapacidades y problemas existentes que impiden que la sociedad y sus instituciones encargadas de este tipo de actividades respondan de manera eficiente y coordinada cuando se manifiesta en sí un fenómeno natural. A continuación se presentan estos conceptos en el contexto de las inundaciones.

## **LA AMENAZA INUNDACION**

las inundaciones son desastres asociados a fuertes lluvias, tormentas y huracanes, en los cuales la precipitación es tal que el río se sale de su cauce normal, desbordándose e inundando poblaciones, campos agrícolas, potreros, vías de comunicación e infraestructura productiva. Como se sabe, la persistencia de inundaciones ocasiona problemas de salud relacionados con enfermedades de la piel, así como gastrointestinales y aquellas asociadas al medio acuático e insectos.

La caracterización de las inundaciones que pueden ocurrir a lo largo de una cuenca como amenazas involucra un estudio hidrológico de la cuenca. El estudio hidrológico abarca la deducción de la relación entre precipitación y caudal o escorrentía, la evolución temporal del caudal en diversos sitios de la cuenca mediante la generación de hidrogramas unitarios y la delimitación de las planicies de inundación de acuerdo a diversos escenarios de precipitación.

Un hidrograma representa como va cambiando el caudal conforme pasa el tiempo en algún punto específico de la cuenca.



Por ejemplo, dada una precipitación hipotética de alguna duración e intensidad, tal precipitación genera un caudal que varía en el tiempo como se aprecia en la figura. El caudal aumenta hasta un máximo y horas después decrece gradualmente.

*Por ejemplo, dada una precipitación hipotética de alguna duración e intensidad, tal precipitación genera un caudal que varía en el tiempo como se aprecia en la figura. El caudal aumenta hasta un máximo y horas después decrece gradualmente.*

Tales estudios son realizados por hidrólogos o expertos en la materia y se completan mediante trabajos de campo que incluyen levantamientos de aforos en diversas secciones del río y sus afluentes, análisis geomorfológicos y morfométricos, levantamientos de secciones transversales topográficas y trabajos de gabinete que involucran la elaboración de modelos hidrológicos empleando datos de precipitación, aforos, así como mapas cartográficos de alta resolución.



La caracterización de la amenaza se logra determinando las alturas a las cuales puede ascender el río en comunidades, terrenos agrícolas y vías de comunicación y su relación con la precipitación pluvial en toda la cuenca. Un mapa de amenaza de inundaciones debe contemplar regiones geográficas a ser inundadas. De esta forma se puede determinar mediante el uso del mapa las posibles áreas de influencia de inundaciones. En Guatemala, el INSIVUMEH ha generado un mapa de amenaza para las distintas cuencas de Guatemala.

Este mapa es el primer ensayo con relación a la representación de amenazas a nivel nacional. Contempla todo el territorio nacional y representa regiones a ser inundadas. Sin embargo, a la amenaza

inundación se le asigna el mismo valor para todas las regiones a ser inundadas, independiente de la magnitud de las precipitaciones, por lo cual el mapa solamente tiene un uso limitado.

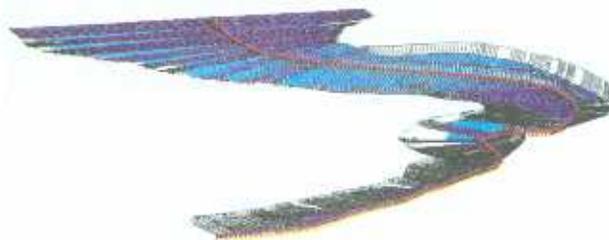
Tomando como punto de partida este mapa, se hace necesario avanzar reconociendo que las inundaciones en cada cuenca cubren distintas áreas geográficas dependiendo del nivel de inundación. Una pequeña inundación cubre un área geográfica reducida. En contraste, una inundación de gran magnitud cubre extensas áreas, sobretodo en las zonas donde la pendiente es mínima. Por lo tanto, el siguiente paso en la elaboración de mapas de amenaza implica el enfoque hacia cuencas específicas. En tal sentido, se delimita la cuenca y sus distintos afluentes y se procede a la elaboración de modelos hidrológicos para la cuenca. Dichos modelos tienen como meta, una vez completados, presentar las zonas inundables para diversos tipos de episodios.

## RIO LEAN

El río Lean nace en las montañas de la cordillera Nombre de Dios y tiene un caudal que fluye mayormente en la dirección Nor Este. En el segmento sur los afluentes Lean y Texiguat sirven de línea divisoria entre los departamentos de Atlántida y Yoro y el río abarca todo el municipio de Arizona, así como secciones de los municipios de Tela y Esparta. Además, en la región norte del cauce el río sirve de límite territorial entre los municipios de Arizona y Esparta.

El río Lean tiene una cuenca que comprende un área de 1001 kilómetros cuadrados. El río se nutre de las lluvias que nacen en la cordillera Nombre de Dios y está compuesto de más de 600 kilómetros de afluentes de diversos órdenes, desembocando en el mar caribe.

La figura presenta las zonas inundables en la cuenca baja del río para un evento como el huracán Mitch. La desembocadora se presenta en la parte superior de la figura, donde están situadas las planicies de inundación.



