

X  
HDG  
PS

**PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO LOCAL ANTE UN EVENTO HIDROLÓGICO  
EN LA QUEBRADA EL RINCÓN. MUNICIPIO LIBERTADOR. ESTADO  
MÉRIDA**

*Por:*

*Laura Pimstein Z.*

Trabajo de grado para optar por el grado de Magister Scientiae en Gestión de los  
Recursos Naturales Renovables y Ambiente

**CENTRO DE INTERAMERICANO DE DESARROLLO E  
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MÉRIDA – VENEZUELA  
SEPTIEMBRE 2014**

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cada día estar en mi vida y permitirme enfrentar nuevos retos con fortaleza y alegría.

A mis padres, en especial a mi madre Cecilia por su apoyo y amor incondicional y a mi padre Rainer, compañero de senderos.

A mi familia, a mis hijos y a mi esposo David por tanto amor y comprensión. Los Amo!

A mis amigos por esa gran amistad, por los buenos ratos, por escucharme y aconsejarme.

A mi tutora, la Prof. Esneira Quiñonez por su ayuda y apoyo en todo momento. Así como también agradezco a mis asesores la Prof. Ada Moreno, el Prof. Luis Mora y a los profesores Jaime Lafaille, Raúl Vidal, Alex Barrios, Fernando Delgado y la Biol. Ingrit Correa, entre otros; por sus valiosos aportes y contribuciones en la investigación.

A la Universidad de Los Andes y el CIDIAT por ser espacio de saberes para el fortalecimiento y crecimiento profesional.

Al CDCHTA por el financiamiento en la investigación y apoyo al desarrollo de proyectos académicos.

Al CIGIR por el financiamiento en la investigación y labor en la gestión integral de riesgos socioculturales y tecnológicos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPITULO 1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.2.1 Objetivo General .....	1
1.2.2 Objetivos Específicos.....	1
1.3 Justificación.....	2
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes .....	3
2.2 Marco Teórico.....	7
2.2.1 Gestión Integral .....	7
2.2.2 El Riesgo .....	8
2.2.3 Modelos de Simulación Hidrológica.....	9
2.2.3.1 Modelo EVENTO.....	9
2.2.3.2 Modelo de Simulación Hidráulica HEC-RAS .....	10
2.2.3.2.1 Datos del Modelo HEC-RAS .....	11
2.2.3.2.2 HEC-GeoRAS .....	13
2.3 Marco Legal .....	15
CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1 Caracterización Físico Natural y Sociocultural de la microcuenca Qda. El Rincón.....	17

3.1.1	Área de estudio .....	17
3.1.2	Clima.....	18
3.1.2.1	Precipitación .....	18
3.1.2.2	Evaporación .....	20
3.1.2.3	Temperatura .....	20
3.1.3	Relieve .....	20
3.1.4	Geología y Geomorfología .....	22
3.1.5	Suelos.....	29
3.1.6	Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra.....	29
3.1.7	Plan de Ordenación Territorial en la microcuenca Qda. El Rincón .....	33
3.1.8	Aspectos Socioculturales.....	36
3.2	Zonificación de la amenaza hidrológica.....	38
3.2.1	Determinación de parámetros para la aplicación del modelo EVENTO .....	38
3.2.1.1	Determinación del Grupo de Suelos según el potencial de escorrentía.....	38
3.2.1.2	Determinación del Coeficiente de Rugosidad n de Manning .....	40
3.2.1.3	Determinación del Número de Curva (CN).....	40
3.2.1.4	Determinación de la Pendiente .....	40
3.2.2	Análisis Hidrológico .....	40
3.2.2.1	Determinación de Caudales Máximos .....	40
3.2.2.1.2	Conceptualización Hidrológica.....	41
3.2.2.1.3	Cálculo de la Lluvia de Diseño.....	42
3.2.2.1.4	Estimación del Hietograma de Diseño.....	43
3.2.3	Aplicación de la Interface HEC-GeoRas. ....	43
3.2.3.1	Etapa de Pre-Procesamiento.. ..	43
3.2.3.1.1	Levantamiento de Secciones Transversales en Campo .....	44
3.2.3.2	Etapa de Procesamiento.....	44

3.2.3.2.1 Introducción de datos geométricos e hidráulicos .....	45
3.2.3.3 Etapa de Post-Procesamiento .....	46
3.2.4 Elaboración del Plan de Gestión de Riesgo ante un evento hidrológico.....	46
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1 Resultados de los parámetros para la aplicación del modelo EVENTO.....	47
4.1.1 Grupo de Suelos según el potencial de escorrentía.....	47
4.1.2 Coeficiente de Rugosidad de Manning .....	51
4.1.3 Número de Curva (CN).....	54
4.1.4 Pendiente.....	54
4.2 Resultados del Análisis Hidrológico.....	58
4.2.1 Resultado de la Conceptualización Hidrológica .....	58
4.2.2 Lluvia de Diseño .....	59
4.2.3 Hietograma de Diseño.....	60
4.2.4 Caudales Máximos.....	62
4.3 Resultados de la Zonificación de la Amenaza Hidrológica.....	62
4.3.1 Escenario Hidrológico para un evento de TR 20 .....	62
4.3.2 Escenario Hidrológico para un evento de TR 50 .....	63
4.3.3 Escenario Hidrológico para un evento de TR 100 .....	64
4.4 Análisis de Resultados .....	70
4.5 Plan de Gestión de Riesgo Local ante el evento hidrológico.....	77
4.5.1 Gestión Prospectiva.....	77
4.5.2 Gestión Correctiva .....	80
4.5.3 Gestión Reactiva .....	81
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS CITADAS .....	87
APÉNDICE.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.1</b> Coeficiente de Rugosidad $n$ de Manning para la microcuenca “El Rincón” .....	51
<b>Tabla 4.2</b> Número de curvas para la escorrentía, adaptado a la microcuenca “El Rincón” (condición antecedente de humedad II).....	54
<b>Tabla 4.3</b> Variables de entrada al modelo de simulación hidrológica... ..	58
<b>Tabla 4.4</b> Determinación del tiempo de concentración de la microcuenca El Rincón .....	59
<b>Tabla 4.5</b> Lluvias puntuales de diseño (mm) para distintos $Tr$ (*) de la estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 (1970-1996).....	60
<b>Tabla 4.6</b> Estimación del hietograma de diseño por el método de los bloques alternos. Estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 (1970-1996)....	60
<b>Tabla 4.7</b> Caudales pico, escorrentía y tiempo pico para el cauce principal para los distintos $Tr$ , según el modelo EVENTO.....	62
<b>Tabla 4.8</b> Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico $TR$ 20.....	63
<b>Tabla 4.9</b> Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico $TR$ 50.....	64
<b>Tabla 4.10</b> Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico $TR$ 100.....	65
<b>Tabla 4.11</b> Gestión prospectiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.....	78
<b>Tabla 4.12</b> Gestión correctiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.....	80
<b>Tabla 4.13</b> Gestión reactiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Esquema del riesgo natural.....	8
<b>Figura 2.2</b> Etapas de la interface HEC-GeoRAS .....	14
<b>Figura 2.3</b> Piramide de Kelsen.....	15
<b>Figura 3.1</b> Situación relativa nacional, regional y local de la microcuenca “El Rincón”. Municipio Libertador. Mérida. Estado Mérida. Venezuela.....	17
<b>Figura 3.2</b> Distribución anual de precipitación y evaporación de la ciudad de Mérida con base en los datos de la estación Mérida-Aeropuerto (1961-1990).....	18
<b>Figura 3.3</b> Distribución anual de precipitación y evaporación de la ciudad de Mérida en base los datos de la estación Santa Rosa (1975-2001).....	19
<b>Figura 3.4</b> Modelo de elevación de terreno de la microcuenca “El Rincón” .....	21
<b>Figura 3.5</b> Leyenda de la fotointerpretación .....	22
<b>Figura 3.6</b> Fotointerpretación de la parte alta y media de la microcuenca quebrada “El Rincón” .....	23
<b>Figura 3.7</b> Fotointerpretación de la parte media y baja de la microcuenca quebrada “El Rincón” .....	24
<b>Figura 3.8</b> Areniscas y pizarras fracturadas de la Formación Palmarito .....	26
<b>Figura 3.9</b> Vista de un gran deslizamiento cubierto por vegetación.....	27
<b>Figura 3.10</b> Contexto Geológico Estructural de la microcuenca El Rincón .....	28
<b>Figura 3.11</b> Viviendas tipo quinta (izquierda) y autoconstruidas (derecha) representando el uso urbano.....	29
<b>Figura 3.12</b> Vegetación herbácea.....	30
<b>Figura 3.13</b> <i>Musa sapientum</i> (Cambur) de la unidad de Matorral Ralo .....	30
<b>Figura 3.14</b> Matorral de vegetación secundaria correspondiente a la superficie de Matorral Denso.....	30
<b>Figura 3.15</b> <i>Erythrina poeppigiana</i> (Bucare ceibo), una especie arbórea de la superficie de Bosque Intervenido.....	31
<b>Figura 3.16</b> Vista del Bosque Denso, en la parte alta de la microcuenca, sector denominado como “Cerro La Pelota” por sus pobladores .....	31

<b>Figura 3.17</b> Cobertura vegetal y uso de la Tierra en la microcuenca El Rincón .....	32
<b>Figura 3.18</b> Plan de Ordenación Urbanística de la microcuenca El Rincón.....	35
<b>Figura 3.19</b> Fotografía aérea del urbanismo de la parte baja de la microcuenca quebrada El Rincón para el año 1973 (Misión 010473, escala 1:25000) .....	37
<b>Figura 3.20</b> Fotografía aérea del urbanismo de la parte baja de la microcuenca quebrada El Rincón para el año 1996 (Misión 010486, escala 1:5000) .....	37
<b>Figura 3.21</b> Ubicación espacial de la información utilizada para la Clasificación de los Grupos de Suelos, de acuerdo al potencial de escorrentía en la microcuenca El Rincón .....	39
<b>Figura 3.22.</b> Parámetros de la etapa de pre-procesamiento de la interface HEC-GeoRAS.....	44
<b>Figura 3.23</b> Levantamiento de Sección Transversal por el método de la cuerda, parte alta de la quebrada El Rincón....	45
<b>Figura 4.1</b> Suelo Residual de Mucujún, caracterizado como grupo A. Baja escorrentía y alta infiltración.....	47
<b>Figura 4.2</b> Suelo caracterizado como Grupo B. Moderado a bajo potencial de escorrentía.....	48
<b>Figura 4.3</b> Suelo caracterizado como Grupo D. Roca impermeable, parte media-alta de la microcuenca....	49
<b>Figura 4.4</b> Grupos de suelos, según el potencial de escorrentía, de la microcuenca quebrada “El Rincón”.....	50
<b>Figura 4.5</b> Superficies lisas de concreto, asfalto y techos de viviendas. Parte baja de la microcuenca .....	51
<b>Figura 4.6</b> Vegetación herbácea y finca de pastoreo, representando la superficie de suelos cultivados o barbecho .....	52
<b>Figura 4.7</b> <i>Gynerium sagittatum</i> (caña brava) representando la superficie de Pastizal Natural.....	52
<b>Figura 4.8</b> Matorral de vegetación secundaria correspondiente a la superficie de pasto denso.....	53
<b>Figura 4.9</b> Superficie representativa del bosque ligero.....	53
<b>Figura 4.10</b> Superficie representativa del bosque denso.....	54

<b>Figura 4.11</b> Coeficiente de Rugosidad $n$ de Manning de la microcuenca El Rincón.....	55
<b>Figura 4.12</b> Coeficiente CN para la Condición de Humedad CN III de la microcuenca El Rincón .....	56
<b>Figura 4.13</b> Rangos de pendiente en porcentaje de la microcuenca El Rincón .....	57
<b>Figura 4.14</b> Conceptualización hidrológica de la microcuenca El Rincón .....	58
<b>Figura 4.15</b> Perfil Longitudinal de la quebrada El Rincón .....	59
<b>Figura 4.16</b> Escenario de amenaza de la microcuenca El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con un TR = 20 años.....	66
<b>Figura 4.17</b> Escenario de amenaza de la microcuenca El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con un TR = 50 años.....	67
<b>Figura 4.18</b> Escenario de amenaza de la microcuenca El Rincón ante un evento hidrológico de régimen supercrítico con un TR = 50 años.....	68
<b>Figura 4.19</b> Amenaza de la microcuenca El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con los distintos periodos de retorno.....	69
<b>Figura 4.20</b> Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte media de la microcuenca El Rincón. Sector El Puente.....	72
<b>Figura 4.21</b> Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte media de la microcuenca El Rincón. Metros abajo del sector El Puente .....	73
<b>Figura 4.22</b> Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte baja de la microcuenca El Rincón. Sector Lumonty .....	74
<b>Figura 4.23</b> Zonas de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte baja de la microcuenca El Rincón. Sector Lumonty-Vía principal .....	75
<b>Figura 4.24</b> Deficiencias de mantenimiento en el sistema de alcantarillado de desagüe (izquierda) y falta de aceras del lado izquierdo de la calle (derecha) ....	76
<b>Figura 4.25</b> Sitios seguros de resguardo de la parte media (izquierda) y baja (derecha) de la microcuenca.....	76
<b>Figura 4.26</b> El problema de la basura en la microcuenca El Rincón, parte alta (izquierda), media (centro) y baja (derecha) respectivamente .....	77

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN**  
**AMBIENTAL Y TERRITORIAL**  
**Maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Ambiente (con énfasis**  
**en estudios de impacto ambiental)**

**PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO LOCAL ANTE UN EVENTO HIDROLÓGICO**  
**EN LA QUEBRADA EL RINCÓN. MUNICIPIO LIBERTADOR. ESTADO**  
**MÉRIDA.**

Autor: Laura Pimstein

Tutor: Esneira Quiñonez

**RESUMEN**

Las avenidas o crecidas son una de las amenazas naturales más frecuentemente experimentadas. Su ocurrencia ha ocasionado numerosas pérdidas de vidas y daños materiales. En este sentido, la zonificación de la amenaza y propuesta de un plan de gestión de riesgo local representa una alternativa muy valiosa para disminuir la vulnerabilidad de las comunidades ante estos eventos adversos. En este estudio se zonifica la amenaza y se propone un plan de gestión de riesgo local para la microcuenca quebrada El Rincón del municipio Libertador del estado Mérida. Metodológicamente, la zonificación de la amenaza requiere una caracterización físico-natural e hidrológica, análisis estadístico, simulación hidrológica y procesamiento de datos, involucrando el manejo de los programas AJUSTE, EVENTO, HEC-RAS y la interface HEC-GeoRAS. Por otra parte, el plan se estructura en función de las manchas de desborde obtenidas, considerando políticas públicas, marco legal y territorial, nivel organizacional de la población e instituciones involucradas. En la microcuenca se obtuvieron zonas de desborde para los períodos de retorno de 20, 50 y 100 años, encontrándose como las áreas más vulnerables la parte media y baja, destacándose los sectores El Puente y Lumonty. El plan de gestión de riesgo propuesto se estructura en tres etapas: prospectiva, correctiva y reactiva, entendiéndose que sus acciones se enmarcan en prevenir, corregir, responder y formar comunidades resilientes. En este sentido, se concluye que la simulación hidrológica es una herramienta útil a la zonificación de amenazas ante avenidas y los planes son alternativas viables a ser implementadas para reducir la condición de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

**Palabras clave:** amenaza, avenidas, quebrada El Rincón, simulación hidrológica, plan de gestión de riesgo.

## INTRODUCCIÓN.

La tierra ha experimentado una gran cantidad de cambios a lo largo del tiempo, sin embargo el hombre apenas tiene 195 mil años conociendo e investigando sus procesos, actividades, ciclos y dinámica en general. Y aunque nunca se puede tener una comprensión exacta de su actividad y proceso involucrado en cierto lugar y momento, siempre se han tenido anuncios, pautas y restricciones manifestadas por la tierra, que modelan el comportamiento, aprovechamiento y ocupación de los espacios.

No obstante, se ve como el hombre cada día ocupa más espacios que se encuentran bajo amenazas naturales. Por una parte, los espacios que se incorporan al uso mediante grandes obras de ingeniería capaces de superar los obstáculos y limitaciones naturales, y por otra parte, los que son incorporados de manera masiva para construir viviendas improvisadas en zonas que se encuentran bajo riesgos socionaturales. Esta situación involucra aspectos físicos, políticos, culturales y sociales, de aquí su importancia y repercusión en la sociedad.

Entre los eventos naturales de mayor probabilidad de ocurrencia se encuentran las crecidas o avenidas, las cuales se hacen aún más frecuentes en zonas tropicales con unidades de montaña, donde las características climáticas son extremas y las pendientes son pronunciadas, lo que condiciona la existencia de ríos y quebradas de gran velocidad, que bajo estos regímenes cambiantes tienen altas probabilidades de desencadenar flujos excepcionales, haciendo vulnerable a las poblaciones asentadas en las adyacencias de estos lugares. La magnitud e intensidad de los daños asociados a estos eventos son enormes y difícilmente valorables, ya que frecuentemente involucran pérdidas humanas.

La microcuenca quebrada El Rincón, pertenece a la zona metropolitana de la ciudad de Mérida, específicamente al Municipio Libertador, lo que le atribuye una presión demográfica sobre sus espacios. En las márgenes laterales y parte distal de dicha quebrada ya se encuentra población asentada, lo cual asociado a las características fisiográficas intrínsecas del lugar denotan un riesgo latente, que podría traer consecuencias desastrosas ante un evento hidrológico torrencial. Ante esta amenaza, esta investigación tratará de dar a conocer el escenario probable que pudiera presentarse ante una avenida torrencial y elaborar una propuesta de gestión de riesgo que permita minimizar el grado de fragilidad y vulnerabilidad social en estas zonas de alto riesgo natural.

Además, es pertinente hacer estudios sectoriales detallados sobre el riesgo natural, para obtener más información, tomar mejores decisiones y lograr soluciones más acertadas y adecuadas a la realidad de cada contexto. De esta manera, la gestión de riesgo con sus medidas de prevención, corrección y atención, podrá ser incorporada a los procesos normales de planificación.

## **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Las avenidas o crecidas han sido un tema de gran interés y preocupación, ya que por esta razón mueren miles de personas en todas partes del mundo y otras pierden sus viviendas y bienes, causando pérdidas económicas cuantiosas y alarmantes para los países.

A nivel nacional este problema es muy frecuente, en especial en los relieves montañosos con clima cambiante, donde se desencadenan respuestas inesperadas en el ciclo hidrológico, que se traducen en desastres. La tragedia de Vargas es un caso nacional de gran conmoción que marcó al país y mostró la fragilidad y vulnerabilidad que se tiene frente a estos fenómenos.

En la actualidad estos fenómenos parecen verse incrementados, probablemente porque el hombre ha tenido que invadir espacios que por naturaleza no le corresponden y las respuestas de planificación y desarrollo habitacional son cada vez más difíciles. Entonces, la vulnerabilidad se acrecienta y vivir bajo la amenaza del riesgo natural es casi cotidianidad.

La microcuenca quebrada El Rincón se sitúa en una zona estratégica de nuestra ciudad y con características particulares que la hacen probable a ocasionar graves daños. La parte media y baja de la microcuenca quebrada El Rincón corresponde a la poligonal urbana, por lo tanto es una zona de expansión urbanística, donde adicional a las personas que habitan en este espacio se seguirán asentando poblaciones y por el patrón observado, de manera descontrolada y desorganizada. Esto aunado a las características naturales de la microcuenca, que favorecen la generación de crecidas torrenciales, tal como han ocurrido en el pasado, donde se han registrado daños continuos, principalmente de infraestructura de viviendas y carretera, se genera la necesidad de estudiar a detalle esta problemática y plantear estrategias que permitan evitar pérdidas mayores a futuro.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivos General:**

- Proponer un plan de gestión de riesgo local ante un evento hidrológico en la quebrada El Rincón del Municipio Libertador del Estado Mérida.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Generar información geográfica para la caracterización de la microcuenca quebrada El Rincón.
- Simular eventos hidrológicos para distintos periodos de retorno en la microcuenca El Rincón.
- Zonificar la amenaza ante un evento hidrológico.
- Elaborar un plan de gestión de riesgo local, en el marco de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socioculturales y Tecnológicos, para la microcuenca El Rincón.

### 1.3 Justificación

La microcuenca El Rincón, afluente del río Albarregas, es una quebrada torrentosa, con condiciones típicas de las zonas tropicales, donde la probabilidad de ocurrencia de crecidas torrenciales es alta. Debido a que actualmente esta quebrada presenta un incremento poblacional continuo, albergando cada vez más habitantes y bienes materiales, se hace más grave el problema del riesgo ante un evento de esta naturaleza, ello justifica que quienes habitan en esta condición deban tener como mínimo el conocimiento del tipo y grado de amenaza a la que se exponen.

De este modo, será más fácil concienciar y llevar a cabo propuestas que coayuden a prevenir, manejar y superar la situación en caso de desastres. En esta investigación se busca no solo dar conocimiento de la amenaza sino también plantear algunas propuestas de gestión que permitan disminuir la vulnerabilidad social.

Entre algunos de los aportes de esta investigación se tiene:

- Cubrir el déficit de información referente al riesgo natural ante crecidas, en este sector, ya que no se cuenta con suficiente información científica preliminar y menos actualizada.
- Dar a conocer metodologías prácticas para la determinación o zonificación de la amenaza.
- Representación cartográfica de las zonas de desborde.
- Zonificación de la amenaza ante un evento hidrológico de la microcuenca.
- Propuestas y lineamientos a ser incluidos en los planes de gestión de riesgo.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

A pesar de los múltiples esfuerzos institucionales y particulares que se han hecho en controlar las avenidas y prevenir los desastres que estos eventos extremos desencadenan, no se ha logrado superar este problema y año a año en cada parte del mundo mueren muchas personas y otras quedan desprovistas de sus bienes por esta causa.

En nuestro país, por ejemplo, el antiguo Ministerio del Ambiente (1977) desarrolló bajo la coordinación del Ing. Oscar González desarrollo un programa de prevención y defensa contra inundaciones que implicaba 4 subprogramas: subprograma de información, subprograma de estudio, subprograma de proyecto construcción y mantenimiento de infraestructuras y subprograma medidas de emergencia.

Rivarola J. (1986) propone y evalúa una metodología de medidas de mitigación de daños y desastres por inundaciones, desarrollada en las siguientes etapas: diagnóstico y reconocimiento del problema, enumeración y valoración de los efectos ocasionados, formulación de las medidas de mitigación y evaluación de las medidas alternativas a aplicar de acuerdo al problema.

Varios países trabajan en la formulación de instrumentos de planificación de reducción en riesgos de desastres para la incorporación de la prevención en los procesos de desarrollo nacional, sectorial y territorial. Nuestro país formaba parte de la Corporación Andina de Fomento CAF, la cual promovió el Programa de Gestión de Riesgos de Desastres - PREVER. Asimismo la Corporación, en el marco de estos objetivos, desarrollo esquemas institucionales orientados a incorporar en la planificación las consideraciones sobre el impacto de fenómenos naturales adversos. A nivel regional la CAF apoyó la creación del Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres (Caprade) y la formulación del Programa para la Prevención de Desastres en los Países de la Comunidad Andina (Predecan).

En su última fase, la CAF lanzó su Programa para la Gestión de Riesgos de Desastres PREVER, donde la prevención siguió siendo el eje orientador. Este programa tuvo como objetivo apoyar a los países accionistas de la CAF en la identificación, estructuración y financiación de proyectos específicos que contribuyeron a la reducción de vulnerabilidades y riesgos de desastres frente a fenómenos naturales.

Otros esfuerzos en materia de riesgos a nivel de Venezuela y Latinoamérica, lo proporciona el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos CIGIR, que nace como un espacio donde la gestión del riesgos de desastres se promueve desde una perspectiva holística, multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria, y donde el énfasis del esfuerzo se centra, más que en la caracterización de escenarios de riesgos, en la definición de mecanismos de gestión aplicables a las formas de institucionalidad y de organización social que hoy existen en nuestro país. Esta fundación tiene como áreas estratégicas: Investigación y desarrollo, formación y socialización y aprobación del conocimiento tecnológico y científico.

El Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) en el marco del Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las comunidades andinas, ha hecho un

intento de unificación de metodologías para analizar los fenómenos naturales y presentar resultados de una manera sencilla, pero a su vez que sea efectiva su aplicación. Planteando desarrollar una metodología de carácter binario por transposición de capas, de los cuales se caracteriza una distribución areal de la peligrosidad o amenaza, lo que permite la difusión a los pobladores y la planificación de los entes gubernamentales. Para esta tarea, se tomó como proyecto piloto para Venezuela las subcuencas del río Montalbán y quebrada La Ceibita, municipio Campo Elías del estado Mérida.

Méndez E. (2005) hace mención a la importancia de incorporar la ordenación territorial dentro de las políticas de estado, como componente para lograr los objetivos y el desarrollo integral, es decir, como una herramienta de servicio y de prevención de los desastres. Este autor plantea que este proceso exige que la ordenación del territorio cumpla las funciones de prevención, de acción y gestión, donde se incorporan de manera sustantiva los desastres, la consideración de las amenazas y vulnerabilidad y en consecuencia potenciales desastres, tiene que haber instrumentos elaborados de manera participativa, existen cuatro elementos fundamentales: el plan de ordenación territorial, debe estar sustentado por una normativa, debe existir una estructura administrativa política institucional que administre el proceso desde el gobierno nacional hasta el local, debe tener una estrategia de implementación y adicionalmente, deberá especificar el rol de cada actor clave en función de las propuestas por competencia. También añade que para la elaboración de un plan de ordenación territorial para áreas bajo riesgo natural, requiere no solo el conocimiento de expertos en materia de desastres, sino múltiples especialistas.

Una de las iniciativas más recientes y optimistas de la gestión del riesgo, que pone en vanguardia a nuestro país, es la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009), la cual tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos. Según el art.2, la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera conciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas.

Por otra parte, los estudios correspondientes a eventos torrenciales son diversos y su complejidad depende del caso en particular. Sin embargo, existen experiencias a nivel nacional y regional que son pilares como es el caso de la tragedia de Vargas en el año 1999 y la tragedia del Valle del Mocoties, ocurrida en el año 2005.

Yerena, E. (2000) presenta una visión técnica de la tragedia del quince de diciembre en el Estado Vargas. Explica lo ocurrido como una sobresaturación de los suelos y de la capa de alteración que suprayace a la roca madre, por efecto de lluvias excesivamente altas y principalmente continuas. En el caso del litoral central, la cobertura del suelo por parte de la vegetación es muy poca por razones ecológicas y

no antrópicas. En las franjas bajas de la montaña la vegetación natural es de espinar costero o matorral xerofítico. Este tipo de vegetación ofrece poca cobertura al suelo, y ante unas lluvias tan prolongadas y voluminosas, por supuesto que no puede soportar al suelo. La prueba de ello se ve en las innumerables cicatrices que se observan a lo largo de las faldas bajas de la montaña. En consecuencia, este autor argumenta que no es sensato hablar de la "intervención antrópica" en las cabeceras de los ríos, como causa de este fenómeno. Siendo obvio que ocurrió un fenómeno natural de gran magnitud y de poca frecuencia. El punto de reflexión final es sobre la sensatez con que se asuma el reto de la preparación ante este tipo de fenómenos. En primer lugar, se debe reconocer que se tiene que aprender a convivir con ellos y en segundo lugar, se debe aprender a detectar con anticipación este tipo de fenómenos.

En este mismo orden de ideas Laffaille *et. al.* (2005) determinaron que lo ocurrido en la cuenca del Mocoties fue un evento extremo, correspondiente a lluvias anómalas (época de sequía) con un pico muy intenso de 4-5 horas y después de una intensa revisión hallaron tres eventos ocurridos en los años: 1910, 1933 y 1951, dando un periodo de retorno (TR) tentativo de 40-50 años.

Otro evento que conmocionó a nuestro país fue la crecida del río Limón en 1987, la cual aconteció en áreas urbanas del estado Aragua, arrasando con la urbanización El Limón, El Progreso, Mata seca y Pan de Azúcar, en este hecho se registraron cientos de pérdidas humanas y materiales.

Existen algunos otros trabajos que vale la pena mencionar en el marco de conocer los enfoques desarrollados en la caracterización de la amenaza ante crecidas y algunas conclusiones obtenidas en los mismos.

Ferrer, C. y Lafaille, J. (2004) proponen una metodología para definir niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad física (áreas críticas) basada en la tipología constructiva de la vivienda, aspectos geológicos, geomorfológicos, morfométricos y de pendiente, utilizando como caso de estudio la quebrada Milla del Estado Mérida.

Se conoce de un estudio de amenazas múltiples elaborado por Lafaille, J. y Ferrer, C. (2005) en la cuenca media del río Chama, en un pequeño sector, ocupado por el caserío La González el Conjunto Residencial/Urbanización Chama-Mérida, donde se analizó entre los escenarios la posibilidad de que la actividad desarrollada por un pequeño torrente, produjera un agresivo flujo de detritos que represó parcialmente el río Chama. En función de esta idea se apoya la hipótesis de que no se necesita un torrente de gran capacidad para hacer estragos, solo las condiciones fisiográficas que favorezcan su ocurrencia.

En el 2005, Ortiz, A. y Reyes, R. realizan una evaluación de áreas susceptibles a amenazas naturales por movimientos de masa y crecidas torrenciales en las subcuencas la Fría y la Estillera tomando en cuenta como variables fundamentales; geología, pendiente, geomorfología e hidrología; y concluyen que éstas, al igual que muchas otras de las zonas intramontañas andinas, tiene un comportamiento torrencial típico, que se transforma en distintos niveles de susceptibilidad, en este caso predominantemente media.

Moreira, C. (2007) determina las zonas de desborde en la cuenca quebrada La Pedregosa en el Estado Mérida, mediante el modelo HEC-GeoRas y contrastan sus

resultados con los usos del suelo. En base a ello, recomiendan promover la gestión del riesgo para ayudar a las comunidades, previniendo daños y consecuencias por falta de conocimiento de la amenaza.

Yee, J. (2008) realiza una zonificación de las áreas susceptibles y niveles de vulnerabilidad ante movimientos en masa y desbordes por crecida, del trayecto urbano de la quebrada Milla y concluye que las características morfológicas de la microcuenca reflejan una alta susceptibilidad a presentar crecidas extraordinarias. También menciona que la Formación Mucujún y la Formación Palmarito presentan condiciones geotécnicas que las hacen propensas a experimentar procesos de remoción en masa, asegurando que solo bastaría la acción de algún evento detonante de origen sísmico o hidroclimático, para generar nuevos procesos o reactivar otros.

Lacruz, J. y Briceño, L. (2008) efectúan un diagnóstico de la vulnerabilidad social ante amenazas por crecidas torrenciales en la población asentada en la Cuenca de la Mucuy, proponiendo una metodología estructurada en tres fases: la primera fase cuantifica el grado de vulnerabilidad a desastres naturales de acuerdo a variables socioeconómicas e indicadores, la segunda fase evalúa la capacidad de prevención y respuesta de los organismos gubernamentales responsables de las tareas de prevención, mitigación y emergencias por cuestionarios y la tercera fase capta la percepción local del riesgo por cuestionarios igualmente. Finalmente se analizan los resultados y se obtiene el nivel de vulnerabilidad expresado en escala de rangos.

Eterović, J. (2008) aplica y compara los modelos hidrológicos WinHSPF, EVENTO y HEC-HMS en dos cuencas venezolanas del estado Mérida y Trujillo para fines de prevención de desastres, obteniendo los mejores resultados de simulación con el modelo HEC-HMS, por lo cual el autor lo recomienda como modelo más apropiado para simular eventos extremos.

Cuervo, V. (2011) realiza una contribución a la zonificación de amenazas en abanicos aluviales considerando flujo de detritos y otros procesos hidrogeomorfológicos en dos cuencas de los Andes centrales venezolanos y en su investigación señala la importancia de considerar la lluvia no solo en términos de precipitación diaria, sino también en precipitación acumulada. Así como también plantea medidas estructurales y no estructurales en miras de mitigar la amenaza en las cuencas estudiadas.

Segura, S. y Casasola, R. (2012) realizaron una modelación hidráulica aplicando HEC-GEORAS como una herramienta para la gestión del riesgo de inundaciones en el río Estrella, Limón, Costa Rica, en la cual zonifican la amenaza y de acuerdo a los resultados obtenidos priorizan áreas de atención y concluyen que la combinación entre diferentes tecnologías de modelación hidráulica y el criterio del experto resultan ser una alternativa muy efectiva para la gestión del riesgo.

En relación al área de estudio, los antecedentes son escasos, hasta el momento solo se tiene conocimiento de los siguientes:

MARNR (1989) realiza el anteproyecto, denominado " Control de Torrentes de la microcuenca quebrada El Rincón, subcuenca Albarregas. Estado Mérida " como una respuesta de tipo estructural a la problemática de deterioro de la cuenca, en el mismo menciona la existencia de derrumbes, deslizamientos activos, mal uso de la tierra,

destrucción de viviendas, infraestructura de carreteras, contaminación de las aguas por efecto de descarga de las aguas servidas, erosión, socavación, etc. También hace alusión a una crecida "extraordinaria" que ocasionó severos daños en las viviendas aledañas al cauce, sin pérdidas humanas.

MARNR (1990) realiza un proyecto de control de torrente en la quebrada El Zanjón del Encanto. Microcuenca El Rincón del Estado Mérida, para disminuir los daños estructurales, materiales y económicos de los pobladores de la zona, mencionando que éstos han ido incrementándose respecto a años anteriores.

En ambos proyectos se hace mención a las características generales de las microcuencas quebrada El Rincón y su tributaria quebrada El Zanjón.

Por otra parte, MARNR (1991) realiza un análisis de la problemática de las crecidas en el área metropolitana de Mérida, en el cual se estiman caudales de crecidas en las cuencas de los ríos Albarregas y Portuguesa, empleando periodos de retorno (TR) de 25, 50 y 100 años. En este estudio se reporta la crecida ocurrida en octubre de 1987 en la microcuenca El Rincón, señalando que la misma trajo consigo sedimentos y su ocurrencia causó varios daños en las vías, viviendas y áreas verdes. También se estiman los gastos de crecida utilizando datos de la estación Santa Rosa y se obtienen caudales de 21.8 m<sup>3</sup>/s, 24.9 m<sup>3</sup>/s y 27,8 m<sup>3</sup>/s, para los TR25, TR50 y TR100 años respectivamente.

## **2.2 Marco Teórico**

Con la finalidad de obtener una mejor comprensión del tema se presentan términos que aclaran y definen aspectos fundamentales de la amenaza, el riesgo y la gestión integral. Del mismo modo, se describen los modelos e interfaces que se utilizarán en el desarrollo de la investigación.

### **2.2.1 La Gestión Integral**

El termino gestionar es un proceso que se lleva a la práctica para dar respuesta a la sociedad, sirva al estado y a sus instituciones para tomar decisiones, también para que se asegure la continuidad del potencial natural y en este sentido sea consecuente el compromiso, no solamente con las generaciones del presente, sino también con las generaciones del futuro. (Méndez, E., 2005)

Según Linayo, A. (2009) la gestión integral de riesgo se define como la organización, gestión de recursos y responsabilidad asumida para el manejo de todos los aspectos relacionados al riesgo, en cuanto la preparación, respuesta y habilitación ante una emergencia. Para ello, se incluye planes, estructuras y acuerdos que permitan comprometer los esfuerzos del gobierno, las entidades voluntarias y privadas de manera coordinada y comprensiva para dar respuestas a todas las necesidades asociadas con una emergencia o desastre.

De acuerdo a CENEPRED (2013) la gestión de riesgo en desastre es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa

nacional y territorial de manera sostenible. De este modo se establecen tres componentes de la gestión de riesgo de desastre:

A) Gestión Prospectiva: es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio.

B) Gestión Correctiva: es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente.

C) Gestión reactiva: es el conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres ya sea por un peligro inminente o por la materialización del riesgo.

### 2.2.2 El Riesgo

El riesgo incorpora consideraciones socio-económicas y se puede definir como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras, etc.). El riesgo esta referido, como la peligrosidad, a un período determinado y se puede evaluar de forma determinística o probabilística. El riesgo puede calcularse a partir de la expresión (2.1):

$$R = P \times V \times C \quad (2.1)$$

donde P es peligrosidad o amenaza, V es la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la acción del proceso y C es el costo o valor de los mismos.

Si cualquiera de los valores es nulo; el riesgo será nulo, así en una zona de peligrosidad muy elevada, el riesgo será cero si no existen elementos expuestos o si la vulnerabilidad de los mismos es nula. (González de Vallejo, L. *et al.* 2004)

El riesgo puede ser visto a partir del esquema mostrado en la Figura 2.1:

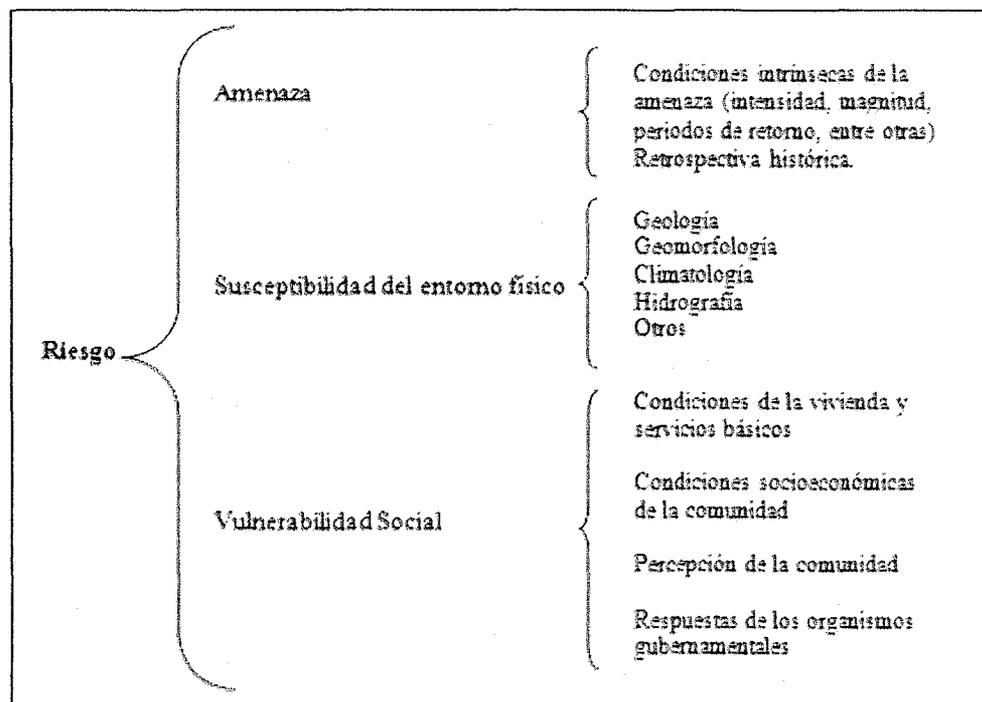


Figura 2.1 Esquema del riesgo natural. Tomado de Lacruz, J. y Briceño, L. (2008)

Entendiéndose que la peligrosidad o amenaza hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso a nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica (Varnes, 1984; Barbat, 1998 en González de Vallejo *et al.*, 2004). Así la peligrosidad puede expresarse como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado.

Por otra parte la vulnerabilidad se define como el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento o entre 0 y 100 % de daños. La vulnerabilidad social depende de la densidad de población, condiciones de los edificios y estructuras, sistemas de aviso y alerta y planes de emergencia y evacuación. Puede evaluarse en términos de porcentaje de población afectada. (González de Vallejo *et al.* 2004)

### **2.2.3 Modelos de simulación hidrológica**

Son representaciones simplificadas del sistema real cuyo objetivo es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas con las salidas, las cuales pueden expresarse como función del tiempo. Abarcan una gran diversidad de problemas y funcionalidades tales como modelado de ríos y cuencas, calidad de aguas, predicción de crecidas, riesgos hidrológicos, etc. (Chow *et. al.* 1994)

#### **2.2.3.1 Modelo Evento**

El modelo evento es un programa diseñado por el Prof. Roberto Duque del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT, *sf*), para calcular los caudales pico, la escorrentía y tiempo pico para el cauce principal según los distintos periodos de retorno suministrados por el hietograma de diseño. Este programa se basa en un modelo lluvia – escorrentía.

El modelo lluvia – escorrentía conceptualiza a la cuenca hidrográfica como un sistema compuesto por segmentos de escurrimiento y segmentos de escorrentía. Los segmentos de escurrimiento o vertientes son aquellos en los cuales ocurre flujo en su superficie, es decir, interceptan la precipitación. Los segmentos de escorrentía, o cauces principales, recogen el flujo proveniente de los segmentos de escurrimiento. Cada uno de estos segmentos tiene parámetros hidrológicos uniformes, tales como rugosidad, pendiente, impermeabilidad y sección.

El modelo lluvia - escorrentía, se basa en la técnica del número de curva (CN) del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos, y tiene dos componentes principales: el cálculo de la lluvia efectiva y el tránsito de los caudales.

A continuación se describen las ecuaciones básicas que rigen los dos componentes principales del modelo.

### ***Precipitación efectiva***

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.2)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.3)$$

donde:  $P_e$  es la precipitación efectiva, en mm;  $P$  es la precipitación media, en mm;  $S$  es la infiltración potencial, en mm; y  $CN$  es el número de curva, valor empírico tabulado por el SCS para diferentes combinaciones del complejo suelo-cobertura vegetal.

### ***Tránsito de caudales***

El método cinemático simplificado se fundamenta en las ecuaciones fundamentales del flujo: continuidad y cantidad de movimiento, cuando en esta última se desprecian los términos de inercia y presión, simplificándose el proceso de resolución mediante la combinación de las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \quad (2.4)$$

$$Q = \frac{1}{n} S_o^{1/2} R^{2/3} A \quad (2.5)$$

Donde:  $A$  es el área mojada en la sección transversal;  $Q$  es el caudal instantáneo;  $x$  es la distancia horizontal, en el sentido del flujo;  $q_L$  es el caudal lateral;  $n$  es el coeficiente de rugosidad de Manning;  $S_o$  es la pendiente del fondo del canal; y  $R$  es el radio hidráulico en la sección transversal.

El modelo aplica las expresiones (2) y (3) para determinar la lluvia efectiva o escorrentía directa de los segmentos de escurrimiento y calcula el caudal lateral,  $q_L$ , aplicando las expresiones (4) y (5), estando, en este caso, la expresión (4) igualada a cero. Finalmente, aplica las expresiones (4) y (5) al segmento de escorrentía, para determinar el hidrograma de crecida a la salida del sector de flujo.

#### **2.2.3.2 Modelo de simulación hidráulica HEC-RAS**

De acuerdo al Centro de Ingeniería Hidráulica de los Estados Unidos (2010) el modelo de simulación hidráulica HEC-RAS es un sistema de software integrado por programas de análisis hidráulico, almacenamiento, gestión de datos y edición de gráficos e informe, bajo el fin de calcular los perfiles de lámina de agua con condiciones de movimiento estacionario unidimensional tanto en caudales como en tramos de ríos naturales, ya sean simples, con confluencias o bifurcaciones, modelando distintos tipos de régimen: subcrítico, crítico y mixto.

Los cálculos del modelo están basados en la solución de la ecuación unidimensional de la energía, cuando se presenta el caso de movimiento rápidamente variado se utiliza la ecuación de cantidad de movimiento. Las pérdidas de cargas por contracción - expansión se evalúan con un coeficiente proporcional a la variación de

cantidad de movimiento y las pérdidas de energía por fricción por el coeficiente de Manning.

Las aplicaciones del sistema son muy extensas, permite realizar estudios y evaluaciones de avenidas, inundaciones, introducción de obras hidráulicas en tramos de río, entre otros.

El modelo toma en cuenta la presencia de puentes, alcantarillas, vertederos y obstrucciones, siendo capaz de analizar varios planes y calcular simultáneamente múltiples perfiles.

En HEC-RAS solo se considera el flujo unidimensional, esto significa que el fluido tiene lugar cuando el modulo, dirección y sentido de la velocidad en todos los puntos son idénticos, despreciando las velocidades y aceleraciones en dirección a la línea central del flujo, entonces como representativas del flujo se consideran los valores medios de la velocidad, presión y elevación (véase ecuación 6).

$$V = (x, t); v_y = v_z = 0 \quad (2.6)$$

En general el flujo unidimensional considera que la velocidad solo tiene componente en la dirección del flujo.

#### **2.2.3.2.1 Datos del modelo HEC-RAS**

Para la aplicación del modelo se necesitan datos geométricos y datos de flujo.

##### **Datos Geométricos**

Los datos geométricos consisten en un esquema del río conjuntamente con los datos de las secciones, longitudes de tramos, coeficientes de pérdida de energía (pérdida por fricción y coeficientes de contracción y expansión); considerando para estos coeficientes las características físicas de las secciones.

##### Esquema del Río

Para realizar el esquema del río, es necesario conocer hasta donde van a introducirse las secciones transversales en el tramo, para ello se debe considerar el tipo de régimen. Si el régimen es subcrítico, es necesario prolongar secciones adicionales aguas abajo partiendo de la primera estación considerada, con la finalidad que no se aprecien modificaciones en la cota de la lámina de agua. Si el régimen es supercrítico se deben prolongar secciones adicionales aguas arriba. Conociendo los límites del esquema, se define la conexión de una sección con otra dentro del tramo. Si se tienen varios tramos, también se debe definir su posición de acuerdo al río al que pertenecen, estableciendo así los puntos de referencia para los datos restantes.

El río se debe referenciar a un nombre específico. Dentro de él puede existir uno o varios tramos que a su vez deben estar referenciados a un nombre también. Dentro del tramo existen varias secciones que deben ser referenciadas de acuerdo a su posición en el tramo. Entonces, cada sección transversal está localizada dentro de un río, un tramo y una estación, indicando esta última la posición de la sección. Es muy importante la conexión entre tramos para que el modelo ejecute los cálculos correctamente. Para ello cada tramo se dibuja en la dirección del flujo, es decir de aguas arriba a aguas abajo.

### Geometría de la Sección Transversal

Los datos geométricos se especifican con las secciones transversales y las distancias que existen entre las mismas.

Las secciones transversales se ubican en áreas representativas del tramo, considerando cambios de la forma de cauce, rugosidad, pendiente, caudales y en lugares donde existan estructuras de control como: puentes, diques, entre otros. Las secciones transversales describen variaciones a lo largo del tramo, generalmente los ríos grandes de poca pendiente requieren menos secciones por Km., debido a que la forma de su cauce es regularmente más homogénea, mientras en los ríos de alta montaña se requieren mayor número de secciones transversales por Km.

El espaciamiento interno de las secciones transversales depende de la capacidad de transporte que tenga el cauce, de manera que al existir una posible inundación se pueda definir la cota del terreno en relación a la cota superficial del agua.

### Longitud del Tramo

La longitud del tramo está referida a los distanciamientos o longitudes que existen entre sección y la siguiente agua abajo. El programa solicita tres longitudes para cada sección: la longitud a la margen derecha del cauce, al cauce y a la izquierda del cauce. Estas distancias suelen ser parecidas entre sí, solo difieren cuando existen curvas fuertes a lo largo del tramo.

### Coefficientes de pérdida de cargas

La evaluación de pérdidas de carga HEC-RAS las realiza basado en:

- N de Manning o coeficiente de rugosidad.

Representa un valor variable y depende básicamente de la irregularidad de la superficie a lo largo de la sección, tipo y densidad de vegetación, entre otros.

- Coeficiente de contracción y expansión para evaluar las pérdidas de transiciones.

Se basan en el tipo de transición que existe debido a los cambios en las secciones de acuerdo al tipo de régimen definido en el tramo y la energía cinética considerada en el mismo.

### **Datos de flujo**

Los datos de flujo se componen del régimen de flujo, las condiciones de contorno y datos de caudales.

### Régimen de Flujo

El régimen de flujo puede definirse como subcrítico, supercrítico o mixto, de acuerdo a la estimación del número de froude (F). El número de Froude se expresa de la siguiente manera:

$$F = v / (g * y)^{1/2} \quad (2.7)$$

Donde:

v : velocidad media a profundidad

$g$  : gravedad

$y$  : tirante o profundidad de flujo

Con  $F < 1$  el régimen se define como subcrítico, si  $F > 1$  el régimen se define como supercrítico, si se tienen ambos valores a lo largo del tramo, entonces el régimen es mixto. Dicho en otras palabras, si la velocidad del fluido es mayor que la velocidad media a profundidad crítica, el flujo será supercrítico y si la velocidad del fluido es menor a la velocidad media a profundidad crítica, el régimen será subcrítico y si posee ambas condiciones, el régimen será mixto.

En el flujo subcrítico una perturbación puede moverse hacia aguas arriba, esto es que está controlado por las condiciones de aguas abajo. En flujo supercrítico, ocurre al contrario, el control está aguas arriba, las perturbaciones viajan hacia aguas abajo. (Aguirre, J., 1980)

En cualquier caso en la ventana de análisis de flujo estacionario “Steady Flow Data” el usuario debe especificar el régimen de flujo.

#### Condiciones de Contorno

El modelo HEC-RAS utiliza las condiciones de contorno para poder iniciar el cálculo del perfil de la lámina de agua; las cuales se definen desde la sección extrema aguas abajo si el régimen es subcrítico y desde la sección extrema de aguas arriba si el régimen es supercrítico o en ambas si el régimen es mixto. Para la estimación de las condiciones de contorno se suele introducir la pendiente del cauce o pendiente media de la lámina de agua.

#### Información de Caudales

Los datos de caudales se introducen en la primera sección desde aguas arriba a aguas abajo, el resto de las secciones mantienen el mismo valor, excepto que sea necesario cambiar el valor en cualquier sección debido a algún aporte de agua de otra quebrada al tramo. Por ejemplo: si se consideran ocho secciones, se introduce el valor del caudal de la sección ocho y este mismo valor el programa lo considera igual para las otras secciones. En caso de existir la unión de otro tramo con el principal, existe un incremento del caudal en este punto., por lo que debe ser cambiado el valor del caudal.

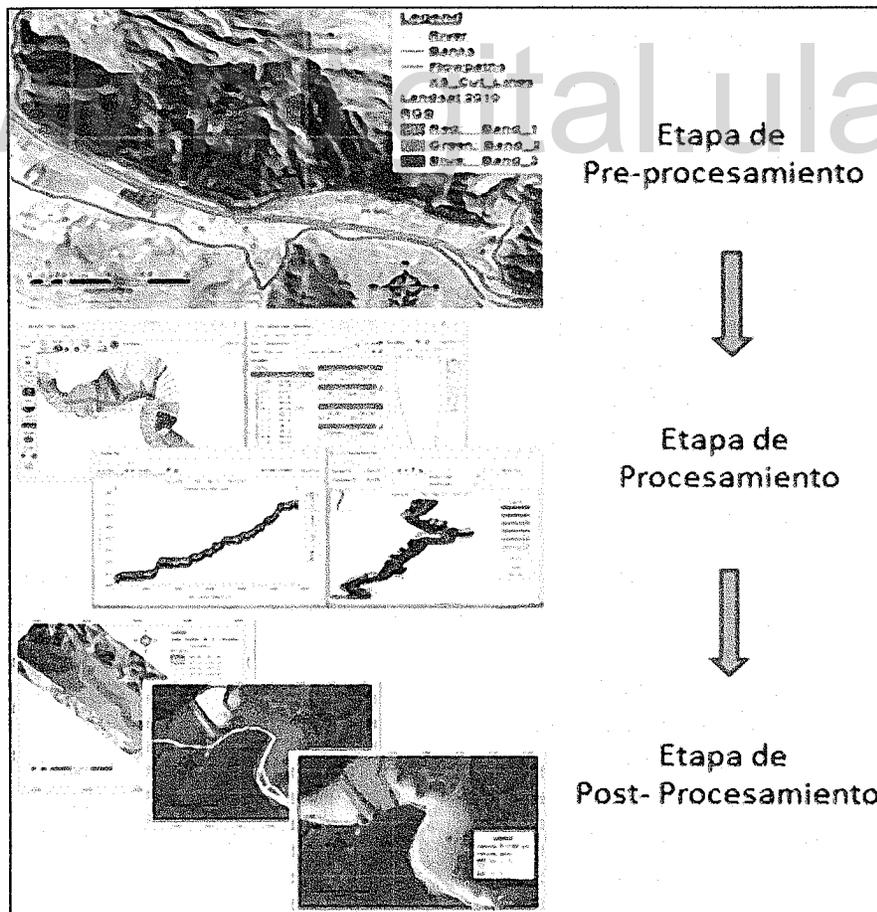
#### **2.2.3.2.2 HEC-GeoRAS**

La interface HEC-GeoRAS es un módulo de extensión desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center (HEC)* del *United States Army Corps of Engineers* y el *Environmental System Research Institute (ESRI)*. Básicamente consta de un conjunto de procesamientos, herramientas y utilidades que permiten procesar datos georeferenciados de HEC-RAS bajo el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la finalidad de facilitar, mejorar y complementar el trabajo HEC-RAS. El conjunto de datos esenciales requeridos para HEC-GeoRAS son los datos del terreno (TIN o DEM). Adicionalmente, pueden ser útiles fotografías aéreas e información de uso del suelo.

HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a HEC-RAS los datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río, secciones transversales, bancos, información sobre

estructuras hidráulicas, etc. El archivo es manejado en HEC-RAS, donde se introducen datos y condiciones de régimen de flujo para la simulación. Posteriormente, se obtienen resultados de calados y velocidades que se exportan desde HEC-RAS a ArcGis, donde se procesan para obtener la visualización de los mapas de inundación.