Para construir este tipo de mapas es necesario hacer levantamientos topográficos en las poblaciones en riesgo para establecer regiones geográficas que se encuentran a niveles particulares de elevación con relación al nivel del río.

Los estudios de amenaza más modernos introducen aspectos asociados al estudio de los fenómenos mediante análisis estadísticos de sus períodos de retorno. En tal sentido se realiza un análisis que permite asociar a la intensidad de los eventos más extremos un período de retorno en el tiempo. De esta manera se puede modelar eventos y sus posibles impactos de acuerdo a eventos de distintos períodos de retorno, por ejemplo, elaborar mapas de amenaza para eventos con períodos de retorno de veinte, cincuenta o cien años. Dichos estudios hacen uso de modelos estadísticos de tipo Pearson III o Gumbell, que se aplican al estudio de eventos extremos.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CASOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN LA CEIBA Y TELA, HONDURAS**

El Servicio Meteorológico Nacional de Honduras lleva un registro diario de precipitaciones desde 1970, que permite identificar para cada año cual ha sido el día más lluvioso. Reconociendo que las lluvias en la zona a veces se manifiestan como producto de varios días de lluvia, se puede calcular la acumulación de lluvia máxima en uno, tres y cinco días para cada año. Esto se muestra en la tabla de la izquierda. Con los datos se ha realizado un modelo tipo Pearson III para caracterizar eventos de acuerdo a distintos períodos de retorno. La tabla de abajo refleja la cantidad de precipitación que se puede asociar a eventos con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 40 y 50 años. En la tabla se han identificado con texto grueso los eventos de mayor magnitud contenidos

| AÑO   | TELA   |        |        | CEIBA  |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1 DÍA  | 3 DÍAS | 5 DÍAS | 1 DÍA  | 3 DÍAS | 5 DÍAS |
| 70-71 | 281.69 | 302.01 | 409.62 | 148.08 | 499.82 | 352.30 |
| 71-72 | 115.06 | 175.26 | 175.26 | 188.66 | 188.91 | 204.98 |
| 72-73 | 331.22 | 445.52 | 445.52 | 359.41 | 415.04 | 415.04 |
| 73-74 | 134.80 | 138.40 | 151.80 | 308.61 | 333.25 | 334.70 |
| 74-75 | 199.70 | 345.60 | 350.80 | 187.96 | 250.95 | 282.19 |
| 75-76 | 131.40 | 175.90 | 233.30 | 164.59 | 251.71 | 286.77 |
| 76-77 | 221.10 | 380.50 | 515.80 | 381.25 | 785.82 | 866.39 |
| 77-78 | 164.40 | 290.90 | 292.40 | 556.20 | 756.90 | 807.40 |
| 78-79 | 225.50 | 372.90 | 417.30 | 235.90 | 314.90 | 369.90 |
| 79-80 | 167.50 | 293.90 | 294.60 | 366.90 | 445.10 | 458.30 |
| 80-81 | 230.10 | 442.30 | 477.60 | 353.80 | 357.00 | 576.70 |
| 81-82 | 180.70 | 280.00 | 322.90 | 200.70 | 221.30 | 235.00 |
| 82-83 | 75.60  | 106.80 | 125.60 | 357.90 | 510.30 | 522.20 |
| 83-84 | 160.00 | 167.40 | 199.00 | 442.90 | 480.40 | 498.00 |
| 84-85 | 162.50 | 279.00 | 279.00 | 270.80 | 337.40 | 346.80 |
| 85-85 | 207.00 | 253.20 | 255.60 | 405.60 | 464.80 | 477.50 |
| 86-87 | 182.30 | 261.40 | 361.50 | 181.10 | 206.40 | 264.00 |
| 87-88 | 312.70 | 363.60 | 373.80 | 336.30 | 526.70 | 538.20 |
| 88-89 | 253.30 | 501.80 | 687.30 | 230.00 | 362.00 | 590.90 |
| 89-90 | 146.70 | 272.00 | 348.60 | 240.60 | 456.30 | 555.10 |
| 90-91 | 305.70 | 326.40 | 463.20 | 378.10 | 514.30 | 591.20 |
| 91-92 | 330.10 | 375.00 | 403.70 | 203.60 | 226.60 | 388.70 |
| 92-93 | 175.50 | 244.20 | 265.90 | 182.90 | 195.80 | 198.20 |
| 93-94 | 203.90 | 308.10 | 313.60 | 551.00 | 676.80 | 677.30 |
| 94-95 | 96.50  | 204.20 | 239.90 | 83.00  | 171.00 | 196.20 |
| 95-96 | 203.00 | 266.60 | 295.60 | 330.30 | 507.90 | 518.60 |
| 96-97 | 221.30 | 449.30 | 605.90 | 234.30 | 552.40 | 641.20 |
| 97-98 | 123.00 | 245.70 | 301.70 | 105.70 | 223.50 | 323.90 |
| 98-99 | 269.10 | 612.60 | 328.60 | 294.10 | 743.70 | 930.10 |
| 99-00 | 163.30 | 372.40 | 541.50 | 202.10 | 486.70 | 513.50 |
| 00-01 | 282.00 | 597.50 | 742.10 | 249.80 | 447.90 | 503.20 |
| 01-02 | 236.20 | 411.80 | 521.70 | 233.00 | 532.50 | 716.50 |