La ejecución de la interface implica la etapa de pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento en su manejo (ver Figura 2.2). La etapa de pre-procesamiento incluye un trabajo previo con ArcGis y HEC-GeoRAS, en el cual se genera un archivo de importación para HEC-RAS que va a contener la información geométrica de las secciones transversales y los elementos asociados al cauce. La etapa de procesamiento involucra la modelización del flujo mediante la entrada de datos hidrológicos y de régimen de flujo con HEC-RAS y generación del archivo de exportación para ArcGis. La última es la etapa de post-procesamiento, la cual implica el trabajo con ArcGis y HEC-GeoRAS, para la generación de los resultados finales, donde se obtendrán las superficies de inundación para los distintos períodos de retorno, los grids de profundidad y la visualización de los escenarios asociados a cada perfil analizado por el modelo. Para más detalle consúltese el manual básico Hec-GeoRas (Apéndice H).



**Figura 2.2** Etapas de la interface HEC-GeoRAS. Tomado y ligeramente modificado de Segura, S. y Casasola, R. (2012).

## 2.3 Marco Legal

Según Gaceta Oficial Nro. 39.095 del 9 de Enero del 2009, la Asamblea Nacional de la Republica Bolivariana de Venezuela decretó la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socioculturales y Tecnológicos, la cual dentro de la pirámide de Kelsen (Figura 2.3), se ubica a nivel sublegal con carácter ordinario.

La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socioculturales y Tecnológicos tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.

En cuanto a obligatoriedad, el cumplimiento de la política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos constituye una obligación para las personas naturales y jurídicas, de carácter público o privado, conforme al principio de corresponsabilidad en el proceso del desarrollo sustentable de la nación.

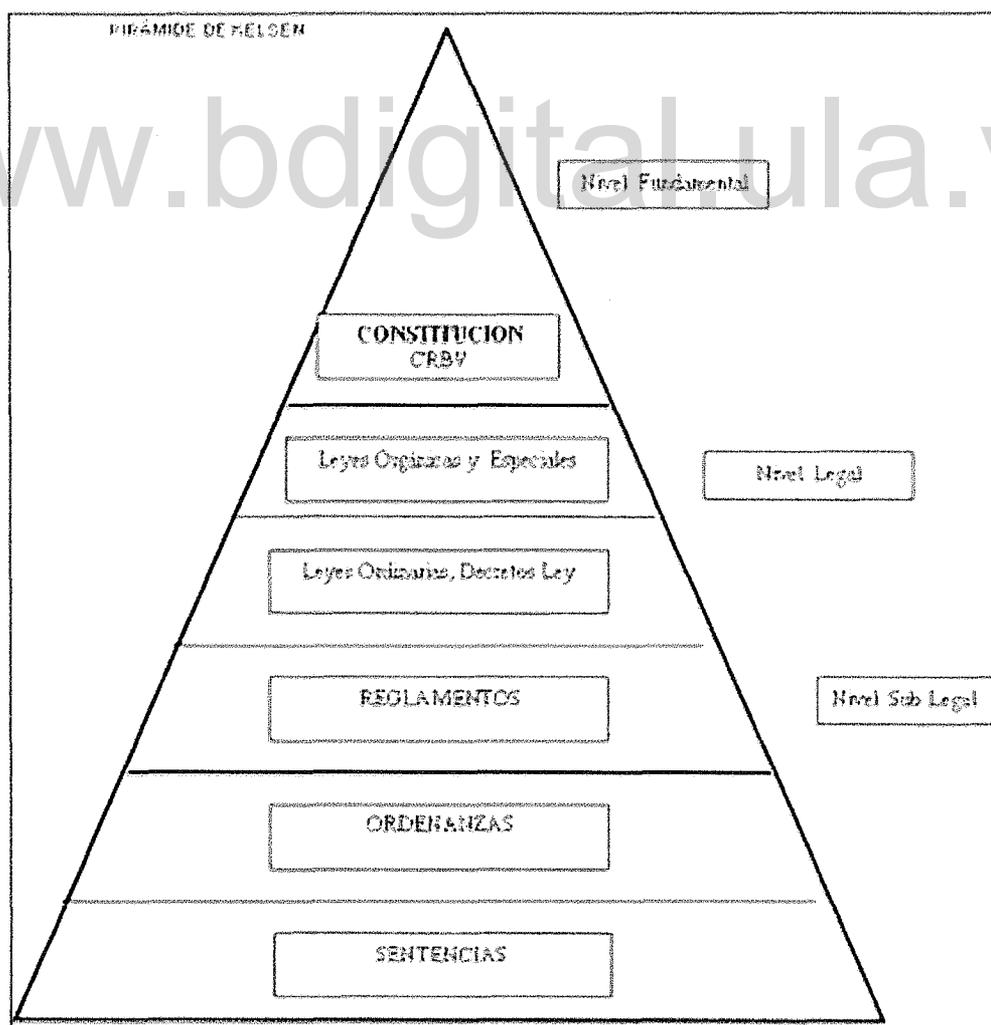


Figura 2.3 Pirámide de Kelsen. Tomado de Naranjo, Y. (2000)

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

## CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 3.1 Caracterización Físico Natural y Sociocultural de la microcuenca quebrada “El Rincón”

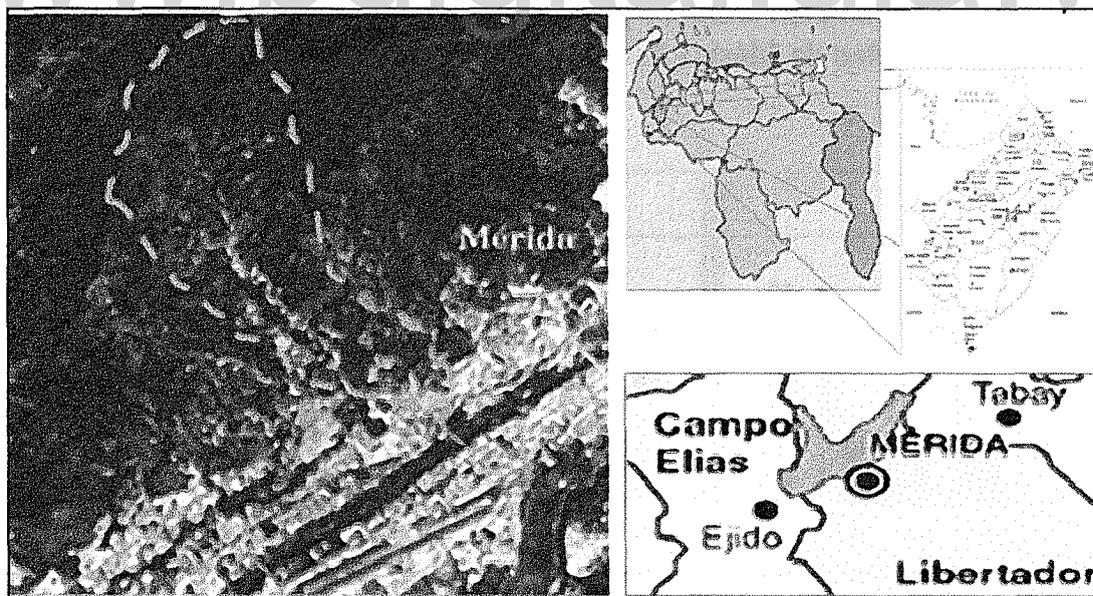
#### 3.1.1 Área de estudio

Geográficamente, la microcuenca se halla circunscrita entre las coordenadas geográficas longitud  $71^{\circ} 10' 14''$  y  $71^{\circ} 09' 47''$  oeste y las latitudes  $08^{\circ} 37' 31''$  y  $08^{\circ} 37' 41''$  norte aproximadamente. Posee una altura que halla entre 1500 y 2500 m.s.n.m. El área corresponde a la zona 16 del MPPA.

A nivel político territorial la microcuenca quebrada El Rincón forma parte de la parroquia Mariano Picón Salas, del Municipio Autónomo Libertador de la ciudad de Mérida, estado Mérida de Venezuela.

Hidrográficamente, la microcuenca El Rincón, es un afluente torrencioso de dirección norte sur, de la margen derecha de la cuenca del Río Albarregas, la cual forma parte del sistema hidrográfico del Lago de Maracaibo.

La microcuenca El Rincón, limita al norte con la zona montañosa de la cuenca Albarregas, al sur y este con la quebrada Gavidia y al oeste con la cuenca de la Pedregosa Alta (Figura 3.1)



**Figura 3.1** Situación relativa nacional, regional y local de la microcuenca “El Rincón”. Municipio Libertador. Mérida. Estado Mérida. Venezuela. Imagen derecha tomada de: <http://www.avenezuela.com/mapas/map/html/estados/merida.html> e imagen izquierda correspondiente a imagen satelital de Mérida, Spot 5.0 (2005).

### 3.1.2 Clima

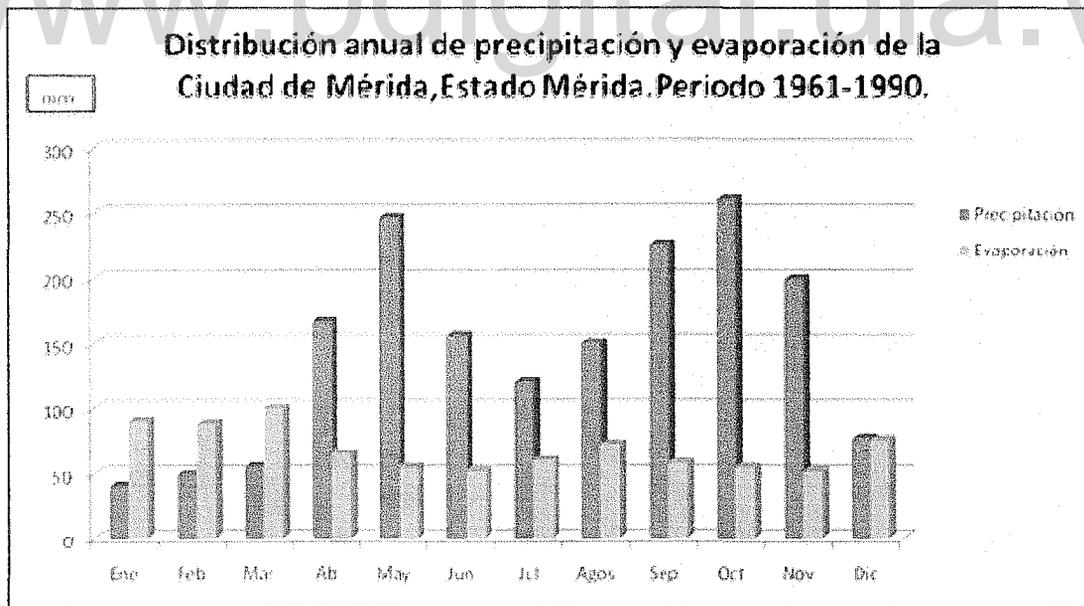
Según la clasificación climática Koppen, W. (1948), la microcuenca se ubica dentro del grupo climático: Cfb, que indica clima templado húmedo lluvioso de verano suave, correspondiente a una zona de vida de Bosque Húmedo.

Localmente, el clima que domina en la microcuenca se considera húmedo de montaña, y su sistema pluvial de tipo orográfico, principalmente por su relieve, altitud y variaciones de temperatura y vientos, entre otros factores condicionantes.

#### 3.1.2.1 Precipitación

Según los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas cercanas (estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 y estación meteorológica Santa Rosa serial 3101), el régimen de precipitación muestra una distribución bimodal, con dos picos bien marcados, en los meses de abril a junio y de septiembre a noviembre. Siendo los meses correspondientes a mayo, septiembre y octubre los que registran mayores precipitaciones (Figura 3.2 y 3.3).

Considerando datos meteorológicos citados en Dávila, M. y Peñuela, T. (2001) del período 1961-1990, de la estación meteorológica Mérida-Aeropuerto, el valor promedio anual de precipitación es 1872 mm.

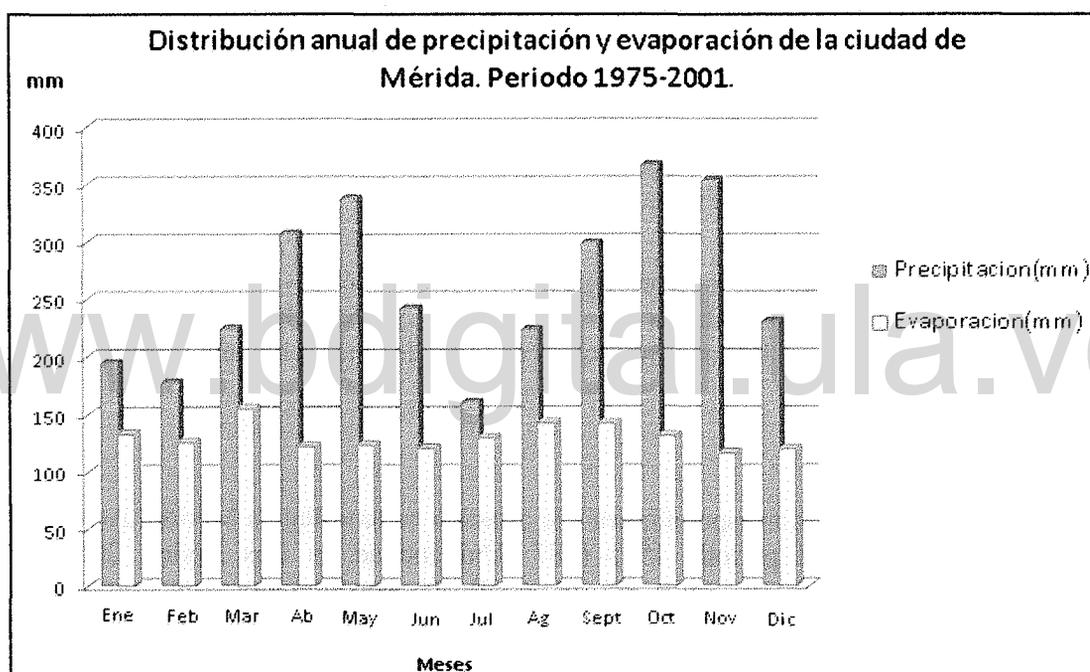


**Figura 3.2** Distribución anual de precipitación y evaporación de la ciudad de Mérida con base en los datos de la estación Mérida-Aeropuerto (1961-1990) (*Estadísticas Climatológicas de Venezuela (1973)* en INGEOMIN (2011)).

Por otro lado, en función del análisis de los datos obtenidos de la estación Santa Rosa, Universidad de Los Andes (2001), ubicada en las coordenadas geográficas 08°35'30" N;

71°08'30", a 1940 m.s.n.m, considerando el periodo 1975-2001, en el cual existe una gran cantidad de datos faltantes y mediciones dudosas, se obtiene un valor promedio anual de 3112 mm.

Sin embargo, a lo largo de la series se apoya la distribución bimodal de las precipitaciones con dos picos bien marcados, el primero correspondiente a los meses de abril, mayo y junio y el segundo referido a los meses de septiembre, octubre y noviembre, siendo este segundo periodo el que refleja los picos más altos en las precipitaciones, y el mes de octubre el más lluvioso, con un valor promedio de 366 mm y precipitaciones superiores a los 400 mm en 8 años del lapso estudiado tal como se muestra en la Figura 3.3.



**Figura 3.3** Distribución anual de precipitación y evaporación de la ciudad de Mérida en base a los datos de la estación Santa Rosa (1975-2001). Fuente: Universidad de Los Andes (2001)

Adicionalmente, Klarica, S. *et al* (2009) con base en los datos de la estación pluviométrica, ubicada en la Urbanización San José, de coordenadas geográficas N 08°35'43.836" y W 71°09'57.146" y altitud 1500 m.s.n.m, durante el período 1997-2008, reporta precipitaciones con un promedio anual de 1892 mm. Los meses de pocas lluvias se identifican para los meses de enero y julio con promedios respectivos de 52,9 y 111 mm/mes. Los meses de fuertes lluvias se identifican para los meses de mayo y octubre con promedios respectivos de 256 y 310 mm/mes. Es importante destacar que durante todo este período solamente cinco meses reportan una cantidad de lluvias

superior a 400 mm/mes. Adicionalmente, sus pobladores afirman el mes de octubre, como el más lluvioso y problemático en la cuenca.

### **3.1.2.2 Evaporación**

En función de los datos obtenidos de las estaciones más cercanas (estación meteorológica Mérida- Aeropuerto serial 3047 y estación meteorológica Santa Rosa serial 3101), la evaporación en la microcuenca se halla en concordancia con los periodos de sequía y lluvia, encontrándose los meses de mayor evaporación coincidentes con los periodos de sequía, de diciembre a marzo y los de menor evaporación coincidentes con los periodos de lluvia, de abril a noviembre (Figuras 3.2 y 3.3).

Los datos de la estación Santa Rosa (Universidad de Los Andes, 2001), sugieren una evaporación promedio mensual del período seco de 133,55 mm y una de 128,61 mm de promedio mensual lluvioso, lo que en conjunto representa cerca de 262,18 mm de evaporación promedio anual (Figura 3.2).

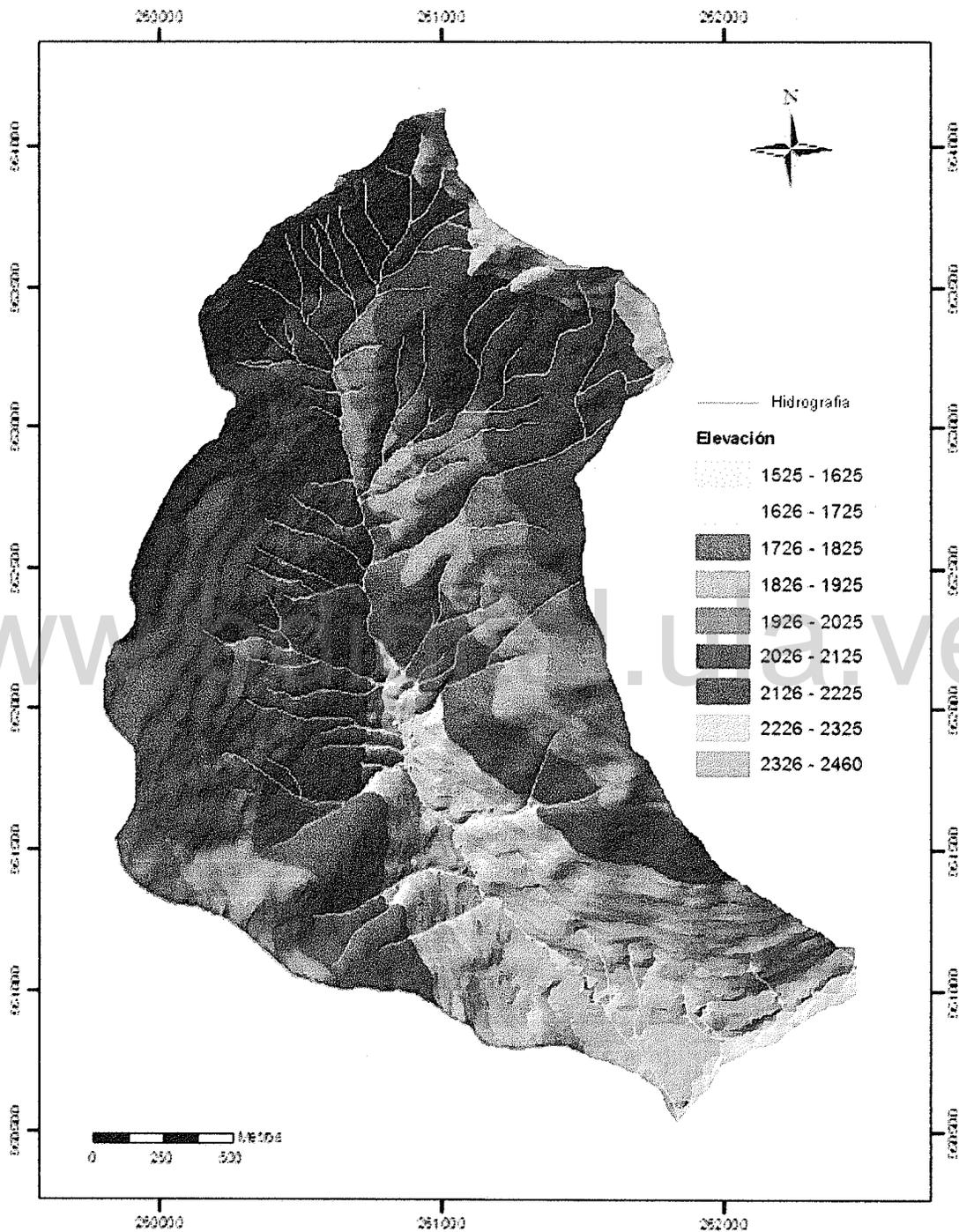
A diferencia de esta estación meteorológica, la estación Mérida- Aeropuerto serial 3047 (1961-1990) según datos citados en Dávila, M. y Peñuela, T. (2001), registra evaporaciones menores a 100 mm mensuales en todos los meses del año (Figura 3.3).

### **3.1.2.3 Temperatura**

De acuerdo a los datos correspondientes a la estación meteorológica Mérida- Aeropuerto serial 3047 durante el periodo 1975-1987 (Universidad de Los Andes, 2001), las temperaturas se encuentran entre los 16 y 19 °C, encontrándose una temperatura promedio anual de 18 °C. Los meses más fríos corresponden a diciembre y enero y los meses más cálidos a abril y mayo.

### **3.1.3 Relieve**

La elevación mínima de la microcuenca se halla en la cota 1525 m.s.n.m y la elevación máxima 2460 m.s.n.m. Ambas cotas coincidentes con la parte baja y alta, respectivamente, de la microcuenca. La parte media de la microcuenca se halla entre 1726-2026 m.s.n.m. aproximadamente. Véase Figura 3.4.



**Figura 3.4** Modelo de elevación de terreno de la microcuenca “El Rincón”. Elaboración propia.

### 3.1.4 Geología y Geomorfología

La microcuenca quebrada El Rincón es un área muy influenciada tectónicamente, su forma y comportamiento hídrico son el resultado de la acción de distintas fuerzas que modelan, deforman y hacen vulnerables las litologías presentes. En la microcuenca dominan los procesos de remoción en masas, la reptación y los rasgos geomorfológicos indicativos de la presencia de las distintas fallas regionales y locales responsables del comportamiento estructural.

Con base en la interpretación de las fotografías aéreas del año 1973 correspondientes a la Misión 010473, escala 1:25000, se realiza una sectorización y análisis, que se detalla a continuación.

Para este análisis se utiliza la siguiente nomenclatura:

	<b>E</b> Escarpe de Falla	<b>Dd</b> Drenaje desplazado
	<b>A1, A2, A3</b> Abanicos Aluviales	<b>S1</b> Ensilladura
	<b>Cd</b> Coronas de Deslizamiento	<b>Tmm</b> Formación Mucujún
	<b>Md</b> Masa deslizada	<b>Ppp</b> Formación Palmarito
	<b>R</b> Reptación	
	<b>F1, F2, F3, F4, F5</b> Fallas Geológicas asumidas	
	Finca con cultivos	
	<b>Fd</b> Flujo de detritos	

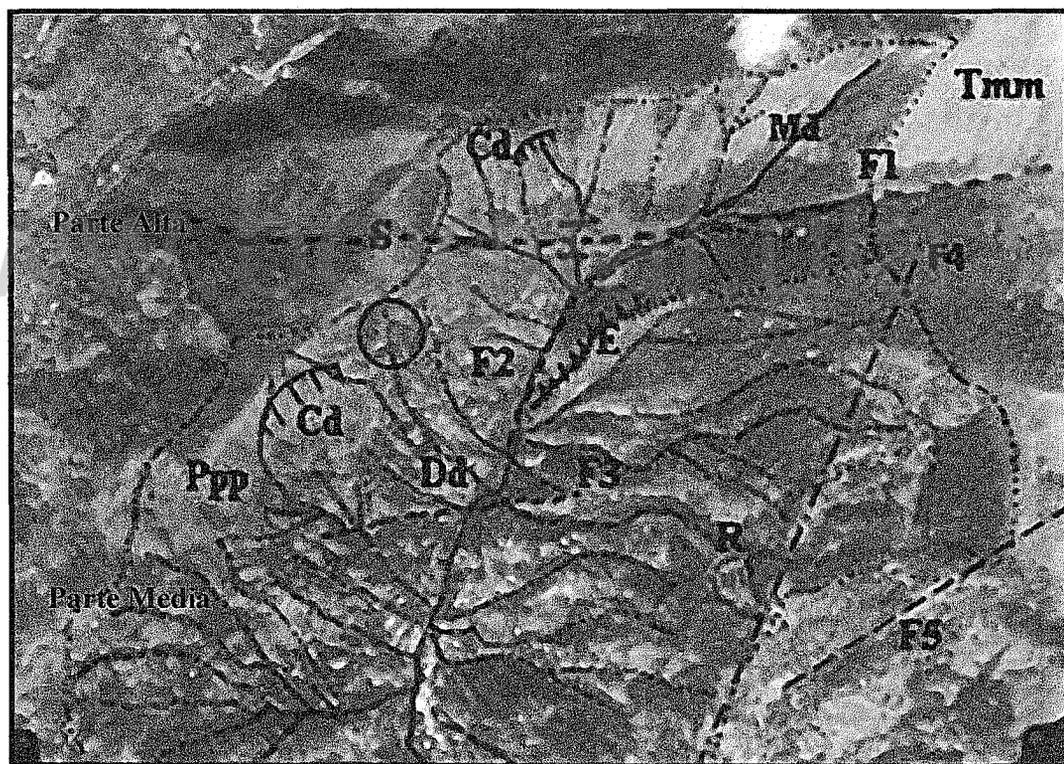
**Figura 3.5** Leyenda de la fotointerpretación.

En la microcuenca se pueden sectorizar tres partes principales: la parte alta, parte media y parte baja. La parte alta alcanza desde el ápice de la microcuenca hasta antes de encontrar la falla geológica demarcada como F3 (Figura 3.6), la parte media abarca desde antes de esta falla hasta llegar a los abanicos aluviales A1, A2 y A3, los cuales demarcan el inicio de la parte baja de la microcuenca (Figura 3.7), esta parte baja culmina en la intersección de la quebrada El Rincón con la quebrada Gavidia, a unos 50 metros por debajo de la avenida Los Próceres en este tramo.

La parte alta de la cuenca representa una de las áreas de mayor pendiente, en la que se observa un cauce muy entallado. Estructuralmente, se observa un falla geológica de

rumbo (F1), que disecta rocas de la Formación Mucujún (Tmm) con rocas de la Formación Palmarito (Ppm), la cual muestra un comportamiento dextral y es la responsable del cambio de forma en el ápice de la cuenca (véase Figura 9). Esta falla genera una ensilladura muy notoria (S1) en el límite de cuenca. También se observa otra falla menor (F2) que responde a varios drenajes desplazados (Dd), escarpes (E) y facetas triangulares.

En cuanto a procesos geomorfológicos en esta área se observan antiguos deslizamientos cubiertos con vegetación (CD: coronas de deslizamiento) y algunas áreas con reptación (R). Parte del comportamiento inestable de estos suelos (presencia de movimientos en masas) se debe a la ancestral actividad agrícola en su parte alta y el alto nivel de humedad en la microcuenca. Nótese que a pesar de ser el área menos intervenida de la microcuenca, para el momento de la fotografía (1973) ya existían algunas fincas con cultivos (zona enmarcada en el círculo).



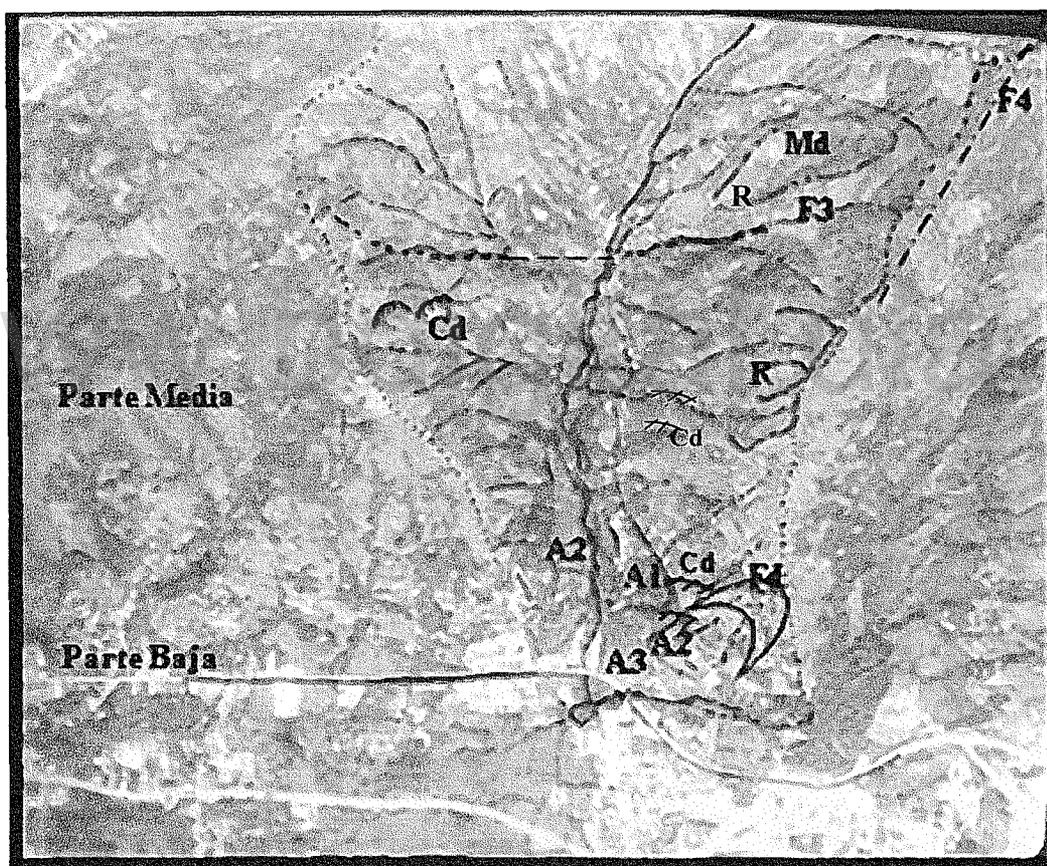
**Figura 3.6** Fotointerpretación de la parte alta y media de la microcuenca quebrada El Rincón.

En la parte media de la cuenca, es muy notable el patrón de drenaje dendrítico subparalelo. Estructuralmente, en esta zona se observa una falla local que subdivide la parte media de la cuenca y desplaza el cauce principal hacia la derecha (F3), por lo que su comportamiento es dextral con una componente vertical. En la parte lateral izquierda de la microcuenca, se observa un lineamiento que se interpreta como una posible falla (F4) que muestra una orientación que casi coincide paralelamente con la dirección del

cauce de la cuenca, pero se halla bordeando parte del límite de cuenca. Adicionalmente, en la margen izquierda también se observa una posible falla o alineación estructural (F5) (Figura 3.6 y 3.7).

Asimismo, se observa que muchas de las ramificaciones del drenaje siguen patrones estructurales, y algunos de ellos con pequeños saltos verticales, por lo que exhiben escarpes y facetas triangulares.

Al igual que en la parte alta en esta zona continúa la presencia de movimientos en masa, siendo comunes el flujo de detritos (Fd), las coronas de antiguos deslizamientos cubiertas por vegetación reciente (Cd) y también se observan masas deslizadas (Md) (Figura 3.7).



**Figura 3.7** Fotointerpretación de la parte media y baja de la microcuenca quebrada El Rincón.

La parte baja de la microcuenca, se observa muy intervenida, en ella se asienta la mayor cantidad de población que habita toda la microcuenca, sus viviendas se encuentran sobre depósitos aluviales de la quebrada El Rincón. En esta área al igual que en toda la cuenca se observa la reptación. Hacia la parte más distal se observan los abanicos totalmente urbanizados y bifurcados por las vías. Se pueden reconocer tres abanicos A1, A2, A3

(Figura 3.7), en orden de antigüedad, siendo A1 el más antiguo y donde se asienta la mayor población, A2 es el segundo en antigüedad y se encuentra disectado, mostrando hasta donde han llegado los sedimentos de la quebrada El Rincón y A3 (IPASME) responde a un depósito mucho más reciente. Esta parte de la cuenca es la que ha experimentado el mayor incremento de población y urbanismo.

Geológicamente, la microcuenca quebrada El Rincón, presenta dos unidades formacionales y unos depósitos aluviocoluviales que culminan en la terraza del río Albarregas. Las unidades formacionales son: la Formación Palmarito de edad Carbonífero-Pérmico y la Formación Mucujún de edad Mioceno-Plioceno, estas dos en contacto de falla y la Formación Palmarito discordantemente con los depósitos más recientes aluviocoluviales, los cuales se encuentran en proceso de consolidación (Figura 3.10).

Desde el punto de vista estructural, la microcuenca se halla altamente influenciada por fallas, las cuales rigen la hidrología y dan forma al acusado relieve, causando los problemas de inestabilidad. La falla más notoria es la falla de contacto de la Formación Palmarito con la Formación Mucujún, de rumbo noreste-suroeste, ubicada en la parte alta de la microcuenca, siguiendo un movimiento aparentemente dextral con componente normal, que forma parte de un graben, desarrollado por la misma falla y otra paralela a ella más al norte, ambas del subsistema de la Falla de la Hechicera. Adicionalmente, se asumen fallas menores de ajuste, en las cuales no reflejan un movimiento aparente, pero sí un control, del drenaje en el área.

A continuación, las características litológicas y aspectos más resaltantes de las unidades formacionales, aflorantes en la microcuenca:

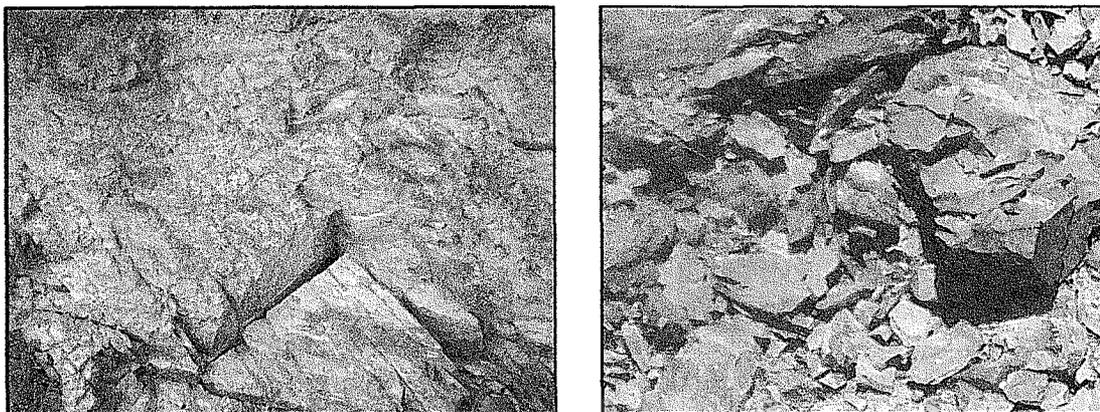
### **Formación Palmarito**

Esta unidad se depositó en el Paleozoico Tardío (Carbonífero Superior - Pérmico) y se caracteriza por presentar una secuencia de lutitas, principalmente marinas, limos, arenas y margas, que gradan superiormente a calizas marinas. Según Arnold (1966) en Léxico estratigráfico de Venezuela (1997), la formación se puede dividir en dos miembros: en un miembro inferior clástico y un miembro superior de calizas. El miembro clástico inferior comienza con una secuencia arenosa a limosa, con restos a plantas y lechos delgados de carbón en el tercio inferior; las areniscas se hacen calcáreas hacia arriba, y hacia la parte media del miembro o algo más arriba, aparecen fósiles marinos; siguen lutitas y lutitas limosas calcáreas de color gris oscuro, con algunos lechos de margas arenosas de color negro y algunas capas de caliza fosilífera. El miembro superior de calizas, consiste predominantemente de calizas duras, a veces cristalinas, de color gris oscuro en capas gruesas a medianas, con delgadas intercalaciones de margas fosilíferas.

Se han encontrado innumerables especies de fauna de invertebrados, se mencionan en esta unidad: braquiópodos, bivalvos, crinoideos, briozoarios, corales, gasterópodos, trilobites, foraminíferos y ostrácodos, y flora compuesta fundamentalmente por Gigantopteris, Pecopterideas y algunas articuladas.

De acuerdo a su contenido fósil como paleoambiente se señala una transición entre aguas de poca profundidad de salinidad variable, en parte salobre, y aguas más profundas con salinidad marina normal.

En la microcuenca esta unidad aflora en la parte media y baja, donde se pueden observar areniscas de grano fino, limolitas y lutitas con laminación paralela. En parte la secuencia puede hallarse metamorfozada, observándose pizarras grises fracturadas. Las pizarras comúnmente muestran restos de plantas y nódulos de arcilla en su interior (Figura 3.8).



**Figura 3.8.** Areniscas y pizarras fracturadas de la Formación Palmarito.

La unidad en su base es discordante con sedimentos recientes del Cuaternario, y en su parte superior, discordante con la Formación Mucujún.

### **Formación Mucujún**

Esta unidad se depositó en el Terciario (Mío-Plioceno) y representa una evidencia más del levantamiento andino. Según el Léxico estratigráfico (1997) esta unidad consiste de dos unidades. La unidad inferior arcillosa, caracterizada por una alternancia de lodolitas moteadas muy gruesas (más de 20 m), y delgadas intercalaciones de limolitas lenticulares y raramente areniscas finas. La lodolita moteada contiene abundantes restos vegetales ya carbonizados. Las areniscas, menos comunes que las limolitas, son de dos tipos: unas consisten de múltiples lentes superpuestos y amalgamados de grano medio a grueso; el segundo tipo de arenisca es también lenticular, pero contiene guijarros dispersos en la base, y muestra una tendencia imperfecta de afinamiento hacia arriba. La unidad superior arenosa, además de tener las facies típicas de la unidad inferior, contiene abundantes depósitos de facies proximales al canal fluvial (arenisca conglomerática, arenisca delgada lenticular, limolita y lodolita). En la unidad superior arenosa se han observado, tanto tendencias de afinamiento, como de engrosamiento hacia arriba. Se reportan fósiles de palinomorfos.

Según evidencias sedimentológicas, esta unidad tuvo origen en un ambiente netamente continental de llanura de inundación, con climas húmedos y oxigenados.

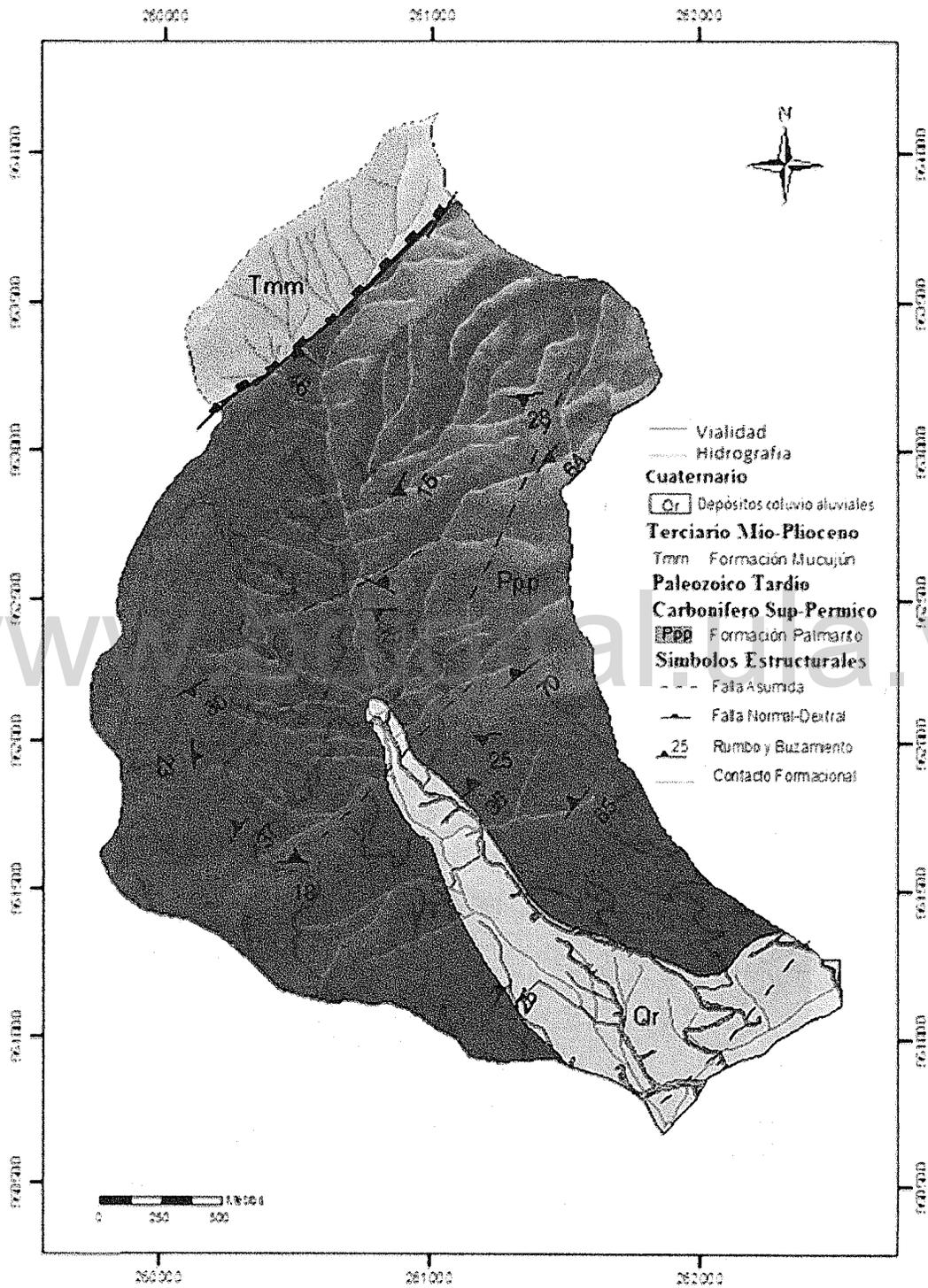
En la microcuenca esta unidad aflora en la parte alta, y a pesar de su difícil acceso por la pendiente, se puede observar una secuencia estrato creciente de areniscas y lutitas, en la que dominan las arenas. La coloración en conjunto se observa marrón claro con colores de meteorización pardo amarillentos. Sus contactos son discordantes, en su base con la Formación Palmarito y en su tope en contacto fallado con la Formación Sierra Nevada del Paleozoico (Figura 3.10).

### **Depósitos Cuaternarios**

Son sedimentos recientes correspondientes a abanicos aluviocoluviales, los cuales se hallan mezclados heterogéneamente y en proceso de consolidación. Geomorfológicamente, la quebrada El Rincón, por ser una microcuenca torrencial, donde las vertientes presentan una fuerte inclinación, la litología se encuentra altamente meteorizada, y los suelos no son estables, las precipitaciones hacen que la zona sea afectada por procesos geomorfológicos que modelan el terreno, tales como: deslizamientos, derrumbes, reptación y soliflucción. La margen derecha de la quebrada El Rincón es mucho más inestable, que la margen izquierda, debido a que en esta área existe mayor humedad, lo que propicia los movimientos del terreno. Adicionalmente, la alta intervención antrópica, acelera los procesos geomorfológicos de la microcuenca (Figuras 3.9 y 3.10).



**Figura 3.9** Vista de un gran deslizamiento cubierto por vegetación. Tomada desde las coordenadas 951134N; 261276E.



### 3.1.5 Suelos

No se conocen estudios detallados de suelos en la microcuenca. MARNR (1989) señala que los suelos son de tipo residual y transportado de las formaciones aflorantes en el área y los diferencian en:

- a) Suelos formados a partir de materiales originarios sedimentarios.

Suelos Podzolicos de color amarillo rojizo, derivados de la Formación Mucujún, presente en áreas cuyas pendientes se hallan entre 20 y 35%.

Suelos Podzolicos de color amarillo rojizo, derivados de la Formación Palmarito, presente en áreas cuyas pendientes se hallan entre 20 y 35%, parte media y baja de la microcuenca.

- b) Suelos formados a partir de materiales transportados.

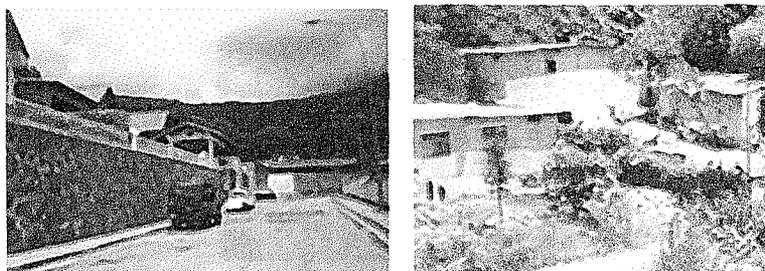
Suelos aluviales con pedregosidad superficial abundante y pendiente entre 12 y 20%, los cuales conforman el cono de deyección.

### 3.1.6 Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra

MARNR (1989) menciona cinco unidades con sus porcentajes en la microcuenca, ellas son: Bosque Medio Denso (16%), Bosque Medio Ralo (6%), Potreros con pastos naturales y cultivados (28%), cultivos mixtos (38%) y área urbana (12%).

Sin embargo, debido a que la vegetación y el uso de la tierra varían con el tiempo y no se cuenta con información más vigente, se efectúa una asignación de unidades de vegetación y uso de la tierra actualizado. Para ello, se realizó la interpretación de la imagen de satélite Spot 5,0 de resolución 2,5 m del año 2009. Adicionalmente, se cumplen algunas visitas al sitio con la finalidad de corroborar y calibrar los resultados obtenidos del procesamiento de la imagen (Figura 3.17). Las unidades resultantes se describen a continuación:

**Urbano:** esta unidad se corresponde con las zonas pobladas presentes en la microcuenca, las cuales se encuentran principalmente constituidas por viviendas de dos plantas tipo quinta (sector bajo), viviendas de una planta (sector medio) y viviendas autoconstruidas de menor tamaño (sector bajo y alto) (Figuras 3.11 y 3.17).



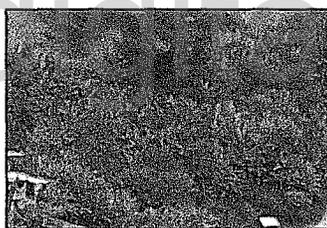
**Figura 3.11** Viviendas tipo quinta (izquierda) y autoconstruidas (derecha) representando el uso urbano.

**Herbazales:** esta unidad está constituida por especies vegetales de hierbas con una altura no mayor a 5 metros y una cobertura < 35%, quedando una gran proporción de áreas con suelo descubierto. La diversidad es baja y se hallan principalmente especies pioneras. Se pueden observar algunas especies arbóreas (Figuras 3.12 y 3.17).



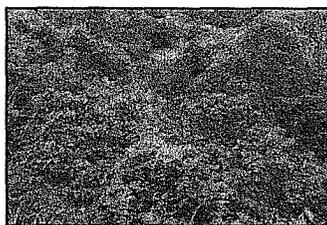
**Figura 3.12** Vegetación herbácea.

**Matorral ralo:** esta unidad está constituida por pastizales naturales o pastizales de especies secundarias como: *Gynerium sagittatum* (caña brava), combinándose también con otras especies tales como: *Setaria sphaelata* (Pasto africano), *Bambusa bulgaris* (Bambú) y *Musa sapientum* (Cambur), las cuales se presentan en parches casi puros. La cobertura de esta vegetación es bastante densa y puede alcanzar alturas promedios de 5 metros (Figura 3.13 y 3.17).



**Figura 3.13** *Musa sapientum* (Cambur) de la unidad de Matorral Ralo.

**Matorral denso:** esta unidad se halla representada por una vegetación de tipo matorral, dominada por especies arbustivas con una cobertura que puede estar entre 35 y 75%, y puede alcanzar un promedio unos 15 metros de altura. En su estado natural presenta especies asociadas a la unidad de vegetación de Bosque Siempreverde (Ataroff, M. y Sarmiento, L., 2003) y en su estado intervenido está constituido por vegetación secundaria (Figuras 3.14 y 3.17).



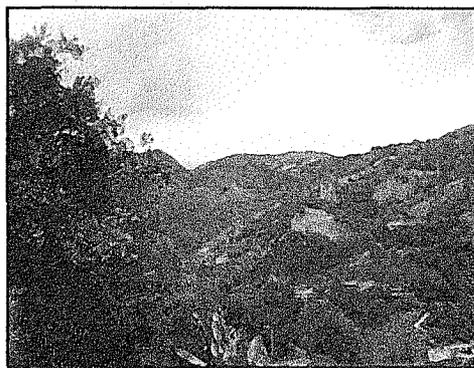
**Figura 3.14** Matorral de vegetación secundaria correspondiente a la superficie de Matorral Denso.

**Bosque Intervenido:** esta unidad está constituida por vegetación arbórea con un estrato superior mayor de 15 metros, pero cuyo sotobosque se encuentra en un estado muy intervenido, en pequeñas áreas (parte media-alta) es posible observar relictos de cultivos. La distribución de esta unidad en la parte baja de la cuenca se encuentra asociada a la vegetación ribereña y presenta especies de la unidad de vegetación de selva semicaducifolia con especies como *Syzygium jambos* (Pomarosa) y *Heliocarpus popayanenses* (Majagua), *Erythrina poeppigiana* (Bucare ceibo), *Inga* sp. (Guamo) entre otras. La distribución de esta superficie en la zona media-alta de la cuenca, se encuentra asociada a la unidad de vegetación de Selva Nublada Montana Baja cuya especie más representativa es *Cecropia santanderensis* (Yagrumo, Canas de la montaña) (Figuras 3.15 y 3.17).

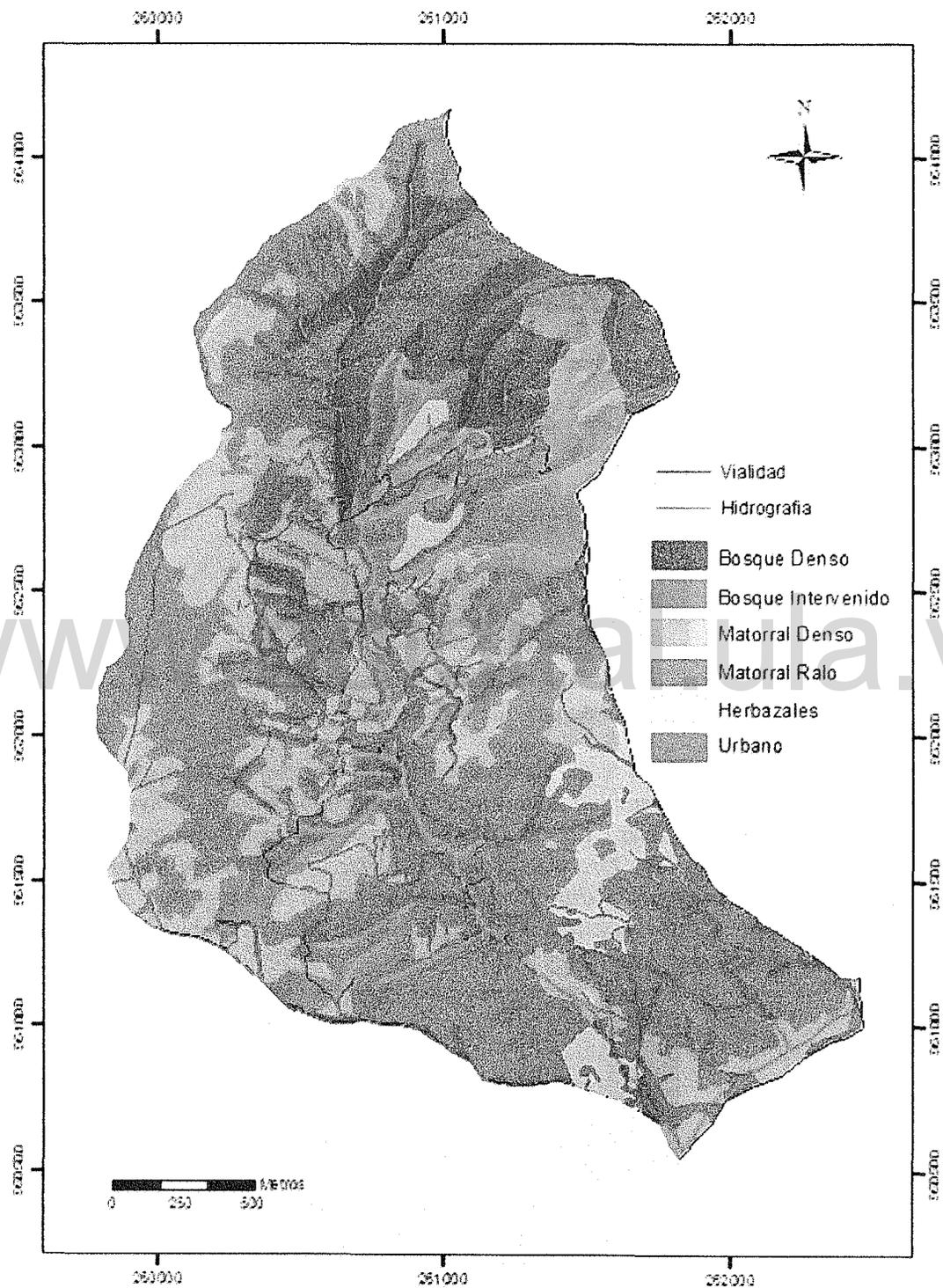


**Figura 3.15** *Erythrina poeppigiana* (Bucare ceibo), una especie arbórea de la superficie de Bosque Intervenido

**Bosque denso:** esta unidad está representada por una selva siempre verde muy conservada con una alta diversidad de árboles. Su cobertura es densa (mayor 75%) y su estrato superior puede alcanzar entre 20 y 30 m. Algunos de los árboles más importantes son: *Podocarpus oleifolius*, *Oreopanax moritzii*, *Hedyosmum brasiliense*, *Havetia laurifolia*, *Ocotea calophylla*, *Billia columbiana*, *Brunellia acutangula*, *Persea mutisii*, *Weinmannia jahnii*, *Clusia multiflora*. Se halla hacia la parte alta de la vertiente izquierda de la cuenca (Figuras 3.16 y 3.17)



**Figura 3.16** Vista del Bosque Denso, en la parte alta de la microcuenca, sector denominado como “Cerro la Pelota” por los pobladores.



**Figura 3.17** Cobertura vegetal y uso de la Tierra en la microcuenca El Rincón.  
Elaboración propia.

### **3.1.7 Plan de Ordenación Urbanística en la microcuenca El Rincón**

De acuerdo al Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay (Ministerio del Desarrollo Urbano, 1999) la microcuenca El Rincón posee siete áreas de uso urbano, entre las cuales se tienen: áreas con restricciones de uso (ARU-2, ARU-3), áreas residenciales desarrolladas (AR-1, AR-2), áreas de acción especial (AR-E2), y áreas de nuevos desarrollos residenciales (ND-1, ND-5) (Figura 3.18). Sus detalles a continuación:

#### **Área de Protección Integral (ARU-2)**

Es la unidad dominante de la microcuenca, se ubica en la parte alta, media y baja. Corresponde a espacios protectores del área metropolitana de Mérida, sin intervención o escasamente intervenidos, con fuertes restricciones por pendiente y condiciones geológicas, geomorfológicas, ecológicas o hidrológicas. Incluye zonas potencialmente inundables, zonas afectadas por procesos de socavación basal de ríos y quebradas, y zonas cubiertas, en buena parte por vegetación natural. No se consideran susceptibles de desarrollo urbanístico y todo uso existente con infraestructura permanente o incompatible a los fines protectores, debe ser reubicado. Para los retiros de construcción al borde de la terraza, se recomienda una franja de anchura equivalente a 1/3 de la altura del talud (Figura 3.18).

#### **Área de uso Restringido (ARU-3)**

Esta unidad se ubica en la parte media de la microcuenca, donde existe mucho urbanismo actualmente. Comprende zonas de alto valor ecológico y escénico, afectadas por variables condiciones morfoestructurales, e incluidas o no dentro de las zonas protegidas (ABRAE), que han sido ocupadas por usos residenciales rurales y urbanos no planificados, así como por actividades agropecuarias, vías, telecomunicaciones y usos forestales. Servidas en algunos casos por redes de aguas blancas y de energía eléctrica. La susceptibilidad de desarrollos urbanísticos se restringe a las siguientes áreas inmediatas a los barrios consolidados no sometidos a procesos de reubicación, previa definición de su poligonal de expansión; áreas con pendiente menor a veinticinco (25) por ciento y áreas no comprometidas dentro de la franja protectora de ríos y quebradas, ni en los derechos de vías de acuerdo con las leyes que rigen la materia. Los usos permitidos son los siguientes: recreacional y turístico, vivienda de apoyo a las actividades agropecuarias factibles de realizar en esta área, vivienda unifamiliar aislada, servicios metropolitanos, equipamiento metropolitano general e intermedio de tipo recreacional, deportivo y de seguridad y defensa como guardería ambiental (Figura 3.18).

#### **Área Residencial (AR-1)**

Esta unidad se ubica en la parte media y baja de la microcuenca, adyacente a la margen izquierda de la quebrada y corresponde a los desarrollos de viviendas unifamiliares, ocupados por los habitantes de la Urbanización El Rincón y parte del Sector Lumonty.

Se contempla el uso residencial con una densidad máxima bruta de cien (100) habitantes por Hectárea. Las variables urbanas se establecerán en el plan de desarrollo urbano local (Figura 3.18).

#### **Área Residencial (AR-2)**

Se ubica en la parte baja de la microcuenca y corresponde a desarrollos de vivienda unifamiliar planificados y espontáneos. Se contempla el uso residencial con una densidad bruta máxima de ciento cincuenta (150) habitantes por hectárea. Las variables urbanas se establecerán en el plan de desarrollo urbano local (Figura 3.18).

#### **Área residencial de acción especial a consolidar (AR-E2)**

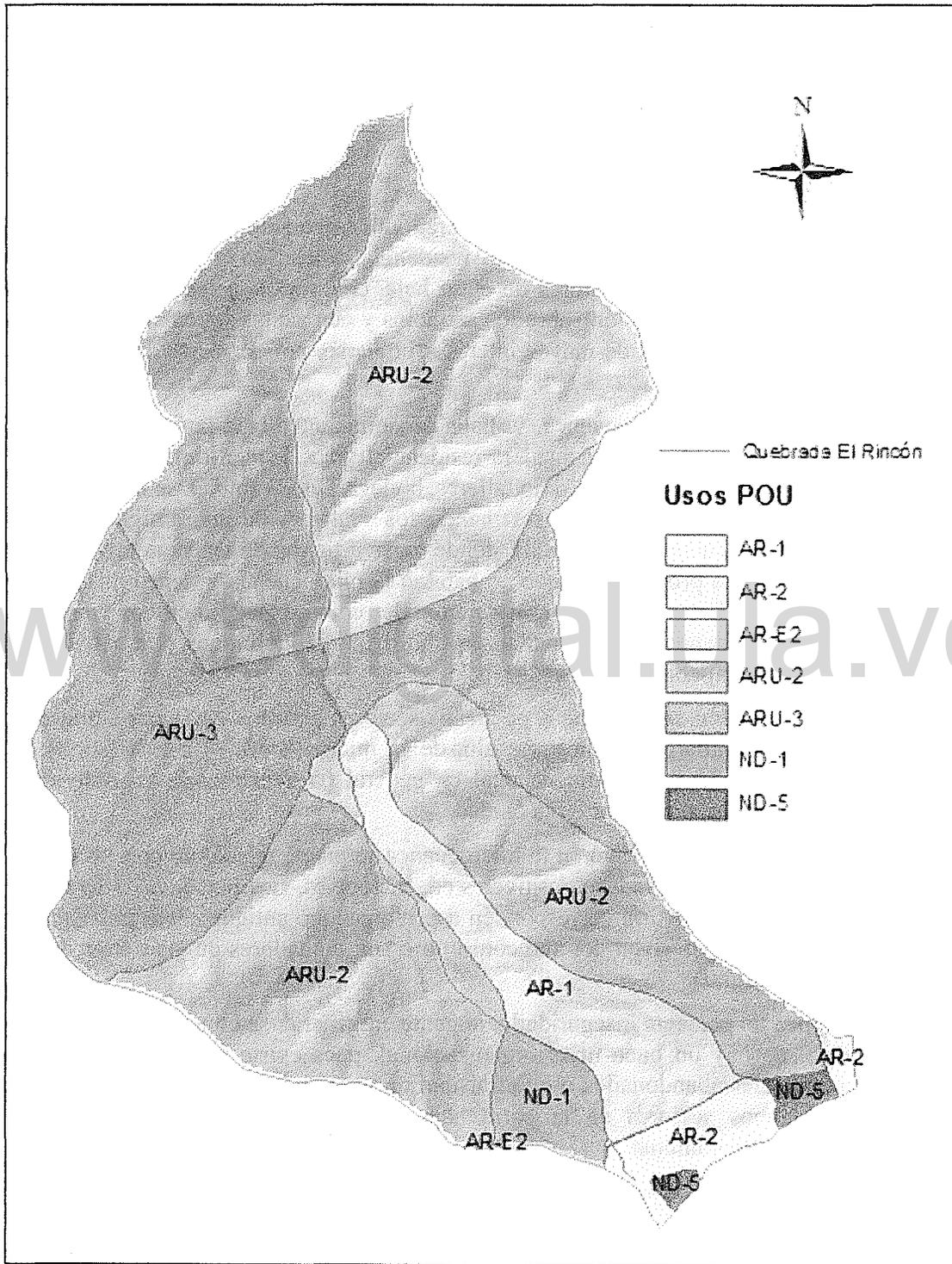
Es el área más pequeña de la microcuenca y se ubica en la parte baja de la misma. Comprende sectores de desarrollo espontáneo cuyo uso actual está en concordancia con la organización espacial y funcional propuesta, que por su baja calidad ambiental, deficiencia en la dotación de servicios, trazado irregular, crecimiento acelerado y anárquico, hacen necesario la elaboración de un plan especial (Figura 3.18).

#### **Nuevos desarrollos residenciales (ND-1)**

Se ubica en la parte baja de la microcuenca y comprende las áreas vacantes localizadas en los sectores de Lumonty y El Rincón. Estas zonas están destinadas a programas de viviendas en desarrollo de conjunto, con una densidad bruta máxima de 100 habitantes por hectárea. Las variables urbanas se establecen en el plan de desarrollo urbano local (Figura 3.18).

#### **Nuevos desarrollos Residenciales (ND-5)**

Se ubica en la parte más baja de la microcuenca y comprende las áreas vacantes, destinadas a programas de viviendas de desarrollo de conjunto, con una densidad bruta máxima de trescientos cincuenta (350) habitantes por hectárea. Las variables urbanas se establecen en el plan de desarrollo urbano local (Figura 3.18).



**Figura 3.18** Plan de Ordenación Urbanística de la microcuenca El Rincón. Fuente: Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay, 1999.

### 3.1.8 Aspectos socioculturales

Con base en las inspecciones del sitio y conversaciones establecidas con sus pobladores, desde el punto de vista social, en la microcuenca quebrada “El Rincón”, se pueden reconocer al menos tres clases sociales y vestigios de una cuarta (clase rural). Encontrándose; clase media, clase media-baja y baja, con dominancia en la microcuenca, y clase media a clase media-baja.

En la parte baja de la microcuenca, se halla predominantemente la clase media, en esta área el uso se considera principalmente residencial-educativo y religioso. Aunque, también se ubican pequeños sectores de clase baja, con viviendas autoconstruidas. En esta área existe la mayor presión sobre los servicios y ocupación del territorio, debido a que es la más poblada, y la de mayor interés a poblarse, por ser parte de la poligonal urbana.

En la parte media de la microcuenca, se halla predominantemente la denominada clase media-baja, su principal uso se considera residencial y residencial-turístico con alguna actividad comercial a baja escala, como talleres, bodegas, etc. También se hallan algunas viviendas aisladas tipo conucos, representando los vestigios de una antigua actividad agrícola de la microcuenca (clase rural), donde existen tierras de tenencia propia de los pobladores o de otros propietarios, que no habitan la microcuenca y tienen una persona cuidando la misma. Éstas presentan cría de animales como ganado o chivos y siembras de camburales y plátanos, pero se hallan en muy bajas proporciones y la actividad es principalmente de autoconsumo y subsistencia.

Esta actividad también se extiende a pequeños sectores aislados de la parte alta de la microcuenca. Sin embargo, en la parte alta de la microcuenca, el estrato social que predomina es la clase media baja, la cual en general ha abandonado las actividades agrícolas, para trabajar o estudiar en la ciudad.

El nivel de instrucción educativo en la microcuenca se puede relacionar con los estratos sociales presentes, encontrándose desniveles educacionales. Las personas de bajo nivel de instrucción, en su mayoría corresponden a personas que antiguamente trabajaban la agricultura y hoy en día viven del autoconsumo o son cuidadores de las tierras de otro propietario (clase rural).

La microcuenca no presenta inseguridad y la gente en general, se conoce sectorialmente. Sin embargo, no hay un buen nivel organizacional, pues existe una gran cantidad de consejos comunales abandonados o que trabajan un mismo sector deficientemente y en oposición. Algunos sectores de la parte baja, señalaron haber resuelto problemas mediante su consejo comunal.

Algunos de los consejos inscritos en la parroquia son: CC. Lumonty, CC. El Rincón, CC El Rincón Los Pinos, CC El Rincón Parte Alta, y CC El Rincón Parte Baja.

Sus pobladores reconocieron como los problemas más notables de la microcuenca, en orden de importancia, los siguientes: la falta de un servicio de almacenamiento y recolección de basura eficiente, el manejo de las aguas negras en algunos sectores, la

canalización de las aguas, el asfaltado de los caminos de tierra y el transporte. En general, señalaron que el servicio de alumbrado y agua regularmente funciona bien, a excepción de algunas viviendas aisladas.

Por otra parte, el urbanismo presente en la microcuenca es muy notorio y representa otro elemento integrador de la microcuenca, su influencia se ha ido incrementando paulatinamente con el tiempo, convirtiéndose en una variable más a analizar para entender su dinámica y comportamiento.

La microcuenca parece haber cambiado definitivamente su cultura agrícola a residencial, a partir de la ordenanza municipal de 1970 donde se autorizó la construcción de casas unifamiliares sobre terrenos de al menos 1500 m<sup>2</sup> (Figuras 3.19 y 3.20).



**Figura 3.19.** Fotografía aérea del urbanismo de la parte baja de la microcuenca quebrada El Rincón para el año 1973 (Misión 010473, escala 1:25000).



**Figura 3.20.** Fotografía aérea del urbanismo de la parte baja de la microcuenca quebrada El Rincón para el año 1996 (Misión 010486, escala 1:5000).

### **3.2 Zonificación de la amenaza hidrológica**

Metodológicamente, para la zonificación de la amenaza fueron necesarias tres etapas fundamentales:

3.2.1 Determinación de los parámetros para la aplicación del modelo EVENTO.

3.2.2 Análisis Hidrológico.

3.2.3 Aplicación de la interface Hec-GeoRAS.

A continuación se describen brevemente cada una de las etapas:

#### **3.2.1 Determinación de parámetros para aplicación del modelo EVENTO.**

Para aplicar los modelos de simulación se hace necesario estimar variables y parámetros hidrológicos e hidráulicos característicos de la cuenca. Comúnmente estas variables son: el número de curvas CN II y CN III, los cuales implican el cálculo del potencial de escorrentía de los suelos, el coeficiente de rugosidad N de Manning, la pendiente del cauce y sus vertientes, entre otros.

Adicionalmente, se debe realizar un estudio detallado de los datos hidroclimáticos para determinar condiciones de diseño de la lluvia y de este modo estimar los posibles caudales para esas condiciones extremas.

##### **3.2.1.1 Determinación del Grupo de Suelos según el potencial de escorrentía.**

Para fines de aplicación del modelo, se utilizó la clasificación por grupos de suelo de acuerdo al potencial de escorrentía. Sus características se detallan a continuación:

##### **GRUPO A (Bajo potencial de escorrentía)**

Suelos permeables, incluso saturados, comprende terrenos profundos, sueltos con predominio de arena o grava y muy poco limo o arcilla.

##### **GRUPO B (Moderado a bajo potencial de escorrentía)**

Suelos con filtración moderada cuando están saturados, de moderada permeabilidad aun húmedos. Se trata de terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, aquellos otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos.

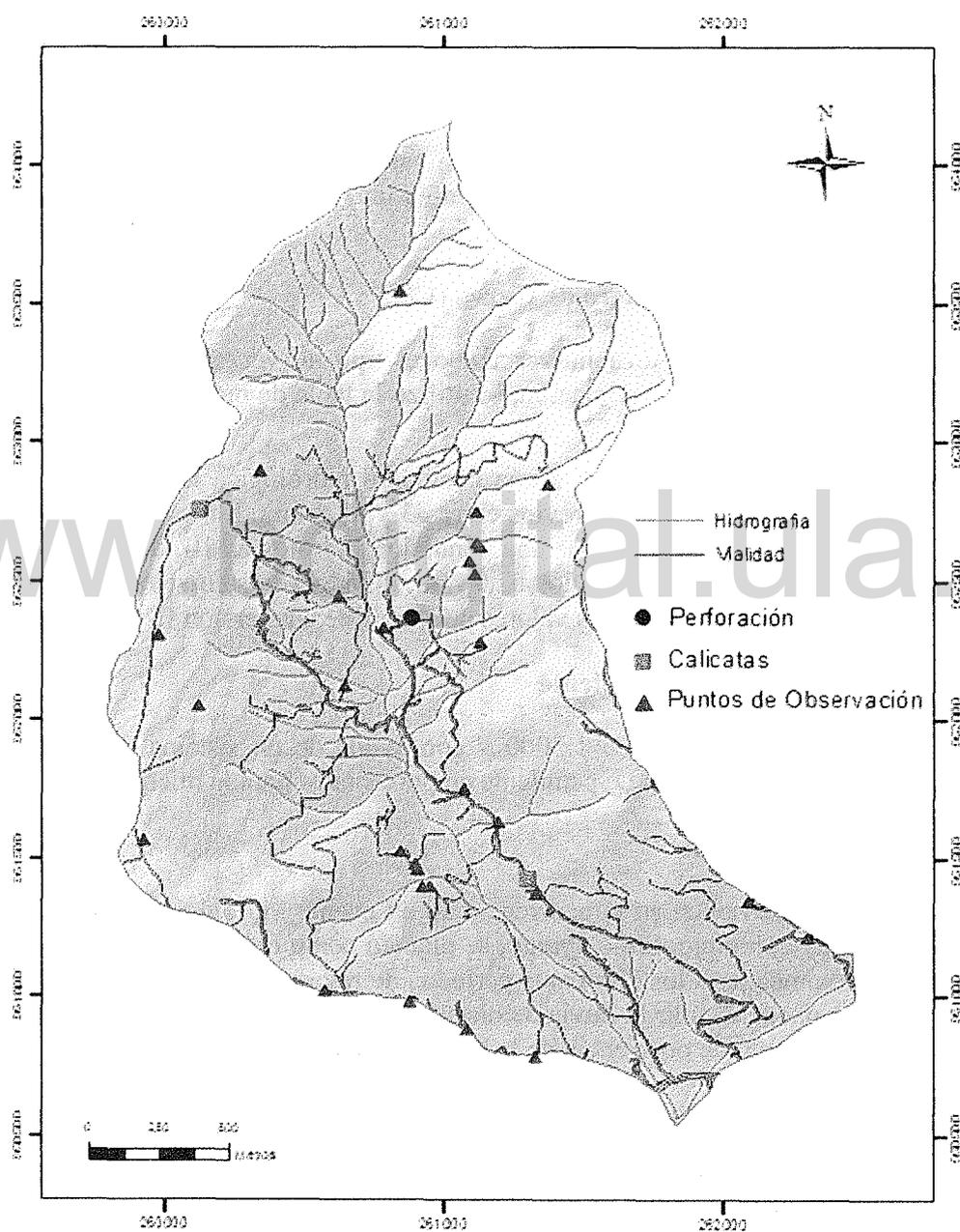
##### **GRUPO C (Moderado a alto potencial de escorrentía)**

Suelos de poca permeabilidad cuando están saturados, presentan un estrato impermeable que dificulta la infiltración porque en conjunto su textura es franco arcillosa a arcillosa.

##### **GRUPO D (Alto potencial de escorrentía)**

Son suelos de gran impermeabilidad, tales como terrenos muy arcillosos y profundos, terrenos que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa impermeable y aquellos con subsuelo impermeable próximo a la superficie.

Con fines de aplicar esta clasificación se realizó la caracterización de suelos mediante puntos de observación en campo y estudios previos existentes del área (INGEOMIN, 2011), entre los que se contó con 2 calicatas, una perforación y cerca de 30 puntos de observación aproximadamente (Figura 3.21).



**Figura 3.21** Ubicación espacial de la información utilizada para la clasificación de los Grupos de Suelos, de acuerdo al potencial de escorrentía en la microcuenca El Rincón. Elaboración propia.

### **3.2.1.2 Determinación del Coeficiente de Rugosidad n de Manning.**

El coeficiente de rugosidad n de Manning es otro de los parámetros necesarios para la aplicación del modelo, éste evalúa la resistencia al flujo de acuerdo a la rugosidad o irregularidad de la superficie.

En función de la cobertura vegetal, se extrajeron los valores de n de Manning representativos de la microcuenca, usando como referencia, los tabulados en la tabla de coeficiente de Rugosidad n de Manning de USDA-SCS de 1986 (Anexo A).

En el modelo EVENTO, también se requiere un valor n de Manning para los segmentos de escorrentía (cauces). En este estudio, se asume un valor representativo para cauces de montaña de 0,05 (CIDIAT, *sf*).

### **3.2.1.3 Determinación del Número de Curva (CN)**

La estimación del CN se realiza intersectando el tipo de vegetación con los grupos hidrológicos de suelo. Para su estimación, se utilizó la tabla de numero de curva (CN II) de USDA SCS (1986) (Anexo B).

Los valores obtenidos corresponden a una condición hidrológica II, que significa una precipitación acumulada de 5 días previos entre 33 y 52,5 mm. Sin embargo, por ser un evento torrencial se consideró utilizar una condición hidrológica III, donde los valores de precipitación acumulada superan los 52,5 mm, debido a la saturación de los suelos. En función de ello, se corrigieron los valores por tabla de conversión CN (Apéndice C).

### **3.2.1.4 Determinación de la Pendiente**

Con base en el mapa topográfico 1:5000 y con ayuda de un sistema de información geográfica se obtuvo los rangos de pendiente en porcentajes para la microcuenca.

## **3.2.2 Análisis Hidrológico**

Los factores que intervienen en la ocurrencia de un evento hidrológico son múltiples y su análisis es muy complejo. Sin embargo, se planteó como objetivo primordial estimar los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno. Ya que con base en estos antecedentes, se puede decidir la lluvia de diseño, el hietograma y finalmente, estimar el caudal para el momento de ocurrencia de la lluvia de diseño.

### **3.2.2.1 Determinación de caudales máximos**

Debido a la falta de información hidrométrica se estimó realizar el cálculo de caudal máximo a través de métodos indirectos que relacionan el comportamiento hidrológico de la cuenca en determinadas condiciones de lluvia. Para efectos de esta investigación, la estimación del caudal de diseño se realizó a través de un modelo de simulación lluvia – escorrentía (EVENTO), para estimar los hidrogramas de escorrentía directa, generados

para una precipitación uniforme caída en toda la cuenca durante un periodo de lluvia específico.

### **3.2.2.2 Conceptualización Hidrológica**

La conceptualización de la microcuenca consistió en la delimitación de los segmentos de escurrimiento y los segmentos de escorrentía, para fines de aplicar el modelo.

#### **VARIABLES DE ENTRADA**

##### ***Segmentos de escurrimiento***

Para cada segmento de escurrimiento se estimó la superficie, longitud, pendiente media, número de curva (CN) y rugosidad  $n$  de Manning.

- Superficie y longitud

La superficie de cada segmento se obtuvo a través de la digitalización del mapa topográfico a escala 1:5.000. La longitud del segmento de escurrimiento se obtiene dividiendo la superficie por la longitud del segmento de escorrentía al cual drena.

- Pendiente media

La pendiente media se calcula como un valor ponderado, la estimación se realizó con apoyo de un programa de sistemas de información geográfica y considerando curvas de nivel con equidistancia de 5 m. A partir de los rangos de pendientes se obtuvo el modelo distribuido de pendiente.

- Rugosidad  $n$  de Manning

La rugosidad  $n$  de Manning para la vertiente se determinó como un valor ponderado según los tipos de uso de la tierra. El apéndice A contiene las tablas utilizadas para la determinación la rugosidad  $n$  de Manning.

- Número de Curva

El CN se calculó como un valor ponderado de acuerdo a los tipos de vegetación y uso de la tierra y a las unidades de suelo presentes en cada segmento. El apéndice B contiene las tablas utilizadas para la determinación del número de curva USDA-SCS (1986).

##### ***Segmentos de escorrentía***

Para cada segmento de escorrentía (cauce principal) se calcula la longitud y pendiente, y se estima un valor de rugosidad  $n$  de Manning.

- Longitud y pendiente

La longitud se obtiene mediante la digitalización del cauce en el mapa topográfico a escala 1: 5.000. A partir del mapa topográfico se calcula el desnivel y posteriormente la pendiente del cauce.

- Rugosidad n de Manning

A efecto de la simulación de los hidrogramas de crecida de la microcuenca, se asumió un valor representativo de la rugosidad n de Manning para cauces de 0,05 por ser cauce de montaña (CIDIAT; *sf*).

### 3.2.2.3 Cálculo de la lluvia de diseño.

Para la obtención de la lluvia de diseño se realizó lo siguiente:

- Definición de tramos homogéneos del cauce, de acuerdo a la uniformidad de la pendiente.
- Realización del perfil longitudinal para cada tramo.
- Cálculo del tiempo de concentración para cada tramo, para este cálculo se emplea la fórmula de “California highways and Public Works” (Kirpich) para cuencas con áreas superiores a 200 ha, cuya expresión es la siguiente:

$$T_c = 0.9545 * (L^3 / H)^{0.385} \quad (3.1)$$

donde:  $T_c$  es el tiempo de concentración en horas,  $L$  es la longitud del cauce en kilómetros y  $H$  es el desnivel en metros.

El objetivo fundamental de la determinación del tiempo de concentración es seleccionar la duración de la lluvia necesaria para la simulación. Para cada tramo seleccionado se obtiene entonces, un tiempo de concentración parcial, cuya sumatoria representa el tiempo de concentración a utilizar.

- Selección de las estaciones de lluvia: una vez estimado el tiempo de concentración se procede a seleccionar las estaciones que se encuentran cercanas al área de estudio. En este caso las estaciones seleccionadas fueron Estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 y Estación Santa Rosa serial 3101.

Luego de analizar la disponibilidad y calidad de los datos en función a las necesidades del estudio y el tiempo de concentración de la cuenca se selecciona la estación Mérida-Aeropuerto y se consideró utilizar como únicos datos los provenientes de dicha estación, por tener mayor tiempo de registro de precipitaciones máximas.

- Realización del análisis de frecuencia con los datos de las precipitaciones máximas registrada en la estación Mérida-Aeropuerto.

Este análisis se realiza a la serie de lluvias extremas registradas en 5, 10, 15 y 30 minutos, durante el periodo 1970-1996 (Dávila, M. y Peñuela, T., 2002). Para ello se emplea el programa AJUSTE V3 (Duque, R. 2006), seleccionando la opción de probabilidad deseada o de mejor ajuste.

#### **3.2.2.4 Estimación del Hietograma de Diseño.**

La estimación del hietograma de diseño se realizó por el método de los bloques alternos (Chow *et al.*, 1994). Para aplicar este método lo más idóneo es trabajar con intervalos de tiempo iguales, por lo que primero se construyen gráficas para cada periodo de retorno, y se obtienen los valores de precipitación para las duraciones de 20 y 25 min. Este método se basa en determinar los incrementos de lluvia entre las duraciones sucesivas, para estimar el comportamiento de la tormenta en el intervalo estudio.

Después de obtener todos los datos de entrada del modelo, se procedió a estimar los caudales picos mediante el tránsito de la lluvia de diseño y las características propias de la microcuenca. En esta investigación se utilizó el modelo de simulación hidrológica EVENTO.

#### **3.2.3 Aplicación de la Interface HEC-GeoRas**

Los requerimientos computacionales para la aplicación de la interface incluyen la instalación de ArcGis, Hec-GeoRas y Hec-RAS. El próximo elemento indispensable para la aplicación de la interface es contar con un modelo de elevación digital, así como también son necesarias fotografías aéreas y/o imágenes satelitales del área.

En esta investigación se utilizó ArcGis 9.3, Hec-GeoRas versión 4.0 y HEC-RAS versión 4.0. Del mismo modo, se trabajó con un modelo de elevación de terreno a escala 1:5000 e imágenes aéreas del año 1996, Misión 010486, escala 1:5000 e imagen satelital de Mérida, Spot 5.0 (2005). Adicionalmente, se utilizaron imágenes satelitales georeferenciadas a escala 1:50.000 provenientes de Google Earth 2012.

También se utilizaron como apoyo, los tutoriales de los programas y el tutorial de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Purdue, elaborado en Noviembre del 2010 y el manual básico de Hec GeoRas, elaborado en Febrero del 2013 por la Universidad de Granada (Apéndice I).

La aplicación de la interface implica las siguientes etapas:

##### **3.2.3.1 Etapa de Pre-Procesamiento**

Esta etapa consiste en la preparación de los datos con el uso de la interface HEC-GeoRas para la exportación y posterior procesamiento en HEC-RAS. Se inicia creando distintas capas incluyendo el canal principal, los bancos, la llanura de inundación, secciones transversales, puentes, etc.; para ello se utiliza como ayuda las fotografías aéreas e imágenes satelitales (Figura 3.22). Uno de los elementos más importantes para la simulación son las secciones transversales, y aunque su geometría se obtiene del modelo

de elevación digital del terreno, estas deberán ser revisadas con detenimiento una a una y deberán ser cotejadas y mejoradas en base a la data de campo.

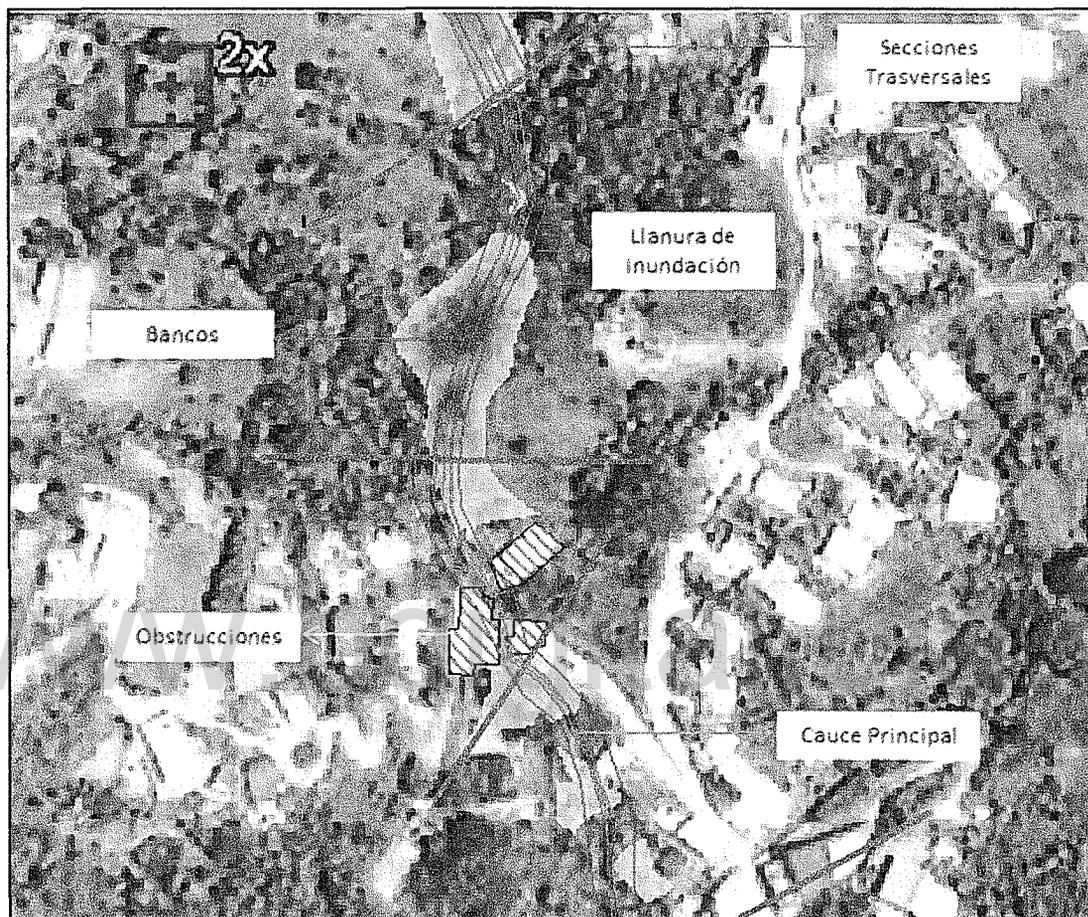


Figura 3.22 Parámetros de la etapa de pre-procesamiento de la interface HEC-GeoRAS.

### 3.2.3.1.1 Levantamiento de secciones transversales en campo.

Con la finalidad de calibrar las secciones obtenidas mediante modelo de elevación digital, se procedió al levantamiento de secciones transversales en campo, para lo cual se utilizó el método de la cuerda horizontal (Figura 3.23). Se levantaron un total de siete secciones, las cuales fueron escogidas en la parte alta, media y baja de la cuenca (véase Apéndice F).

### 3.2.3.2 Etapa de Procesamiento

Esta etapa implicó la corrida o puesta en marcha de los datos pre-procesados e importados hacia HEC-RAS y la introducción de los datos geométricos e hidráulicos.



**Figura 3.23.** Levantamiento de Sección Trasversal por el método de la cuerda, parte alta de la quebrada El Rincón.

#### **3.2.3.2.1 Introducción de datos geométricos e hidráulicos.**

Para aplicar el modelo es necesario introducir los caudales pico obtenidos mediante el modelo de simulación hidrológica y los datos geométricos correspondientes a las secciones del cauce principal.

En cuanto a los datos geométricos, estos se obtienen del procesamiento del MED y son calibrados mediante las secciones de campo como se mencionó anteriormente. Los datos hidrológicos corresponden a los caudales máximos obtenidos en el modelo de simulación lluvia-escorrentía EVENTO.

Adicionalmente, como parte de los datos del flujo, se selecciona el tipo de régimen de flujo y se definen las condiciones de borde. En el caso de la microcuenca se escogieron los regímenes supercrítico y mixto por las condiciones edafológicas de la microcuenca y la capacidad de arrastre observada en los levantamientos de campo. La rugosidad del cauce principal utilizada fue 0,05 por ser cauce de montaña y las condiciones de borde se introdujeron con base en el mapa de rugosidad  $n$  Manning de la microcuenca. El próximo paso fue la corrida HEC-RAS, para la cual se utilizó *<Steady Flow Analysis>* y el comando *<COMPUTE >*.

De este modo, se obtuvo la zonificación de la amenaza hidrológica en HEC-RAS, sin embargo fue necesaria otra etapa de post-procesamiento para la visualización en HEC-GeoRAS.

### **3.2.3.3 Etapa de Post-procesamiento**

Esta etapa tiene como objetivo la visualización de las corridas de HEC-RAS con HEC-GeoRas. Se inicia con la exportación de los datos procesados en HEC-RAS, para lo cual se creó un archivo SDF en el directorio de trabajo, que posteriormente se abrió en ArcGis y se convirtió de SDF en XML. Luego, con el comando *<RAS Mapping>* y *<Layer Setup>* aparece la ventana de post-procesamiento donde se realiza un nuevo análisis del flujo con base en la corrida y el modelo de elevación de terreno. Con ello en esta interface se crea un nuevo mapa con la mancha de desborde rasterizada, donde el tamaño de celda introducido depende del modelo de elevación utilizado, para ello se recomienda un tamaño menor a 20 unidades del mapa. El nuevo mapa muestra la mancha de desborde. Sin embargo, se debió verificar la calidad del polígono que representa la mancha de desborde y en algunos casos se hizo necesario calibrar el resultado mediante un juicio hidráulico.

Adicionalmente, se realizaron algunas visitas de campo a los sitios de desborde para visualizar y validar los posibles escenarios fluviotorrencales.

### **3.2.4 Elaboración del Plan de Gestión de Riesgo ante el evento hidrológico**

El plan de Gestión de Riesgo local busca lograr una actuación coordinada de todos los actores involucrados bajo la finalidad de reducir las consecuencias que pudieran presentarse ante el desbordamiento de la quebrada El Rincón durante un evento hidrológico. Por lo cual, el objetivo de su elaboración se enfocó en la prevención y orientación hacia la adecuada preparación y respuesta en el caso de la situación de desastre, considerando en su accionar la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (Apéndice G), la cual establece la gestión integral de riesgos como la ejecución de acciones de manera consciente, concertada y planificada, entre los órganos, los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas. Ello en armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal.

Para la elaboración del plan de gestión se consideró el escenario hidrológico de 100 años de periodo de retorno y sus directrices se establecieron analizando y evaluando las potencialidades y limitaciones encontradas en la microcuenca, bajo fines de establecer propuestas lo más acercadas a la realidad y los recursos existentes. Para ello se consideró el diseño de un plan que involucra acciones enmarcadas en la gestión prospectiva, correctiva y reactiva.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados de los parámetros para la aplicación del modelo EVENTO

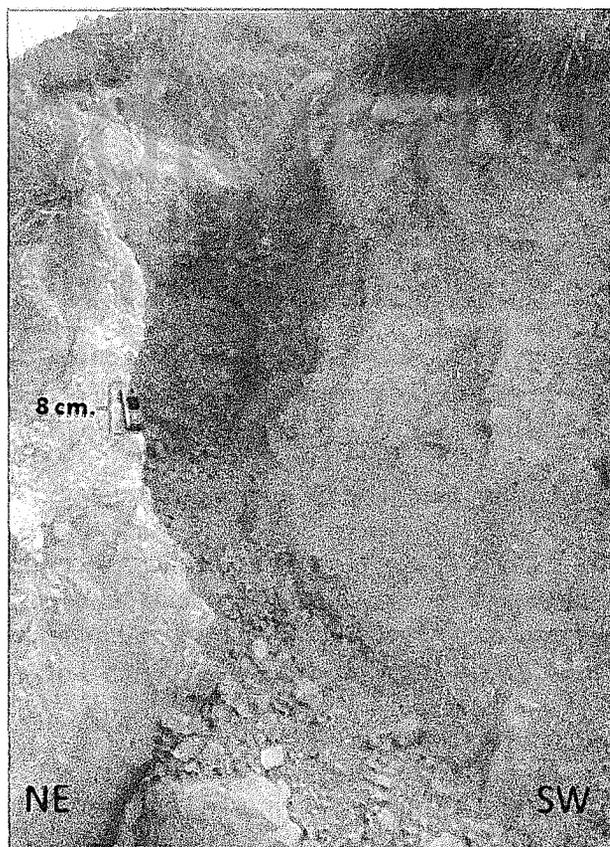
#### 4.1.1 Grupo de Suelos según el potencial de escorrentía

A continuación los grupos de suelo obtenidos en la microcuenca y sus características:

##### GRUPO A (Bajo potencial de escorrentía)

El grupo A se halla en la parte alta, media y baja, corresponde a suelos transportados tipo coluvión. Así como también afloramientos de roca meteorizada blanda fracturada y roca meteorizada dura muy fracturada. En general son suelos con bajo porcentaje de arcillas.

Se refiere a suelos con bajo potencial de escurrimiento y alta infiltración, debido a que están constituidos casi totalmente por arenas y gravas (Figura 4.1).



**Figura 4.1** Suelo Residual de Mucujún, caracterizado como grupo A. Baja escorrentía y alta infiltración.

### **GRUPO B (Moderado a bajo potencial de escorrentía)**

El grupo B, es el más dominante en la microcuenca, aparecen a lo largo de toda la cuenca bordeando la quebrada El Rincón, ellos corresponden a suelos de arena o grava limo-arcillosos o arcillo-limosos, algunos con abundante materia orgánica y humedad. Así como también suelos transportados tipo abanico y algunos afloramientos de rocas meteorizadas blandas fracturadas. El perfil más característico es arenas limo arcillosas con grava (Figura 4.2).

Estos suelos obedecen a un moderado potencial de escorrentía, ya que permiten la infiltración, aun cuando la permeabilidad del flujo se considera lenta por la presencia de partículas finas en su composición.



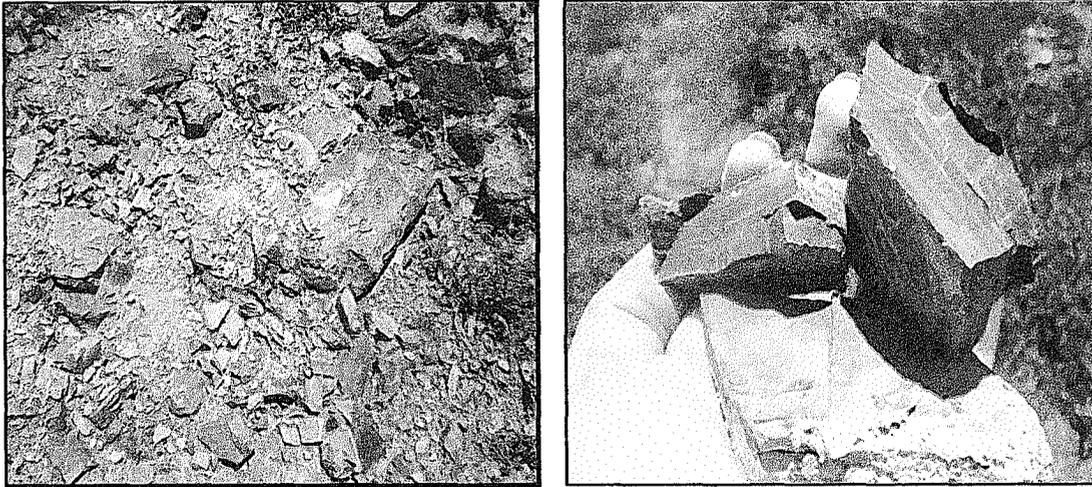
**Figura 4.2** Suelo caracterizado como Grupo B. Nótese como se observa la infiltración del agua en el suelo a un metro aproximadamente y observe el tipo de textura del suelo (arena limo arcillosa con grava).Coordenadas: N 951355; E 261152.

### **GRUPO C (Moderado a alto potencial de escorrentía)**

El grupo C, se halla hacia la parte baja de la cuenca, se trata de arenas finas con fracciones limo arcilloso, proveniente de la depositación de la parte distal del coluvión. El potencial de escorrentía es de moderado a alto, por lo que la infiltración es de baja a moderada. Véase grupo de suelos de la microcuenca (Figura 4.4).

### **GRUPO D (Alto potencial de escorrentía)**

El grupo D, se halla hacia los límites extremos o divisoria de la cuenca, se trata de terrenos secos, en su mayoría se encuentran arenas con matriz muy arcillosa o afloramientos de roca dura metamorfozada impermeable, la cual se halla altamente diaclasada y fragmentada (Figura 4.3).

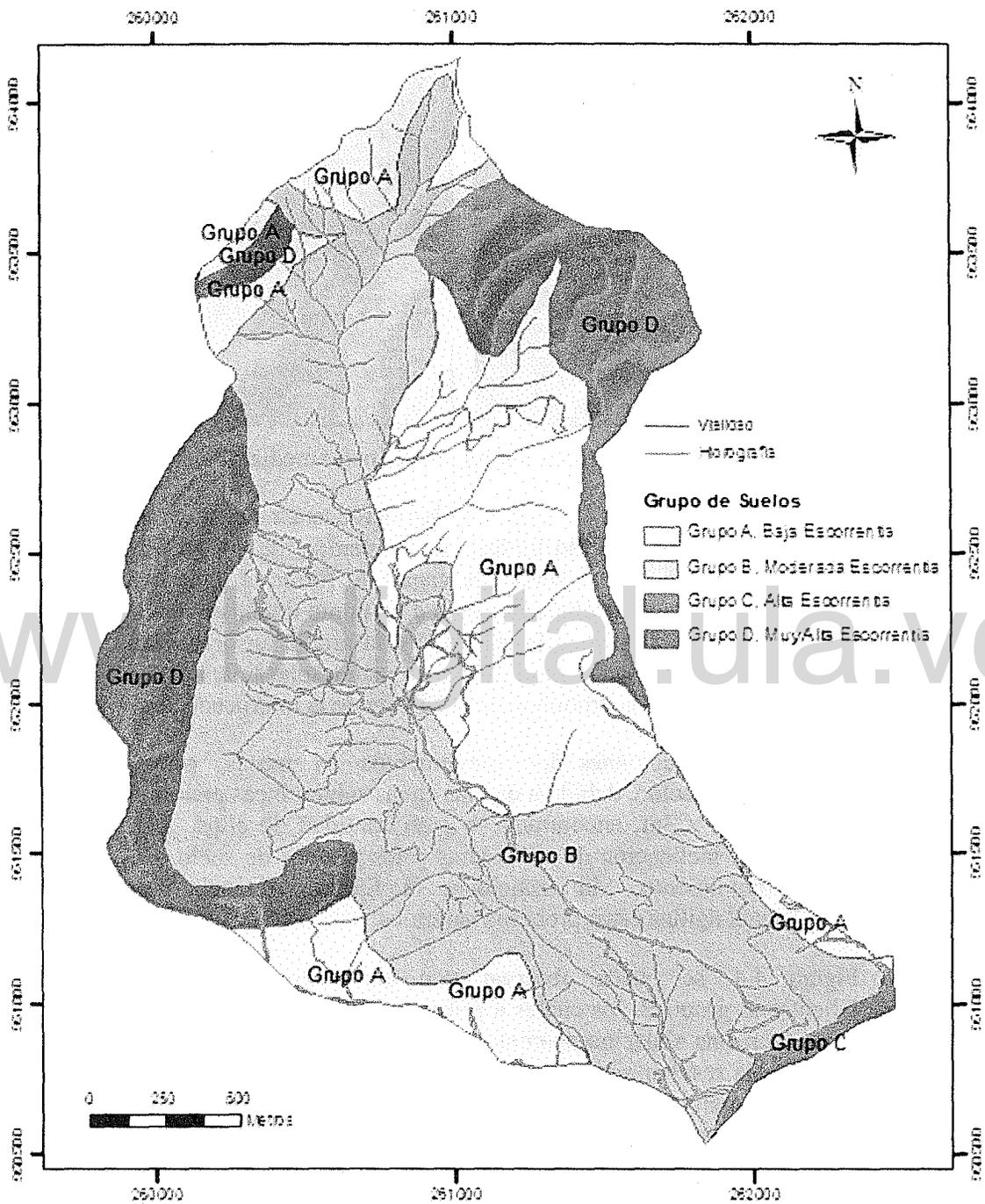


**Figura 4.3** Suelo del Grupo D. Roca impermeable, parte media-alta de la microcuenca.

La granulometría dominante en los suelos de la microcuenca consta de arenas y gravas emplazadas en una matriz arcillo-limosa. El contenido de la arcilla, aumenta en profundidad, lo que hace que el suelo sea capaz de filtrar el agua, por los grandes espesores de suelo que se desarrollan, llegando a un punto donde el contenido de arcilla ya no permite su paso y comienza la saturación, la arcilla absorbe gran cantidad del agua, generando un aumento en el peso del suelo y su desplazamiento en masa, proceso que a su vez es ayudado por la pronunciada pendiente de la microcuenca.

En estos suelos son comunes los movimientos en masas, principalmente los deslizamientos y la reptación, debido a que las aguas subterráneas presentan niveles muy superficiales, entre 1 y 3m, encontrándose gran cantidad de ellos a 1,5 m, lo cual sumado al grado de inclinación de las laderas y los perfiles de suelo poco compactos, condiciona el movimiento. Sin mencionar la fuerte influencia antrópica en la microcuenca, la cual agiliza estos procesos naturales.

En la Figura 4.4, se puede observar que los suelos predominantes son los correspondientes al grupo B, los cuales a pesar de ser caracterizados por escurrimiento moderado, es decir una situación aparente no tan crítica desde el punto de vista de una crecida, esto podría resultar ser aún más peligrosos de lo esperado. Ello debido a que estos espesores de suelo, por permitir en cierto grado la infiltración, podrían saturarse y a causa de un aumento del nivel freático por lluvias concentradas en el área, el perfil superficial del suelo saturado podría alcanzar el nivel freático, el cual se halla muy superficial, y condicionar un comportamiento de flujo en el suelo, lo que sería un escenario devastador para las poblaciones asentadas en estos espacios.



**Figura 4.4** Grupos de suelos, según el potencial de escorrentía, de la microcuenca quebrada “El Rincón”. Elaboración propia.

#### 4.1.2 Coeficiente de Rugosidad n de Manning

Los valores obtenidos de n de Manning representativos de la microcuenca y su distribución en la microcuenca se pueden visualizar en la Tabla 4.1 y Figura 4.9 respectivamente.

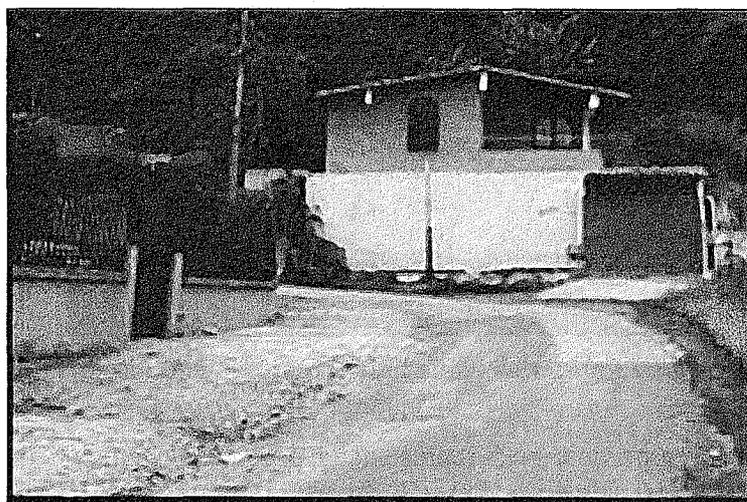
**Tabla 4.1** Coeficiente de Rugosidad n de Manning para la microcuenca El Rincón.

Descripción de la Superficie	n de Manning
Superficies lisas de concreto, asfalto o suelo limpio	0,011
Suelos cultivados o Barbecho	0,050
Pastizal natural	0,130
Pasto denso	0,240
Bosque ligero	0,400
Bosque denso	0.800

Fuente: Ligeramente modificado del coeficiente de Rugosidad n de Manning de USDA-SCS de 1986.

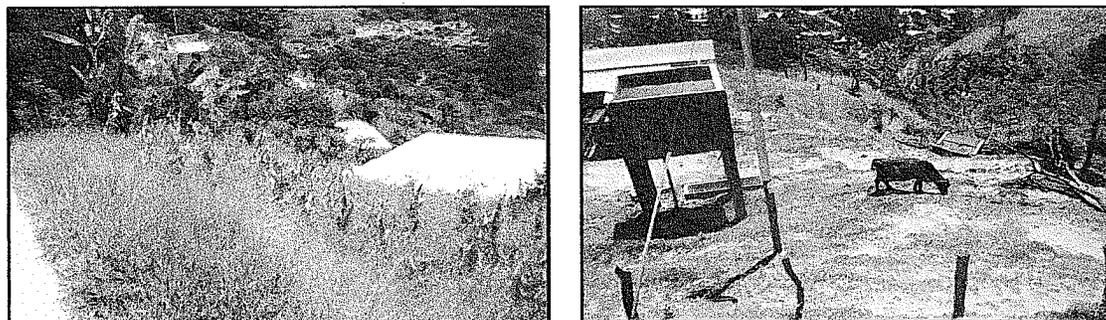
A continuación, la descripción de las superficies asignadas para cada coeficiente n de Manning presente en la microcuenca:

**Superficies lisas de concreto, asfalto o suelo limpio:** esta superficie está representada por la zona urbana, la cual comprende los techos de las casas, las platabandas, las vías pavimentadas y no pavimentadas, y los terrenos de suelo sin cobertura vegetal. Estas superficies presentan una distribución asociada a las vías de acceso a la cuenca, las cuales se encuentran principalmente en la zona media y baja de la cuenca. Véase figuras 4.5 y 4.11.



**Figura 4.5** Superficies lisas de concreto, asfalto y techos de viviendas. Parte baja de la microcuenca.

**Suelos cultivados o Barbecho:** esta superficie comprende todas aquellas áreas cultivadas con pocos residuos o áreas en barbecho sin residuos. En general, la cobertura vegetal es rala (<35% de cobertura) y se halla representada por especies herbáceas de altura menor a los 5 metros. En algunas áreas se observó evidencia de pastoreo. Algunos elementos arbóreos pueden estar presentes de manera aislada dentro de esta superficie. Véase figuras 4.6 y 4.11.



**Figura 4.6** Vegetación herbácea y finca de pastoreo, representando la superficie de suelos cultivados o barbecho.

**Pastizal Natural:** esta superficie se considera relativamente densa, donde la vegetación puede alcanzar alturas de unos 5 metros en promedio. Sus especies se asocian a suelos pobres que pueden estar secos o presentar encharcamiento. Algunas especies de árboles pueden estar presentes de manera aislada en algunas zonas de esta superficie. Su distribución es a manera de mosaicos se presenta hacia la zona media de la cuenca. Véase figuras 4.7 y 4.11.



**Figura 4.7** *Gynierium sagittatum* (caña brava) representando la superficie de Pastizal Natural.

**Pasto denso:** esta superficie está representada por una vegetación de tipo matorral, dominada por especies arbustivas con una cobertura que puede estar entre 35 y 75%, y puede alcanzar un promedio unos 15 metros de altura. En su estado natural presenta especies primarias y en su estado intervenido está constituido por vegetación secundaria.

La distribución de esta unidad se presenta en parches a lo largo de toda la cuenca con una dominancia en la vertiente derecha. Véase figuras 4.8 y 4.11.



**Figura 4.8** Matorral de vegetación secundaria correspondiente a la superficie de pasto denso.

**Bosque ligero:** esta superficie está conformada por vegetación arbórea, bien sea de selva nublada montana baja o de los bosques de ribereños, con un estrato superior mayor de 15 metros en promedio y con un sotobosque altamente intervenido. La distribución de esta unidad se encuentra asociada a las áreas urbanas a lo largo de toda la microcuenca, principalmente parte baja vertiente derecha y parte alta vertiente izquierda. Véase figuras 4.9 y 4.11.



**Figura 4.9** Superficie representativa de bosque ligero.

**Bosque denso:** Esta superficie está representada por una selva siempre verde, con una alta diversidad de árboles, cuyo dosel puede alcanzar entre 20-30 m. Su cobertura es muy densa, mayor de 75%, y se presenta bastante conservada debido a su difícil acceso. La distribución de esta superficie está restringida a la parte alta de la vertiente izquierda de la cuenca. Véase figuras 4.10 y 4.11.



**Figura 4.10** Superficie representativa del bosque denso.

#### 4.1.3 Número de Curva (CN)

Los valores de número de curva CN, obtenidos en la microcuenca El Rincón se visualizan en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2** Número de curvas para la escorrentía, adaptado a la microcuenca el Rincón (condición antecedente de humedad II)

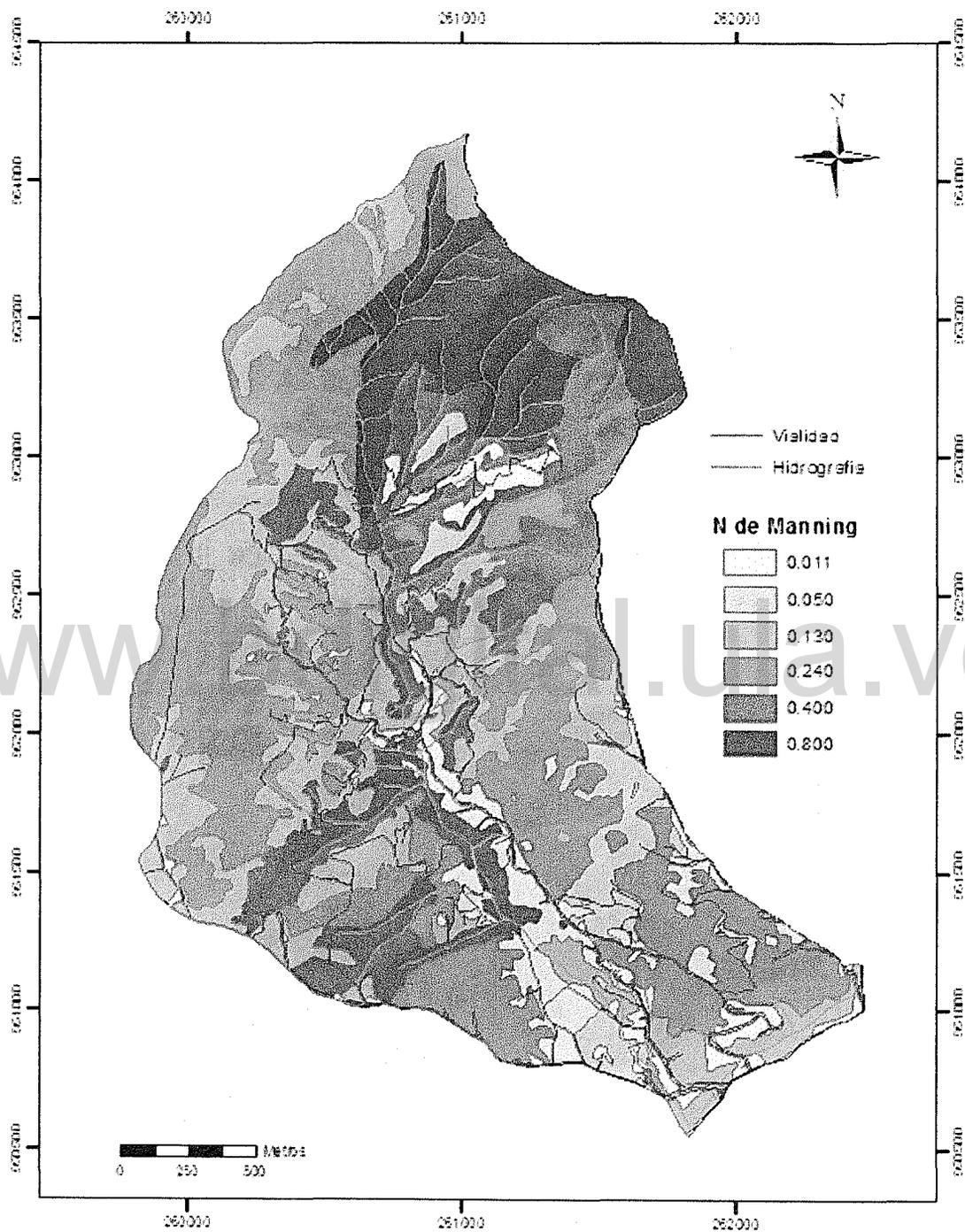
Clase	Condición Hidrológica para la infiltración.	Número de Curva (CN II)			
		A	B	C	D
Camino asfaltado	-----	74	84	90	92
Barbecho	-----	77	86	91	94
Pastizales (Pastos Naturales)	Regulares	49	69	79	84
Pasto de Corte	Buena	30	58	71	78
	Buena	36	60	70	76
Bosques	Regulares	25	52	63	69

Fuente: Adaptado de USDA (1986)

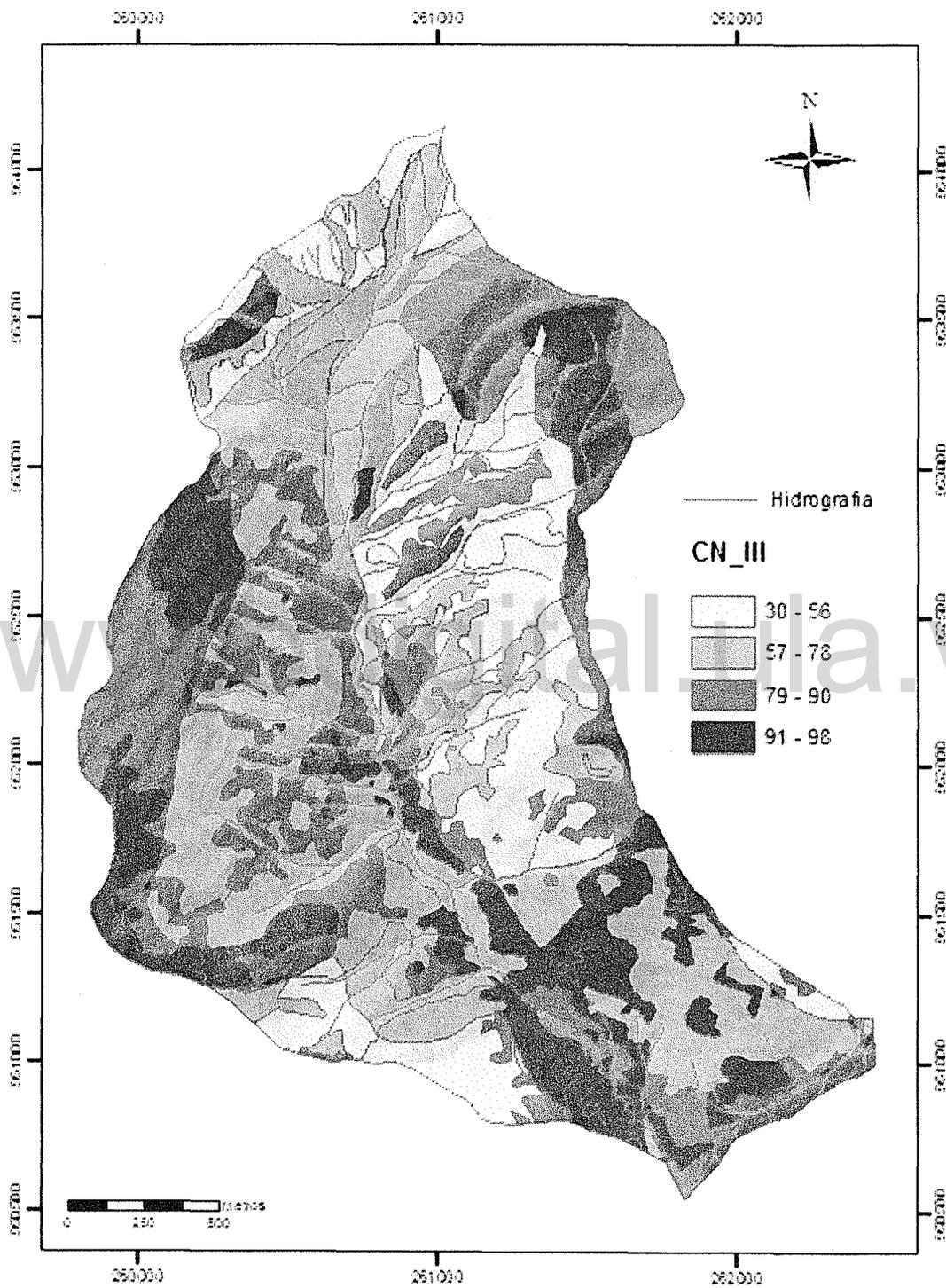
Los valores obtenidos para Número de Curva con condición de humedad III se muestran en la Figura 4.12.

#### 4.1.4 Pendiente

Los valores de pendiente reflejan que la microcuenca El Rincón posee una gran inclinación, pues sus cotas altitudinales crecen bruscamente en pocos kilómetros, lo cual atribuye a su quebrada el comportamiento torrencial (Figura 4.13).



**Figura 4.11** Coeficiente de Rugosidad n de Manning de la microcuenca El Rincón.



**Figura 4.12** Coeficiente CN para la Condición de Humedad CN III de la microcuenca El Rincón.

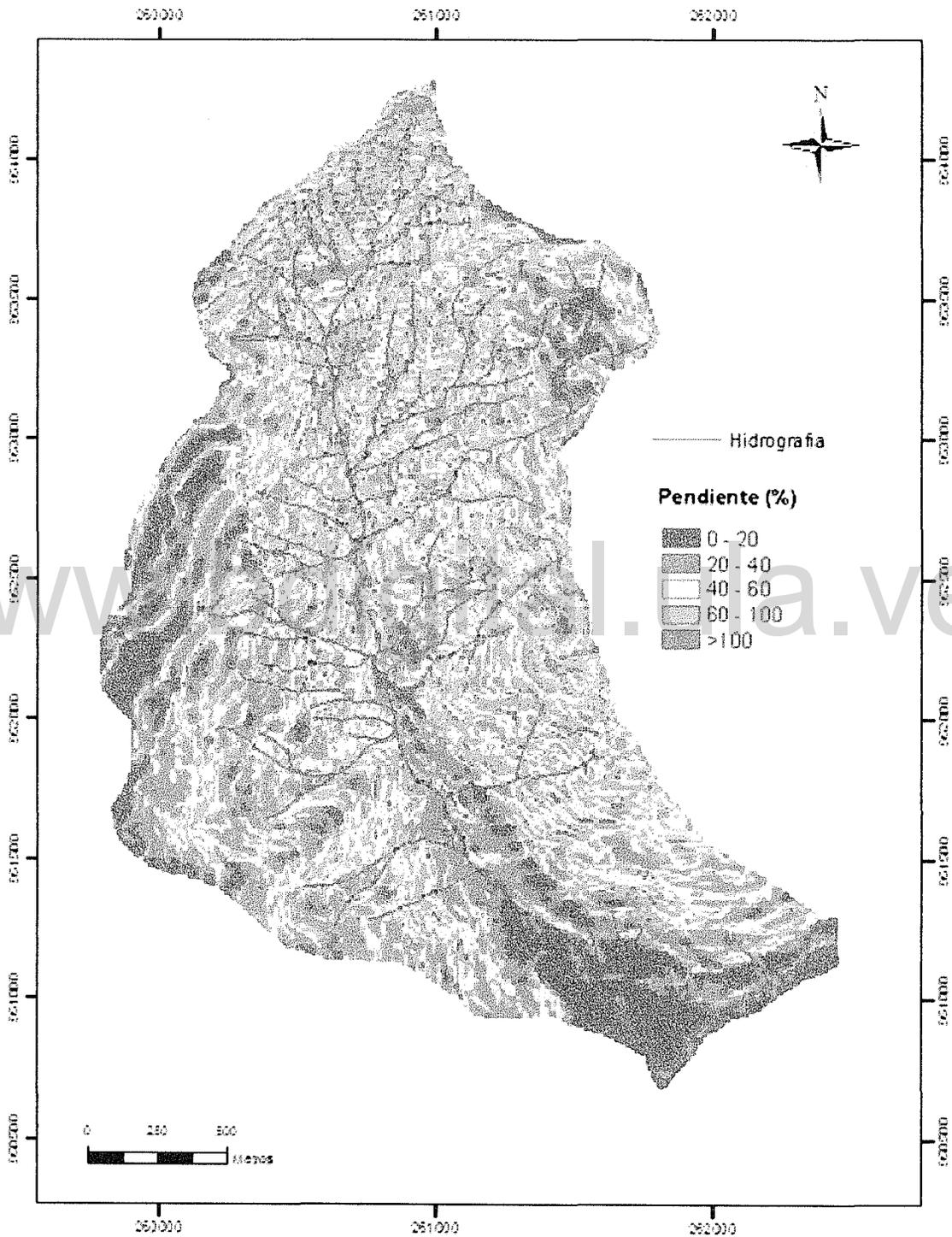


Figura 4.13 Rangos de pendiente en porcentaje de la microcuenca El Rincón.

## 4.2 Resultados del Análisis Hidrológico

### 4.2.1 Resultado de la Conceptualización Hidrológica

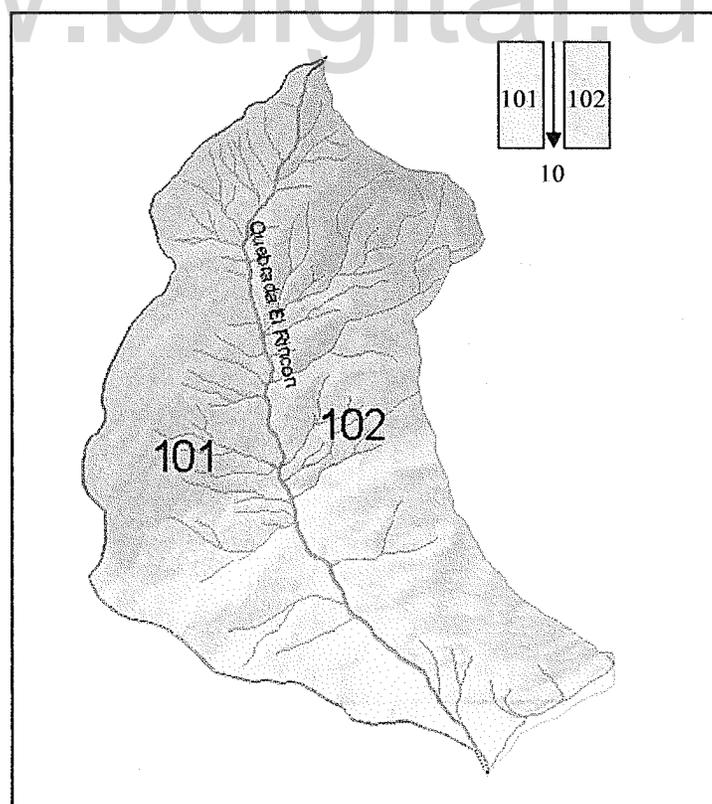
La microcuenca El Rincón se conceptualizó en dos segmentos de escurrimiento (vertientes) y un segmento de escorrentía (cauce principal). En la Figura 39 se presenta la segmentación para efectos de aplicar el modelo.

En la Tabla 4.3 se presentan los valores finales de los parámetros asignados a cada segmento de escorrentía.

**Tabla 4.3** Variables de entrada al modelo de simulación hidrológica.

Microcuenca	Segmento	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Long (m)	Pend (%)	n Mannig	CN III	Área (m <sup>2</sup> )	Pend (m/m)
1	101	2,43	47,92	603,7	45,06	0,243	77,90	2.426.758	
	102	2,64	52,08	655,9	51,04	0,339	73,08	2.643.564	
	10	-	-	4025,7	-	0,05	-	-	0,2

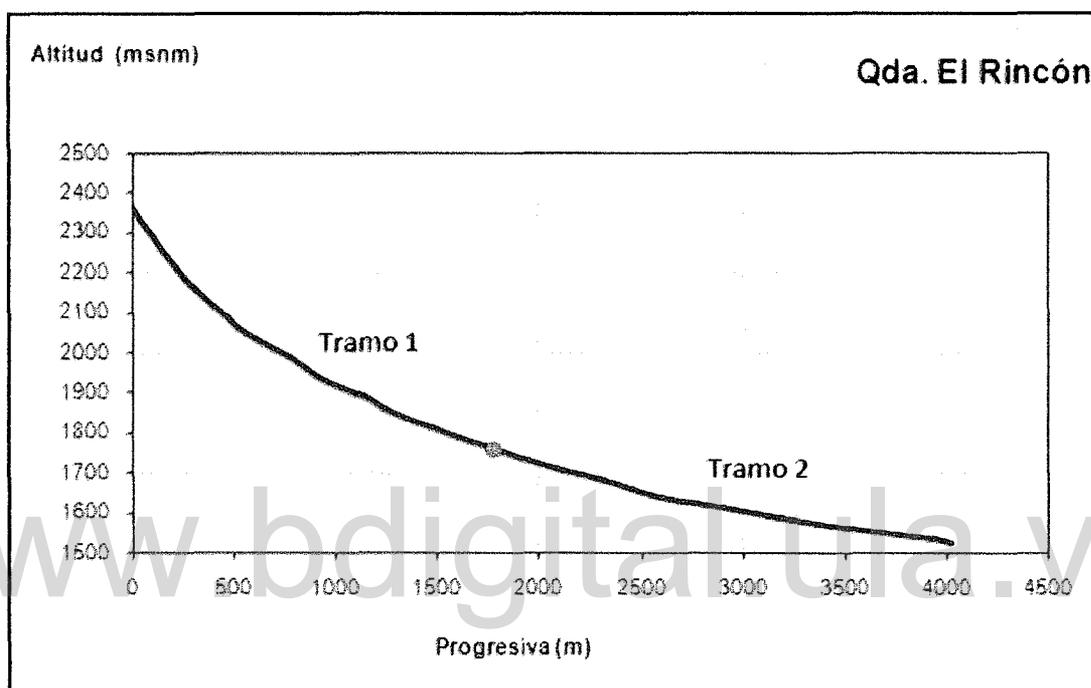
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4.14** Conceptualización hidrológica de la microcuenca. Elaboración propia.

#### 4.2.2 Lluvia de Diseño.

En la Figura 4.15 se pueden apreciar el perfil longitudinal de la quebrada El Rincón.



**Figura 4.15** Perfil longitudinal de la quebrada El Rincón.

En la Tabla 4.4 se presentan los tiempos de concentración parciales, obteniendo un tiempo de concentración total de 0,46 h, es decir 27,6 min. Para efectos de la duración de la lluvia este tiempo se aproximó a 30 minutos.

**Tabla 4.4** Determinación del tiempo de concentración de la microcuenca El Rincón.

Tramo	Longitud (km)	Desnivel (m)	Tc (Horas)
1	1.7689	600	0.16
2	2.2568	235	0.30
		<b>Total</b>	0.46

Fuente: Elaboración propia.

En esta investigación la ecuación para la probabilidad empírica utilizada fue Weibull, por ser una de las más comunes en caso de eventos extremos, y la distribución probabilística que mejor se ajustó fue la distribución de valores extremos Log-Gumbel (Apéndice D). Los valores de lluvia de diseño para las diferentes duraciones se muestran en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5** Lluvias puntuales de diseño (mm) para distintos Tr (\*) de la estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 (1970-1996).

Tr (*)	5min	10min	15min	30min
2	9.8	14.9	19.3	28
5	12.0	17.1	22.2	33.4
10	13.7	18.7	24.3	37.6
20	15.6	20.5	26.6	42.2
50	18.4	22.9	29.9	48.9
100	20.8	24.9	32.6	54.5

\* Tr= Tiempo de retorno.

#### 4.2.3 Hietograma de Diseño.

Los resultados del hietograma de diseño se visualizan en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6.** Hietograma de diseño por el método de los bloques alternos. Estación Mérida-Aeropuerto serial 3047 (1970-1996).

Tr	Lluvia acumulada en (mm)					
	2	5	10	20	50	100
5 min	9.8	12.0	13.7	15.6	18.4	20.8
10 min	14.9	17.1	18.7	20.5	22.9	24.9
15 min	19.3	22.2	24.3	26.6	29.9	32.6
20 min	23.0	27.0	30.1	33.5	38.4	42.4
25 min	25.3	29.7	33.1	36.8	42.1	46.6
30 min	28.0	33.4	37.6	42.2	48.9	54.5

<b>Incrementos de Lluvia en mm</b>						
<b>Tr</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>0-5</b>	9.8	12.0	13.7	15.6	18.4	20.8
<b>5-10</b>	5.1	5.1	5.0	4.9	4.5	4.1
<b>10-15</b>	4.4	5.1	5.6	6.1	7.0	7.7
<b>15-20</b>	3.7	4.8	5.8	6.9	8.5	9.8
<b>20-25</b>	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2
<b>25-30</b>	2.7	3.7	4.5	5.4	6.8	7.9

<b>Método de los Bloques Alternos</b>						
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>5to</b>	2.7	3.7	4.5	4.9	4.5	4.2
<b>3ero</b>	4.4	5.1	5.6	6.1	7.0	7.9
<b>1ero</b>	9.8	12.0	13.7	15.6	18.4	20.8
<b>2do</b>	5.1	5.1	5.8	6.9	8.5	9.8
<b>4to</b>	3.7	4.8	5.0	5.4	6.8	7.7
<b>6to</b>	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1

<b>Hietograma de Lluvia (mm/h)</b>						
<b>Duración (min)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	32.4	44.4	54.0	58.8	54.0	50.4
<b>10</b>	52.8	61.2	67.2	73.2	84.0	94.8
<b>15</b>	117.6	144	164.4	187.2	220.8	249.6
<b>20</b>	61.2	61.2	69.6	82.8	102.0	117.6
<b>25</b>	44.4	57.6	60.0	64.8	81.6	92.4
<b>30</b>	27.6	32.4	36.0	39.6	44.4	49.2

\* Tr= Tiempo de retorno.

#### 4.2.4 Caudales Máximos.

A continuación un resumen de los resultados obtenidos para el segmento de escorrentía al aplicar el modelo EVENTO (Tabla 4.7).

**Tabla 4.7.** Caudales pico, volumen de escorrentía y tiempo pico para el cauce principal para los distintos Tr, según el modelo EVENTO.

Tr (*)	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s)	Escorrentía (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> )	Tiempo pico (min)
2	1.92	0.0187	49.71
5	2.61	0.0242	51.68
10	3.79	0.0309	50.20
20	5.55	0.0394	47.20
50	9.30	0.0536	45.64
100	13.33	0.0678	44.17

\* Tr= Tiempo de retorno.

#### 4.3 Resultados de la Zonificación de la Amenaza Hidrológica

A continuación se presentan los resultados de HEC-RAS y sus posibles escenarios asociados, de acuerdo a cada periodo de retorno. En donde:

Q Total (m<sup>3</sup>/s): Caudal total en la sección.

Min Ch El (m): Cota inferior del cauce en la sección.

W.S.Elev (m): Altura de la lámina de agua.

Crit W.S. (m): Cota de la profundidad crítica.

E.G.Elev (m): Altura de energía.

E.G.Slope: Pendiente de la línea de energía.

Vel Chnl (m/s): Velocidad del agua en el cauce.

Flow Área (m<sup>2</sup>): Superficie mojada en la sección o área de flujo.

Top Width (m): Ancho de la superficie libre del flujo en la sección.

Froude # Chl: Número de Froude.

##### 4.3.1 Escenario Hidrológico para un evento de TR 20 años

Este escenario corresponde a un periodo de retorno de 20 años, de acuerdo a las características de la microcuenca El Rincón, se tienen los siguientes valores: caudal pico de 5,55 m<sup>3</sup>/s, escorrentía de 0,0394 m<sup>3</sup> x10<sup>6</sup> y tiempo pico de 47,20 min. En la Tabla 4.8 los resultados de HEC-RAS y en la Figura 4.16 el escenario de amenaza asociado.

**Tabla 4.8** Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico TR 20 años.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Cauce	3821.763	TR 20	5.55	2326.09	2327.00	2327.62	2329.34	0.200157	7.18	1.68	3.70	2.56
Cauce	3748.541	TR 20	5.55	2272.14	2273.42	2273.42	2273.89	0.024943	3.18	3.55	5.55	0.96
Cauce	3646.050	TR 20	5.55	2202.97	2204.29	2204.29	2204.75	0.033213	3.02	2.25	3.41	0.99
Cauce	3554.973	TR 20	5.55	2150.00	2151.19	2151.19	2151.46	0.027170	2.34	4.50	15.04	0.90
Cauce	3415.185	TR 20	5.55	2091.60	2092.77	2092.77	2093.22	0.024780	3.20	5.40	7.98	0.99
Cauce	3311.065	TR 20	5.55	2044.44	2045.09	2045.09	2045.40	0.047500	3.18	12.62	22.17	1.29
Cauce	3206.072	TR 20	5.55	2020.00	2020.74	2020.74	2021.11	0.035149	3.07	8.88	13.26	1.14
Cauce	3121.234	TR 20	5.55	1995.00	1995.66	1995.66	1995.99	0.040676	3.07	11.01	17.94	1.20
Cauce	3012.553	TR 20	5.55	1947.62	1948.40	1948.40	1948.75	0.031448	2.96	4.35	7.62	1.08
Cauce	2919.999	TR 20	5.55	1923.26	1924.16	1924.16	1924.49	0.026773	2.60	3.34	7.34	0.97
Cauce	2813.962	TR 20	5.55	1900.00	1900.60	1900.60	1900.91	0.050284	3.20	5.85	10.14	1.32
Cauce	2664.815	TR 20	5.55	1865.51	1866.46	1866.46	1866.80	0.024522	2.77	3.07	5.53	0.96
Cauce	2490.427	TR 20	5.55	1825.00	1825.53	1825.53	1825.79	0.036116	2.50	3.37	7.40	1.09
Cauce	2336.839	TR 20	5.55	1795.00	1795.60	1795.60	1795.88	0.045959	3.03	3.52	6.82	1.26
Cauce	2235.363	TR 20	5.55	1775.00	1775.40	1775.40	1775.59	0.067158	2.80	4.04	10.74	1.42
Cauce	2106.671	TR 20	5.55	1756.23	1756.89	1757.28	1758.52	0.358417	5.67	0.99	3.03	3.04
Cauce	1961.007	TR 20	5.55	1734.32	1735.02	1735.18	1735.54	0.085784	3.23	1.93	10.54	1.57
Cauce	1857.186	TR 20	5.55	1720.00	1720.16	1720.21	1720.35	0.245174	2.91	3.90	24.84	2.33
Cauce	1747.354	TR 20	5.55	1700.00	1700.33	1700.40	1700.62	0.128690	3.43	4.71	14.73	1.90
Cauce	1731.14*	TR 20	5.55	1699.32	1699.74	1699.74	1699.93	0.061152	2.75	5.39	14.36	1.36
Cauce	1714.94*	TR 20	5.55	1698.64	1699.26	1699.26	1699.45	0.034173	2.59	5.38	14.24	1.08
Cauce	1698.73*	TR 20	5.55	1697.95	1698.34	1698.41	1698.60	0.084443	3.00	3.87	13.26	1.57
Cauce	1690	Bridge										
Cauce	1682.528	TR 20	5.55	1697.27	1697.66	1697.86	1698.44	0.015554	1.32	3.96	19.65	0.68
Cauce	1585.522	TR 20	5.55	1681.12	1681.83	1681.83	1682.06	0.002430	0.70	3.75	8.54	0.29
Cauce	1483.468	TR 20	5.55	1665.00	1665.03	1665.36	1665.10	8.940811	5.63	0.39	13.57	10.57
Cauce	1319.668	TR 20	5.55	1640.33	1640.83	1641.26	1643.20	0.072839	2.96	1.24	4.78	1.46
Cauce	1198.880	TR 20	5.55	1629.39	1629.57	1629.83	1631.14	0.116131	2.08	3.76	18.85	1.62
Cauce	1092.25	TR 20	5.55	1620.00	1620.47	1620.76	1621.36	0.071038	3.01	1.68	5.25	1.46
Cauce	896.0300	TR 20	5.55	1600.00	1600.34	1600.41	1600.64	0.174970	4.07	7.35	22.72	2.23
Cauce	744.8046	TR 20	5.55	1588.58	1589.18	1589.42	1589.92	0.036175	2.35	2.41	8.02	1.07
Cauce	616.6809	TR 20	5.55	1575.00	1575.28	1575.28	1575.41	0.001935	0.37	4.56	17.29	0.23
Cauce	482.0635	TR 20	5.55	1569.96	1569.88	1570.08	1576.10	0.858109		0.50	10.57	0.00
Cauce	339.7387	TR 20	5.55	1556.83	1557.11	1557.27	1557.83	0.061628	1.73	2.00	15.48	1.22
Cauce	186.2727	TR 20	5.55	1545.55	1545.60	1545.81	1547.44	0.154321	0.88	1.05	17.93	1.45
Cauce	100.9947	TR 20	5.55	1540.00	1540.13	1540.28	1540.84	0.042436	1.05	1.62	14.34	0.93
Cauce	54.10099	TR 20	5.55	1539.86	1539.98	1540.01	1540.07	0.005843	0.36	4.44	44.95	0.34

Fuente: Elaboración propia HEC-RAS.

### 4.3.2 Escenario Hidrológico para un evento de TR de 50 años

Este escenario corresponde a un período de retorno de 50 años, donde de acuerdo a las características de la microcuenca quebrada El Rincón, se tienen los siguientes valores: caudal pico de 9,30 m<sup>3</sup>/s, escorrentía de 0,0536 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup> y tiempo pico de 45,64 min. En la Tabla 4.9 los resultados de HEC-RAS y en la Figura 4.17 el escenario de amenaza asociado.

**Tabla 4.9** Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico TR 50 años.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude H Chl
Cauce	3821.763	TR 50	9.30	2326.09	2327.26	2328.10	2330.51	0.200201	8.67	2.79	4.77	2.68
Cauce	3748.541	TR 50	9.30	2272.14	2273.83	2273.83	2274.45	0.022496	3.72	6.19	7.33	0.96
Cauce	3646.050	TR 50	9.30	2202.97	2204.67	2204.67	2205.29	0.029173	3.54	3.75	4.40	0.98
Cauce	3554.973	TR 50	9.30	2150.00	2151.42	2151.42	2151.77	0.026263	2.78	7.98	15.56	0.92
Cauce	3415.185	TR 50	9.30	2091.60	2093.17	2093.17	2093.75	0.022302	3.74	8.93	9.94	0.99
Cauce	3311.065	TR 50	9.30	2044.44	2045.35	2045.35	2045.78	0.040892	3.73	18.63	23.51	1.27
Cauce	3206.072	TR 50	9.30	2020.00	2021.04	2021.04	2021.56	0.031159	3.63	13.05	14.30	1.13
Cauce	3121.234	TR 50	9.30	1995.00	1995.93	1995.93	1996.39	0.036234	3.64	16.00	19.06	1.20
Cauce	3012.553	TR 50	9.30	1947.62	1948.70	1948.70	1949.17	0.027905	3.48	6.97	10.19	1.07
Cauce	2919.999	TR 50	9.30	1923.26	1924.45	1924.45	1924.88	0.023464	3.04	5.76	9.65	0.96
Cauce	2813.962	TR 50	9.30	1900.00	1900.85	1900.85	1901.29	0.045069	3.82	8.41	10.50	1.32
Cauce	2664.815	TR 50	9.30	1865.51	1866.76	1866.76	1867.20	0.022080	3.23	4.96	6.92	0.96
Cauce	2490.427	TR 50	9.30	1825.00	1825.75	1825.75	1826.09	0.031929	2.94	5.04	8.26	1.09
Cauce	2336.839	TR 50	9.30	1795.00	1795.83	1795.83	1796.21	0.040668	3.57	5.22	7.55	1.25
Cauce	2235.363	TR 50	9.30	1775.00	1775.56	1775.56	1775.83	0.059813	3.32	5.82	11.22	1.42
Cauce	2106.671	TR 50	9.30	1756.23	1757.01	1757.52	1759.44	0.406986	6.94	1.40	3.59	3.35
Cauce	1961.007	TR 50	9.30	1734.32	1735.15	1735.36	1735.83	0.082984	3.81	3.40	11.08	1.61
Cauce	1857.186	TR 50	9.30	1720.00	1720.20	1720.30	1720.55	0.319670	3.87	4.92	24.99	2.76
Cauce	1747.354	TR 50	9.30	1700.00	1700.47	1700.56	1700.87	0.110697	4.03	6.80	15.15	1.87
Cauce	1731.14 <sup>o</sup>	TR 50	9.30	1699.32	1699.89	1699.89	1700.15	0.055916	3.26	7.70	14.94	1.38
Cauce	1714.94 <sup>o</sup>	TR 50	9.30	1698.64	1699.42	1699.42	1699.67	0.035599	3.10	7.71	15.22	1.15
Cauce	1698.73 <sup>o</sup>	TR 50	9.30	1697.95	1698.46	1698.55	1698.81	0.080445	3.52	5.48	14.15	1.61
Cauce	1690	Bridge										
Cauce	1682.528	TR 50	9.30	1697.27	1697.76	1698.00	1698.70	0.019575	1.72	5.94	22.68	0.79
Cauce	1585.522	TR 50	9.30	1681.12	1681.45	1682.03	1690.56	1.074717	7.62	0.89	5.87	5.10
Cauce	1483.468	TR 50	9.30	1665.00	1665.50	1665.50	1665.73	0.001757	0.53	7.38	16.27	0.24
Cauce	1319.668	TR 50	9.30	1640.33	1641.52	1641.52	1641.89	0.001929	0.92	5.79	8.40	0.28
Cauce	1198.880	TR 50	9.30	1629.39	1629.98	1629.98	1630.22	0.002033	0.63	12.11	22.03	0.26
Cauce	1092.25	TR 50	9.30	1620.00	1620.26	1621.02	1628.59	3.013357	12.55	0.74	3.74	8.51
Cauce	896.0300	TR 50	9.30	1600.00	1600.58	1600.58	1600.86	0.080360	3.94	12.99	24.26	1.65
Cauce	744.8046	TR 50	9.30	1588.58	1589.25	1589.65	1590.76	0.054945	3.14	2.96	8.89	1.35
Cauce	616.8909	TR 50	9.30	1575.00	1575.39	1575.39	1575.58	0.001720	0.44	6.56	17.88	0.23
Cauce	482.0635	TR 50	9.30	1569.96	1569.92	1570.16	1574.34	0.385534		1.00	14.90	0.00
Cauce	339.7387	TR 50	9.30	1556.83	1557.16	1557.36	1558.10	0.052234	1.84	2.84	17.50	1.16
Cauce	186.2727	TR 50	9.30	1545.55	1545.63	1545.88	1547.67	0.107820	1.15	1.72	20.18	1.35
Cauce	100.9947	TR 50	9.30	1540.00	1540.16	1540.38	1541.30	0.050477	1.34	2.14	15.26	1.08
Cauce	54.10099	TR 50	9.30	1539.86	1540.00	1540.05	1540.18	0.009000	0.50	5.37	45.90	0.43

Fuente: Elaboración propia HEC-RAS.

#### 4.3.3 Escenario Hidrológico para un evento de TR de 100 años

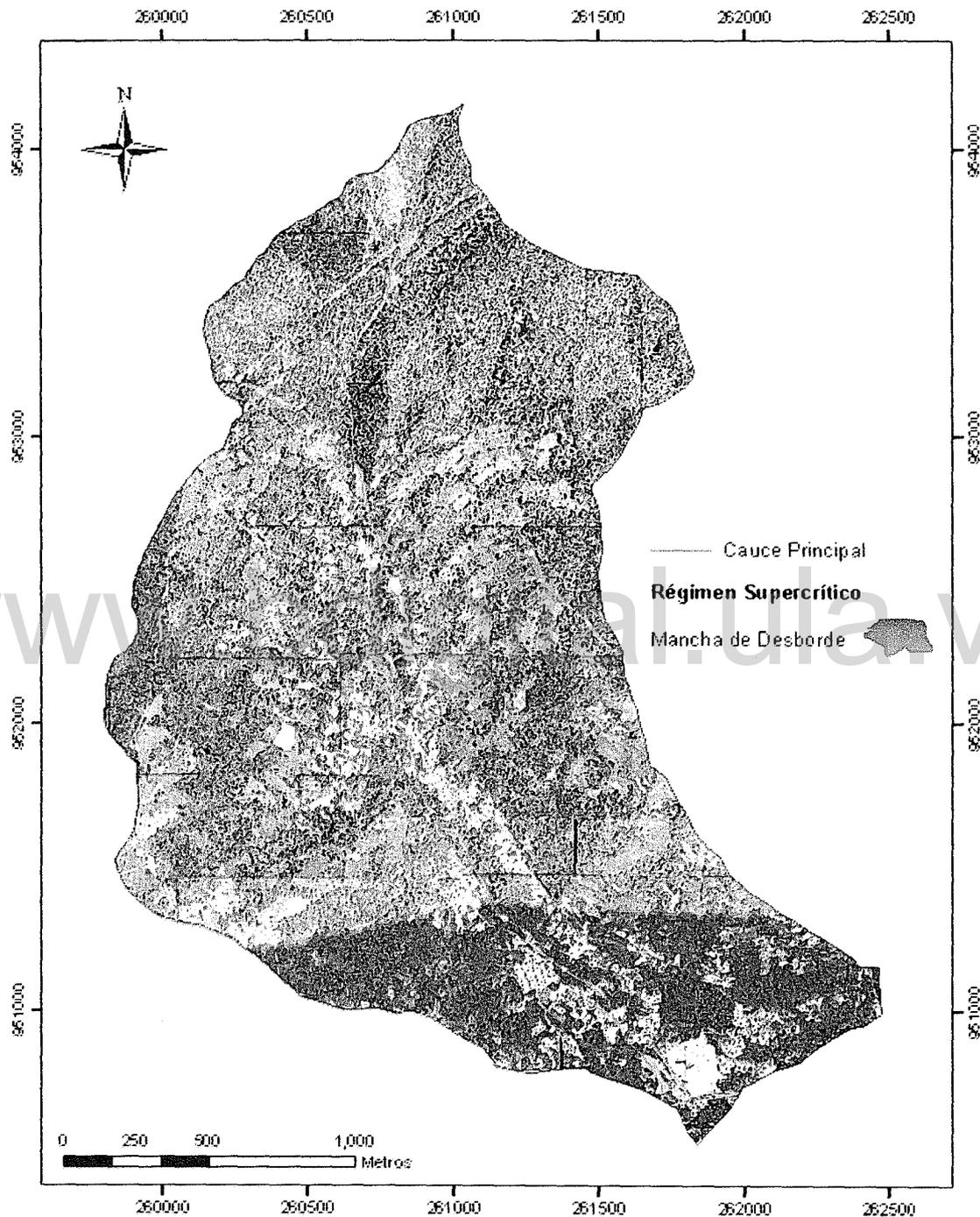
Este escenario corresponde a un periodo de retorno de 100 años, donde de acuerdo a las características de la microcuenca quebrada El Rincón, se tienen los siguientes valores: caudal pico de 13,33 m<sup>3</sup>/s, escorrentía de 0,0678 m<sup>3</sup> x10<sup>6</sup> y tiempo pico de 44,17 min. En la Tabla 4.10 los resultados de HEC-RAS y en la Figura 4.18 el escenario de amenaza asociado.

**Tabla 4.10** Resumen de los resultados de HEC-RAS para un régimen supercrítico TR 100 años.

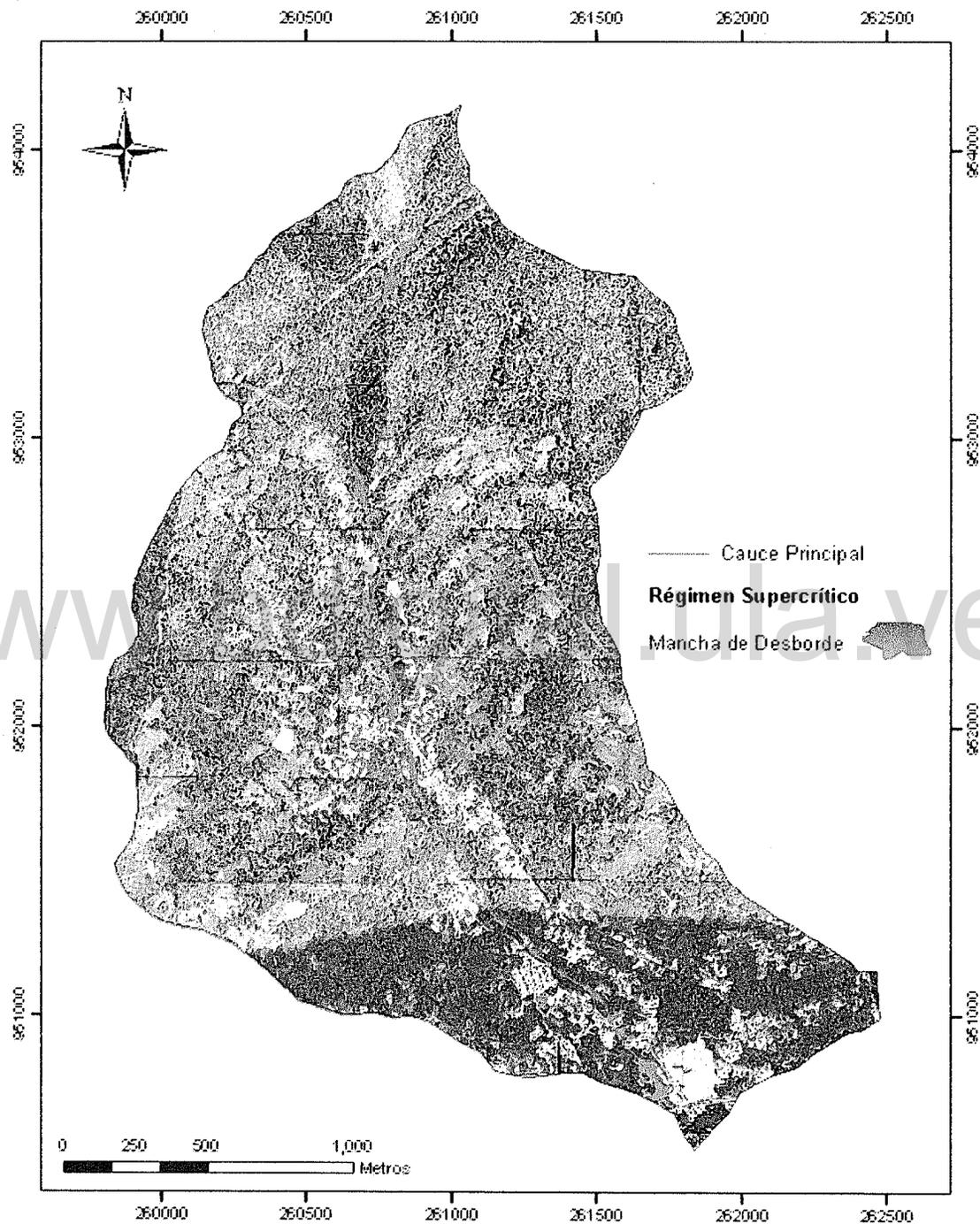
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Cauce	3821.763	TR 100	13.33	2326.09	2327.48	2328.51	2331.53	0.200242	9.85	3.97	5.68	2.77
Cauce	3748.541	TR 100	13.33	2272.14	2274.19	2274.19	2274.93	0.020927	4.14	9.14	8.92	0.96
Cauce	3646.050	TR 100	13.33	2202.97	2205.03	2205.03	2205.78	0.026360	3.94	5.47	5.30	0.97
Cauce	3554.973	TR 100	13.33	2150.00	2151.62	2151.62	2152.05	0.026119	3.16	11.10	16.02	0.95
Cauce	3415.185	TR 100	13.33	2091.60	2093.51	2093.51	2094.21	0.020915	4.17	12.66	11.65	0.99
Cauce	3311.065	TR 100	13.33	2044.44	2045.58	2045.58	2046.13	0.038231	4.22	24.24	24.70	1.27
Cauce	3206.072	TR 100	13.33	2020.00	2021.33	2021.33	2021.97	0.028563	4.08	17.23	15.27	1.13
Cauce	3121.234	TR 100	13.33	1995.00	1996.19	1996.19	1996.76	0.033300	4.09	20.93	20.10	1.20
Cauce	3012.553	TR 100	13.33	1947.62	1948.98	1948.98	1949.55	0.025614	3.88	10.16	13.32	1.07
Cauce	2919.999	TR 100	13.33	1923.26	1924.70	1924.70	1925.23	0.021689	3.38	8.44	11.68	0.96
Cauce	2813.962	TR 100	13.33	1900.00	1901.09	1901.09	1901.64	0.041204	4.29	10.93	10.85	1.31
Cauce	2664.815	TR 100	13.33	1865.51	1867.02	1867.02	1867.54	0.020697	3.58	6.94	8.12	0.96
Cauce	2490.427	TR 100	13.33	1825.00	1825.94	1825.94	1826.36	0.029287	3.28	6.71	9.04	1.08
Cauce	2336.839	TR 100	13.33	1795.00	1796.05	1796.05	1796.52	0.037198	3.98	6.93	8.21	1.24
Cauce	2235.363	TR 100	13.33	1775.00	1775.71	1775.71	1776.05	0.055392	3.74	7.53	11.65	1.42
Cauce	2106.671	TR 100	13.33	1756.23	1757.12	1757.75	1760.23	0.432271	7.88	1.80	4.07	3.54
Cauce	1961.007	TR 100	13.33	1734.32	1735.27	1735.51	1736.07	0.080315	4.25	4.73	11.55	1.64
Cauce	1857.186	TR 100	13.33	1720.00	1720.24	1720.38	1720.72	0.345598	4.57	5.99	25.16	2.96
Cauce	1747.354	TR 100	13.33	1700.00	1700.58	1700.71	1701.11	0.111341	4.65	8.50	15.48	1.95
Cauce	1731.14	TR 100	13.33	1699.32	1700.04	1700.04	1700.36	0.052503	3.67	9.89	15.46	1.38
Cauce	1714.94	TR 100	13.33	1696.64	1699.56	1699.56	1699.86	0.036179	3.51	9.91	16.08	1.19
Cauce	1698.73	TR 100	13.33	1697.95	1698.56	1698.68	1699.00	0.078662	3.94	6.95	14.92	1.64
Cauce	1690	Bridge										
Cauce	1682.528	TR 100	13.33	1697.27	1697.94	1698.13	1698.58	0.007828	1.34	10.44	27.45	0.53
Cauce	1585.522	TR 100	13.33	1681.12	1682.21	1682.21	1682.58	0.001851	0.84	7.29	10.49	0.27
Cauce	1483.468	TR 100	13.33	1665.00	1665.63	1665.63	1665.91	0.001617	0.59	9.56	17.03	0.24
Cauce	1319.668	TR 100	13.33	1640.33	1641.74	1641.74	1642.18	0.001747	1.00	7.81	9.57	0.28
Cauce	1198.890	TR 100	13.33	1629.39	1630.12	1630.12	1630.42	0.001811	0.68	15.14	22.84	0.26
Cauce	1092.25	TR 100	13.33	1620.00	1620.37	1621.23	1628.87	1.407965	11.05	1.16	4.48	6.20
Cauce	896.0300	TR 100	13.33	1600.00	1600.73	1600.73	1601.08	0.074796	4.44	16.74	25.23	1.66
Cauce	744.8046	TR 100	13.33	1588.58	1589.34	1589.83	1591.40	0.053398	3.42	3.81	10.09	1.36
Cauce	616.6809	TR 100	13.33	1575.00	1575.49	1575.49	1575.74	0.001614	0.50	8.43	18.41	0.23
Cauce	482.0635	TR 100	13.33	1569.96	1569.95	1570.23	1574.54	0.319822		1.40	17.66	0.00
Cauce	339.7387	TR 100	13.33	1556.83	1557.19	1557.45	1558.52	0.059570	2.12	3.38	18.48	1.26
Cauce	186.2727	TR 100	13.33	1545.55	1545.65	1545.92	1548.59	0.132818	1.46	2.06	21.23	1.56
Cauce	100.9947	TR 100	13.33	1540.00	1540.20	1540.46	1541.71	0.053940	1.57	2.66	16.11	1.13
Cauce	54.10099	TR 100	13.33	1539.86	1540.02	1540.08	1540.24	0.012631	0.66	6.77	63.28	0.53

Fuente: Elaboración propia HEC-RAS.

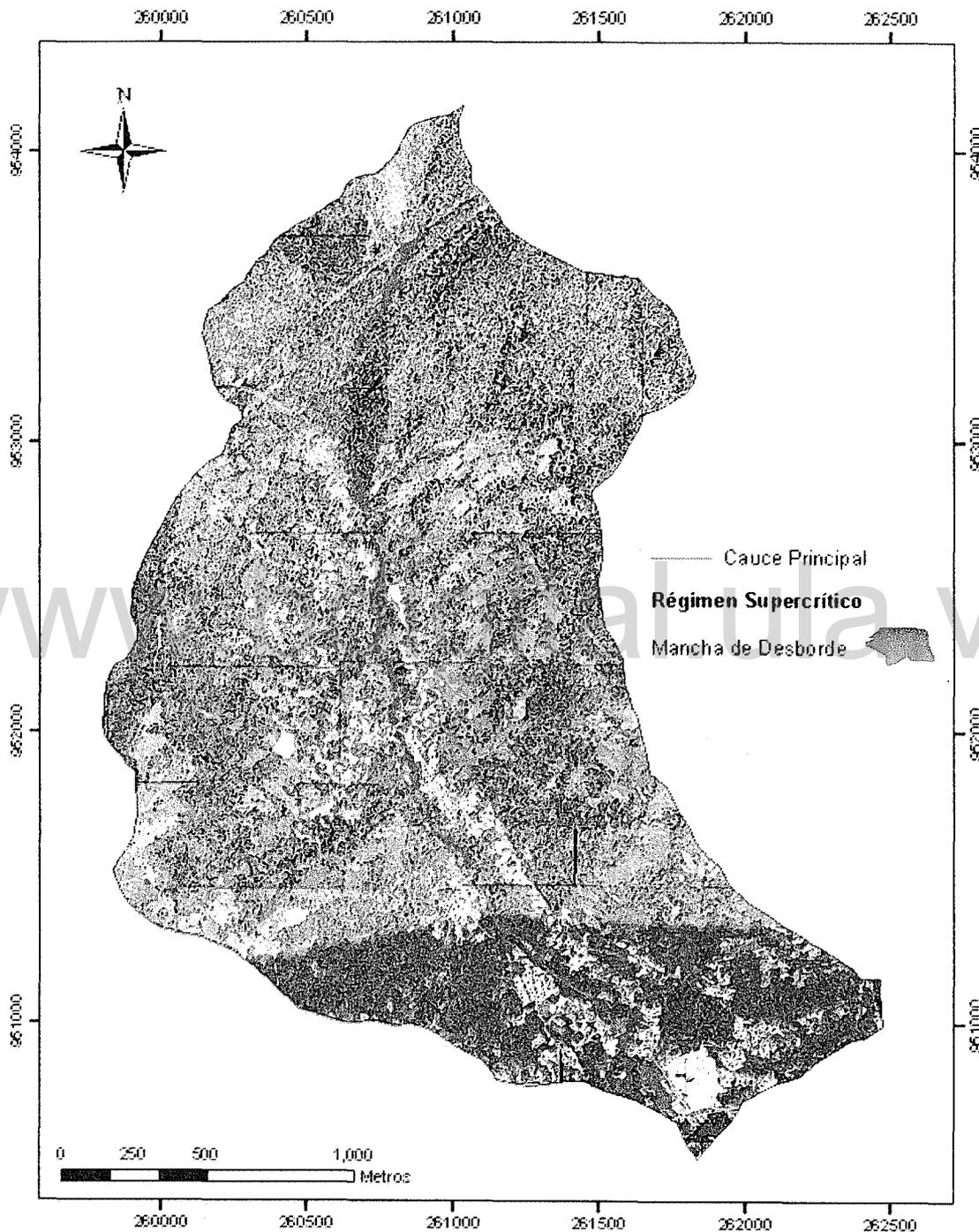
Finalmente, en la Figura 4.19 se puede visualizar la microcuenca quebrada El Rincón con las manchas de desborde para los tres periodos de retorno considerados, ampliándose una de las áreas de desborde de la parte media, con el objetivo de reflejar la diferencia visual que se presenta entre las mismas a lo largo de toda la microcuenca.



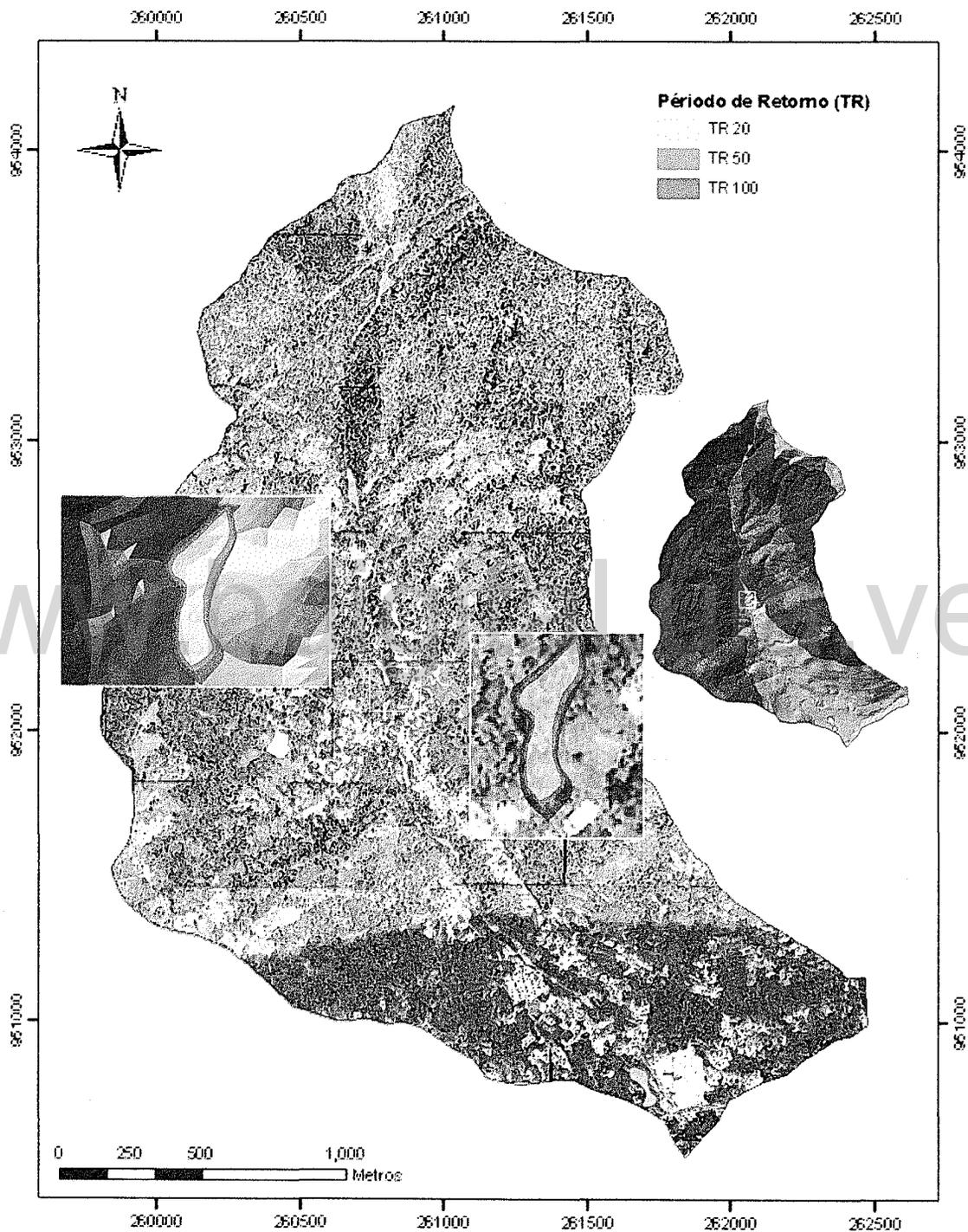
**Figura 4.16** Escenario de amenaza de la microcuenca quebrada El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con un TR = 20 años.



**Figura 4.17** Escenario de amenaza de la microcuenca quebrada El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con un TR = 50 años.



**Figura 4.18** Escenario de amenaza de la microcuenca quebrada El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con un TR = 100 años.



**Figura 4.19** Amenaza de la microcuenca quebrada El Rincón ante un evento hidrológico extremo de régimen supercrítico con los distintos periodos de retorno.

#### 4.4 Análisis de Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo observar que el tiempo pico no se asemeja al tiempo de concentración de la microcuenca (30 min.). En tendencia general se observa que el tiempo pico se halla entre los 40 y 50 min para los distintos periodos de retorno, lo cual indica que un evento hidrológico extremo en esta microcuenca no sería tan repentino, pues se ha considerado un CN III, es decir una condición de saturación de los suelos. Entonces, de acuerdo a los datos analizados en esta investigación, se estima que la avenida al menos tardaría una hora en ocurrir, luego de iniciada la lluvia.

En cuanto al modelo EVENTO se pudo notar que al comparar los valores obtenidos para los distintos TR considerados (20, 50 y 100 años) con mediciones sencillas promedio tomadas en campo para la parte media y baja de la microcuenca ( $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en época de sequía, representaron un incremento aproximado a 25, 37 y 62 veces el caudal registrado para el momento de las mediciones.

La amenaza de desborde se visualizó en la parte alta, media y baja de la microcuenca, mostrando cierta incertidumbre en el modelo respecto a la consideración de la pendiente, ya que se cree poco probable la extensión de las manchas hacia las vertientes en la parte alta de la microcuenca, esto teniéndose en cuenta las acusadas inclinaciones existentes en esta zona.

En cuanto a las velocidades, en términos generales se observó que las mayores velocidades corresponden a las secciones de mayor altitud para los distintos periodos de retorno analizados. Esto es debido a que en estas secciones las pendientes también son las más pronunciadas, lo cual condiciona un flujo más rápido en estas áreas.

Por otra parte, el modelo reflejó que luego de cada mancha de desborde las velocidades disminuyen, mostrando una relación entre la pérdida de caudal y la pérdida de velocidad en el canal. Para TR = 20 años, se encontraron velocidades que estuvieron entre 7,18 m/s a 0,36 m/s, mientras que para TR = 50 años se encontraron entre 12,55 m/s y 0,50 m/s y para TR = 100 años entre 11,05 y 0,50 m/s. La tendencia general de las velocidades y el periodo de retorno, reflejó una relación proporcional entre el incremento de la velocidad y el incremento del período de retorno. Sin embargo, la mayor velocidad alcanzada no obedeció al periodo de retorno de 100 años, sino al periodo de 50 años, mostrando que el incremento o disminución de la velocidad de las mismas van a depender, en gran medida, de la capacidad de extensión de la mancha de desborde y ésta a su vez de la geometría de la microcuenca. Del mismo modo, se pudo observar que la ubicación de las secciones de desborde de la quebrada fueron las mismas para todos los periodos de retorno, variando únicamente la extensión de la mancha de desborde. Ello con algunas excepciones, para 100 años de retorno donde se encontraron zonas de desborde no reflejadas en los períodos de 20 y 50 años.

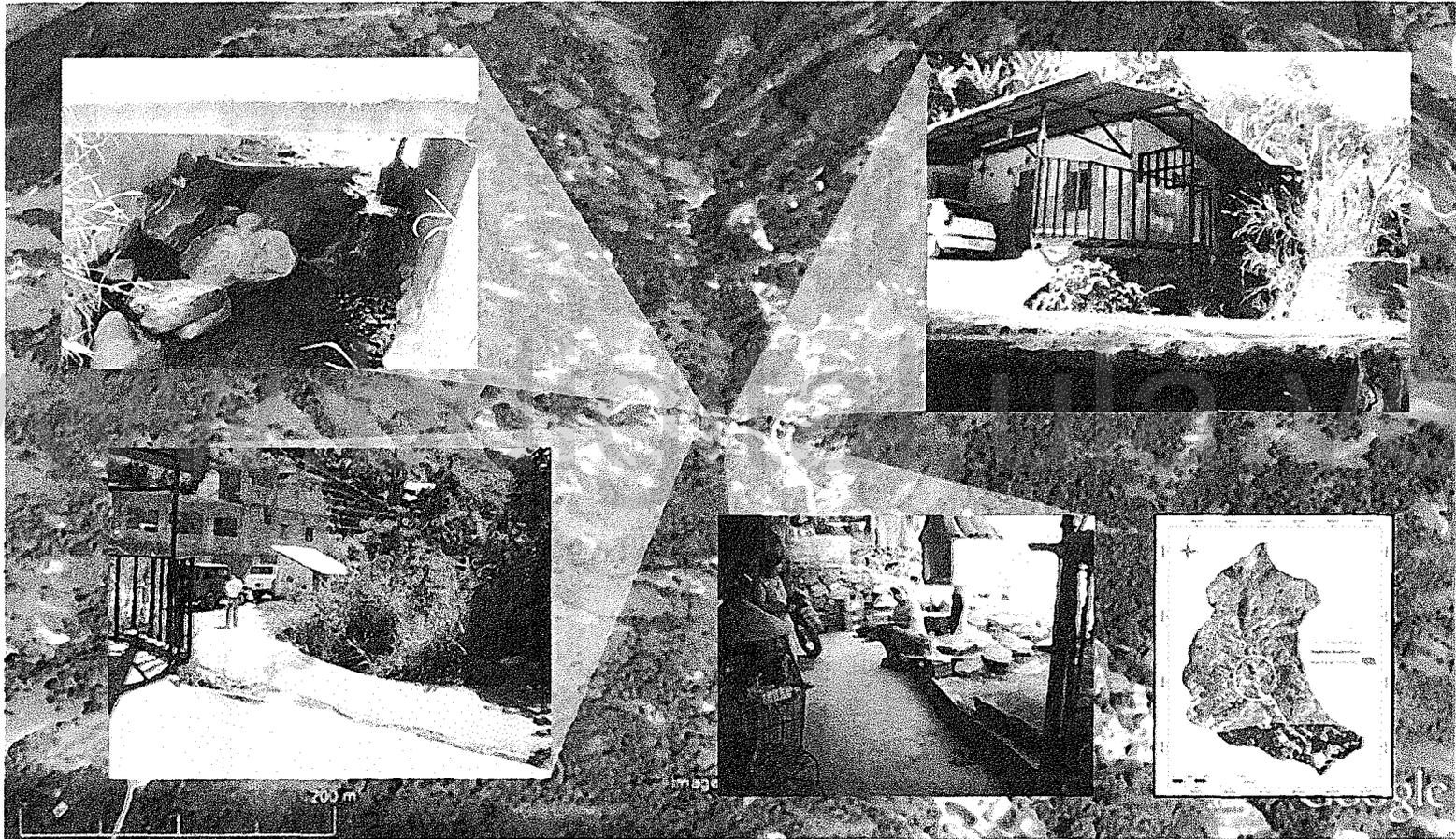
Asimismo, no se observaron grandes variaciones en la extensión de la mancha para los distintos períodos de retorno, hallándose una variación cercana a los dos metros lineales (medidos perpendiculares al cauce y entre ambos bordes de las manchas) entre los períodos de 20 y 50 años y una variación entre los 4 y 6 metros aproximadamente para

los 50 y 100 años, es decir el doble de la encontrada entre los períodos de retorno de 20 y 50 años.

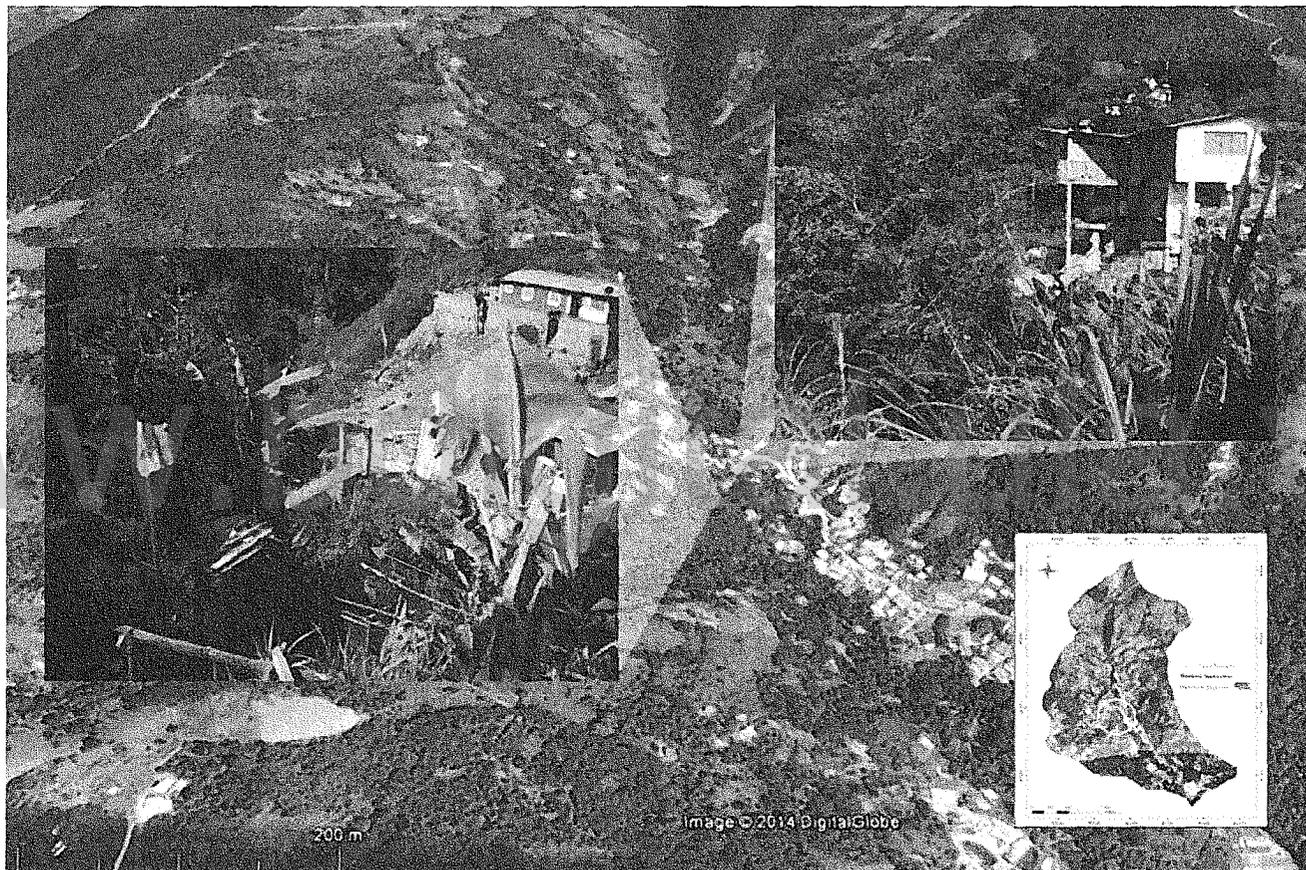
El modelo mostró concordancia con la realidad, ya que varios de los sectores señalados como zonas de amenaza bajo la simulación, se corresponden a lugares de desbordamientos reseñados por los pobladores y FUNDEM, en las crecidas de 1987 y 2010. Existen muchas zonas de amenaza hidrológica, sin embargo especial interés presentan la parte media y baja de la microcuenca, donde existe vulnerabilidad y latente riesgo en las poblaciones asentadas en estos espacios.

Uno de los sectores en riesgo, probablemente el más vulnerable, es el sector del puente ubicado en la parte media donde existe una gran cantidad de viviendas, un estrechamiento inducido del cauce y un puente de baja altura y capacidad. En este sector se pudieron observar evidencias de desbordamiento, socavación y dirección de desborde de la crecida y la simulación en este punto reportó una zona de desborde, lo cual se puede visualizar en la Figura 4.20. Otro sector de la parte media, se ubica unos metros aguas abajo del sector el puente, allí se encuentran casas construidas muy cercanas al lecho del río. En la Figura 4.21 se observa la tipología constructiva improvisada y la persistencia de las comunidades por ocupar estos espacios, la cual aumenta su vulnerabilidad ante un evento adverso.

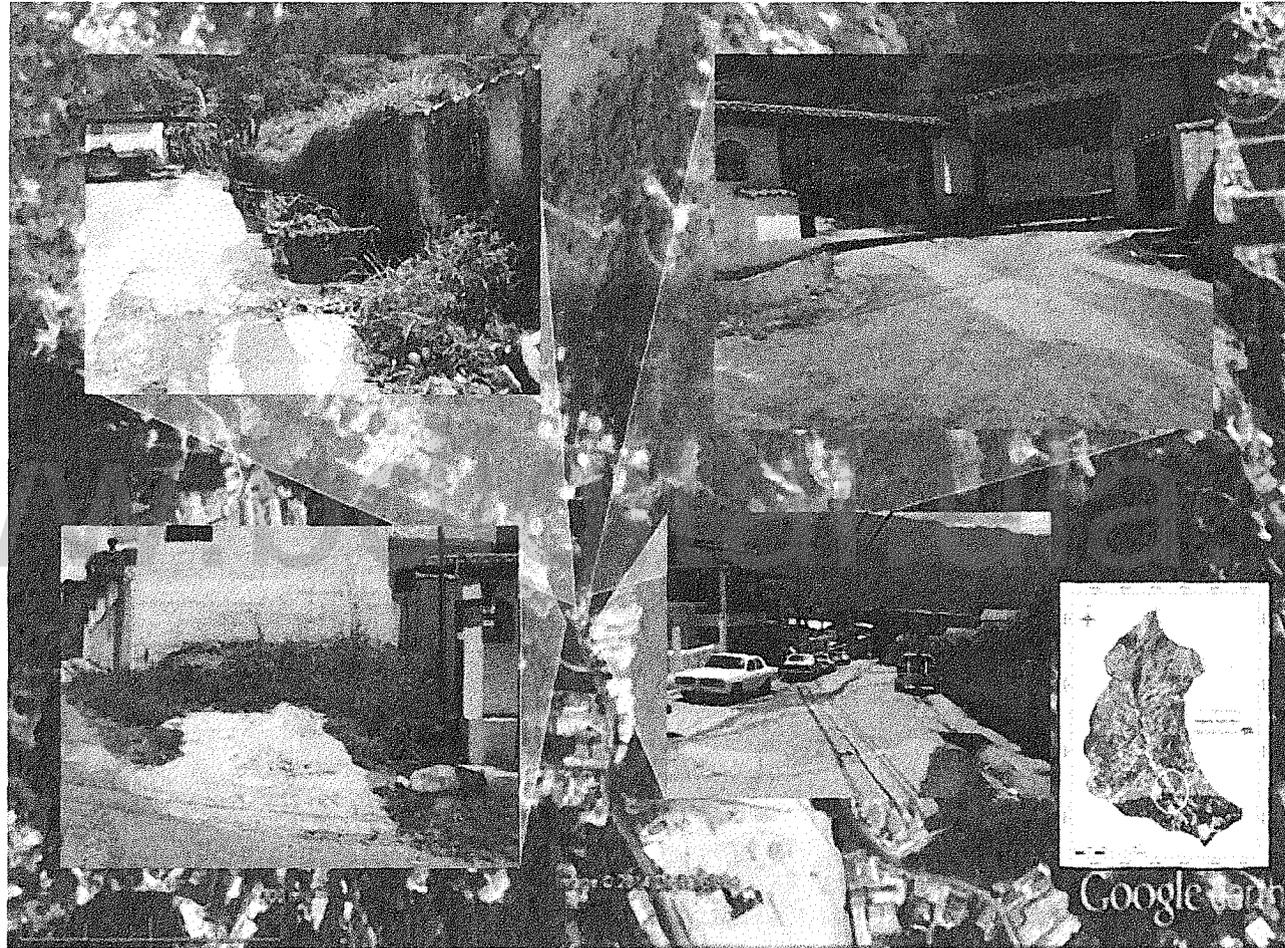
En la parte baja, en el sector Lumonty se halla un zanjón totalmente colmatado, el cual en diversas oportunidades se desborda inundando la calle y afectando las casas vecinas, según los habitantes en reiteradas ocasiones el cauce ha arrancado el portón e invadido la calle arrastrando incluso vehículos a su paso, véase Figura 4.22. Los vecinos a través del consejo comunal en cooperación con la alcaldía del municipio Libertador consiguieron una canalización de la quebrada en este punto. Sin embargo, dicha canalización no contribuyó significativamente al problema, ya que los sedimentos arrastrados por la quebrada son de gran tamaño y rápidamente colmatan el canal, haciendo que el desbordamiento se produzca inundando toda la calle principal y aumentando el riesgo aguas abajo. Adicionalmente, en este sector se pudo conocer que muchas de las casas no poseen un sistema de aguas negras, incluso algunas todavía funcionan como pozo séptico lo que ante una situación de anegación representaría un alto riesgo de contaminación para estas comunidades. Otro punto de la parte baja que resulta muy vulnerable es la finalización de la calle principal de la Urbanización Lumonty donde se halla la Capilla del Colegio Micaeliano, la cual también ha sido afectada en crecidas anteriores. De acuerdo a la simulación hidrológica, esta superficie junto con las quintas de la parte baja de la microcuenca serían gravemente afectadas ante un evento hidrológico extremo. Al observar la Figura 4.23 se observa que de acuerdo simulación también aparece en condición de riesgo parte del área actualmente destinada a la construcción del IPASME; sin embargo de acuerdo a la red de control de drenaje, el encofrado y muro de contención considerado para su estructura, está pudiera ser la construcción más segura de la parte baja de la microcuenca.



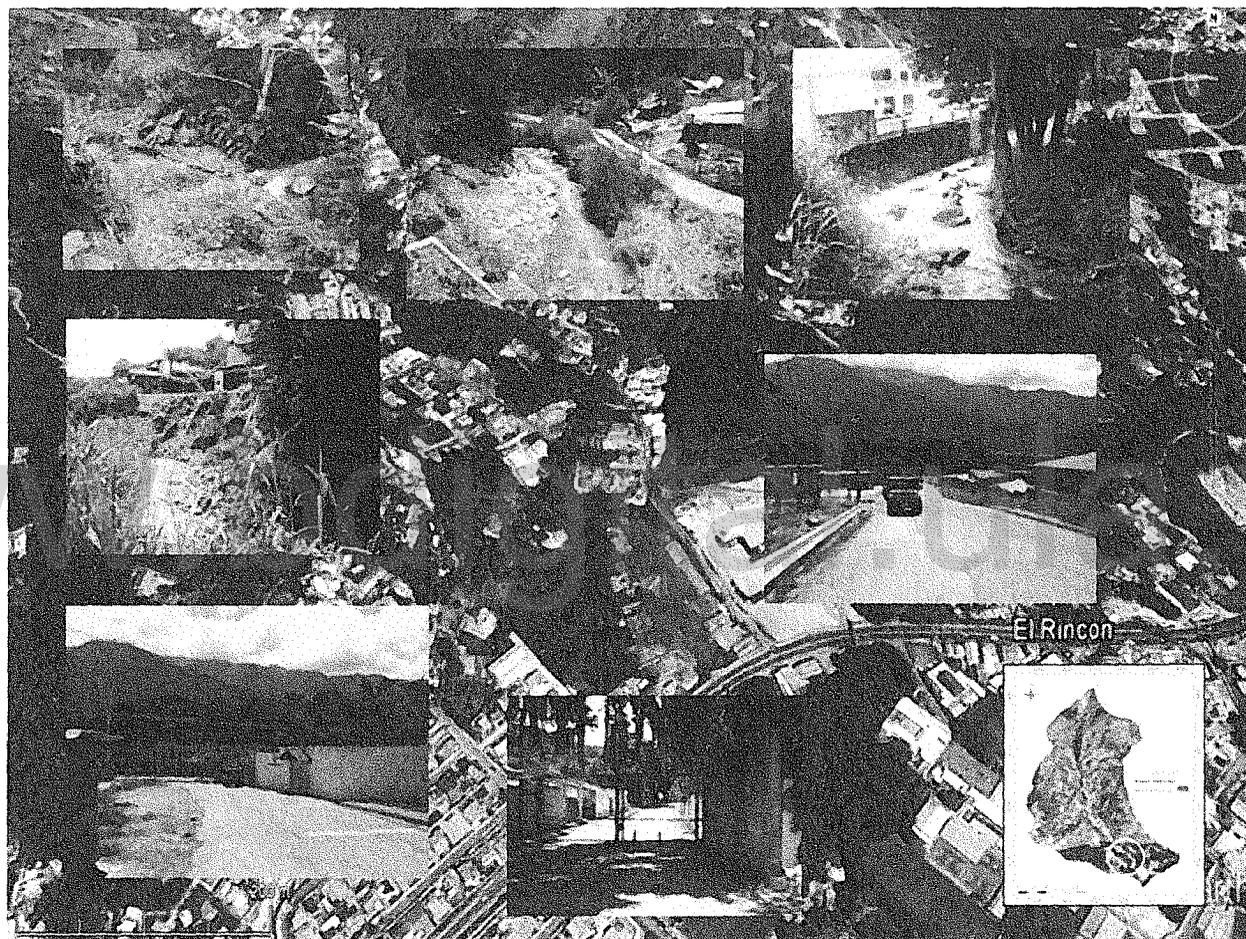
**Figura 4.20** Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte media de la microcuenca El Rincón. Sector El Puente. Nótese en las fotografías la sección del puente colmatada de sedimentos.



**Figura 4.21** Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte media de la microcuenca El Rincón. Metros abajo del Sector El Puente. Nótese la vulnerabilidad de estas construcciones improvisadas y su cercanía al cauce.

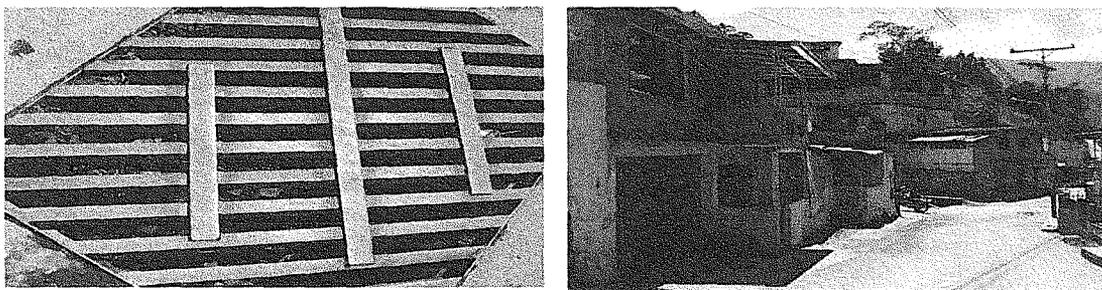


**Figura 4.22** Zona de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte baja de la microcuenca El Rincón. Sector Lumonty. Nótese la dirección y los rastros en la pared del nivel alcanzado por la quebrada en su última crecida.



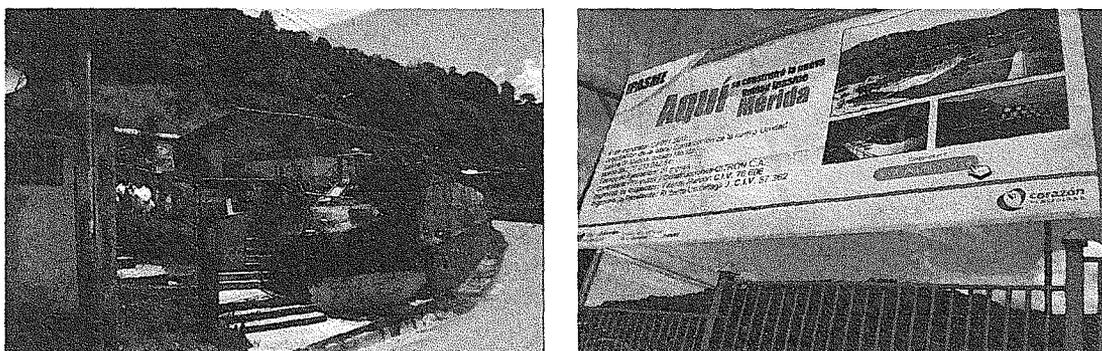
**Figura 4.23** Zonas de riesgo ante un evento hidrológico extremo en la parte baja de la microcuenca El Rincón. Sector Lumonty-Vía principal. Nótese como la quebrada arranca los árboles de raíz.

La parte media de la microcuenca es un área de especial interés, sobre todo el "Sector El Puente" a causa de que topográficamente en esta área existe una disminución de la pendiente que propicia un punto de desborde de alta velocidad, esto debido a que el cauce proviene de la parte alta de la cuenca donde las pendientes son pronunciadas y el cauce es entallado, ello aumenta la fuerza de arrastre de materiales, que bajo las condiciones constructivas del puente pudiera generar fácilmente taponamiento y/o represamiento del cauce, lo que empeoraría mucho más la condición de riesgo. Además como se puede observar en la Figura 4.24 el sistema de alcantarillado se halla sin mantenimiento y faltan aceras, lo que favorece la entrada del agua hacia las viviendas ante un desbordamiento de la quebrada.



**Figura 4.24** Deficiencias de mantenimiento en el sistema de alcantarillado de desagüe (izquierda) y falta de aceras del lado izquierdo de la calle (derecha). Parte Media. Sector El Puente.

En función de este diagnóstico se pudieran considerar como sitios de resguardo, los correspondientes a la Figura 4.25, la unidad educativa estatal El Rincón en la parte media y el futuro IPASME en la parte baja. Además, la unidad educativa estatal El Rincón posee un ambulatorio al frente y una iglesia al lado, lo que propicia esta área como un área de protección de la comunidad ante un evento hidrológico extremo.



**Figura 4.25** Sitios seguros de resguardo de la parte media (izquierda) y baja (derecha) de la microcuenca.

Por otra parte, se encontró problemas referentes a la mala recolección y disposición de la basura. En la Figura 4.26 se visualiza la presencia de basura tanto en la parte alta, media y baja de la microcuenca, condición que agrava la situación pudiendo generar

obstrucción y represamientos del cauce, incluso en puntos distintos a los sugeridos por el modelo.



**Figura 4.26** El problema de la basura en la microcuenca El Rincón, parte alta (izquierda), media (centro) y baja (derecha) respectivamente.

Otros sectores donde se tienen antecedentes de afectación por desbordamiento, se hallan en la parte media-baja, uno de ellos es el sector donde fue canalizado un afluente de la quebrada y la casa adyacente al cauce que se inunda por un antiguo afluente de la quebrada, que solo aflora cuando existen fuertes precipitaciones y la escuela de la parte más baja propiedad de las monjas, donde se reportó la caída de un muro por el agua.

#### 4.5 Plan de Gestión de Riesgo local ante el evento hidrológico

El plan de Gestión de Riesgo local busca lograr una actuación coordinada de todos los actores involucrados bajo la finalidad de reducir las consecuencias que pudieran presentarse ante el desbordamiento de la microcuenca quebrada El Rincón durante un evento hidrológico extremo.

Su objetivo debe enfocarse en la prevención y orientación hacia una adecuada preparación y respuesta en el caso de la situación de desastre, considerando en su accionar la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (Apéndice G), la cual establece la gestión integral de riesgos como la ejecución de acciones de manera conciente, concertada y planificada, entre los órganos, los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas. Ello en armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estadal y Municipal.

De este modo se establece un plan que involucra un conjunto de acciones enmarcadas en la gestión prospectiva, correctiva y reactiva.

##### 4.5.1 Gestión Prospectiva

Dentro de la gestión prospectiva se encuentran el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro. Véase Tabla 4.11.

**Tabla 4.11** Gestión prospectiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.

Objetivo	Actividades	Responsables	
GESTION PROSPECTIVA	Dar a conocer el riesgo de desbordamiento de la quebrada El Rincón a la comunidad.	Hacer charlas educativas del riesgo de desbordamiento de la quebrada con las escuelas, consejos comunales, asociación de vecinos e iglesia.  Elaborar trípticos y afiches informativos que sean repartidos y explicados a la comunidad.	MPPA INPRADEM DEFENSA CIVIL ALCALDIA ULA BOMBEROS CIGIR
	Concientizar y transferir el conocimiento.	Realizar reuniones con los miembros de la comunidad y educadores de las escuelas dispuestos a servir de multiplicadores de la información.	ESCUELAS COMUNIDAD FUNDEM MPPA ULA CIGIR
	Apoderarse y difundir la información.	Elaborar cuentos, maquetas, proyectos de escuela de riesgos naturales, contaminación del agua, reciclaje, planes alternativos para la basura (compost), tareas de saneamiento, etc.	EDUCADORES DE LAS ESCUELAS CONSEJOS COMUNALES COMUNIDAD
	Evitar conflictos de uso de Tierra minimizando el riesgo.	Supervisar y controlar el cumplimiento del plan de ordenación territorial vigente.	MPPA
	Elaborar un sistema de alerta temprana comunitario	Reunir a la comunidad y los consejos comunales con INPRADEM y DEFENSA CIVIL para establecer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadrillas de evacuación en áreas de riesgo de desborde por sectores (parte alta, media y baja). Se recomiendan las mismas estén estructuradas en informantes, medidores y evacuadores.</li> </ul>	INPRADEM DEFENSA CIVIL  COMUNIDAD  CONSEJOS COMUNALES  ALCALDIA  INPRADEM

Objetivo	Actividades	Responsables
Elaborar un sistema de alerta temprana comunitario	<p>Los evacuadores deberán ser entrenados y capacitados por INPRADEM Y DEFENSA CIVIL para contribuir en el caso de una emergencia.</p> <p>Los medidores deberán contar con barras de medición del nivel de la quebrada y los informantes con radios <i>Walkie-Talkie</i>, lo que les permitirá mantenerse en comunicación e indicar al miembro de la cuadrilla del otro sector cualquier eventualidad.</p> <p>Los demás equipos y elementos de rescate necesarios se fijarán en la reunión y se conseguirán mediante el apoyo de INPRADEM, ALCALDIA y CONSEJOS COMUNALES.</p> <p>Es importante que las cuadrillas de medidores tomen datos de los niveles de la quebrada aun cuando no exista riesgo de emergencia para poder establecer parámetros comparativos en distintas épocas del año, que permitan fácilmente reconocer límites de emergencia de límites permisibles.</p> <p>Se recomienda fijados los puntos de medición revisar los resultados obtenidos en las tablas 10, 11 y 12, para obtener los niveles de altura crítica del cauce (W.S.Elev (m) Altura de la lámina de agua - Min Ch El (m) Cota inferior del cauce en la sección) y el caudal pico, para que los mismos sirvan de orientación en el establecimiento de los límites y caudales de emergencia.</p>	<p>DEFENSA CIVIL</p> <p>COMUNIDAD</p> <p>CONSEJOS COMUNALES</p> <p>ALCALDIA</p>

Objetivo	Actividades	Responsables
	<p>Establecer rutas de evacuación y colocar avisos informativos a lo largo de la ruta de evacuación y los sitios de resguardo.</p> <p>Se propone la unidad educativa El Rincón como sitio de resguardo para la parte media y las instalaciones de IPASME para la parte baja de la microcuenca (Figura 4.25).</p>	

#### 4.5.2 Gestión Correctiva

Dentro de la gestión correctiva se encuentra el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente. Véase Tabla 4.12.

**Tabla 4.12.** Gestión correctiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.

	Objetivo	Actividades	Responsables
GESTION CORRECTIVA	<p>Limpieza de la Qda. El Rincón.</p>	<p>Reunir a la comunidad y los consejos comunales para establecer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadrillas de limpieza de la quebrada por sectores, con especial interés en el sector El Puente. Se recomienda la logística con la alcaldía para equipos de retroexcavación y traslado del material extraído del cauce.</li> <li>• Planes mensuales de extracción de residuos no habituales como electrodomésticos, cauchos, grandes rocas, escombros, etc.</li> </ul>	<p>ALCALDIA</p> <p>DEFENSA CIVIL</p> <p>CONSEJOS COMUNALES</p> <p>COMUNIDAD</p>

Objetivo	Actividades	Responsables
Saneamiento de la Qda. El Rincón.	Realizar un inventario y diagnóstico de las viviendas que aún no cuentan con sistema de recolección de aguas negras, para realizar proyectos de incorporación y canalización de las mismas. Realizar mantenimiento del alcantarillado y de los colectores de aguas de lluvia (Figura 4.24).	CONSEJOS COMUNALES COMUNIDAD ALCALDIA AGUAS DE MERIDA
Reforestación y rehabilitación de áreas verdes.	Realizar la siembra de plantas autóctonas en las áreas afectadas. Especial interés en la parte alta de la microcuenca.	ALCALDIA ESCUELAS COMUNIDAD
Reubicación de viviendas y obras estructurales.	Reubicar al menos las casas más cercanas a la ribera del río de la parte media como son la casa del Sector El Puente y seis casas adyacentes al lecho del río metros debajo de este sector (Figuras 4.21 y 4.24) Obras de canalización y rediseño de puentes.	GOBERNACION ALCALDIA CONSEJOS COMUNALES COMUNIDAD MPPA ALCALDIA

#### 4.5.3 Gestión Reactiva

Dentro de la gestión reactiva se encuentra el conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar la emergencia o el desastre eminente a fin de garantizar una adecuada y oportuna atención de las personas afectadas y damnificadas, así como rehabilitación de los servicios básicos. Véase Tabla 4.13.

**Tabla 4.13.** Gestión reactiva de la microcuenca El Rincón ante el evento hidrológico.

	Objetivo	Actividades	Responsables
<b>GESTION REACTIVA</b>	Fortalecer el sistema de alerta temprana	Realizar simulacros mensuales de evacuación adecuando las rutas propuestas y actualizando el plan de acuerdo a las debilidades encontradas en su aplicación.	INPRADEM DEFENSA CIVIL COMUNIDAD

Objetivo	Actividades	Responsables
	<p>Acondicionar los sitios de resguardo de manera que puedan ser eficientes en la emergencia. Ello conlleva a tener en estos lugares los insumos y administración medica mínima para tratar heridos y lesionados en el caso de ser necesario. En este caso se espera contar con el apoyo de las instituciones médicas de la microcuenca, como son el ambulatorio El Rincón y la clínica SINAI. En el caso que el evento ocurriese mientras éstos se hayan en funcionamiento los heridos y lesionados podrán ser atendidos directamente en estos lugares, escogiéndolos de acuerdo a la cercanía de la institución.</p>	<p>CONSEJOS COMUNALES</p> <p>CUADRILLAS DE EVACUACION</p> <p>PERSONAL MEDICO DEL AMBULATORIO EL RINCON Y LA CLINICA SINAI.</p>
<p>Establecer diagnóstico de la situación de riesgo ante la lluvia.</p>	<p>Activar el monitoreo de los niveles de la quebrada pese aumenta la cantidad o tiempo de lluvia, estableciendo comunicación continua entre las cuadrillas de evacuación de los distintos sectores de la microcuenca.</p> <p>Establecer alerta de la situación a los entes encargados de atender la emergencia, bajo la finalidad de contar con una atención oportuna a la hora de presentarse la emergencia. Esto considerando que el tiempo de concentración de la microcuenca es de 30 min y el tiempo al pico se halla entre 45 y 50 min aproximadamente.</p>	<p>CUADRILLAS DE EVACUACION</p>

<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
Atender oportunamente la emergencia	<p>Declarar la alerta local por cada uno de los miembros de la cuadrilla mediante una sirena, alta voces, pitos, etc.</p> <p>Difundir la alerta mediante los miembros de la comunidad.</p> <p>Evacuar por sectores a las personas en alto riesgo con ayuda de los entes encargados, respetando las rutas de desalojo establecidas.</p>	<p>INPRADEM</p> <p>DEFENSA CIVIL</p> <p>CUADRILLAS DE EVACUACION</p> <p>COMUNIDAD</p>
Evaluar y atender los daños ocasionados por el evento.	<p>Evaluar y atender los daños a la salud de las personas para establecer prioridad de traslado a las personas más afectadas.</p> <p>Restablecer y rehabilitar los servicios básicos afectados en la comunidad.</p> <p>Establecer las medidas de salubridad que eviten cualquier brote epidemiológico.</p>	<p>DEFENSA CIVIL</p> <p>INPRADEM</p> <p>BOMBEROS</p> <p>PERSONAL MEDICO DEL AMBULATORIO EL RINCON Y LA CLINICA SINAI O DE LA COMUNIDAD</p>
Aprender las lecciones y difundirlas	Sistematizar la experiencia de la intervención en acciones de mejoramiento, a fin de fortalecer los planes de gestión.	<p>INPRADEM</p> <p>DEFENSA CIVIL</p> <p>BOMBEROS</p>

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Las condiciones físico naturales de la microcuenca El Rincón, en especial su acusada pendiente, le confieren una dinámica torrencial, que aunado al elevado nivel freático existente en esta área y la presencia de suelos arenos limoso-arcillosos, la convierten en un área con altísimo potencial a generar eventos hidrológicos torrenciales con deslizamiento, siendo muy probable la licuefacción y comportamiento de flujo en el suelo saturado, pudiendo desencadenarse graves daños a las poblaciones asentadas en estos espacios.
- Con base en los datos de precipitaciones de la estación Mérida- Aeropuerto serial 3047 durante el período 1997-2008, se cree más probable que la avenida ocurra entre los meses de mayo y octubre, con especial interés en este último, de acuerdo a la información suministrada por los pobladores.
- El modelo EVENTO a pesar de ser de estructura sencilla resulta de utilidad, sobre todo en cuencas sin datos, ya que permite obtener la información de los caudales máximos empleando parámetros relativamente sencillos de obtener.
- La interface HEC-GeoRAS muestra cierta deficiencia al ser utilizado en zonas de alta pendiente (parte alta de la microcuenca), por lo cual su uso en estas áreas debe ser obligatoriamente contrastado con visitas a campo y criterio hidráulico para determinar su veracidad y posibilidad de desborde.
- La interface HEC-GeoRAS demuestra ser muy susceptible a la topografía, por lo cual mientras más detallado se encuentre el modelo de elevación digital, más adaptada a la realidad será la respuesta del comportamiento del cauce en la simulación hidrológica. En función de ello, no se recomienda usar mapas topográficos con escalas menores a 1: 5.000 m. en cuencas pequeñas ( $\leq 1000$  ha).
- La interface HEC-GeoRAS refleja una respuesta hidrológica coincidente con la realidad, obteniéndose que muchos de los lugares señalados por el modelo obedecen a lugares de desborde reseñados por los pobladores en crecidas anteriores.
- Los sectores más vulnerables se hallan en la parte media y baja de la microcuenca, específicamente en: El Puente y Urb. Lumonty. Sin embargo, la textura y granulometría de estos suelos indica que esto no ocurriría de manera repentina, ya que los suelos presentan baja permeabilidad, lo cual representa una excelente oportunidad para sus pobladores, ya que muy probablemente la aplicación de un sistema de alerta temprano enmarcado en el plan de gestión de riesgo local, podría cambiar significativamente el escenario a esperar.

- Los resultados sobre la amenaza obtenidos en este estudio deben verse como valores que subestiman la posible y real amenaza, considerando que no fue valorado el poder destructivo del flujo de detritos, ni se ha considerado el potencial incremento o facilidad de desbordamiento del cauce a consecuencia del represamiento de la quebrada El Rincón.
- El plan de ordenación urbanística existente en la microcuenca se considera adecuado a las limitaciones fisiográficas, geológicas y ecológicas del lugar, por lo cual las áreas denominadas como ARU-2 en la microcuenca se hayan en conflicto de uso y condición de riesgo.
- La comunidad juega un rol fundamental en los planes de gestión de riesgo, es por ello que solo si se logra captar su interés y participación en las actividades de gestión prospectiva, correctiva y reactiva se conseguirán los objetivos propuestos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el trabajo articulado de los distintos actores de la microcuenca en pro de dar cumplimiento al plan de gestión de riesgo local propuesto, en miras de frenar o disminuir la vulnerabilidad y crear comunidades resilientes a los eventos hidrológicos de esta naturaleza.
- Se espera que el plan de gestión de riesgo pueda ser conocido, mejorado y divulgado por los entes involucrados, en función de que el mismo pueda ser agregado en los planes y proyectos del Estado Mérida, en miras de conseguir su factibilidad económica y puesta en marcha. Del mismo modo, se espera este trabajo pueda servir como iniciativa al estudio, análisis y propuesta de gestión de riesgo de otras microcuencas problemáticas del estado y el país.
- Se recomienda ampliar esta propuesta de gestión de riesgo hacia un análisis multiamenaza incorporando la vulnerabilidad sísmica y los movimientos en masas como fenómenos de alta probabilidad de ocurrencia en la microcuenca.
- Se recomienda implementar estudios de investigación sobre la cuantificación de los flujos de detritos o “Debris Flow” durante las crecidas de los ríos torrenciales andinos, incluyendo su incidencia en la caracterización de la mancha de desborde.
- Se recomienda integrar en los programas de estudio, a los distintos niveles de educación, temas relativos a la prevención y mitigación de desastres, teniendo en cuenta la identificación de los riesgos naturales y tecnológicos, de acuerdo a la ubicación y contexto regional-local.
- Se recomienda revisar, afinar y fortalecer la ley de gestión integral de riesgos socioculturales y tecnológicos, señalando responsabilidades más directas en las instituciones estatales y las comunidades organizadas mediante el poder comunal.

## REFERENCIAS CITADAS

- Aguirre, J. (1980). *Hidráulica de Canales*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Ataroff, M. y Sarmiento, L. (2003). Diversidad en los Andes de Venezuela. I. Mapa de unidades ecológicas del Estado Mérida. CD ROM, ICAE, Mérida, Venezuela.
- Bertorelli, G. (1997). A diez años del Alud Torrencial ocurrido en el Limón, Maracay, Edo. Aragua. Maraven S.A.
- CENEPRED (2013). *Escenario de Riesgo ante la temporada de Lluvias (pronóstico Diciembre 2013 - Febrero 2014)*. [Datos en línea]. Disponible en: <http://cenepred.gob.pe/download/digepro/escenarios/escenario-riesgo-lluvias-diciembre-febrero-2014.pdf> [Consultado: 2014, Marzo 8]
- Centro de Ingeniería Hidráulica de los Estados Unidos (2010). HEC-RAS. Manual de usuario del sistema de análisis de río. Versión 4.1. Traducido por la Universidad Politécnica de Madrid. España.
- CIDIAT (sf). Manual escrito del modelo EVENTO. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela.
- Cuervo, V. (2011). *Flujo de detritos y otros procesos hidrogeomorfológicos en dos cuencas de los Andes Centrales Venezolanos*. Tesis de Maestría para optar al título de Magíster Scientiae en Manejo de Cuencas. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela.
- Chow Ven Te, Maidment, D., Mays, L (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill Interamericana. Bogotá, Colombia.
- Chow Ven Te. (1997). *Hidrología Superficial*. Addison Wesley.
- Dávila, M. y Peñuela, T. (2001). Estudio de crecidas utilizando dos modelos de simulación hidrológica en la microcuenca La Fría. Edo. Mérida. Trabajo de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela.
- Dávila, M. y Peñuela, T. (2002). *Determinación de hidrogramas de crecidas a través de la aplicación de dos modelos de simulación hidrológica en la microcuenca La Fría. Estado Mérida*. Grupo de estudio en cuencas altas tropicales. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela.

- Dugarte, M. y Ferrer, C. (2007). La geomorfología y su potencial como herramienta prospectiva ante los desastres naturales: caso de la tormenta de febrero 2005 en la cuenca del río Mocotíes. *Memorias del IX Congreso Geológico Venezolano. sp. Caracas-Venezuela. (21-25 Octubre)*
- Duque, R. (1987). EVENTO. Programa de simulación hidrológica Lluvia - Escorrentía. [Software]. CIDIAT - ULA. Mérida, Venezuela.
- Duque, R. (2006). AJUSTE V3. Programa para el análisis estadístico de una serie de datos históricos [Software]. CIDIAT - ULA. Mérida, Venezuela.
- Eterović, J. (2008). *Aplicación de modelos hidrológicos con fines de prevención de desastres en cuencas de Venezuela*. Tesis de Maestría para optar al título de Magister Scientiae en Desarrollo de los Recursos de Aguas y Tierras, mención “Planificación y desarrollo de los recursos hidráulicos”. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Ferrer, C. y Lafaille, J. (2004). Una aproximación al estudio de niveles de susceptibilidad en un barrio en la ciudad de Mérida - Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana. 45(1): 11-34.*
- González de Vallejo, L. Ferrer, M., Ortuño L. y Oteo, C. (2004). Ingeniería Geológica. España: Madrid. Editorial Pearson Educación S.A. Págs. 608-611.
- INGEOMIN (2011). Proyecto: Gestión Integral de Riesgos En Espacios Urbanos. Estudio de susceptibilidad ante movimientos en masa aplicado a la poligonal urbana del Municipio Libertador, Estado Mérida.
- Klarica, S., Laffaille, J., Ferrer, C. y Aranguren, R. (2009). Crónica de un desastre latente: caso histórico del sector bajo de El Rincón, Mérida, Venezuela. Ponencia presentada en la V Jornadas Venezolanas de Sismología Histórica. VI Simposio Venezolano de Historia de las Geociencias. Mérida - Venezuela.
- Koppen, W. (1948). Climatología con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México
- Lacruz, J. y Briceño, L. (2008). *Diagnóstico de la vulnerabilidad social ante amenazas por crecidas torrenciales Caso: cuenca La Mucuy. Municipio Santos Marquina. Mérida. Edo Mérida*. Trabajo de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela.
- Laffaille, J., Rincón, J. y Ferrer, C. (2005). Antecedentes históricos de eventos meteorológicos ocurridos en el valle del río Mocotíes y sus impactos geomorfológicos. *Revista geográfica venezolana, N° Extra 1, Págs. 297-311*

- Lafaille, J. y Ferrer, C. (2005). Estudio de amenazas múltiples en la cuenca media del río Chama. *Revista geográfica venezolana, N° Extra 1, 2005*, págs. 93-117. [Datos en línea]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1427955> [Consultado: 2011, Junio 2]
- L.E.V. (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Tercera edición. Sociedad Venezolana de Geólogos. Caracas, Venezuela. [Datos en línea]. Disponible en: <http://www.pdv.com/lexico/> [Consultado: 2011, Julio 12]
- Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009). *Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Nro. 39.095 (Ordinaria) del 9 de Enero del 2009*.
- Linayo, A. (2009). *Curso Gestión de Riesgo*. Postgrado de Gestión de los Recursos Naturales Renovables y Ambiente. Centro Interamericano de desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- MARNR (1989). Anteproyecto "*Control de Torrentes de la microcuenca quebrada El Rincón, subcuenca Albarregas. Estado Mérida*. Elaborado por Berrios y Parada. MARNR-Mérida. División Manejo de Cuencas." Informe de Pasantías. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- MARNR (1990). *Proyecto Control del torrente quebrada El Zanjón. Microcuenca El Rincón del estado Mérida*. Elaborado por Peña y León. MARNR-Mérida. División Manejo de Cuencas. Informe de Pasantías. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad e Ciencias Forestales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- MARNR (1991). *Análisis de la problemática de las crecidas en el área metropolitana de Mérida*. Elaborado por Silva, G y colaboradores. MARNR-Mérida. División de Planificación y Ordenación. Mérida, Venezuela.
- Méndez, E. (2005). Ponencia presentada en foro: Tragedia en el Valle del Mocotíes, causas y medidas para una gestión de riesgos en Venezuela. En CORPOANDES. Mérida - Venezuela. Págs. 42-46.
- Ministerio del Desarrollo Urbano (1999). *Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay. Resolución N° 3001 del 8 de Enero de 1999*.
- Ministerio de la Salud (2013). *Plan de Gestión de Riesgo de Desastres frente a "Temporada de Lluvias. Región San Martín. Perú*. [Datos en línea]. Disponible: <http://www.minsa.gob.pe/portada/Especiales/2013/lluvias/archivos/c>

[ontingencia/Plan-lluvias-Diresa-San-Martin-2013.pdf?nota=1209](#) [Consultado, 2014, Enero 23]

Moreira, C. (2007). *Determinación de zonas de desborde en la cuenca Quebrada La Pedregosa Mérida. Edo. Mérida*. Trabajo de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.

Naranjo, Y. (2000). *Introducción al Derecho*. Universidad Santa María. Serie Publicaciones Jurídicas. Caracas, Venezuela

ONU (2009). *Estrategia Internacional para la reducción de desastres. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza. [Datos en línea] Disponible:[http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf) [Consultado, 2014, Mayo 23]

Ortiz, A. y Reyes, R. (2005). *Evaluación de áreas susceptibles a amenazas naturales por movimientos de masa y crecidas torrenciales en las subcuencas la Fría y la Estillera, Edo. Mérida*. Trabajo de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.

Rivarola, J. (1986). *Una metodología de evaluación de medidas de mitigación de daños y desastres por inundaciones*. Tesis de Maestría para optar al título de Magister Scientiae en Desarrollo de los Recursos de Aguas y Tierras, mención "Planificación y desarrollo de los recursos hidráulicos". Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

Segura, S. y Casasola, R. (2012). *Modelación hidráulica aplicando HEC-GeoRas como una herramienta en la gestión del riesgo de inundaciones. Caso río Estrella, Limón*. XI Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Costa Rica.

Servicio Nacional de Geología y Minería. *Proyecto Multinacional Andino (2007). Grupo GEMMA. Movimientos en masa en la región andina. Una guía para la evaluación de amenazas*. Publicación geológica multinacional nro. 4. Canadá.

Tarbutck, E., Lutgens, F. y Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra*. España: Madrid. Editorial Pearson Educación.S.A. p.456

Universidad de Los Andes (2001). *Datos climáticos estación Santa Rosa, 1979-2001*. [Datos en línea]. En: Red Bioclimática, Mérida. Disponible: [http://www.cecalc.ula.ve/redbc/colecciones/coleccion\\_estacion\\_santa\\_rosa/datos\\_estacion\\_santa\\_rosa.html](http://www.cecalc.ula.ve/redbc/colecciones/coleccion_estacion_santa_rosa/datos_estacion_santa_rosa.html) [Consultado 2012, Marzo 1]

USDA-SCS (1986). Urban Hydrologyc for Small Watersheds. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Technical Release 55.

Yee, J. (2008). *Zonificación de las áreas susceptibles y niveles de vulnerabilidad ante amenazas del tipo movimientos de masa y desbordes por crecida, del trayecto urbano de la Quebrada Milla. Parroquia Milla. Edo. Mérida.* Trabajo de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.

Yerena, E. (2000). Una visión técnica de la tragedia Sobre la Tragedia del Quince de Diciembre. [Datos en línea]. Disponible en: <http://www.analitica.com/va/sociedad/articulos/4857953.asp>. [Consultado 2010, Junio 16]

www.bdigital.ula.ve

## APÉNDICE

Apéndice A. Tabla de coeficiente de Rugosidad $n$ de Manning para segmentos de escurrimiento.....	95
Apéndice B. Tabla de Número de Curva para la esorrentia (Condición de humedad II).....	96
Apéndice C. Tabla de Conversión CN II a CN III.....	97
Apéndice D. Análisis de Frecuencia de las series de máximos anuales para precipitaciones de 5, 10, 15 y 30 minutos.....	98
Apéndice E. Resultados del modelo EVENTO para TR2, TR5, TR10, TR20, TR50, TR100.....	139
Apéndice F. Secciones topográficas levantadas en campo.....	153
Apéndice G. Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. (Gaceta Oficial Nro 39.095 del 9 de Enero del 2009).....	165
Apéndice H. Manual Básico de Hec-Geo RAS. ....	189
Apéndice I. Glosario de términos.....	217

## Apéndice A:

Tabla de coeficiente de Rugosidad  $n$  de Manning para segmentos de escurrimiento.

Descripción de la Superficie	$n$ de manning
<b>Superficies lisas como concreto, asfalto o suelo limpio.</b>	0,011
<b>Barbecho sin residuos</b>	0,050
<b>Suelos Cultivados</b>	
Cubiertos con 20% o menos de residuos	0,060
Cubiertos con 20% o mas de residuos	0,170
<b>Superficies cubiertas de pasto</b>	
Pasto Corto	0,150
Pasto Denso	0,240
Pasto Bermuda	0,410
<b>Superficie cubierta de Pastizal</b>	0,130
<b>Superficie cubierta de Bosque</b>	
Soto Bosque Ligero	0,400
Soto Bosque Denso	0,800

Fuente: USDA-SCS (1986)

## Apéndice B:

Tabla de Número de Curva para la escorrentía (Condición de Humedad II)

Uso de la tierra	Cobertura		Grupo de Suelo			
	Práctica cultural	Condición Hidrológica	A	B	C	D
Rastrojo o barbecho	-----	-----	77	86	91	94
Cultivos alineados o en hileras	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	En curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	En curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	En curvas de nivel y Terrazas	Mala	66	74	80	82
	En curvas de nivel y Terrazas	Buena	62	71	78	81
Cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
	En curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	En curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	En curvas de nivel y Terrazas	Mala	61	72	79	82
	En curvas de nivel y Terrazas	Buena	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o forraje en rotación.	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
	En curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	En curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	En curvas de nivel y Terrazas	Mala	63	73	80	83
	En curvas de nivel y Terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastizales Naturales o Pastos de pastoreo	-----	Mala	68	79	86	89
	-----	Regular	49	69	79	84
	-----	Buena	39	61	74	80
	En curvas de nivel	Mala	47	67	81	88
	En curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	En curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de corte	-----	Buena	30	58	71	78
Bosques	-----	Mala	45	66	77	83
	-----	Regular	36	60	73	79
	-----	Buena	25	55	70	77
Caseríos o Patios	-----	-----	59	74	82	86
Caminos de tierra	-----	-----	72	82	87	89
Caminos asfaltados	-----	-----	74	84	90	92

Fuente: USDA SCS (1986)

### Apéndice C:

Tabla de conversión CN II a CN III

CN para CHA= II	CN para las condiciones		CN para CHA= II	CN para las condiciones	
	CHA = I	CHA = III		- CHA = I	CHA = III
100	100	100	62	42	79
99	97	100	61	41	78
98	94	99	60	40	78
97	91	99	59	39	77
96	89	99	58	38	76
95	87	98	57	37	75
94	85	98	56	36	75
93	83	98	55	35	74
92	81	97	54	34	73
91	80	97	53	33	72
90	78	96	52	32	71
89	76	96	51	31	70
88	75	95	50	31	70
87	73	95	49	30	69
86	72	94	48	29	68
85	70	94	47	28	67
84	68	93	46	27	66
83	67	93	45	26	65
82	66	92	44	25	64
81	64	92	43	25	63
80	63	91	42	24	62
79	62	91	41	23	61
78	60	90	40	22	60
77	59	89	39	21	59
76	58	89	38	21	58
75	57	88	37	20	57
74	55	88	36	19	56
73	54	87	35	18	55
72	53	86	34	18	54
71	52	86	33	17	53
70	51	85	32	16	52
69	50	84	31	16	51
68	48	84	30	15	50
67	47	83			
66	46	82	25	12	30
65	45	82	20	9	22
64	44	81	15	7	13
63	43	80	5	2	0

Fuente: USDA SCS (1986)

**Apéndice D:**

Análisis de Frecuencia de las series de máximos anuales para precipitaciones de 5, 10,  
15 y 30 min.

aero5min

5min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 10.4593 DESVIACION ESTANDAR = 2.5889  
 COEF. DE ASIMETRIA = 1.3234 COEF. DE VARIACION = .2475

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .186772  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 1.01824

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	10.459
5.	12.638
10.	13.778
20.	14.719
25.	14.993
50.	15.777
100.	16.483
200.	17.129
500.	17.911

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	5.384
.960	5.926
.950	6.200
.940	6.433
.900	7.141
.850	7.776
.800	8.281
.700	9.103
.500	10.459

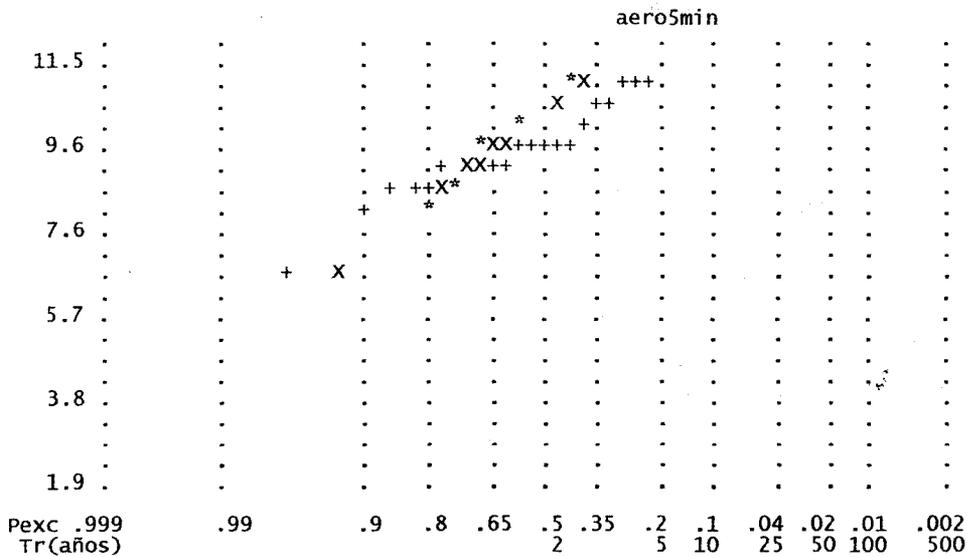
www.bdigital.ula.ve

♀

5min

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

F(x)	.001	.01	.1	.2	.35	.5	.65	.8	.9	.96	.98	.99	.998
23.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

5min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.0081 DESVIACION ESTANDAR = .0991  
 COEF. DE ASIMETRIA = .6684 COEF. DE VARIACION = .0983

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .156573  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

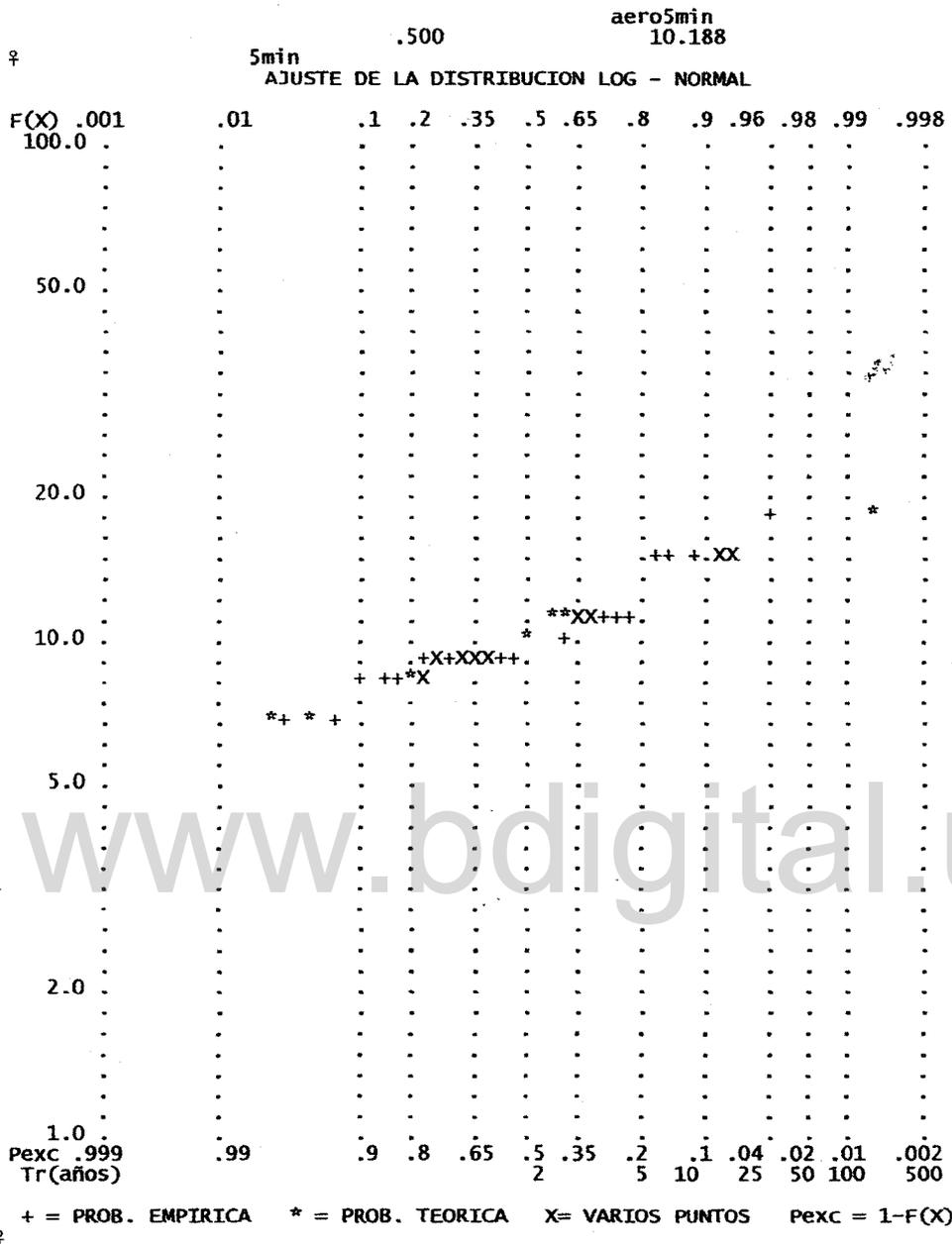
ERROR ESTANDAR = .89223

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	10.188
5.	12.345
10.	13.650
20.	14.830
25.	15.193
50.	16.281
100.	17.326
200.	18.341
500.	19.651

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	6.513
.960	6.832
.950	6.999
.940	7.144
.900	7.604
.850	8.042
.800	8.408
.700	9.040

Página 2



5min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE

MEDIA	=	10.4593	DESVIACION ESTANDAR =	2.5889
COEF. DE ASIMETRIA	=	1.3234	COEF. DE VARIACION =	.2475

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .130054  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

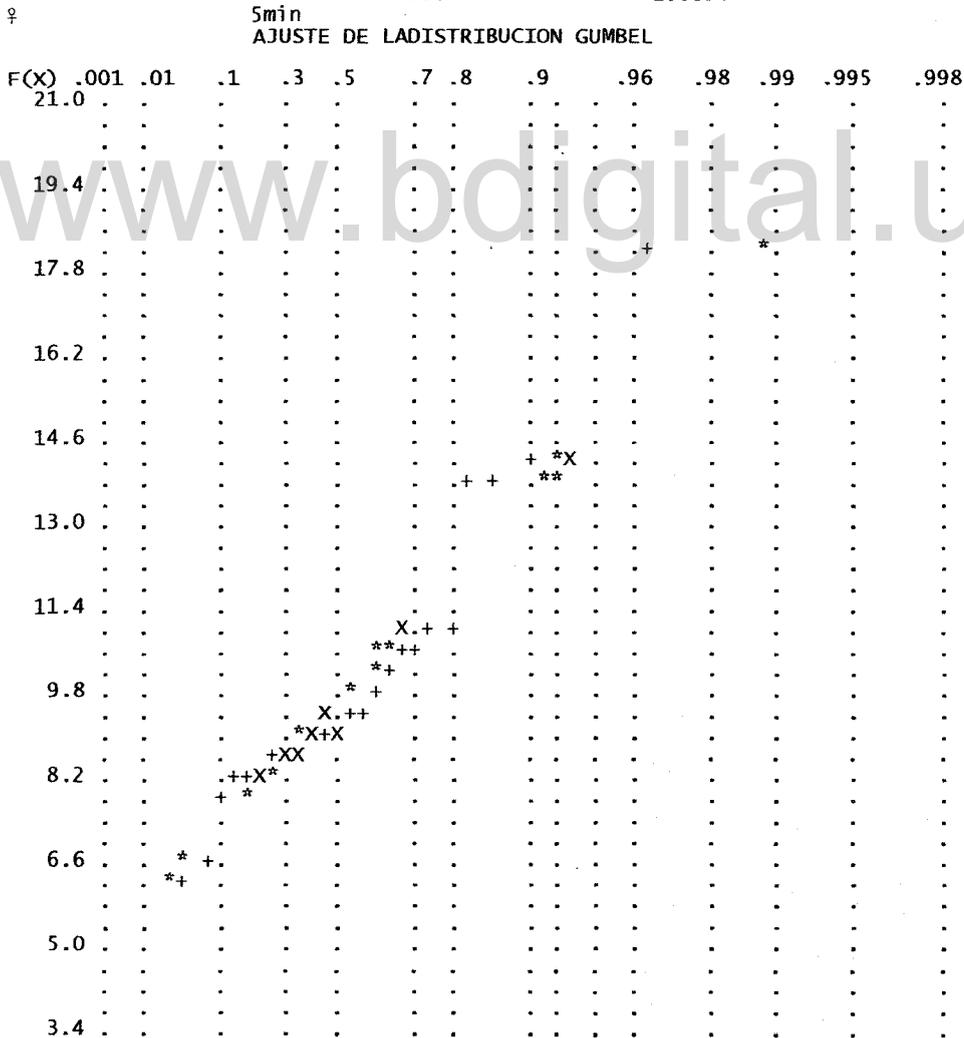
ERROR ESTANDAR = .71056

aero5min

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	7.529
2.00	10.034
2.33	10.462
5.00	12.322
10.00	13.837
20.00	15.290
50.00	17.170
100.00	18.580
500.00	21.837

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	6.659
.960	6.934
.950	7.079
.940	7.206
.900	7.611
.850	8.002
.800	8.334
.700	8.919
.500	10.034



Pexc	.999	.99	.9	.7	.5	.3	.2	.1	aero5min				
Tr(años)				2	5	10			.04	.02	.01	.005	.002
									25	50	100	200	500

+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

5min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE			
MEDIA =	1.0081	DESVIACION ESTANDAR =	.0991
COEF. DE ASIMETRIA =	.6684	COEF. DE VARIACION =	.0983

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .119328  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .64717

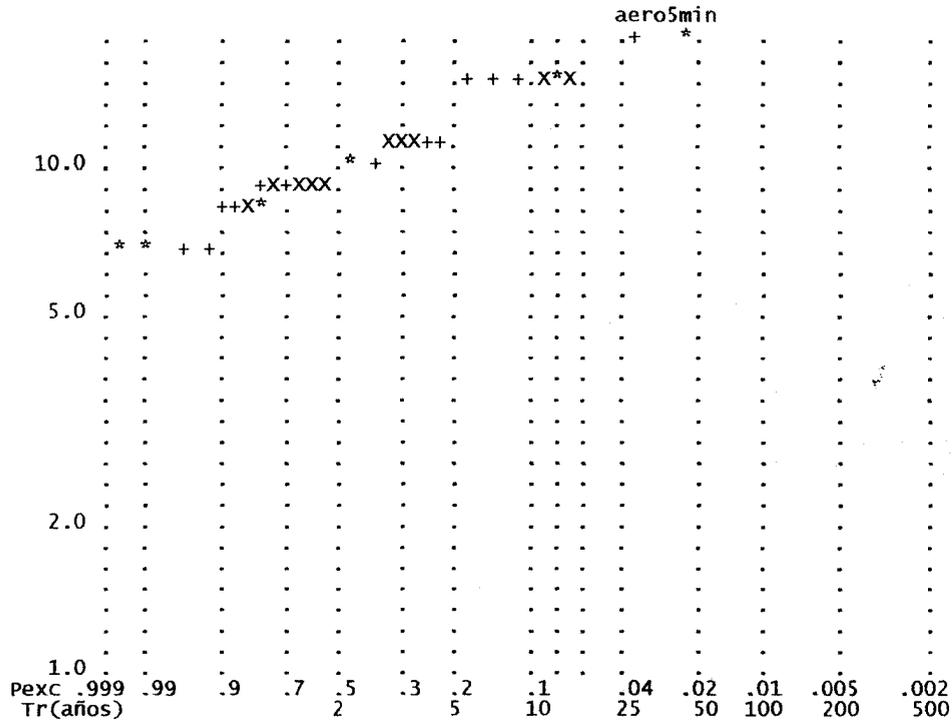
PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	7.869
2.00	9.813
2.33	10.190
5.00	12.006
10.00	13.721
20.00	15.596
50.00	18.408
100.00	20.843
500.00	27.775

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>X)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	7.288
.960	7.467
.950	7.563
.940	7.648
.900	7.926
.850	8.204
.800	8.447
.700	8.895
.500	9.813

5min  
 AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

F(X)	.001	.01	.1	.3	.5	.7	.8	.9	.96	.98	.99	.995	.998
100.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS PexC = 1-F(X)

‡

www.bdigital.ula.ve

5min  
 PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 10.4593 DESVIACION ESTANDAR = 2.5889  
 COEF. DE ASIMETRIA = 1.3234 COEF. DE VARIACION = .2475

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .127634  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .76015

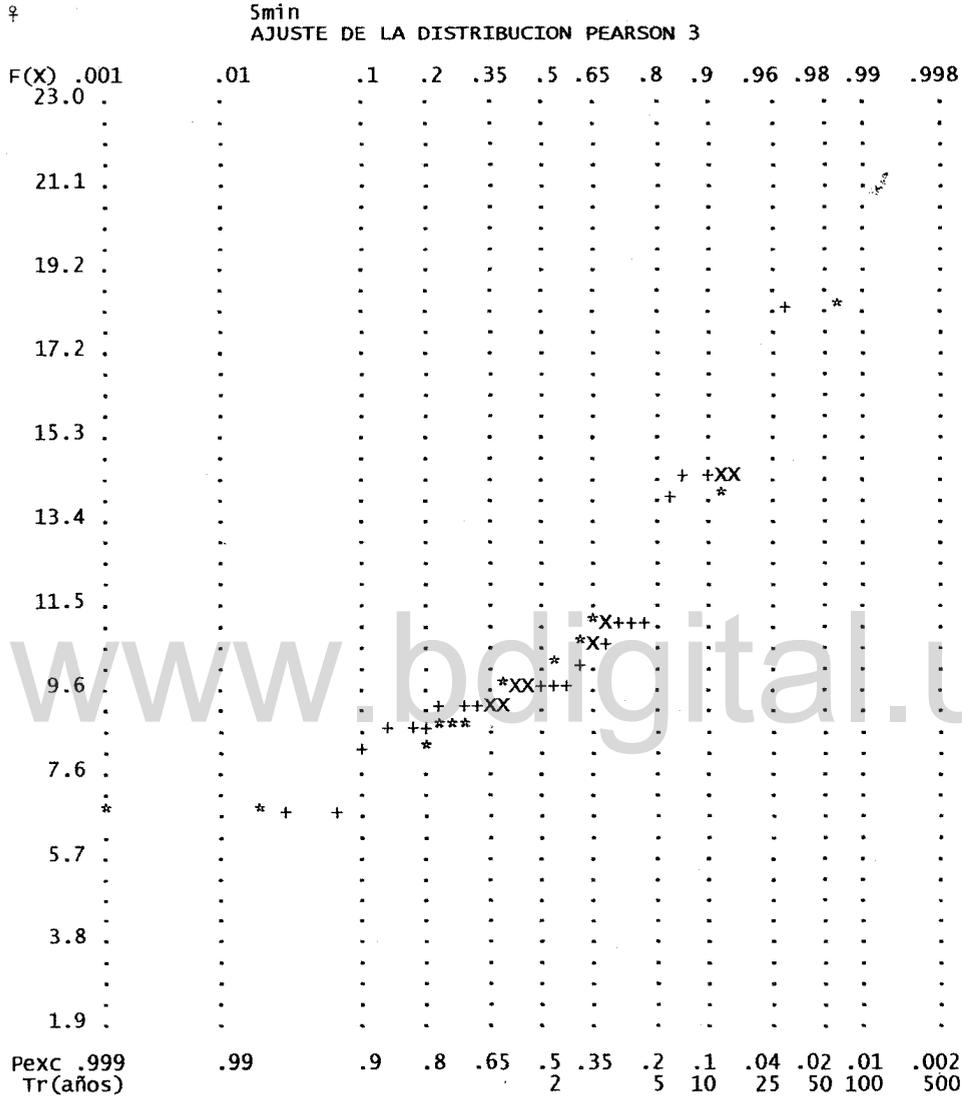
PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	9.916
5.	12.298
10.	13.901
20.	15.429
25.	15.911
50.	17.386
100.	18.838
200.	20.276
500.	22.164

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x) VALOR DE LA VARIABLE

.975 7.094

	aeroSmin
.960	7.254
.950	7.345
.940	7.429
.900	7.717
.850	8.025
.800	8.304
.700	8.832
.500	9.916



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

Smin

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.0081 DESVIACION ESTANDAR = .0991  
 COEF. DE ASIMETRIA = .6684 COEF. DE VARIACION = .0983

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .116453

Página 7

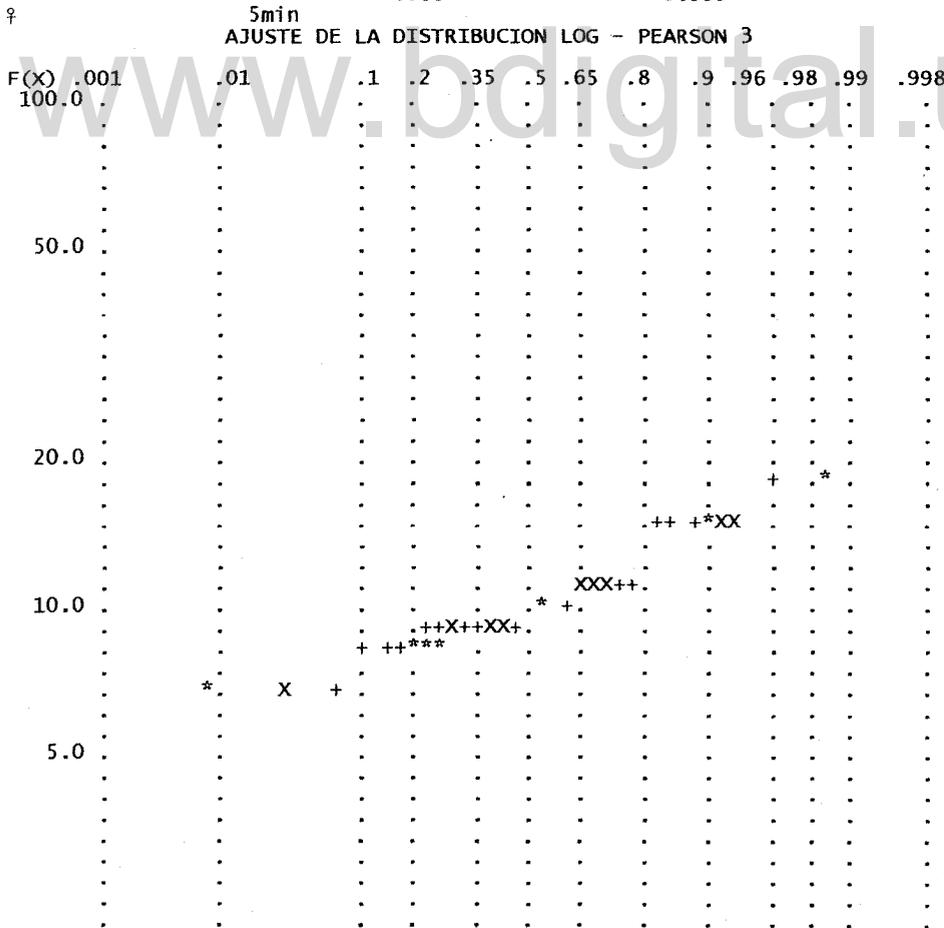
aero5min  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

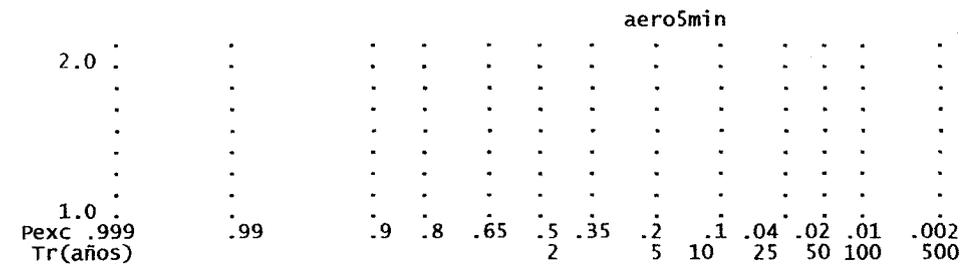
ERROR ESTANDAR = .76456

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	9.935
5.	12.204
10.	13.799
20.	15.401
25.	15.925
50.	17.592
100.	19.333
200.	21.164
500.	23.745

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	7.023
.960	7.230
.950	7.342
.940	7.442
.900	7.768
.850	8.096
.800	8.381
.700	8.902
.500	9.935





+ = PROB. EMPIRICA    \* = PROB. TEORICA    X= VARIOS PUNTOS    Pexc = 1-F(X)

SERIE	No.	1	5min						
DISTRIBUCION	MEDIA	DESV	EST	C. ASIMET	C. VAR.	DELT	MAX	E. CUAD	TEST S. K.
NORMAL	10.46	2.589	1.3234	.2475	.1868	1.0182	ACCEPT		
L-NORMAL	1.01	.099	.6684	.0983	.1566	.8922	ACCEPT		
GUMBEL	10.46	2.589	1.3234	.2475	.1301	.7106	ACCEPT		
L-GUMBEL	1.01	.099	.6684	.0983	.1193	.6472	ACCEPT		
PEARSON 3	10.46	2.589	1.3234	.2475	.1276	.7602	ACCEPT		
L-PEARSON 3	1.01	.099	.6684	.0983	.1165	.7646	ACCEPT		

www.bdigital.ula.ve

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

aero10m

10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 15.4556 DESVIACION ESTANDAR = 2.5024  
 COEF. DE ASIMETRIA = .8067 COEF. DE VARIACION = .1619

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .135772  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\* Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .64371

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	15.456
5.	17.561
10.	18.663
20.	19.572
25.	19.837
50.	20.596
100.	21.278
200.	21.902
500.	22.659

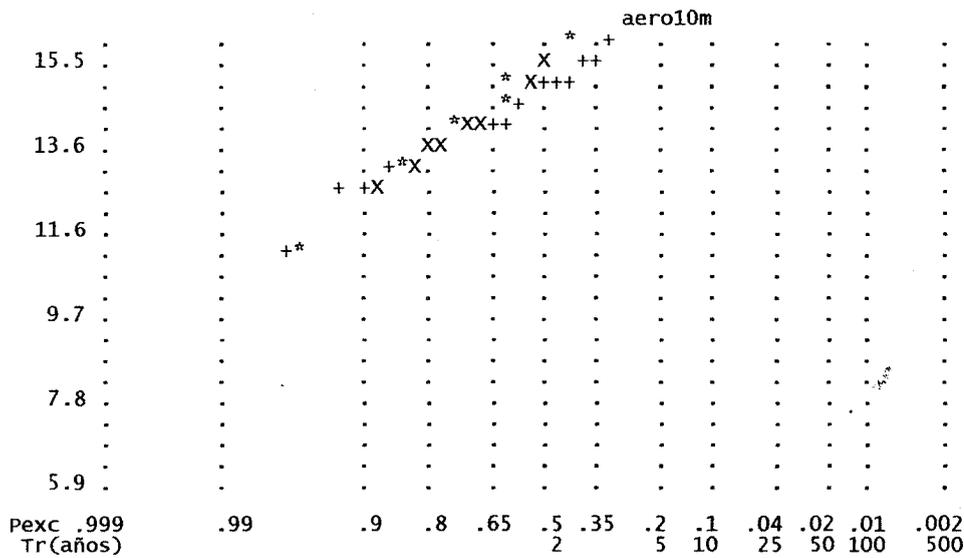
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	10.550
.960	11.074
.950	11.339
.940	11.564
.900	12.248
.850	12.862
.800	13.350
.700	14.144
.500	15.456

♀

10min

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

F(X)	.001	.01	.1	.2	.35	.5	.65	.8	.9	.96	.98	.99	.998
27.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.1838 DESVIACION ESTANDAR = .0681  
 COEF. DE ASIMETRIA = .3850 COEF. DE VARIACION = .0575

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-NORMAL

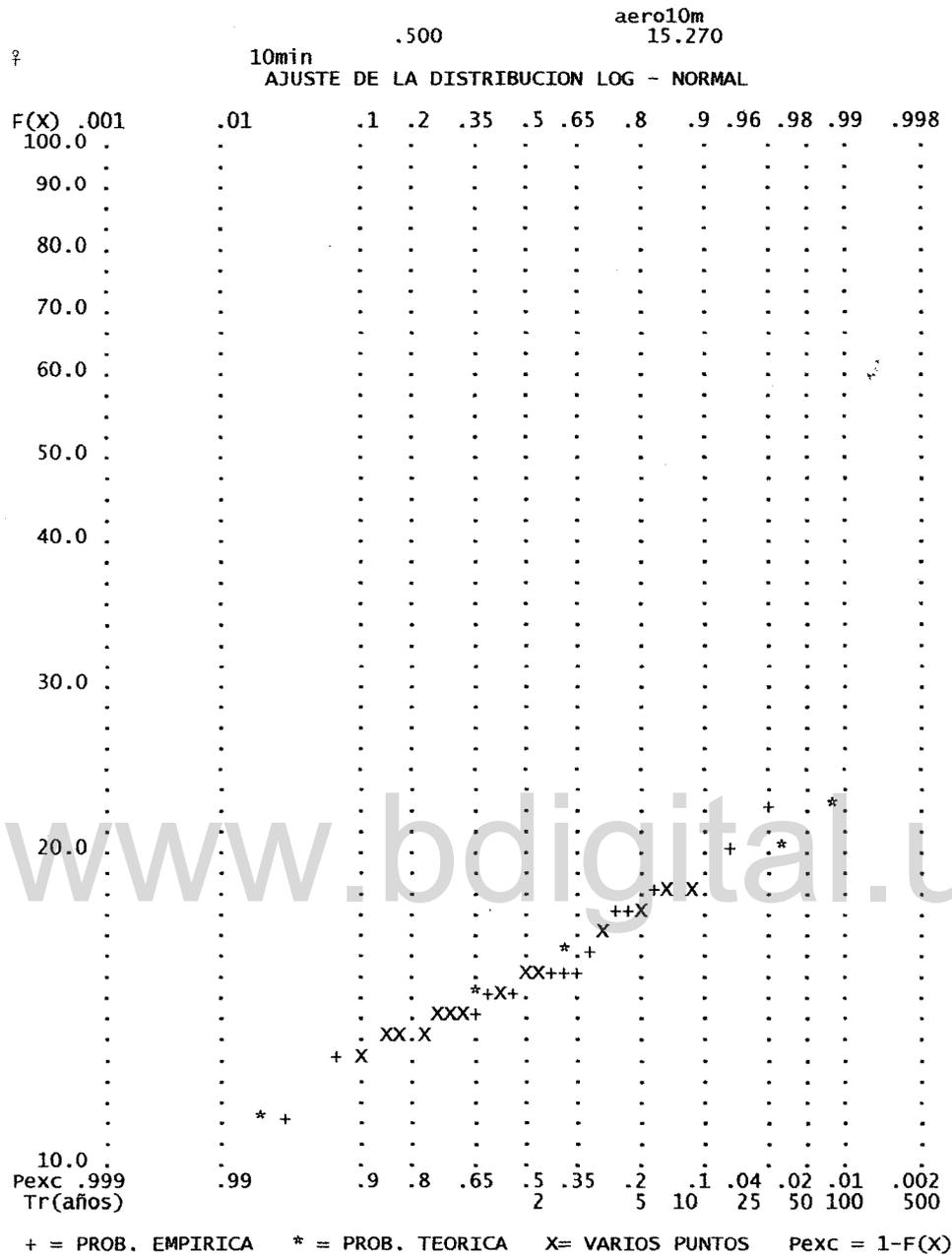
TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .104937  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .56253

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	15.270
5.	17.424
10.	18.670
20.	19.765
25.	20.096
50.	21.074
100.	21.994
200.	22.872
500.	23.982

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	11.229
.960	11.604
.950	11.798
.940	11.966
.900	12.490
.850	12.980
.800	13.383
.700	14.066



10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 15.4556    DESVIACION ESTANDAR = 2.5024  
 COEF. DE ASIMETRIA = .8067    COEF. DE VARIACION = .1619

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .065228  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .41887

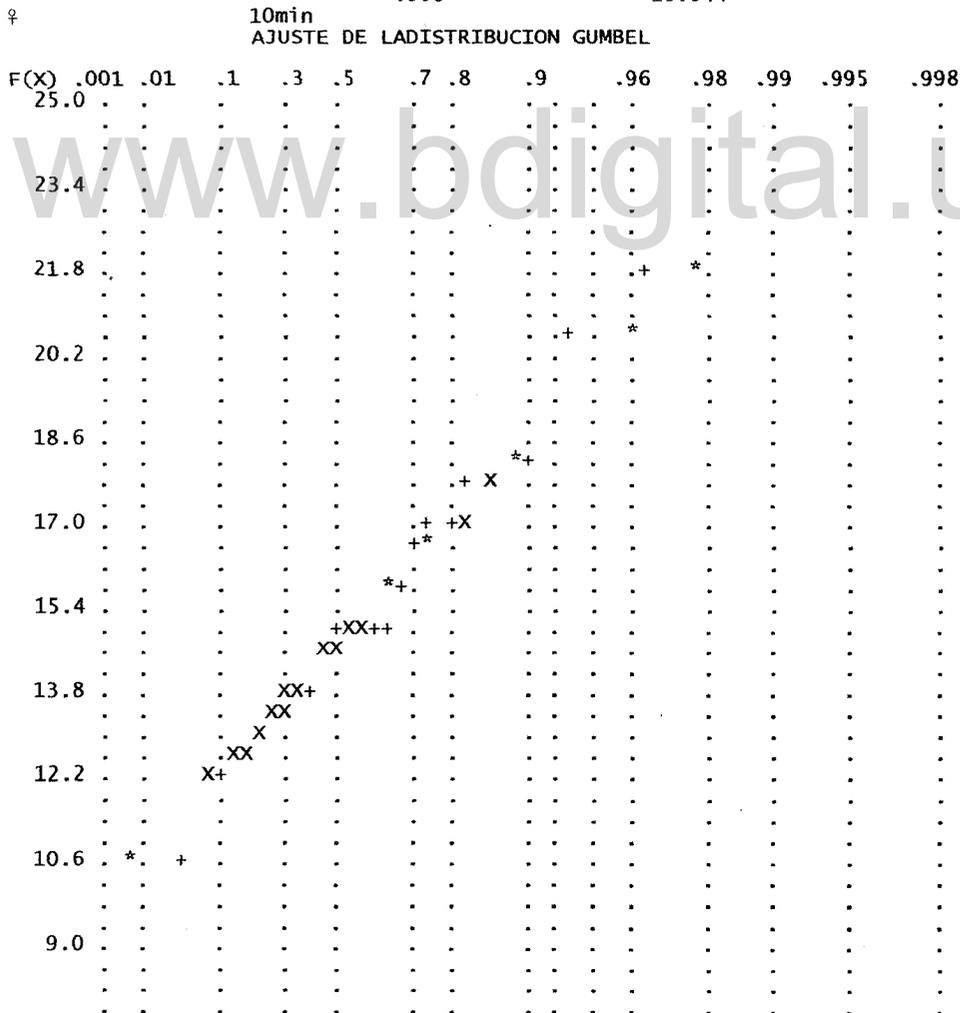
Página 3.

aero10m

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	12.623
2.00	15.044
2.33	15.458
5.00	17.256
10.00	18.720
20.00	20.124
50.00	21.942
100.00	23.305
500.00	26.453

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	11.783
.960	12.049
.950	12.189
.940	12.311
.900	12.702
.850	13.080
.800	13.401
.700	13.967
.500	15.044



		aero10m											
7.4													
Pexc	.999	.99	.9	.7	.5	.3	.2	.1	.04	.02	.01	.005	.002
Tr(años)				2	5	10	25	50	100	200	500		

+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.1838 DESVIACION ESTANDAR = .0681  
 COEF. DE ASIMETRIA = .3850 COEF. DE VARIACION = .0575

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .075435  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .42864

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

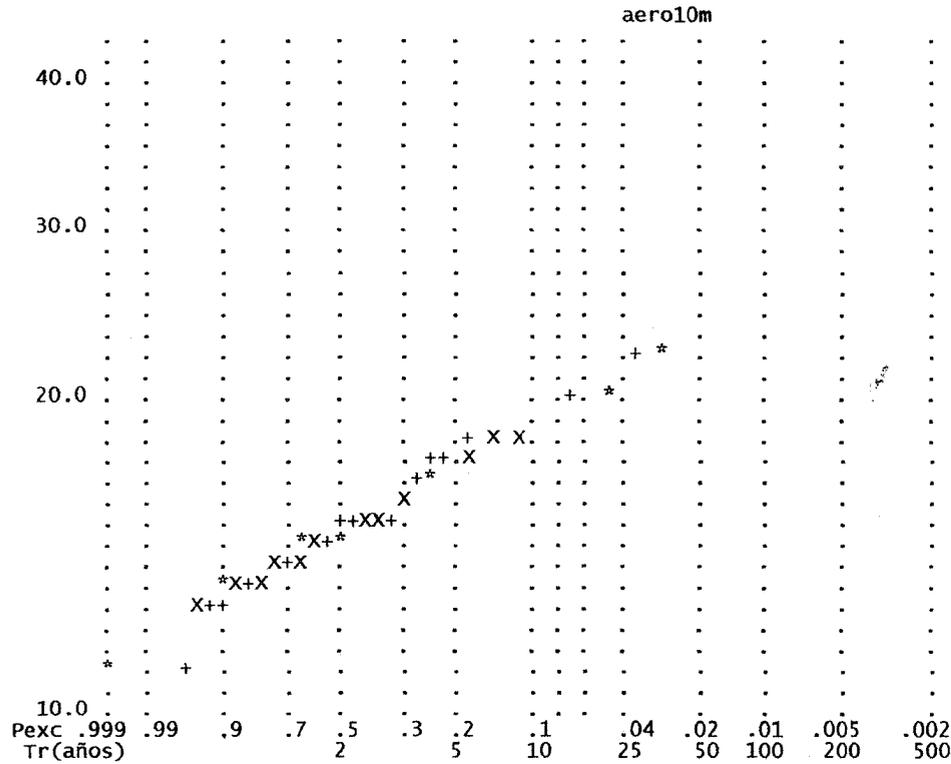
PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	12.787
2.00	14.882
2.33	15.273
5.00	17.094
10.00	18.737
20.00	20.460
50.00	22.929
100.00	24.973
500.00	30.419

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	12.131
.960	12.335
.950	12.443
.940	12.539
.900	12.850
.850	13.158
.800	13.426
.700	13.911
.500	14.882

♀

10min  
 AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

F(X)	.001	.01	.1	.3	.5	.7	.8	.9	.96	.98	.99	.995	.998
100.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
90.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
80.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
70.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

www.bdigital.ula.ve

10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 15.4556 DESVIACION ESTANDAR = 2.5024  
 COEF. DE ASIMETRIA = .8067 COEF. DE VARIACION = .1619

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .070113  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .49345

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

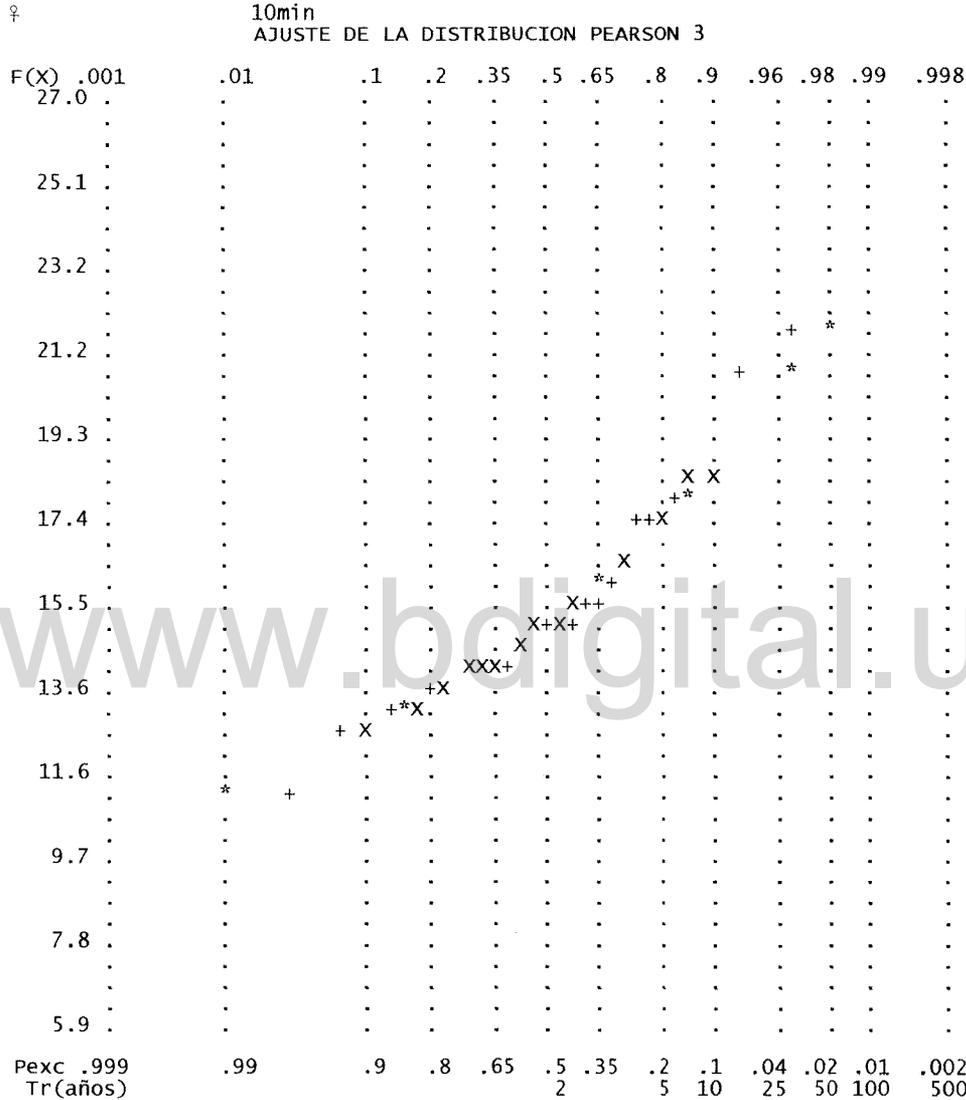
PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	15.125
5.	17.398
10.	18.792
20.	20.056
25.	20.444
50.	21.606
100.	22.718
200.	23.791
500.	25.167

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x) VALOR DE LA VARIABLE

Página 6

aero10m

.975	11.551
.960	11.832
.950	11.983
.940	12.115
.900	12.544
.850	12.963
.800	13.320
.700	13.950
.500	15.125



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

10min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE			
MEDIA =	1.1838	DESVIACION ESTANDAR =	.0681
COEF. DE ASIMETRIA =	.3850	COEF. DE VARIACION =	.0575

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-PEARSON 3

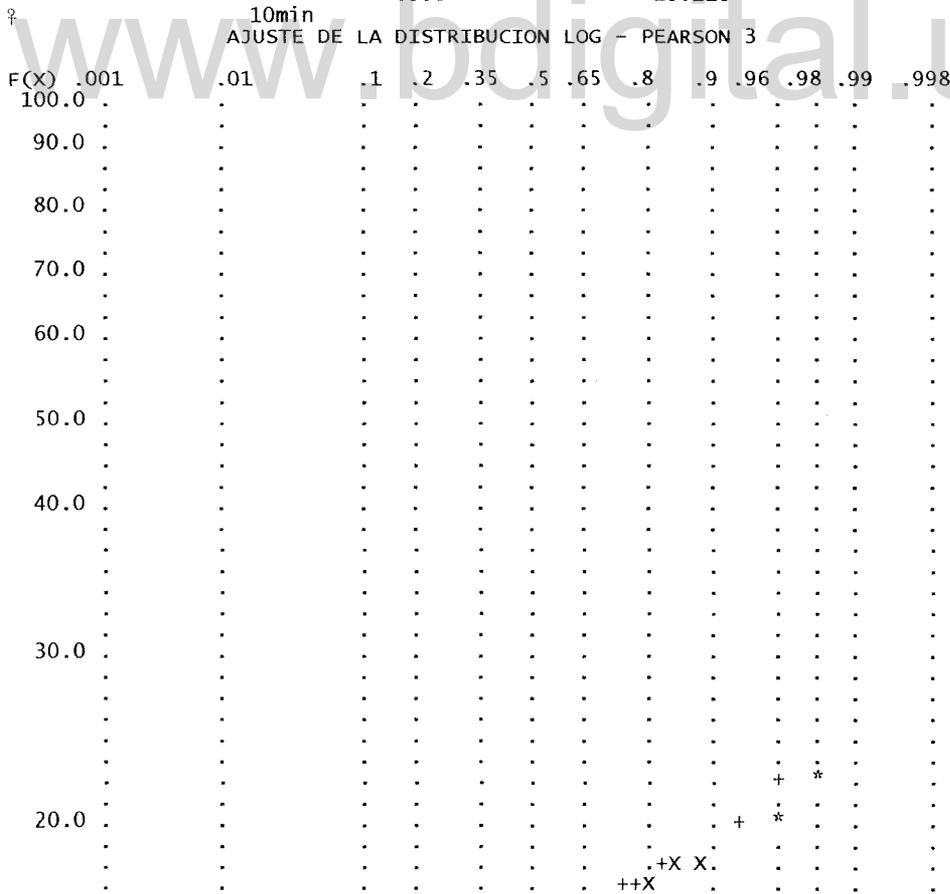
TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV

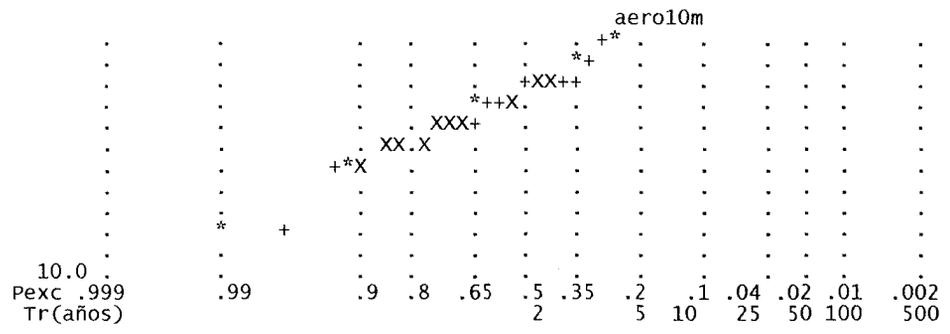
aero10m  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .066107  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste  
 ERROR ESTANDAR = .49255

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	15.118
5.	17.357
10.	18.768
20.	20.082
25.	20.494
50.	21.748
100.	22.982
200.	24.210
500.	25.835

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	11.564
.960	11.860
.950	12.015
.940	12.152
.900	12.586
.850	13.004
.800	13.356
.700	13.973
.500	15.118





+ = PROB. EMPIRICA    \* = PROB. TEORICA    X= VARIOS PUNTOS    Pexc = 1-F(X)

DISTRIBUCION	SERIE No.	10min				DELT MAX	E. CUAD	TEST S. K.
		1	DES	EST	C. ASIMET			
NORMAL	15.46	2.502	.8067	.1619	.1358	.6437	ACCEPT	
L-NORMAL	1.18	.068	.3850	.0575	.1049	.5625	ACCEPT	
GUMBEL	15.46	2.502	.8067	.1619	.0652	.4189	ACCEPT	
L-GUMBEL	1.18	.068	.3850	.0575	.0754	.4286	ACCEPT	
PEARSON 3	15.46	2.502	.8067	.1619	.0701	.4935	ACCEPT	
L-PEARSON 3	1.18	.068	.3850	.0575	.0661	.4926	ACCEPT	

www.bdigital.ula.ve

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

aero15

15min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 20.0444 DESVIACION ESTANDAR = 3.3170  
 COEF. DE ASIMETRIA = 1.0213 COEF. DE VARIACION = .1655

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .183945  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 1.06441

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	20.044
5.	22.836
10.	24.296
20.	25.502
25.	25.853
50.	26.858
100.	27.762
200.	28.590
500.	29.592

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	13.542
.960	14.236
.950	14.587
.940	14.886
.900	15.793
.850	16.607
.800	17.253
.700	18.306
.500	20.044

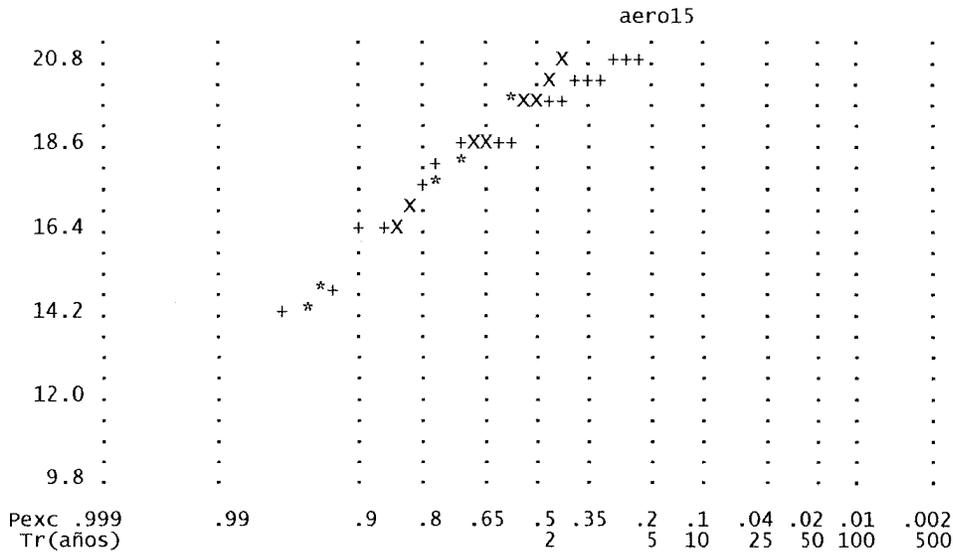
www.bdigital.ula.ve

♀

15min

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

F(x)	.001	.01	.1	.2	.35	.5	.65	.8	.9	.96	.98	.99	.998
34.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA    \* = PROB. TEORICA    X= VARIOS PUNTOS    Pexc = 1-F(X)

15min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.2966    DESVIACION ESTANDAR = .0689  
 COEF. DE ASIMETRIA = .4725    COEF. DE VARIACION = .0531

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .151997  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

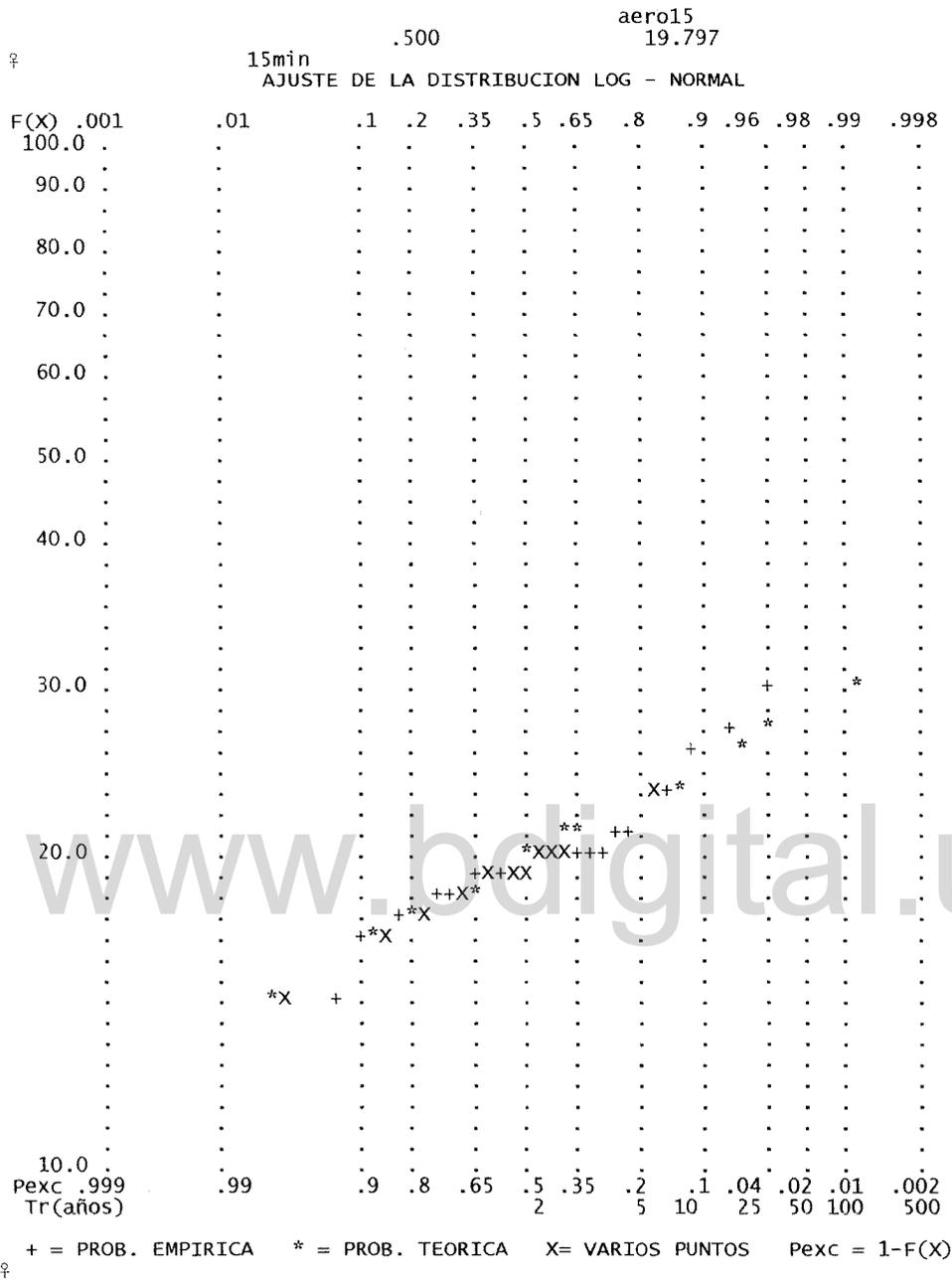
ERROR ESTANDAR = .97052

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	19.797
5.	22.624
10.	24.261
20.	25.700
25.	26.136
50.	27.423
100.	28.635
200.	29.790
500.	31.253

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	14.507
.960	14.996
.950	15.250
.940	15.470
.900	16.155
.850	16.796
.800	17.324
.700	18.218

Página 2



15min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE

MEDIA	= 20.0444	DESVIACION ESTANDAR =	3.3170
COEF. DE ASIMETRIA =	1.0213	COEF. DE VARIACION =	.1655

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO . . . . .117621  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) . . . . .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .75861  
 Página 3

aero15

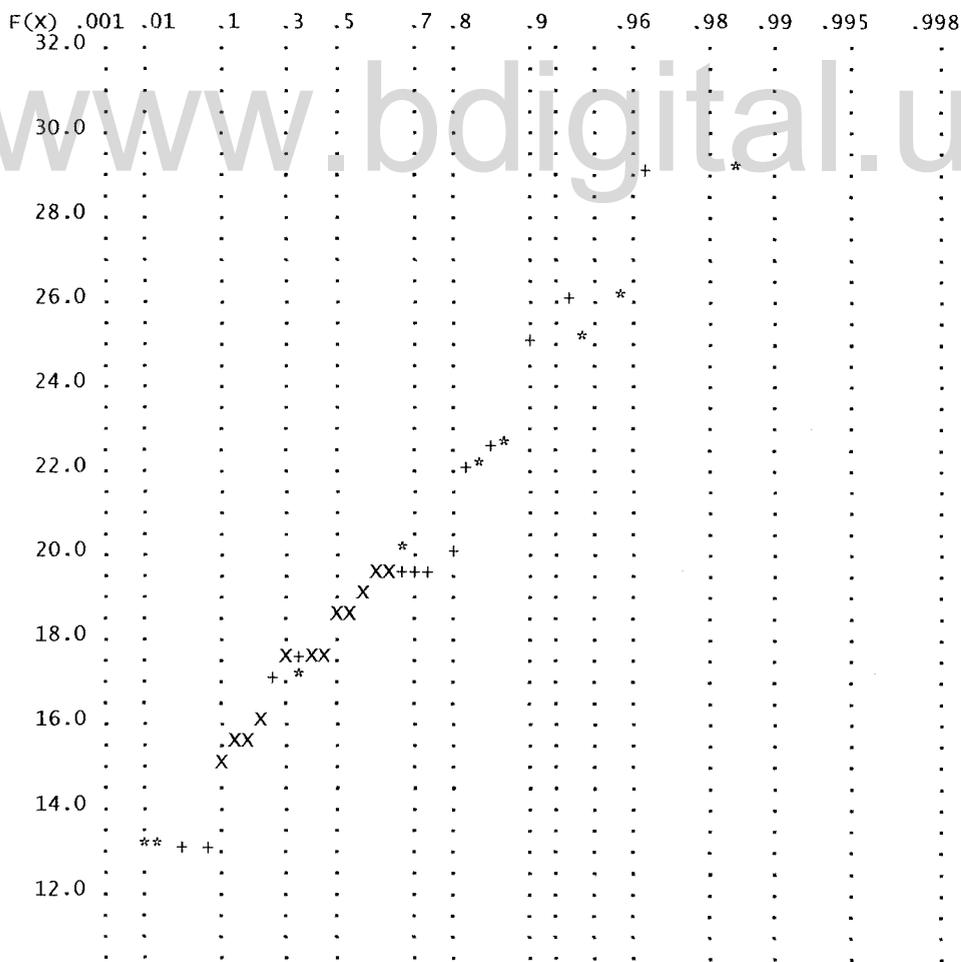
PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	16.290
2.00	19.500
2.33	20.048
5.00	22.431
10.00	24.372
20.00	26.233
50.00	28.643
100.00	30.449
500.00	34.622

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	15.176
.960	15.528
.950	15.714
.940	15.876
.900	16.395
.850	16.896
.800	17.321
.700	18.072
.500	19.500

♀

15min  
AJUSTE DE LA DISTRIBUCION GUMBEL



aero15

10.0	.999	.99	.9	.7	.5	.3	.2	.1	.04	.02	.01	.005	.002
Pexc													
Tr(años)				2	5	10	25	50	100	200	500		

+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

15min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE

MEDIA	=	1.2966	DESVIACION ESTANDAR	=	.0689
COEF. DE ASIMETRIA	=	.4725	COEF. DE VARIACION	=	.0531

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .108905  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .72555

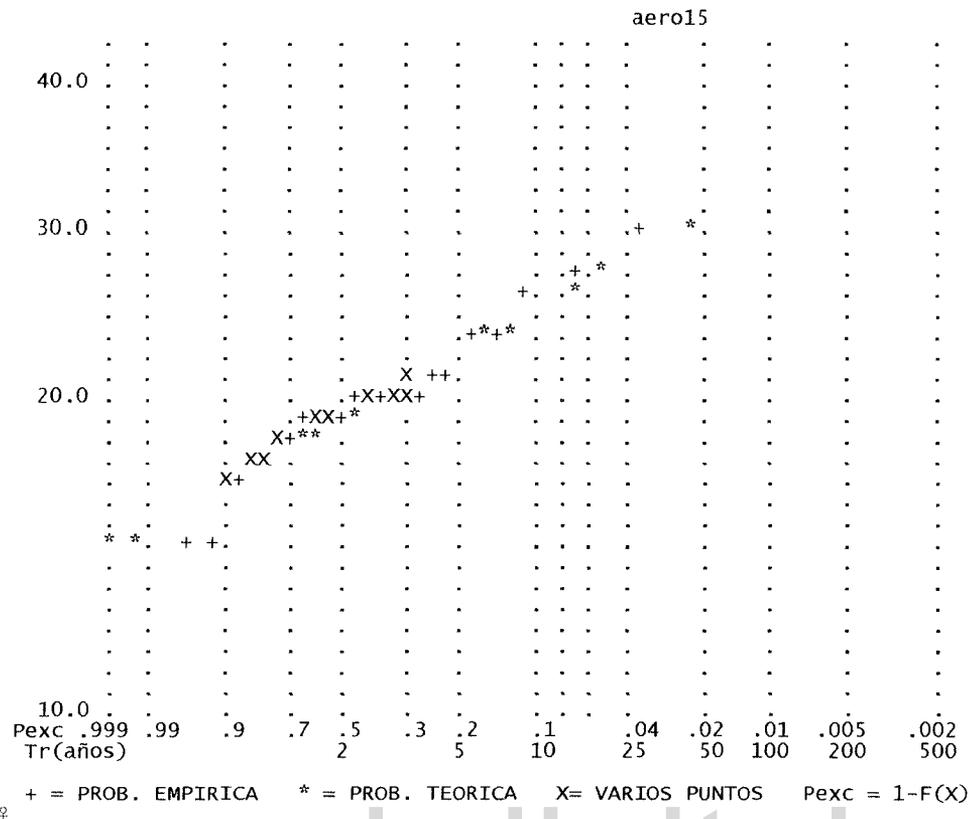
PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	16.544
2.00	19.288
2.33	19.801
5.00	22.191
10.00	24.349
20.00	26.616
50.00	29.866
100.00	32.560
500.00	39.750

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	15.685
.960	15.952
.950	16.094
.940	16.220
.900	16.627
.850	17.030
.800	17.380
.700	18.015
.500	19.288

15min  
 AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

F(X)	.001	.01	.1	.3	.5	.7	.8	.9	.96	.98	.99	.995	.998
100.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
90.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
80.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
70.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



www.bdigital.ula.ve

15min  
 PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 20.0444    DESVIACION ESTANDAR = 3.3170  
 COEF. DE ASIMETRIA = 1.0213    COEF. DE VARIACION = .1655

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .122626  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = .87074

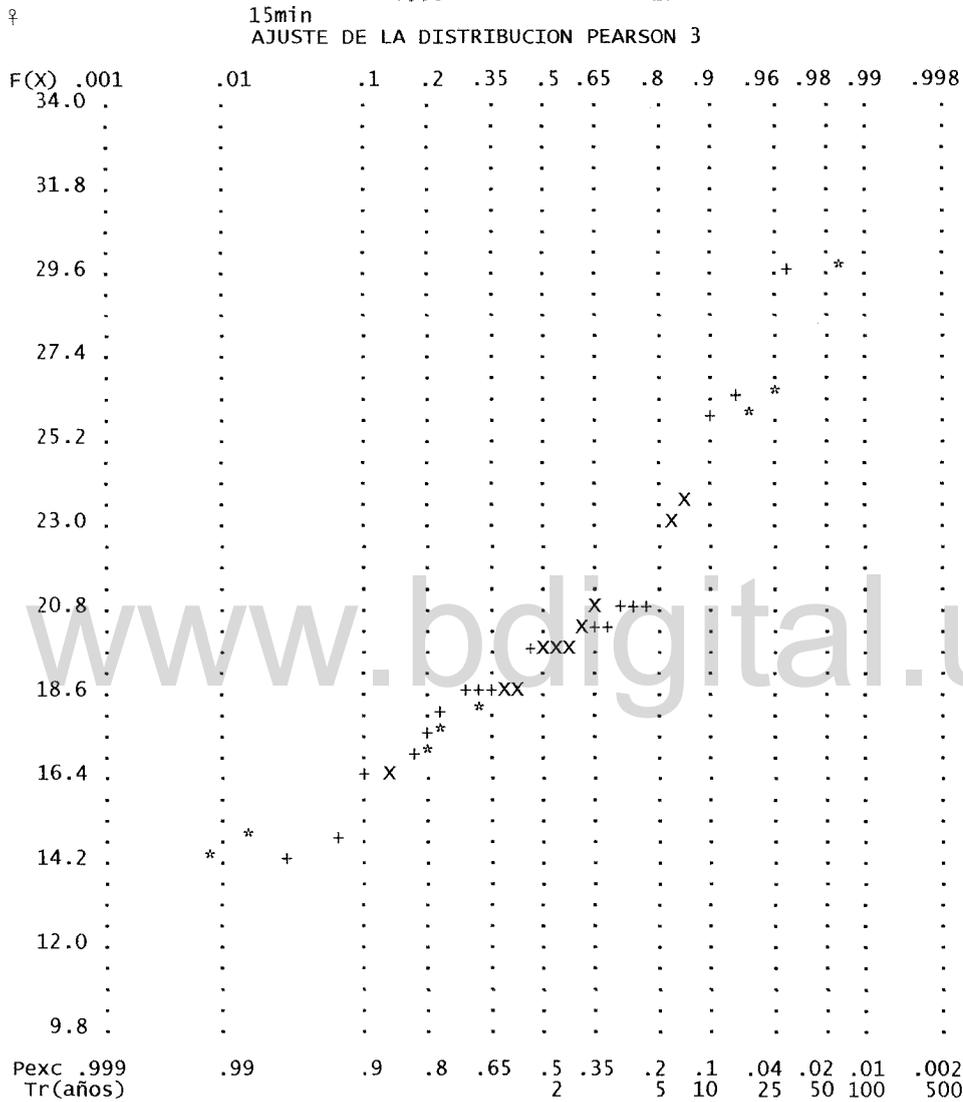
PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	19.496
5.	22.535
10.	24.473
20.	26.269
25.	26.826
50.	28.512
100.	30.145
200.	31.740
500.	33.806

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)    VALOR DE LA VARIABLE  
 Página 6

aero15

.975	15.231
.960	15.529
.950	15.692
.940	15.838
.900	16.321
.850	16.808
.800	17.234
.700	18.003
.500	19.496



+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

15min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.2966 DESVIACION ESTANDAR = .0689  
 COEF. DE ASIMETRIA = .4725 COEF. DE VARIACION = .0531

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV

Página 7

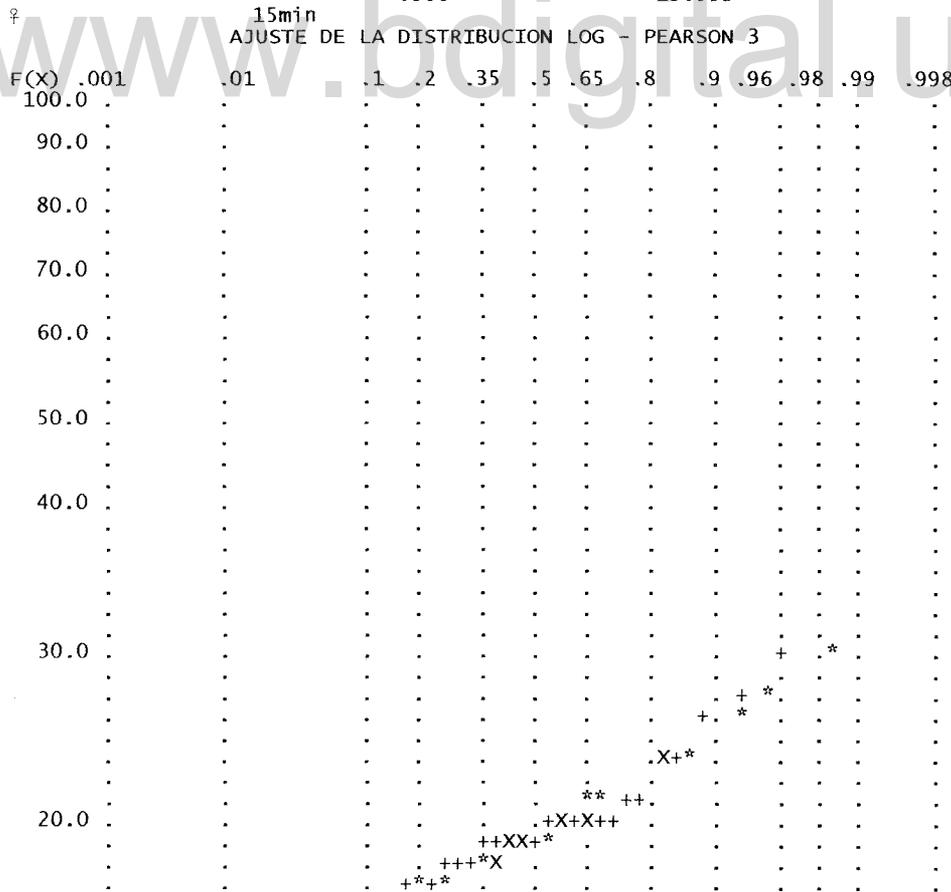
aero15  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .124091  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) ..... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

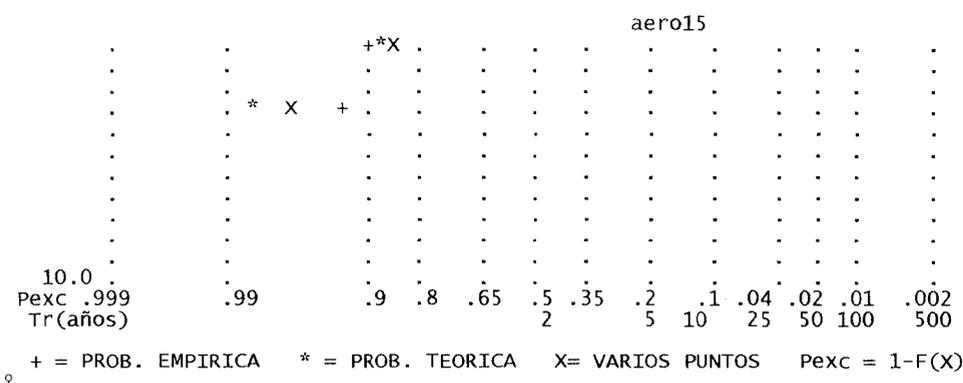
ERROR ESTANDAR = .87040

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	19.553
5.	22.510
10.	24.410
20.	26.204
25.	26.770
50.	28.507
100.	30.234
200.	31.967
500.	34.286

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	15.048
.960	15.412
.950	15.604
.940	15.773
.900	16.314
.850	16.840
.800	17.286
.700	18.073
.500	19.553





SERIE No. 1		15min						TEST
DISTRIBUCION	MEDIA	DESV	EST C.	ASIMET	C. VAR.	DELT MAX	E. CUAD	S. K.
NORMAL	20.04	3.317	1.0213	.1655	.1839	1.0644	ACCEPT	
L-NORMAL	1.30	.069	.4725	.0531	.1520	.9705	ACCEPT	
GUMBEL	20.04	3.317	1.0213	.1655	.1176	.7586	ACCEPT	
L-GUMBEL	1.30	.069	.4725	.0531	.1089	.7255	ACCEPT	
PEARSON 3	20.04	3.317	1.0213	.1655	.1226	.8707	ACCEPT	
L-PEARSON 3	1.30	.069	.4725	.0531	.1241	.8704	ACCEPT	

www.bdigital.ula.ve

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

aero30

aero30min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 29.4889 DESVIACION ESTANDAR = 5.9533  
 COEF. DE ASIMETRIA = .9155 COEF. DE VARIACION = .2019

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .147184  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 2.28920

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	29.489
5.	34.498
10.	37.119
20.	39.283
25.	39.914
50.	41.718
100.	43.341
200.	44.826
500.	46.626

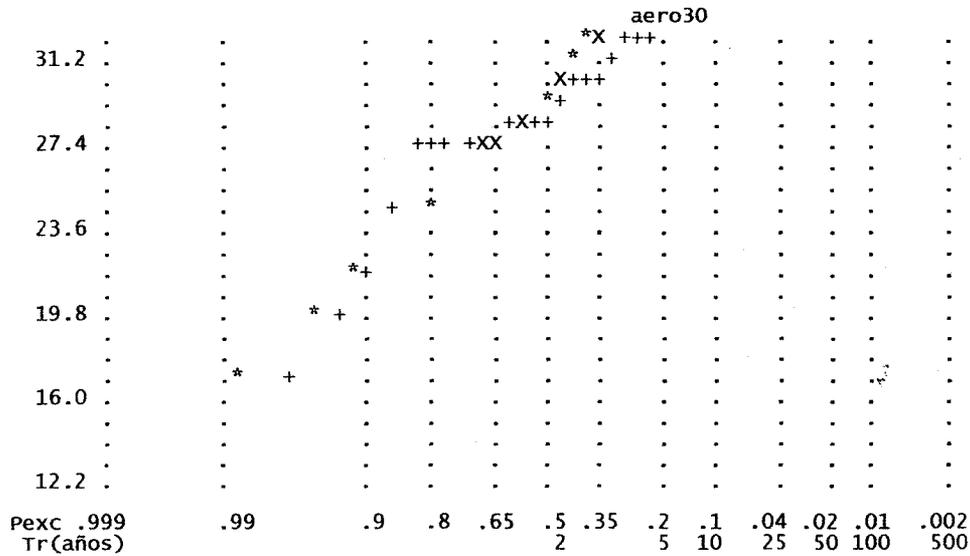
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	17.818
.960	19.064
.950	19.694
.940	20.231
.900	21.858
.850	23.319
.800	24.479
.700	26.369
.500	29.489

♀

aero30min

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION NORMAL

F(X)	.001	.01	.1	.2	.35	.5	.65	.8	.9	.96	.98	.99	.998
54.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
46.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
42.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
38.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
35.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



+ = PROB. EMPIRICA    \* = PROB. TEORICA    X= VARIOS PUNTOS    Pexc = 1-F(X)

aero30min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 1.4612    DESVIACION ESTANDAR = .0879  
 COEF. DE ASIMETRIA = -.3773    COEF. DE VARIACION = .0601

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-NORMAL

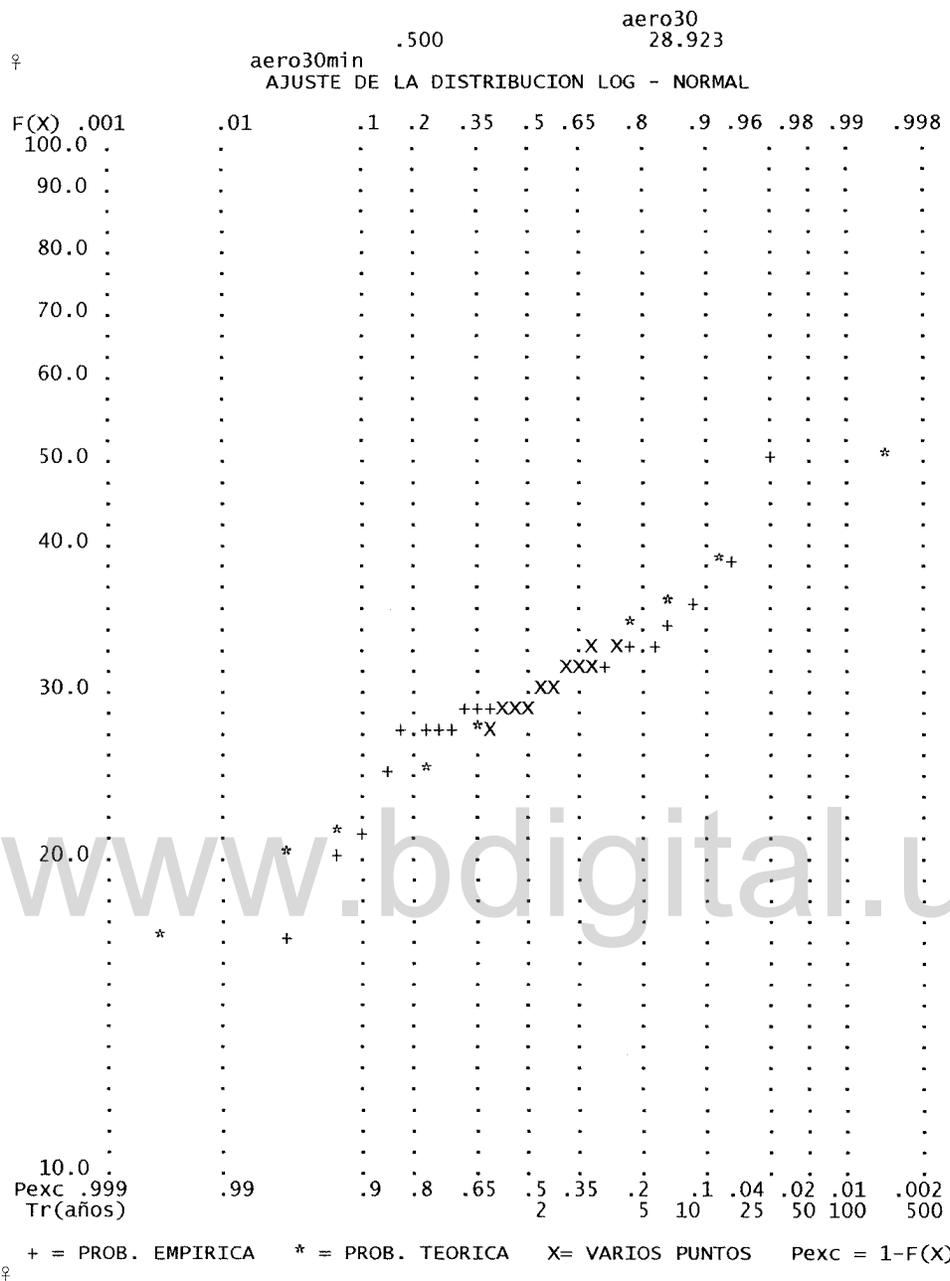
TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .174559  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 2.18365

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	28.923
5.	34.290
10.	37.484
20.	40.344
25.	41.217
50.	43.824
100.	46.308
200.	48.705
500.	51.776

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	19.455
.960	20.296
.950	20.735
.940	21.117
.900	22.317
.850	23.453
.800	24.396
.700	26.014



aero30min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE

MEDIA	= 29.4889	DESVIACION ESTANDAR =	5.9533
COEF. DE ASIMETRIA =	.9155	COEF. DE VARIACION =	.2019

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .188542  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

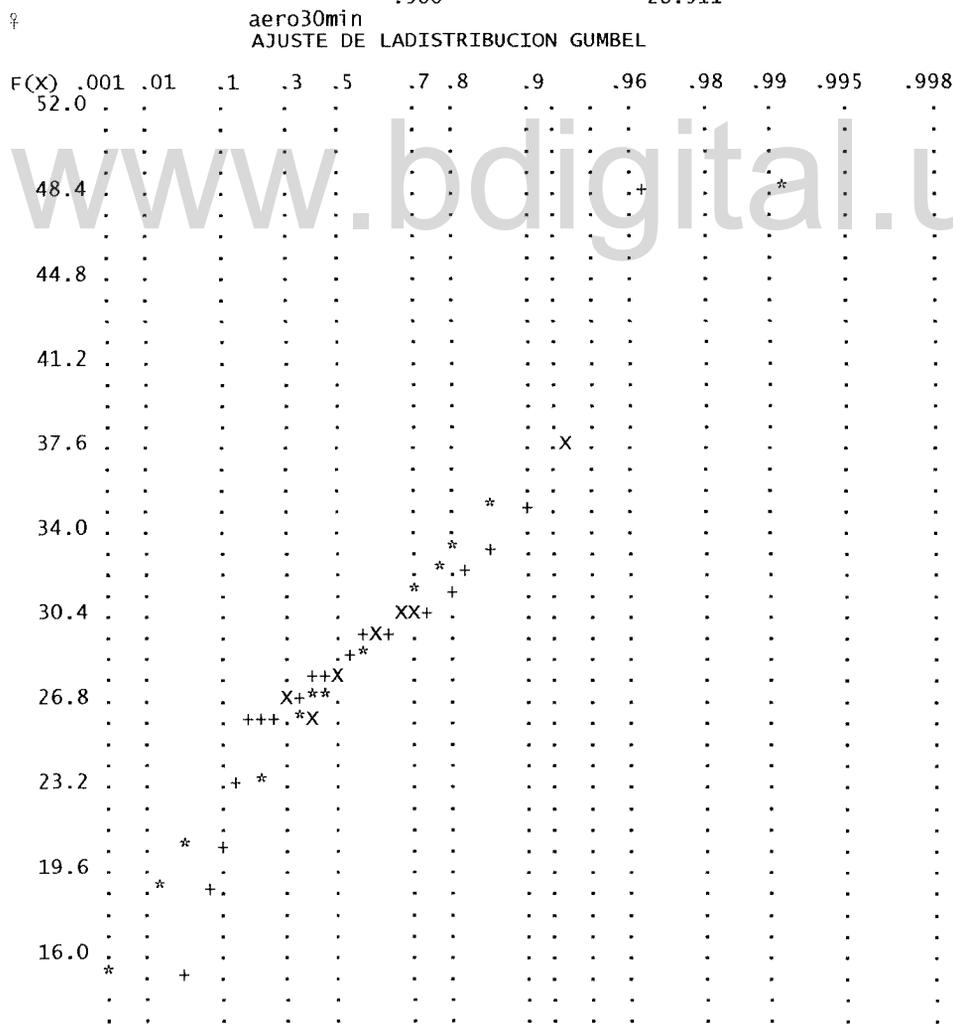
ERROR ESTANDAR = 2.04089  
 Página 3

aero30

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	22.750
2.00	28.511
2.33	29.495
5.00	33.772
10.00	37.255
20.00	40.597
50.00	44.922
100.00	48.162
500.00	55.652

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	20.751
.960	21.383
.950	21.717
.940	22.008
.900	22.938
.850	23.837
.800	24.601
.700	25.948
.500	28.511



aero30													
12.4	.999	.99	.9	.7	.5	.3	.2	.1	.04	.02	.01	.005	.002
Tr(años)				2	5	10	25	50	100	200	500		

+ = PROB. EMPIRICA \* = PROB. TEORICA X= VARIOS PUNTOS Pexc = 1-F(X)

aero30min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE			
MEDIA	=	1.4612	DESVIACION ESTANDAR = .0879
COEF. DE ASIMETRIA	=	-.3773	COEF. DE VARIACION = .0601

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-GUMBEL

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .223776  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 1.98295

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
1.10	23.004
2.00	27.978
2.33	28.929
5.00	33.454
10.00	37.658
20.00	42.185
50.00	48.863
100.00	54.552
500.00	70.360

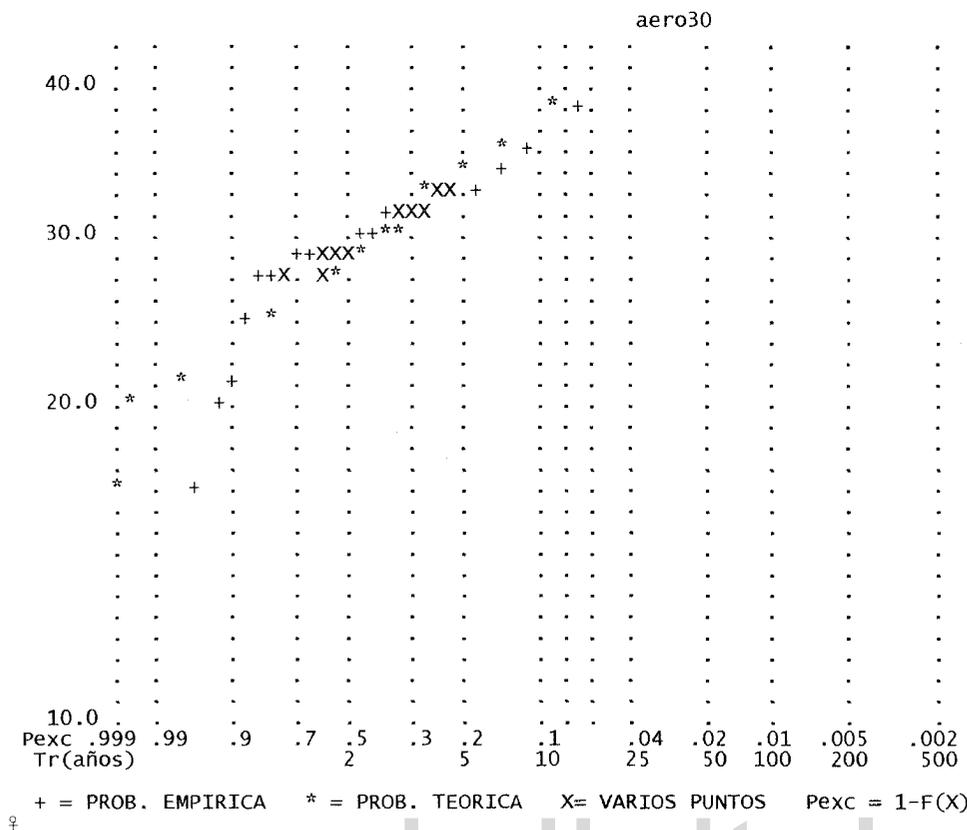
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	21.493
.960	21.960
.950	22.210
.940	22.431
.900	23.151
.850	23.870
.800	24.497
.700	25.644
.500	27.978

♀

aero30min

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

F(X)	.001	.01	.1	.3	.5	.7	.8	.9	.96	.98	.99	.995	.998
100.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
90.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
80.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
70.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50.0	.	.	.	.	.	.	.	.	+	*	.	.	.



www.bdigital.ula.ve

aero30min  
 PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE  
 MEDIA = 29.4889 DESVIACION ESTANDAR = 5.9533  
 COEF. DE ASIMETRIA = .9155 COEF. DE VARIACION = .2019

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION PEARSON 3

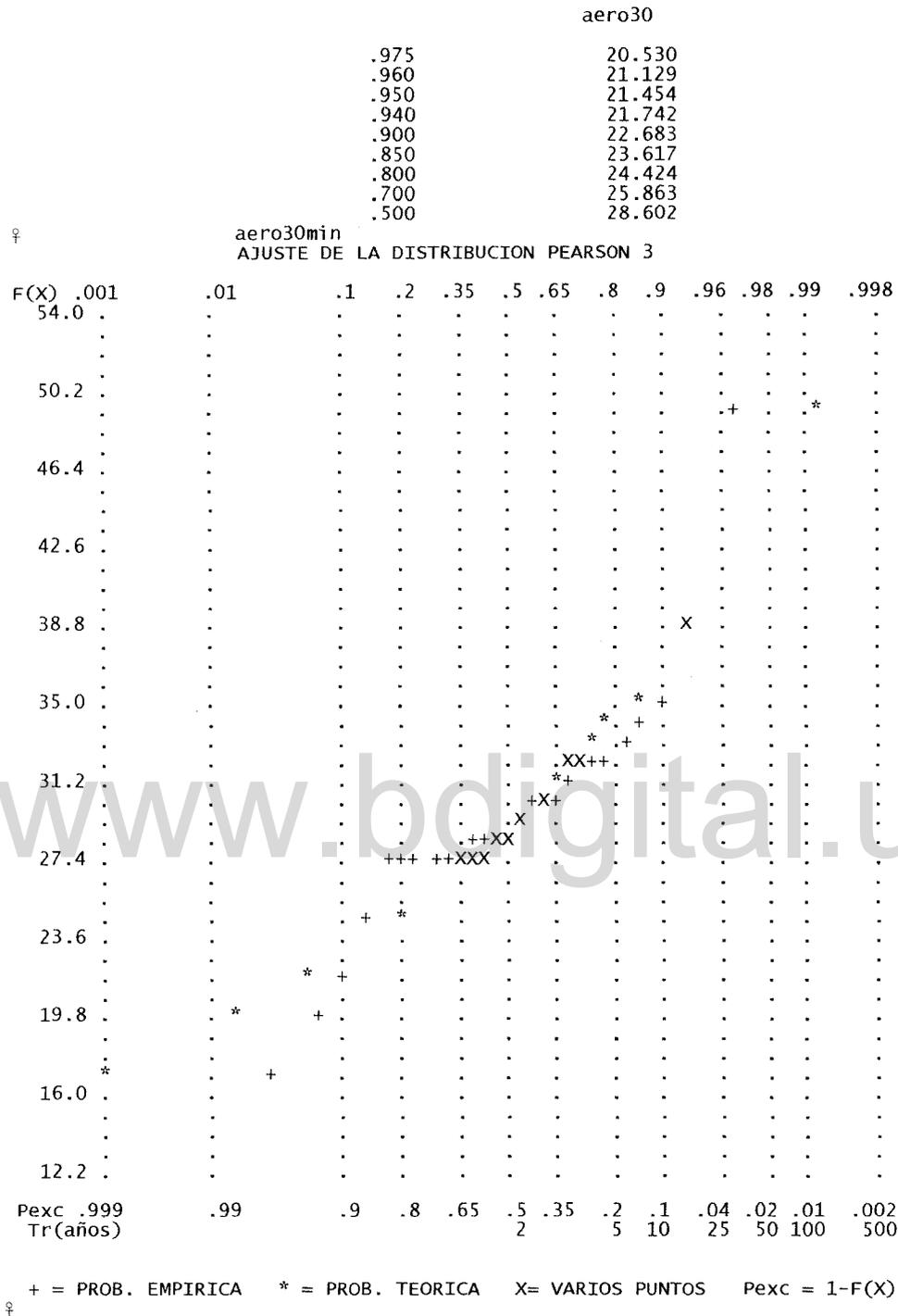
TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .198535  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

ERROR ESTANDAR = 2.21228

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	28.602
5.	34.036
10.	37.436
20.	40.553
25.	41.515
50.	44.413
100.	47.202
200.	49.912
500.	53.403

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>X) VALOR DE LA VARIABLE  
 Página 6



aero30min

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA SERIE

MEDIA	=	1.4612	DESVIACION ESTANDAR =	.0879
COEF. DE ASIMETRIA	=	-.3773	COEF. DE VARIACION =	.0601

AJUSTE DE LA DISTRIBUCION LOG-PEARSON 3

TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV

Página 7

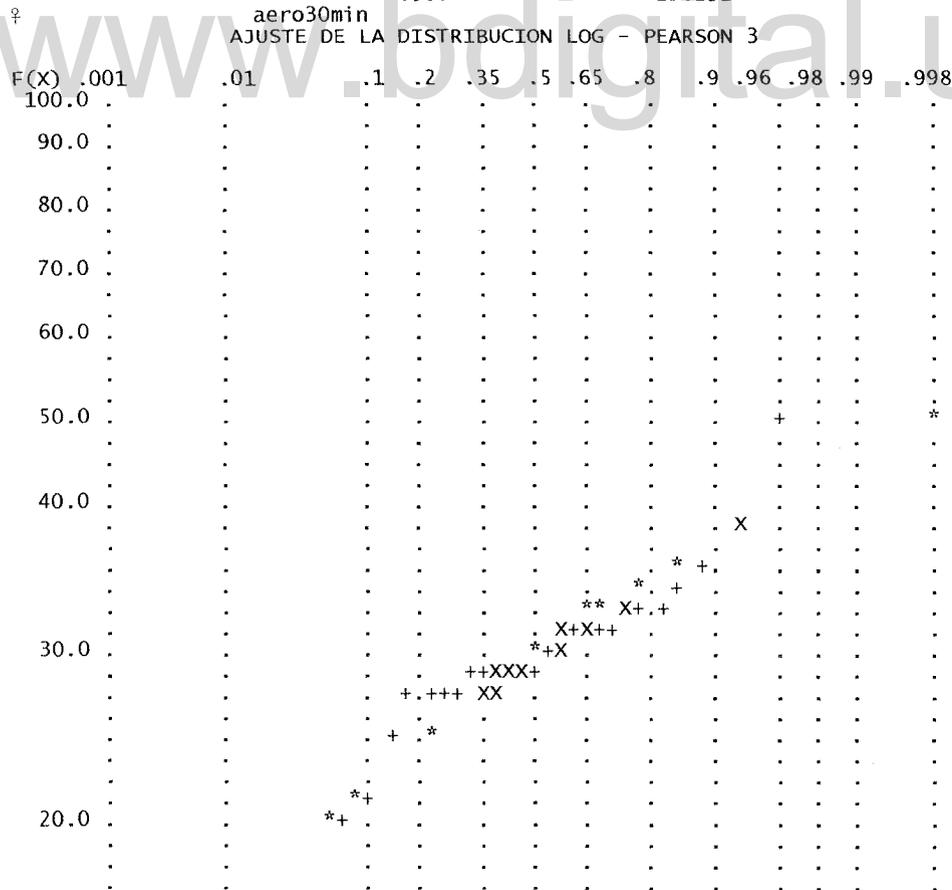
aero30  
 PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5 %  
 DELTA MAXIMO OBSERVADO .... .154473  
 DELTA CRITICO PARA (N;ns) = ( 27;0.05) .... .258  
 \*\*\*\*\* CONCLUSION DEL TEST \*\*\*\*\*Se acepta el ajuste

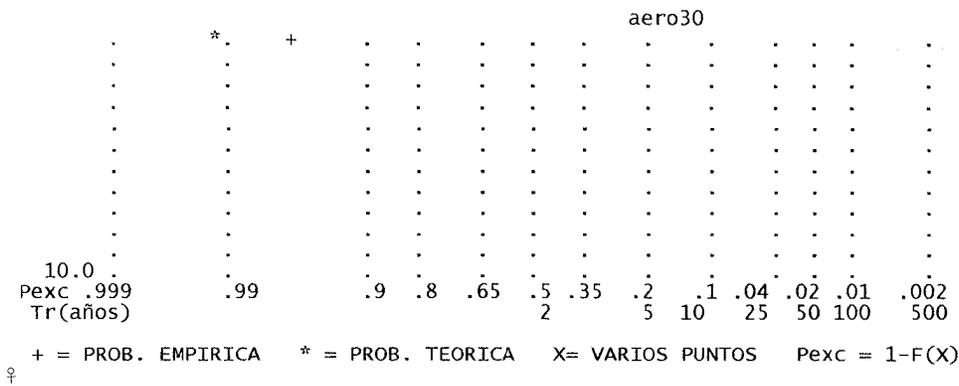
ERROR ESTANDAR = 2.27643

PROBABILIDAD EMPIRICA: ECUACION DE WEIBULL (m)/(n+1)

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	VALOR DE LA VARIABLE
2.	29.292
5.	34.376
10.	37.125
20.	39.424
25.	40.097
50.	42.031
100.	43.774
200.	45.367
500.	47.293

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA P(X>x)	VALOR DE LA VARIABLE
.975	18.787
.960	19.798
.950	20.321
.940	20.771
.900	22.169
.850	23.462
.800	24.516
.700	26.275
.500	29.292





SERIE No. 1		aero30min					TEST
DISTRIBUCION	MEDIA	DESV EST	C. ASIMET	C. VAR.	DELT MAX	E. CUAD	S. K.
NORMAL	29.49	5.953	.9155	.2019	.1472	2.2892	ACCEPT
L-NORMAL	1.46	.088	-.3773	.0601	.1746	2.1836	ACCEPT
GUMBEL	29.49	5.953	.9155	.2019	.1885	2.0409	ACCEPT
L-GUMBEL	1.46	.088	-.3773	.0601	.2238	1.9830	ACCEPT
PEARSON 3	29.49	5.953	.9155	.2019	.1985	2.2123	ACCEPT
L-PEARSON 3	1.46	.088	-.3773	.0601	.1545	2.2764	ACCEPT

www.bdigital.ula.ve

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

www.bdigital.ula.ve

**Apéndice E:**  
Resultados del modelo EVENTO para TR2, TR5, TR10, TR20, TR50 y TR100

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Qda.El Rincón

TR = 2

HIETOGAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR)
5.00	32.40
10.00	52.80
15.00	117.60
20.00	61.20
25.00	44.40
30.00	27.60

www.bdigital.ula.ve

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 1.5000 NDX = 5 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 605.700  
CN = 77.90 SS = .4600 NN = .2430 PROF = 1.0000 WMAX = 1.33 QMAX = 1.32715  
PT = 28.0 PEPEC = 2.2 COEF = .08

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 2.0000 NDX = 5 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 655.900  
CN = 73.08 SS = .5100 NN = .3390 PROF = 1.0000 WMAX = 1.01 QMAX = 1.01276  
PT = 28.0 PEPEC = .8 COEF = .03

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .4922 NDX = 30 THETA = .55 LONG = 4025.700  
TSEG = 1 SS = .2000 NN = .0500 BB = 1.50 PT = .0000  
PROF = .7000 WMAX = 4.54 QMAX = 4.77023

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGMENTO = 10 TPICO = 49.715 MIN. QPICO = 1.9215 M3/SEG  
ESCOR = .015716 MILLONES DE METROS CUBICOS

HIDROGRAMA DE SALIDA PARA EL SEGMENTO 10

TIEMPO (MIN)	.00	.19	.38	.58	.77	.96	1.15	1.35	1.54	1.73	1.92	CAUDAL (MS/SEG)
5.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
10.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
15.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0013
20.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0394
25.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1747
30.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4211
35.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6882
40.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8565
45.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9151
50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9215
55.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9196
60.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9161
65.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9107
70.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9030
75.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8928
80.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8799
85.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8642
90.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8458
95.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8244
100.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8007
105.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7747
110.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7467
115.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7172
120.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6863
125.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6545
130.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6221
135.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5894
140.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5568
145.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5243
150.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4924
155.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4612
160.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4309
165.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4016
170.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3734
175.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3464
180.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3208
185.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2964
190.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2734
195.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2517

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Qda.El Rincón

TR = 5:

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR)
5.00	44.40
10.00	61.20
15.00	144.00
20.00	61.20
25.00	57.60
30.00	32.40

www.bdigital.ula.ve

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 3.7252 NOX = 29 THETA = .55 INPS = .00 LONG = 602.700  
 CN = 77.90 SS = .4500 NN = .2430 PROF = .0060 VMAX = .09 QMAX = .00054  
 PT = 33.4 PEPEC = 4.0 COEF = .12

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 2.0000 NOX = 5 THETA = .55 INPS = .00 LONG = 655.900  
 CN = 73.08 SS = .5100 NN = .3390 PROF = 1.0000 VMAX = 1.01 QMAX = 1.01276  
 PT = 33.4 PEPEC = 2.0 COEF = .06

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .4922 NOX = 30 THETA = .55 LONG = 4025.700  
 TSEG = 1 SS = .2000 NN = .0500 SB = 1.50 PT = .0000  
 PROF = .7000 VMAX = 4.54 QMAX = 4.77083

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGMENTO = 10 TPICO = 51.684 MIN. QPICO = 2.6172 M3/SEG  
 ESCOR = .024272 MILLONES DE METROS CUBICOS

HIDROGRAMA DE SALIDA PARA EL SEGMENTO 10

TIEMPO (MIN)	.00	.26	.52	.79	1.05	1.31	1.57	1.83	2.09	2.36	2.62	CAUDAL (M3/SEG)
5.00	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	1.0000
10.00	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	1.0000
15.00	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	1.0047
20.00	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	1.0650
25.00	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	1.3831
30.00	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	1.7199
35.00	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	2.2074
40.00	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	2.5119
45.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	2.6072
50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6170
55.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6169
60.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6161
65.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6147
70.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6125
75.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6088
80.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.6025
85.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.5921
90.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.5754
95.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.5505
100.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.5157
105.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.4708
110.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.4167
115.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.3553
120.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.2891
125.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.2205
130.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.1515
135.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.0836
140.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	2.0181
145.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.9554
150.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.8960
155.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.8400
160.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.7874
165.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.7380
170.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.6917
175.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.6483
180.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.6076
185.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.5696
190.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.5339
195.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	1.5004

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Oda. El Rincón

TR = 10

HIETOGAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR)
5.00	54.00
10.00	67.20
15.00	164.40
20.00	69.60
25.00	60.00
30.00	36.00

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 3.1624 MDX = 29 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 603.700  
CN = 77.50 SS = .4500 NV = .2430 PROF = .0076 VMAX = .11 QMAX = .00081  
PT = 37.6 PEPEC = 5.6 COEF = .15

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 2.0000 MDX = 5 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 655.900  
CN = 73.05 SS = .5100 NV = .3390 PROF = 1.0000 VMAX = 1.01 QMAX = 1.01276  
PT = 37.6 PEPEC = 3.2 COEF = .08

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .4822 MDX = 30 THETA = .55 LONG = 4025.700  
TSEC = 1 SS = .2000 NV = .0500 BS = 1.50 PT = .0000  
PROF = .7000 VMAX = 4.54 QMAX = 4.77083

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGMENTO = 10 TPICO = 50.207 MIN. QPICO = 3.7943 M3/SEG  
ESCOR = .030958 MILLONES DE METROS CUBICOS

HIDROGRAMA DE SALIDA PARA EL SEGUENTO 10

TIEMPO (MIN)	.00	.36	.76	1.14	1.52	1.90	2.28	2.66	3.04	3.41	3.79	CAUDAL (M3/SEG)
5.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
10.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
15.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0136
20.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1695
25.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6205
30.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.4273
35.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.2262
40.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.6645
45.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7641
50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7943
55.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7955
60.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7911
65.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7857
70.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7736
75.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7488
80.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.7046
85.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.6356
90.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.5409
95.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.4239
100.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.2921
105.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.1531
110.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.0138
115.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.8788
120.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.7510
125.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.6317
130.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.5212
135.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.4192
140.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3253
145.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2386
150.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.1586
155.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0845
160.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0156
165.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9516
170.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8919
175.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8360
180.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7838
185.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7346
190.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6886
195.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6456
200.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6069

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Qda. El Rincón

TR = 20

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR)
5.00	58.80
10.00	73.20
15.00	167.20
20.00	82.80
25.00	64.80
30.00	39.80

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 2.6995 NDX = 29 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 603.700  
 CN = 77.90 SS = .4500 NN = .2430 PROF = .0097 VMAX = .12 QMAX = .00121  
 PT = 42.2 PEPEC = 7.7 COEF = .16

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 2.0000 NDX = 5 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 655.900  
 CN = 73.08 SS = .5100 NN = .3390 PROF = 1.0000 VMAX = 1.01 QMAX = 1.01276  
 PT = 42.2 PEPEC = 4.7 COEF = .11

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .4674 NDX = 29 THETA = .55 LONG = 4025.700  
 TSEC = 1 SS = .2000 NN = .0500 BS = 2.00 PT = .0000  
 PROF = .7000 VMAX = 4.95 QMAX = 6.93060

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGUENTO = 10 TPICO = 47.203 MIN. QPICO = 5.5455 M3/SEG  
 ESCOR = .039403 MILLONES DE METROS CUBICOS

HIDROGRAMA DE SALIDA PARA EL SEGMETO 10

TIEMPO (MIN)	.00	.55	1.11	1.66	2.22	2.77	3.33	3.88	4.44	4.99	5.55	CAUDAL (MG/SEG)
5.00	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
10.00	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
15.00	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0299
20.00	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3365
25.00	.	.	.	.	"	.	.	.	.	.	.	2.1660
30.00	.	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	3.5699
35.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	4.8401
40.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.4255
45.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.5423
50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.5490
55.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.5328
60.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.5109
65.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.4635
70.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.3751
75.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.2280
80.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	5.0222
85.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	4.7768
90.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	4.5118
95.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	4.2466
100.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.9944
105.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.7619
110.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.5511
115.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.3635
120.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.1913
125.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	3.0384
130.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.9003
135.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.7750
140.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.6606
145.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.5556
150.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.4587
155.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.3689
160.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.2852
165.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.2070
170.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.1337
175.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	2.0648
180.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	1.9999
185.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	1.9387
190.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	1.8810
195.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	1.8265

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Qda. El Rincón

TR = 50

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR)
5.00	54.00
10.00	84.00
15.00	220.60
20.00	102.60
25.00	81.60
30.00	44.40

www.bdigital.ula.ve

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 2.2143 NDV = 29 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 803.700  
 CN = 77.90 SS = .4500 NN = .2430 PROF = .0132 VMAX = .15 QMAX = .00200  
 PT = 49.0 PEPEC = 11.2 COEF = .23

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 3.8462 NDV = 30 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 855.900  
 CN = 73.00 SS = .5100 NN = .2330 PROF = .0094 VMAX = .09 QMAX = .00087  
 PT = 49.0 PEPEC = 7.4 COEF = .15

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .3869 NDV = 30 THETA = .55 LONG = 4025.700  
 TSEG = 1 SS = .2000 NN = .0500 BB = 2.00 PT = .0000  
 PROF = 1.0000 VMAX = 5.63 QMAX = 11.26905

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGMENTO = 10 TPICO = 45.647 MIN. QPICO = 9.3091 M3/SEG  
 ESCOR = .053634 MILLONES DE METROS CUBICOS

MICROGRAMA DE SALIDA PARA EL SECTOR 10

TIEMPO (MIN)	.00	.93	1.86	2.79	3.72	4.65	5.59	6.52	7.45	8.38	9.31	CALCAL (MG/SEG)
5.00	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
10.00	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0000
15.00	.	"	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0576
20.00	.	"	"	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5991
25.00	.	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	2.2224
30.00	.	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	5.9956
35.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	8.3003
40.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	9.1860
45.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	9.3087
50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	9.2986
55.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	9.2228
60.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	9.0361
65.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	8.6944
70.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	8.2060
75.00	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	.	7.6366
80.00	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	.	7.0555
85.00	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	.	6.5074
90.00	.	.	.	.	.	.	.	.	"	.	.	6.0092
95.00	.	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	5.5607
100.00	.	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	5.1550
105.00	.	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	4.7850
110.00	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	.	4.4453
115.00	.	.	.	.	.	"	.	.	.	.	.	4.1334
120.00	.	.	.	.	"	.	.	.	.	.	.	3.8477
125.00	.	.	.	"	.	.	.	.	.	.	.	3.5873
130.00	.	.	.	"	"	.	.	.	.	.	.	3.3512
135.00	.	.	.	"	"	"	.	.	.	.	.	3.1382
140.00	.	.	.	"	"	"	.	.	.	.	.	2.9467
145.00	.	.	.	"	"	"	.	.	.	.	.	2.7750
150.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.6211
155.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.4833
160.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.3599
165.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.2493
170.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.1500
175.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	2.0608
180.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	1.9804
185.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	1.9079
190.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	1.8424
195.00	.	.	"	"	"	"	.	.	.	.	.	1.7820

MODELO DE SIMULACION DE EVENTOS

CIDIAT

\*\*\*\*\*

Qda. El Kincon

TR = 100

HISTOGRAMA DE PRECIPITACION

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (MM/HR.)
5.00	50.40
10.00	94.80
15.00	249.60
20.00	117.60
25.00	92.40
30.00	49.20

ISEG = 101 TSEG = 1 DT = 1.9284 NDX = 30 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 803.700  
CN = 77.90 SS = .4500 NN = .2430 PROF = .0163 VMAX = .17 QMAX = .00284  
PT = 54.5 PEPEC = 14.3 COEF = .26

ISEG = 102 TSEG = 1 DT = 3.3708 NDX = 29 THETA = .55 IMPS = .00 LONG = 655.900  
CN = 73.08 SS = .5100 NN = .3390 PROF = .0119 VMAX = .11 QMAX = .00129  
PT = 54.5 PEPEC = 9.9 COEF = .18

ISEG = 10 TSEG = 2 DT = .3875 NDX = 29 THETA = .55 LONG = 4025.700  
TSEC = 1 SS = .2000 NN = .0500 BB = 2.00 PT = .0000  
PROF = 1.2000 VMAX = 5.97 QMAX = 14.33049

NO HAY APORTES AGUAS ARRIBA

LAT = 101 LAT = 102

SEGMENTO = 10 TPICO = 44.172 MIN, QPICO = 13.3303 M3/SEG  
ESCOR = .067829 MILLONES DE METROS CUBICOS

HIJROGRAMA DE SALIDA PARA EL SEGMENTO 10

TIEMPO (MIN)	.00	1.33	2.67	4.00	5.33	6.67	8.00	9.33	10.66	12.00	13.33	CAUDAL (M <sup>3</sup> /SEG)
5.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.0000
10.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.0000
15.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.0901
20.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.9946
25.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.7090
30.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9.0102
35.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	12.1830
40.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13.2325
45.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13.3284
50.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13.2615
55.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13.0328
60.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	12.5369
65.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	11.7801
70.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.8663
75.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9.9229
80.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9.0236
85.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8.1943
90.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	7.4357
95.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6.7445
100.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6.1186
105.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.5564
110.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.0561
115.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.6140
120.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.2256
125.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.8853
130.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.5878
135.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.3274
140.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.0996
145.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.8995
150.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.7236
155.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.5685
160.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.4315
165.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.3099
170.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.2017
175.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.1053
180.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.0190
185.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.9417
190.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.8721
195.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.8093
200.00	.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.4493

www.bdigital.ula.ve

**Apéndice F:**

Secciones Topográficas Levantadas en Campo

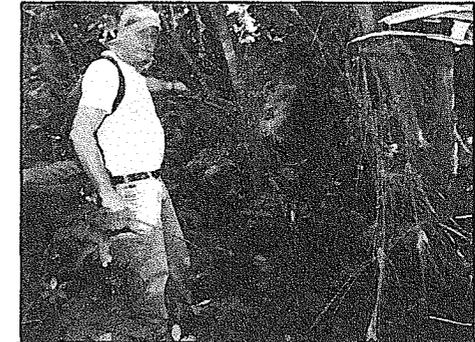
[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

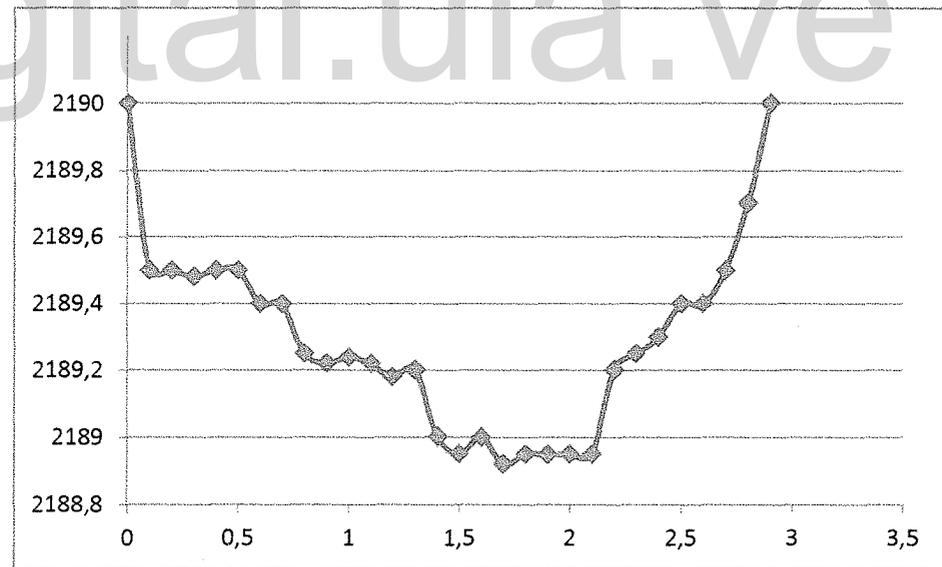
## Sección Transversal 1

**Ubicación: Parte Alta.**

**Coordenadas UTM: 953612N; 260810E**



Elevacion (Y) m	Elevacion (Y)	Prof (m)
2190	0,000	
2189,500	0,500	
2189,500	0,500	
2189,480	0,520	
2189,500	0,500	
2189,500	0,500	
2189,400	0,600	
2189,400	0,600	
2189,250	0,750	
2189,220	0,780	
2189,240	0,760	
2189,220	0,780	
2189,180	0,820	
2189,200	0,800	
2189,000	1,000	0,01
2188,950	1,050	0,05
2189,000	1,000	0,05
2188,920	1,080	0,01
2188,950	1,050	0,03
2188,950	1,050	0,03
2188,950	1,050	0,02
2188,950	1,050	0,05
2189,200	0,800	0,1
2189,250	0,750	
2189,300	0,700	
2189,400	0,600	
2189,400	0,600	
2189,500	0,500	
2189,700	0,300	
2190,000	0,000	
2190	0,015	
2190,000	0,000	

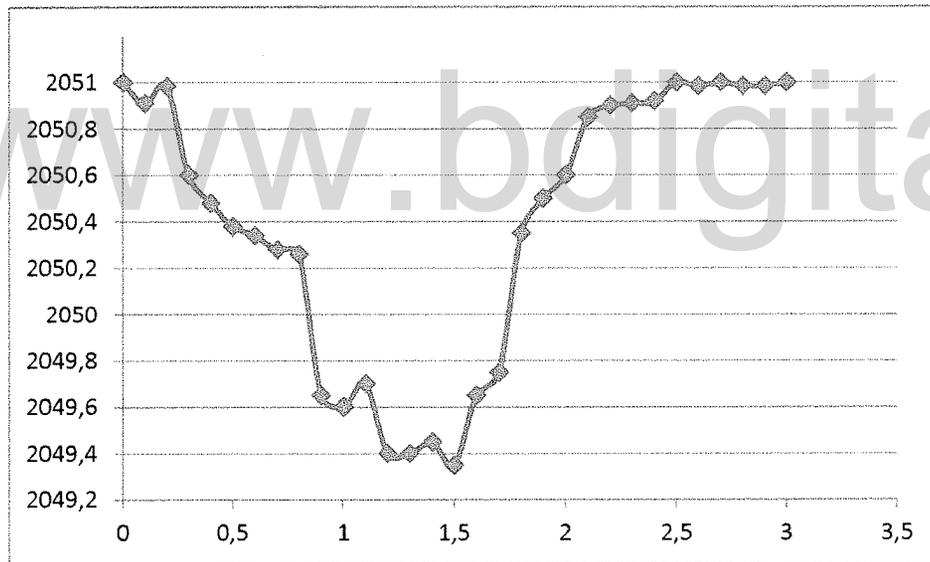


**Observaciones:** la llanura se extiende dos metros a la izquierda y tres a la derecha

## Sección Transversal 2

**Ubicación: Parte Alta.**

**Coordenadas UTM: 953501N; 260760E**



**Observaciones: la llanura se extiende dos metros a la izquierda y uno a la derecha**

Progresiva (X) m	Elevación (Y) m	Elevación (Y)	Prof (m)
0	2051	0,000	
0,1	2050,910	0,090	
0,2	2050,985	0,015	
0,3	2050,600	0,400	
0,4	2050,480	0,520	
0,5	2050,380	0,620	
0,6	2050,340	0,660	
0,7	2050,280	0,720	
0,8	2050,260	0,740	
0,9	2049,650	1,350	
1	2049,600	1,400	
1,1	2049,700	1,300	
1,2	2049,400	1,600	
1,3	2049,400	1,600	
1,4	2049,450	1,550	0,03
1,5	2049,350	1,650	0,05
1,6	2049,650	1,350	0,09
1,7	2049,750	1,250	0,1
1,8	2050,350	0,650	0,11
1,9	2050,500	0,500	0,12
2	2050,600	0,400	0,06
2,1	2050,850	0,150	0,03
2,2	2050,900	0,100	0,1
2,3	2050,910	0,090	0,1
2,4	2050,920	0,080	
2,5	2051,000	0,000	
2,6	2050,985	0,015	
2,7	2051,000	0,000	
2,8	2050,985	0,015	
2,9	2050,985	0,015	
3	2051,000	0,000	

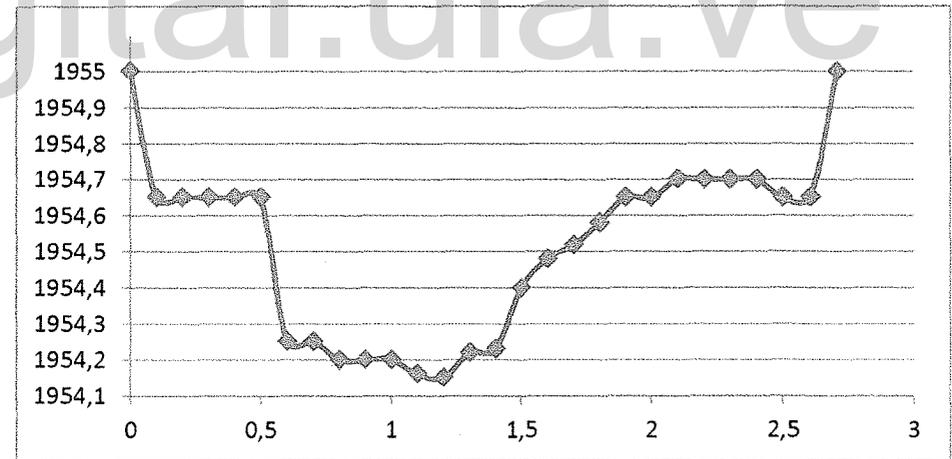
### Sección Transversal 3

Ubicación: Parte Alta.

Coordenadas UTM: 953322N; 260857E



Progresiva (X) m	Elevacion (Y) m	Elevacion (Y)	Prof (m)
0	1955	0,000	
0,1	1954,650	0,350	
0,2	1954,650	0,350	
0,3	1954,650	0,350	
0,4	1954,650	0,350	
0,5	1954,650	0,350	
0,6	1954,250	0,750	0,9
0,7	1954,250	0,750	0,8
0,8	1954,200	0,800	0,6
0,9	1954,200	0,800	0,5
1	1954,200	0,800	0,5
1,1	1954,160	0,840	0,4
1,2	1954,150	0,850	0,3
1,3	1954,220	0,780	0,2
1,4	1954,230	0,770	0,1
1,5	1954,400	0,600	0
1,6	1954,480	0,520	0
1,7	1954,520	0,480	0
1,8	1954,580	0,420	
1,9	1954,650	0,350	
2	1954,650	0,350	
2,1	1954,700	0,300	
2,2	1954,700	0,300	
2,3	1954,700	0,300	
2,4	1954,700	0,300	
2,5	1954,650	0,350	
2,6	1954,650	0,350	
2,7	1955	0,000	



Observaciones: la llanura se extiende un metro a la izquierda y medio metro a la derecha.

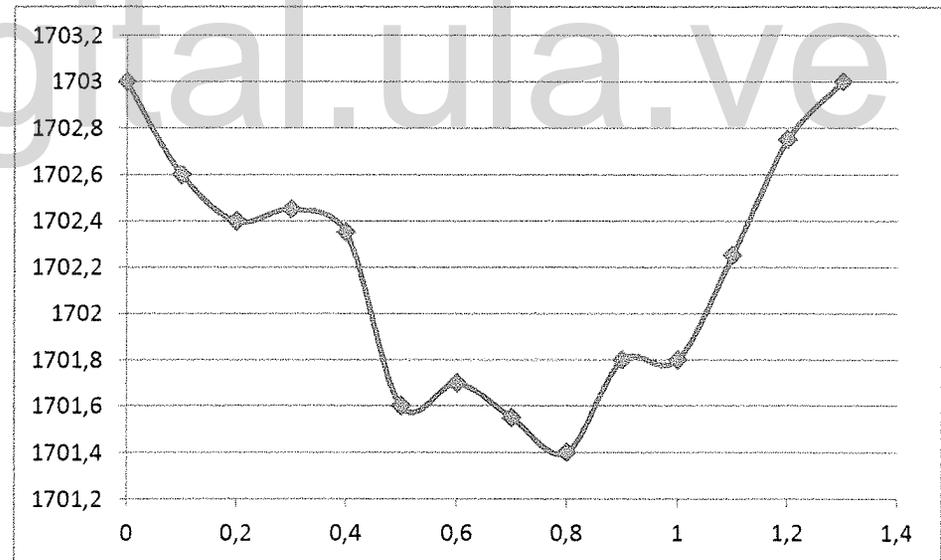
### Sección Transversal 4

**Ubicación: Parte Media.**

**Coordenadas UTM: 952020N; 260804E**



Elevacion (Y) m	Elevacion (Y)	Prof (cm)
1703	0,000	
1702,600	0,400	
1702,400	0,600	
1702,450	0,550	
1702,350	0,650	4
1701,600	1,400	12
1701,700	1,300	10
1701,550	1,450	15
1701,400	1,600	20
1701,800	1,200	18
1701,800	1,200	16
1702,250	0,750	8
1702,750	0,250	
1703,000	0,000	

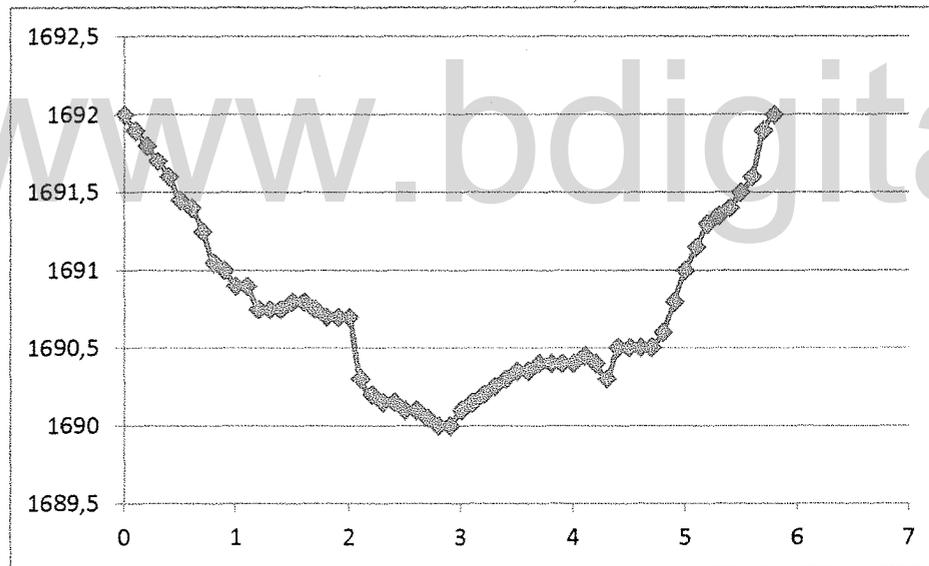


**Observaciones: se extiende medio metro de cada margen.**

### Sección Transversal 5

**Ubicación: Parte Media.**

**Coordenadas UTM: 951997N; 260819E**



**Observaciones: se extiende medio metro de cada margen.**

Progresiva (X) m	Elevacion (Y) m	Elevacion (Y)	Prof (cm)
0	1692	0,000	
0,1	1691,900	0,100	
0,2	1691,800	0,200	
0,3	1691,700	0,300	
0,4	1691,600	0,400	
0,5	1691,450	0,550	
0,6	1691,400	0,600	
0,7	1691,250	0,750	
0,8	1691,050	0,950	
0,9	1691,000	1,000	
1	1690,900	1,100	
1,1	1690,900	1,100	Prof (cm)
1,2	1690,750	1,250	1
1,3	1690,750	1,250	1
1,4	1690,750	1,250	2
1,5	1690,800	1,200	3
1,6	1690,800	1,200	5
1,7	1690,750	1,250	5
1,8	1690,700	1,300	5
1,9	1690,700	1,300	8
2	1690,700	1,300	8
2,1	1690,300	1,700	10
2,2	1690,200	1,800	10
2,3	1690,150	1,850	9
2,4	1690,150	1,850	10
2,5	1690,100	1,900	10
2,6	1690,100	1,900	6
2,7	1690,050	1,950	4
2,8	1690,000	2,000	2
2,9	1690,000	2,000	1
3	1690,100	1,900	
3,1	1690,150	1,850	
3,2	1690,200	1,800	
3,3	1690,250	1,750	
3,4	1690,300	1,700	
3,5	1690,350	1,650	
3,6	1690,350	1,650	
3,7	1690,400	1,600	
3,8	1690,400	1,600	
3,9	1690,400	1,600	
4	1690,400	1,600	
4,1	1690,450	1,550	
4,2	1690,400	1,600	
4,3	1690,300	1,700	
4,4	1690,500	1,500	
4,5	1690,500	1,500	
4,6	1690,500	1,500	
4,7	1690,500	1,500	
4,8	1690,600	1,400	
4,9	1690,800	1,200	
5	1691,000	1,000	
5,1	1691,150	0,850	
5,2	1691,300	0,700	
5,3	1691,350	0,650	
5,4	1691,400	0,600	
5,5	1691,500	0,500	
5,6	1691,600	0,400	
5,7	1691,900	0,100	
5,8	1692,000	0,000	

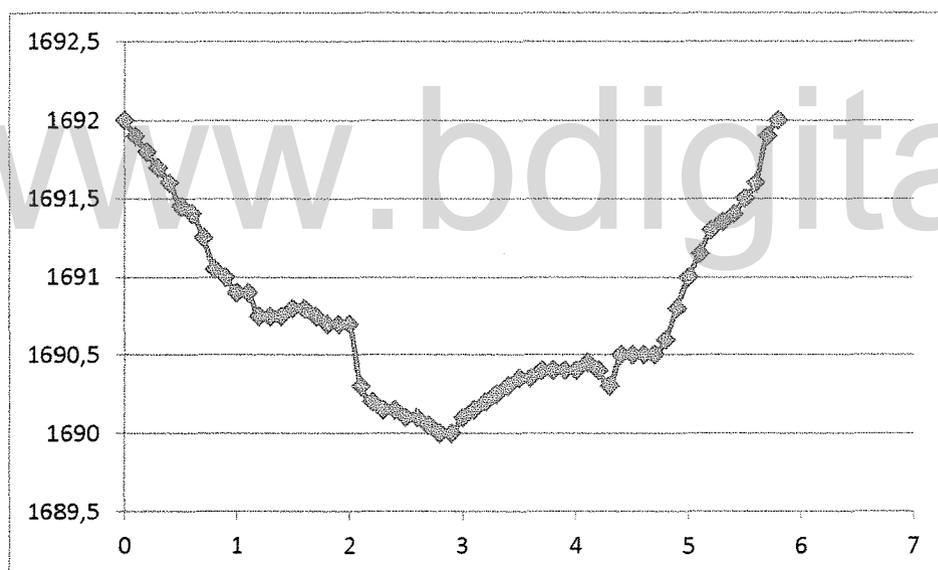
### Sección Transversal 6

Progresiva (X) m	Elevacion (Y) m	Elevacion (Y)	
0	1692	0,000	
0,1	1691,900	0,100	
0,2	1691,800	0,200	
0,3	1691,700	0,300	
0,4	1691,600	0,400	
0,5	1691,450	0,550	
0,6	1691,400	0,600	
0,7	1691,250	0,750	
0,8	1691,050	0,950	
0,9	1691,000	1,000	
1	1690,900	1,100	
1,1	1690,900	1,100	Prof (cm)
1,2	1690,750	1,250	1
1,3	1690,750	1,250	1
1,4	1690,750	1,250	2
1,5	1690,800	1,200	3
1,6	1690,800	1,200	5
1,7	1690,750	1,250	5
1,8	1690,700	1,300	5
1,9	1690,700	1,300	8
2	1690,700	1,300	8
2,1	1690,300	1,700	10
2,2	1690,200	1,800	10
2,3	1690,150	1,850	9
2,4	1690,150	1,850	10
2,5	1690,100	1,900	10
2,6	1690,100	1,900	6
2,7	1690,050	1,950	4
2,8	1690,000	2,000	2
2,9	1690,000	2,000	1
3	1690,100	1,900	
3,1	1690,150	1,850	
3,2	1690,200	1,800	
3,3	1690,250	1,750	
3,4	1690,300	1,700	
3,5	1690,350	1,650	
3,6	1690,350	1,650	
3,7	1690,400	1,600	
3,8	1690,400	1,600	
3,9	1690,400	1,600	
4	1690,400	1,600	
4,1	1690,450	1,550	
4,2	1690,400	1,600	
4,3	1690,300	1,700	
4,4	1690,500	1,500	
4,5	1690,500	1,500	
4,6	1690,500	1,500	
4,7	1690,500	1,500	
4,8	1690,600	1,400	
4,9	1690,800	1,200	
5	1691,000	1,000	
5,1	1691,150	0,850	
5,2	1691,300	0,700	
5,3	1691,350	0,650	
5,4	1691,400	0,600	
5,5	1691,500	0,500	
5,6	1691,600	0,400	
5,7	1691,900	0,100	
5,8	1692,000	0,000	

## Sección Transversal 6

Ubicación: Parte Baja.

Coordenadas UTM: 951997N; 260819E



**Observaciones:** se extiende un metro de cada margen.

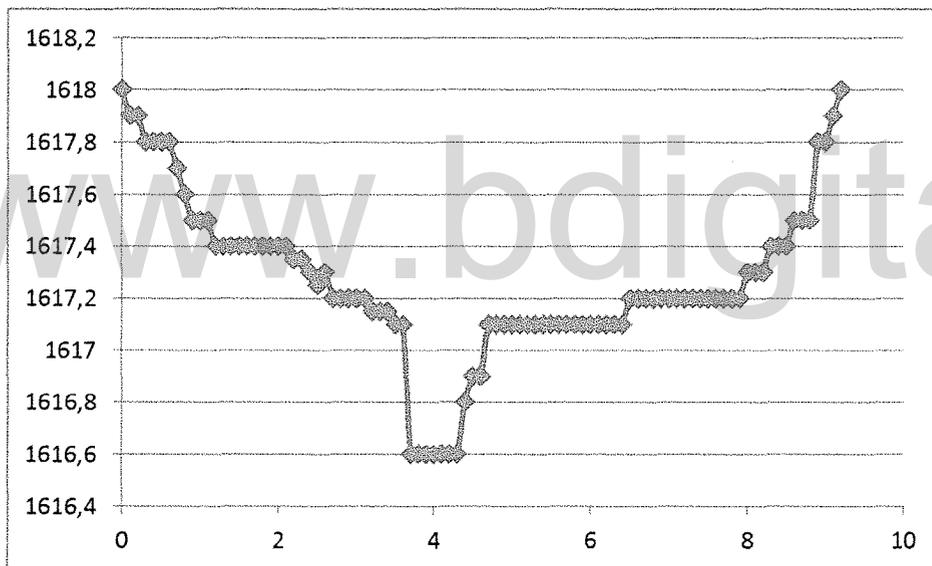
### Sección Transversal 7

Progresiva (X) m	Elevación (Y) m	Elevación (Y)				
0	1618	0,00		4,9	1617,100	0,900
0,1	1617,90	0,10		5	1617,100	0,900
0,2	1617,90	0,10		5,1	1617,100	0,900
0,3	1617,80	0,20		5,2	1617,100	0,900
0,4	1617,80	0,20		5,3	1617,100	0,900
0,5	1617,80	0,20		5,4	1617,100	0,900
0,6	1617,80	0,20		5,5	1617,100	0,900
0,7	1617,70	0,30		5,6	1617,100	0,900
0,8	1617,60	0,40		5,7	1617,100	0,900
0,9	1617,50	0,50		5,8	1617,100	0,900
1	1617,50	0,50		5,9	1617,100	0,900
1,1	1617,50	0,50		6	1617,100	0,900
1,2	1617,40	0,60		6,1	1617,100	0,900
1,3	1617,40	0,60		6,2	1617,100	0,900
1,4	1617,40	0,60		6,3	1617,100	0,900
1,5	1617,40	0,60		6,4	1617,100	0,900
1,6	1617,40	0,60		6,5	1617,200	0,800
1,7	1617,40	0,60		6,6	1617,200	0,800
1,8	1617,40	0,60		6,7	1617,200	0,800
1,9	1617,40	0,60		6,8	1617,200	0,800
2	1617,40	0,60		6,9	1617,200	0,800
2,1	1617,40	0,60		7	1617,200	0,800
2,2	1617,35	0,65		7,1	1617,200	0,800
2,3	1617,35	0,65		7,2	1617,200	0,800
2,4	1617,30	0,70		7,3	1617,200	0,800
2,5	1617,25	0,75		7,4	1617,200	0,800
2,6	1617,30	0,70		7,5	1617,200	0,800
2,7	1617,20	0,80		7,6	1617,200	0,800
2,8	1617,20	0,80		7,7	1617,200	0,800
2,9	1617,20	0,80		7,8	1617,200	0,800
3	1617,20	0,80		7,9	1617,200	0,800
3,1	1617,20	0,80		8	1617,300	0,700
3,2	1617,15	0,85	Prof (cm)	8,1	1617,300	0,700
3,3	1617,15	0,85	4	8,2	1617,300	0,700
3,4	1617,15	0,85	10	8,3	1617,400	0,600
3,5	1617,10	0,900	10	8,4	1617,400	0,600
3,6	1617,10	0,900	12	8,5	1617,400	0,600
3,7	1616,60	1,400	16	8,6	1617,500	0,500
3,8	1616,60	1,400	18	8,7	1617,500	0,500
3,9	1616,60	1,400	15	8,8	1617,500	0,500
4	1616,60	1,400	8	8,9	1617,800	0,200
4,1	1616,60	1,400	8	9	1617,800	0,200
4,2	1616,60	1,400	6	9,1	1617,900	0,100
4,3	1616,60	1,400	6	9,2	1618,000	0,000
4,4	1616,80	1,200	6			
4,5	1616,90	1,100	6			
4,6	1616,900	1,100	4			
4,7	1617,100	0,900	4			
4,8	1617,100	0,900	4			

## Sección Transversal 7

**Ubicación: Parte Baja.**

**Coordenadas UTM: 951574N; 261054E**



**Observaciones: se extiende dos metros de cada margen.**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

**Apéndice G:**

Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

(Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de Enero de 2009)

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

**Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos**  
**(Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009)**

La Asamblea Nacional de La República Bolivariana de Venezuela decreta la siguiente Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

**TÍTULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 1**

**Objeto**

Esta Ley tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.

**Artículo 2**

**Gestión Integral de Riesgos**

La gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera conciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas.

**Artículo 3**

**Alcance de la Ley**

La presente Ley se circunscribe a los riesgos de carácter socionatural y tecnológico, originados por la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales o accidentes tecnológicos potenciados por la acción humana que puedan generar daños sobre la población y la calidad del ambiente.

**Artículo 4**

**Principios**

La gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, y los procesos, competencias, funciones y acciones a ella vinculadas, se rige por los principios de legalidad, participación, celeridad, eficacia, eficiencia, transparencia, probidad, corresponsabilidad, desconcentración, descentralización, cooperación y coordinación, de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y en la Ley Orgánica de la Administración Pública.

**Artículo 5**

**Definiciones**

A los efectos de la presente Ley y sus Reglamentos, se entiende por:

1. **Amenaza.** Probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido, con potencial de producir efectos adversos sobre las personas, los bienes, los servicios y el ambiente.
2. **Desastres.** Alteraciones graves en las personas, los bienes, los servicios y el ambiente, causadas por un suceso natural o generado por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.
3. **Emergencias.** Alteraciones en las personas, bienes, servicios y ambiente causadas por un evento natural o generado por la actividad humana que no excede la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.
4. **Evento adverso.** Manifestación de un fenómeno natural, tecnológico o provocado por el hombre en términos de sus características, magnitud, ubicación y área de influencia.
5. **Mitigación.** Es toda acción orientada a disminuir el impacto de un evento generador de daños en la población y en la economía.
6. **Preparación.** Conjunto de medidas y acciones llevadas a efecto para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportuna y eficazmente la respuesta y la rehabilitación.
7. **Prevención.** Conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que eventos naturales o generados por la actividad humana causen daños, emergencias o desastres.
8. **Reconstrucción.** Proceso de reparación, a mediano y largo plazo, del daño físico, social y económico, a un nivel de desarrollo que asegure su sustentabilidad.
9. **Rehabilitación.** Reconstrucción a corto plazo de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico como consecuencia de una emergencia o un desastre.
10. **Respuesta.** Ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación y que, en algunos casos, ya han sido antecedidas por actividades de alistamiento y movilización, motivadas por la declaración de diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.
11. **Riesgo construido.** Son aquellas condiciones generadas por el Estado, el sector privado o la sociedad en general que pudieran causar o potenciar desastres de carácter socionatural o tecnológico.
12. **Riesgo socionatural.** Peligro potencial asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales.
13. **Riesgo tecnológico.** Peligro potencial generado por la actividad humana relacionado con el acceso o uso de la tecnología, percibidos como eventos controlables por el hombre o que son fruto de su actividad.
14. **Vulnerabilidad.** Condiciones inadecuadas de seguridad que presentan personas, edificaciones, espacios físicos, entre otros, ante una amenaza potencialmente dañina.

Las Normas Venezolanas COVENIN, las normas de la Organización Internacional para la Normalización (ISO), en vigencia, así como las aprobadas en los tratados, acuerdos, pactos y convenios internacionales suscritos y ratificados por la República Bolivariana de Venezuela son supletorias en cuanto a los términos no definidos en este artículo. Los cambios que estas definiciones puedan tener en el tiempo, que no sean contempladas en los mencionados instrumentos, serán establecidos por Resolución del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

## Artículo 6

### Obligaciones del Estado

A los efectos de esta Ley, el Estado debe:

1. Garantizar que las acciones propias de la ordenación del territorio y de la planificación del desarrollo a todos los niveles de gestión, eviten potenciar o incrementar las condiciones de vulnerabilidad o de amenazas en el país.
2. Propiciar la ejecución de acciones orientadas a la reducción de la vulnerabilidad existente.
3. Fortalecer las actividades de prevención, mitigación y preparación en todas las instancias de gobierno, así como en la población, con el propósito de reducir los riesgos socionaturales y tecnológicos.
4. Fortalecer las capacidades institucionales requeridas para las labores de reconstrucción ante la ocurrencia de desastres en el territorio nacional.

## TÍTULO II

### DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS SOCIONATURALES Y TECNOLÓGICOS

#### Capítulo I

#### Política Nacional de la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

## Artículo 7

### Objeto de la Política Nacional

La política nacional de la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos es transversal a todas las instancias del Poder Público y a los particulares. Contiene el conjunto de lineamientos emitidos por el Estado dirigidos a evitar o disminuir los niveles de riesgos socionaturales y tecnológicos en todo el territorio nacional, y generar las capacidades para afrontar las emergencias y desastres, fomentando la incorporación activa de las instituciones privadas, así como la participación permanente de la comunidad.

## Artículo 8

### Lineamientos de la Política Nacional

La transversalidad de la política nacional de la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos se desarrollará a través de los siguientes lineamientos:

1. La Comisión Central de Planificación garantizará que las instituciones incorporen criterios de reducción de riesgos socionaturales y tecnológicos, como parte de la sustentabilidad del desarrollo.
2. La Comisión Central de Planificación establecerá las directrices para la formulación de planes especiales de reducción de riesgos para los escenarios de riesgo contruidos en los distintos niveles de gestión.
3. El ente rector del Sistema Nacional de Salud, garantizará el diseño, gestión y ejecución de la vigilancia epidemiológica nacional e internacional en salud pública, de eventos generadores de daño y riesgos sanitarios y fitosanitarios.
4. El ente rector del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, promoverá la generación de conocimientos relativos a los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgos en los distintos espacios geográficos y el libre acceso a dicha información.
5. El ente rector del Sistema Educativo Nacional, incluirá los contenidos vinculados con las amenazas y vulnerabilidades a los fines de prever y mitigar los riesgos existentes y de convivir con los riesgos específicos de cada zona geográfica.
6. Todos los proyectos para obras de infraestructura deberán contemplar criterios de reducción de riesgos a fin de garantizar la preservación de la población y la sustentabilidad de dichas inversiones.
7. Los órganos contralores de la gestión integral de riesgos supervisarán y evaluarán periódicamente las condiciones de vulnerabilidad de todos los inmuebles.
8. Los órganos contralores de la gestión integral de riesgos, en el ámbito de sus competencias, diseñarán y aplicarán mecanismos de fiscalización, seguimiento y control, que garanticen que el desempeño de los órganos y entes sea en el marco de competencia y acorde con los niveles de riesgo sectorial y territorial.
9. Los órganos contralores de la gestión integral de riesgos, en el ámbito de sus competencias, asegurarán que la ciudadanía esté permanentemente informada acerca de cómo convivir con niveles específicos de riesgo local, prevenirlos y prepararse para responder ante emergencias y desastres.
10. Las instituciones públicas y privadas, destinarán los recursos humanos, materiales, técnicos y económicos requeridos para responder oportuna y coordinadamente ante aquellos eventos adversos que pudieran afectar cualquier zona del país.
11. Todas las instituciones públicas deben garantizar su preparación para la instrumentación de manera rápida, diligente, coordinada y efectiva de acciones de respuesta y rehabilitación en caso de emergencias o desastres.
12. Los órganos de administración de desastres coordinarán la ejecución de las acciones de rehabilitación de los servicios básicos en el menor tiempo posible.
13. Todas las instituciones públicas involucradas en la reconstrucción de zonas afectadas por desastres, cumplirán las acciones establecidas en el plan respectivo y considerando los lineamientos especiales establecidos en esta Ley.
14. Los órganos y entes públicos competentes desarrollarán y aplicarán el marco jurídico e institucional requerido para impedir la impunidad ante las pérdidas humanas,

materiales y daños al ambiente asociados a acciones u omisiones que se deriven de la consolidación de escenarios de riesgo y se traduzcan en desastres.

15. El órgano rector de la información y la comunicación promoverá y vigilará que los medios de comunicación, públicos y privados, transmitan de manera permanente mensajes relacionados con la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.

#### Artículo 9

##### Implementación de la Política Nacional

La política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos se implementará con el concurso, responsabilidad y funciones atinentes a todos los órganos y entes públicos y privados, para garantizar el manejo y respuesta oportuna y coordinada de todos los recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos indispensables para su desarrollo. Así mismo, se garantizará la participación directa de los ciudadanos en la toma de decisiones sobre políticas, programas y proyectos orientados a dar respuesta a los riesgos siconaturales y tecnológicos de su comunidad.

#### Capítulo II

##### Institucionalidad de la Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

#### Artículo 10

##### Del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

Se crea el Consejo Nacional de Gestión Integral de los Riesgos Siconaturales y Tecnológicos como ente rector de la política nacional en esa materia. Tendrá una Secretaría Técnica como órgano ejecutor.

#### Artículo 11

##### Organización y Funcionamiento

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos aprobará su reglamento de organización y funcionamiento, y deberá reunirse bimestralmente o cuando lo considere necesario.

#### Artículo 12

##### Atribuciones del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos tendrá las siguientes atribuciones:

1. Establecer las directrices para la reducción de riesgos siconaturales y tecnológicos en la formulación de los planes, programas y actividades nacionales, estatales, municipales, locales, comunales, sectoriales y especiales de desarrollo de la Nación.
2. Aprobar los mecanismos para la ejecución, seguimiento y evaluación de los lineamientos generales para la reducción de riesgos siconaturales y tecnológicos.

3. Aprobar los lineamientos generales de coordinación para la administración de emergencias y desastres.
4. Promover planes y programas específicos destinados a reducir las condiciones de riesgo existente en la Nación.
5. Establecer estrategias para el fortalecimiento institucional de todos los órganos y entes públicos, tanto en reducción de riesgos siconaturales y tecnológicos como en preparación y respuesta ante emergencias y desastres.
6. Fomentar la creación de sistemas de información que sirvan de soporte, para mejorar la capacidad técnica de las actuaciones institucionales y garantizar la disponibilidad de información histórica y el acceso a las experiencias en el tema.
7. Fomentar el desarrollo de procesos educativos e informativos destinados a insertar la prevención de riesgos siconaturales y tecnológicos en la cultura institucional y ciudadana.
8. Establecer la conformación de comités de trabajo y equipos multidisciplinarios especializados, para realizar acciones vinculadas con el cumplimiento de la política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.
9. Promover el desarrollo de la normativa requerida para la instrumentación de la política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.
10. Promover mecanismos que garanticen la sustentabilidad de las acciones previstas en los planes de reconstrucción que se ejecuten en áreas afectadas por desastres.
11. Fomentar la participación activa y permanente del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en los asuntos relacionados con la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.
12. Aprobar los mecanismos que garanticen la participación directa de los ciudadanos en los asuntos relacionados con la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos de su comunidad.
13. Designar a la entidad financiera estatal que se encargará de la administración de los recursos para la reconstrucción de las zonas afectadas por desastres.
14. Aprobar la creación de mecanismos e indicadores que evalúen la gestión de riesgos siconaturales y tecnológicos, emergencias y desastres en los distintos niveles del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal.
15. Conocer de los recursos ejercidos contra los actos administrativos emitidos por la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos.
16. Conocer de las denuncias y reclamos provenientes de la contraloría social y dictar las directrices para su debida atención.
17. Aprobar las directrices generales para el funcionamiento y contenido del Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos.

18. Las demás que le atribuyan el ordenamiento jurídico vigente.

#### Artículo 13

##### Integración del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos está integrado por el Presidente de la República quien lo preside, y por los titulares de los despachos ministeriales del poder popular a los que correspondan las áreas de planificación, desarrollo, ordenación del territorio; política interior; salud, seguridad y defensa; vivienda y hábitat; ambiente; infraestructura; y ciencia y tecnología; un representante de los gobernadores y otro de los alcaldes, el Coordinador Nacional de Bomberos, el Director Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres y el Secretario Técnico o Secretaria Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos podrá incorporar de forma temporal o permanente a representantes de otros organismos, instituciones u organizaciones públicas o privadas, entre otros, según lo considere conveniente.

#### Artículo 14

##### Del Gabinete Estatal de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

En cada estado funcionará un Gabinete Estatal de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, en los mismos términos descritos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, adscrito a su respectivo Consejo de Planificación y Coordinación de Políticas Públicas, con el objeto de dar cumplimiento a la política nacional en la materia y coordinar las actividades a ella vinculada, en su ámbito territorial. El Gobernador de estado designará la instancia que hará seguimiento a las decisiones de dicho Gabinete.

#### Artículo 15

##### Atribuciones del Gabinete Estatal de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

Los Gabinetes Estadales de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos tendrán las siguientes atribuciones:

1. Aprobar la política estatal de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, en concordancia con la política nacional en la materia.
2. Dictar los lineamientos para la administración de emergencias y desastres.
3. Proponer directrices para la formulación de los planes y programas especiales estadales, municipales, locales, comunales y sectoriales, destinados a consolidar las actividades relacionadas con la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos en el desarrollo regional.
4. Garantizar la sustentabilidad de las acciones previstas en los planes de reconstrucción que se ejecuten en áreas afectadas por desastres en su jurisdicción.

5. Imponer las sanciones administrativas respectivas por el incumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección.
6. Garantizar la inclusión de la variable riesgo en los instrumentos de planificación de las políticas de desarrollo estatal, municipal y comunal.
7. Diseñar y aplicar estrategias para el fortalecimiento institucional de todos los entes públicos de su jurisdicción que tengan incidencias directas en la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.
8. Fomentar procesos educativos e informativos destinados a incorporar la prevención de riesgos en la cultura institucional y ciudadana.
9. Las demás que le atribuyan el ordenamiento jurídico vigente.

#### Artículo 16

#### Del Gabinete Municipal de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

En cada municipio funcionará un Gabinete Municipal de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos, adscrito a su respectivo Consejo Local de Planificación Pública, con el objeto de dar cumplimiento a las políticas nacional y estatal en la materia y ejecutar las actividades a ella vinculada, en su ámbito territorial. El Alcalde designará la instancia ejecutora de las decisiones de dicho Gabinete. Artículo 17

#### Atribuciones del Gabinete Municipal de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

Los Gabinetes Municipales de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos, tendrán las siguientes atribuciones:

1. Aprobar la política municipal de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos en concordancia con la política nacional y estatal en la materia.
2. Dictar los lineamientos municipales para la administración de emergencias y desastres.
3. Proponer directrices para la formulación de los planes y programas especiales municipales, locales, comunales y sectoriales, destinados a consolidar las actividades relacionadas con la gestión de riesgos siconaturales y tecnológicos en el desarrollo regional.
4. Contribuir con la sustentabilidad de las acciones previstas en los planes de reconstrucción que se ejecuten en áreas afectadas por desastres en su jurisdicción.
5. Imponer las sanciones respectivas administrativas por el incumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección.
6. Garantizar la inclusión de la variable riesgo en los instrumentos de planificación de las políticas de desarrollo municipal y comunal.
7. Diseñar y aplicar estrategias para el fortalecimiento institucional de todos los entes públicos de su jurisdicción que tengan incidencias directas en la Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos.

8. Fomentar procesos educativos e informativos destinados a incorporar la prevención de riesgos en la cultura institucional y ciudadana.

9. Las demás que le atribuyan el ordenamiento jurídico vigente.

#### Artículo 18

**La Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos**

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, será un órgano desconcentrado y estará adscrita al Ministerio del Poder Popular del Despacho de la Presidencia. Tendrá carácter permanente, su organización y funciones serán establecidas en el Reglamento respectivo. Artículo 19

**Atribuciones de la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos**

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos tendrá las siguientes atribuciones:

1. Ejecutar y realizar seguimiento a las decisiones que se tomen en el Consejo Nacional.

2. Canalizar y supervisar el cumplimiento de las acciones por parte de los organismos nacionales, estatales, municipales, locales, comunales, y sectoriales que demanda la presente Ley.

3. Vigilar que las acciones de rehabilitación de los servicios básicos de las zonas afectadas por desastres se ejecuten de manera coordinada y en el menor tiempo posible.

4. Vigilar que las labores de reconstrucción a desarrollarse prevengan o reduzcan las condiciones de riesgos que originalmente propiciaron la ocurrencia de desastres.

5. Recibir y canalizar las denuncias provenientes tanto de la contraloría social como de las demás instituciones, acerca de las presuntas infracciones a las normas técnicas de seguridad y protección que pongan en peligro a las colectividades y sus bienes.

6. Coordinar equipos interinstitucionales y multidisciplinarios, nacionales, regionales y locales, para realizar acciones vinculadas con el cumplimiento de la política nacional de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.

7. Convocar, de forma temporal o permanente, a representantes de otros órganos y entes del poder público e instituciones privadas que considere pertinente para el logro de sus objetivos.

8. Vigilar que las directrices dadas por el Consejo Nacional en materia de información, sean acatadas por el Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

9. Las demás que le atribuya la presente Ley.

### Capítulo III

#### De los Órganos Contralores para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

##### Artículo 20

##### Control y Seguimiento

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, es el máximo órgano de control y seguimiento del cumplimiento de la política nacional de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos. Artículo 21

##### Otros Órganos Contralores

Son también órganos contralores de la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, los cuerpos de administración de emergencias, de administración de desastres, así como todo órgano o ente público al que otras leyes u otro acto normativo asigne competencias en materia de riesgos, seguridad y temas afines.

##### Artículo 22

##### Funciones

Sin menoscabo de lo dispuesto en las leyes respectivas, corresponde a los órganos contralores de la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos:

1. Velar por el cumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección, de conformidad con la ley.
2. Monitorear de manera permanente las condiciones de vulnerabilidad de las zonas de riesgo.
3. Vigilar que no se construyan obras civiles, salvo las de mitigación de riesgos, en las zonas protectoras y planicies inundables de los cuerpos de agua, ni en las zonas declaradas de alto riesgo.
4. Realizar inspecciones técnicas y emitir informes sobre las condiciones de riesgo en espacios públicos, comerciales o privados de uso colectivo.
5. Recibir y sustanciar las denuncias sobre las presuntas infracciones a las normas técnicas de seguridad y protección.
6. Recibir y sustanciar las denuncias provenientes de la contraloría social en cuanto al incumplimiento de los planes, programas y proyectos de la política nacional de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.
7. Proponer al órgano competente la declaratoria de zonas de alto riesgo.
8. Declarar viviendas, construcciones y zonas de desarrollo agrícola en condiciones de riesgo.
9. Capacitar a la comunidad sobre los sistemas de alerta temprana y acciones de autoprotección.

10. Promover la divulgación a las comunidades sobre las normas de construcción adecuadas en zonas de riesgo potencial.

11. Cualquier otra que sea requerida para la disminución de los escenarios de riesgos.  
Artículo 23

#### Cumplimiento de las Normas Técnicas de Seguridad y Protección

Los órganos contralores de la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos verificarán a través de inspecciones periódicas el obligatorio cumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección aprobadas por los entes competentes del Estado, en sus respectivas jurisdicciones.

#### Capítulo IV

##### De los Escenarios de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

#### Artículo 24

##### Escenarios de Riesgo

A los efectos de esta Ley, se consideran escenarios de riesgo aquellos espacios físicos en los que convergen procesos naturales o tecnológicos causales de riesgo y actores sociales que contribuyen a potenciar las condiciones de riesgo existentes.

#### Artículo 25

##### Planes Especiales de Reducción de Riesgos

Los entes u organismos responsables de la generación de escenarios de riesgos de índole siconatural o tecnológico, emprenderán de manera expedita acciones a través de planes especiales para caracterizar y disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos construidos en los distintos ámbitos territoriales, detectados en los diagnósticos respectivos.

#### Artículo 26

##### Reducción de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos en Edificaciones Públicas

En toda edificación en la que funcionen dependencias o servicios públicos se deberán desarrollar esfuerzos para caracterizar y mitigar sus respectivos niveles de amenaza y vulnerabilidad. Será responsabilidad de las instituciones a cargo de cada uno de estos espacios, coordinar e instrumentar las acciones requeridas.

#### Capítulo V

##### De la Atención, Rehabilitación y Reconstrucción en caso de Desastres

#### Artículo 27

##### Atención Primaria y Rehabilitación

Las actividades de atención primaria a la población y de rehabilitación de los servicios públicos básicos serán coordinadas por los organismos de atención de desastres.

## Artículo 28

### Coordinación

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos conformará una Coordinación de Reconstrucción para las áreas afectadas por desastres. Esta Coordinación será de carácter temporal, tendrá una duración de un año prorrogable por una sola vez, por un periodo igual. Participarán en ella las instancias con responsabilidades en el desarrollo de labores de reconstrucción, y una representación de los estados y municipios afectados. También podrá ser incorporada cualquier otra institución o particular que se requiera para el proceso de reconstrucción y restablecimiento de las condiciones de normalidad en el área afectada.

## Artículo 29

### Del Plan de Reconstrucción

La Coordinación de Reconstrucción tendrá como objetivo fundamental la formulación del plan respectivo con especial énfasis en la reducción de riesgo y con indicaciones sobre: recurrencia de eventos históricos similares, evaluación de daños, análisis de necesidades, cronograma de actividades, previsiones presupuestarias, establecimiento de prioridades de acción y responsabilidades institucionales, a mediano y largo plazo.

## Artículo 30

### Lineamientos del Plan de Reconstrucción

Los lineamientos especiales para el desarrollo de las actividades de reconstrucción por desastre son:

1. Los órganos y entes competentes de los distintos niveles de gestión, deberán actuar de manera coordinada, diligente y oportuna, bajo las directrices de la Coordinación de Reconstrucción.
2. La actuación de los distintos entes, órganos y comunidades se corresponderá con una planificación general y concertada, que considere la información sobre la recurrencia de eventos históricos, y permita el establecimiento de prioridades de acción y responsabilidades institucionales, a mediano y largo plazo.
3. El Estado proveerá, a través de los órganos del Ejecutivo Nacional, las gobernaciones, las alcaldías y los consejos comunales, los recursos humanos, materiales, técnicos y económicos requeridos para la ejecución de las acciones necesarias en todas las etapas del proceso de reconstrucción.
4. Las obras de infraestructura a emprender deben adoptar criterios de reducción de riesgos a fin de garantizar la sustentabilidad de dichas inversiones.
5. La Coordinación de Reconstrucción implementará mecanismos de fiscalización, seguimiento, control y evaluación, que garanticen que todos los entes u organismos, se desempeñen en consonancia con los lineamientos aquí establecidos.

6. La Coordinación de Reconstrucción velará por la inclusión del componente de apoyo psicosocial en las acciones desarrolladas con las comunidades afectadas por desastres.

7. Las demás que establezcan la ley y sus reglamentos.

### **TÍTULO III**

#### **REGÍSTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS SOCIONATURALES Y TECNOLÓGICOS**

##### **Artículo 31**

###### **Creación**

Se crea el Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Estará a cargo del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, por órgano de su Secretaría Técnica y su funcionamiento se regirá por un Reglamento.

##### **Artículo 32**

###### **Objeto**

El Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos tiene por objeto actualizar, recopilar, procesar, registrar y sistematizar la información relacionada con amenazas, vulnerabilidades, riesgos, emergencias y desastres, y apoyar al Estado en su divulgación y socialización. La información contenida en el Registro es de carácter público y de interés nacional y la misma debe ser considerada en la toma de decisiones. El órgano rector de la ciencia y tecnología, apoyará al Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos en la implementación del Registro.

##### **Artículo 33**

###### **Disponibilidad de la Información**

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, a través de su Secretaría Técnica, vigilará que los distintos órganos y entes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal, y demás instancias previstas en esta Ley, dispongan de la información referida a su ámbito geográfico de aplicación, que fortalezca la ordenación del territorio, la planificación y formulación de los proyectos de desarrollo, la toma de decisiones y contribuya a la actualización del Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

##### **Artículo 34**

###### **Obligación de Suministrar Información**

Sin menoscabo de las funciones que le son asignadas por ley, todos los órganos y entes públicos y privados están en la obligación de suministrar información de manera permanente, oportuna, adecuada y confiable al Registro Nacional de Información para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

### **TÍTULO IV**

## INCORPORACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LA EDUCACIÓN, CULTURA Y PARTICIPACIÓN POPULAR

### Capítulo I

#### De la Educación y la Cultura

#### Artículo 35

##### Educación Formal y no Formal

El Estado, a través de sus instituciones, garantizará la incorporación, desarrollo y supervisión de contenidos vinculados a la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos en la educación formal, a través de los diferentes planes, programas, proyectos y actividades del Sistema Educativo Nacional, y en la no formal, a través de los diferentes programas de capacitación y de divulgación.

#### Artículo 36

##### Corresponsabilidad

El Estado, el sector privado y las comunidades tienen la responsabilidad de promover en la educación y en la cultura, aspectos de prevención y mitigación de riesgos, así como de preparación permanente, atención, rehabilitación y reconstrucción en casos de emergencias y desastres.

#### Artículo 37

##### Medios de Comunicación

Los medios de comunicación divulgarán de forma permanente mensajes educativos, informativos y preventivos, orientados a informar a la población acerca de los posibles riesgos a los cuales están expuestos, y sobre cómo actuar ante los mismos.

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos, junto con el órgano rector del Ejecutivo Nacional con competencia en comunicación e información, estará a cargo de la promoción y administración de estos espacios.

#### Artículo 38

##### Capacitación

Los entes públicos y privados están obligados a incluir contenidos relacionados con la reducción de riesgos siconaturales y tecnológicos en los planes para la formación de todo su personal. Artículo 39

##### Políticas Educativas

Los entes del Sistema Nacional de Educación cooperarán con el resto de las instituciones competentes en la materia en el diseño e implementación de acciones relacionadas con reducción de riesgos y preparación para casos de emergencias y desastres.

#### Artículo 40

## Cultura de Riesgo

El Estado, el sector privado y las comunidades promoverán acciones, valores y prácticas que contribuyan a la identificación y reducción de riesgos, así como con la preparación y atención en caso de emergencias y desastres.

## Capítulo II

### De la Participación Popular

#### Artículo 41

##### Participación en la Planificación

El Estado, a través de los entes y órganos competentes, establecerá mecanismos de participación popular para el diseño, promoción e implementación de los planes, programas, proyectos y actividades en materia de gestión local de riesgos siconaturales y tecnológicos en el ámbito nacional, estatal, municipal, local, comunal y sectorial a los fines de profundizar la democracia participativa y protagónica.

#### Artículo 42

##### Toma de Decisiones

Las comunidades organizadas participarán activamente con los organismos del Estado en la toma de decisiones vinculadas con la gestión local de riesgos siconaturales y tecnológicos, en el ámbito nacional, estatal, municipal, local, comunal y sectorial.

#### Artículo 43

##### Contraloría Social

Las comunidades o cualquiera de sus miembros en ejercicio de su función contralora, podrán denunciar ante las instancias competentes, a los entes públicos y privados, o a los particulares cuyas acciones u omisiones contribuyan a generar daños o condiciones de riesgos siconaturales y tecnológicos dentro de su localidad.

#### Artículo 44

##### Remisión

Los aspectos sobre participación ciudadana, no previstos en este Capítulo, se regirán por la normativa vigente.

## TÍTULO V

### DEL FINANCIAMIENTO

#### Artículo 45

##### Presupuesto

Todos los órganos y entes del Estado deben incluir en su previsión presupuestaria recursos para la formulación y ejecución de proyectos y actividades dirigidas a dar

cumplimiento a la política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos, de conformidad con lo establecido en la presente Ley.

#### Artículo 46

##### Del Financiamiento de Planes y Proyectos

Todos los planes y proyectos de obras de infraestructura deberán considerar los lineamientos y normativas nacionales, dirigidos a evitar o disminuir los niveles de riesgos, como condición para optar al financiamiento de los mismos por parte de cualquier órgano, ente público o privado.

#### Artículo 47

##### De los Recursos

Para el desarrollo del proceso de la gestión integral de riesgos en sus diferentes fases y etapas, se dispondrá de las siguientes fuentes de recursos financieros:

1. Los recursos ordinarios que destinen los distintos órganos y entes del Estado para la realización de planes y proyectos que contribuyan a la reducción de riesgos siconaturales y tecnológicos.
2. Los recursos ordinarios que cada ente u órgano destine para actuar frente a escenarios de riesgo ya construidos.
3. Los recursos que se destinen de manera ordinaria o extraordinaria para la preparación y atención de emergencias y desastres.
4. Los recursos que destine el Estado para los procesos de reconstrucción de zonas afectadas por desastres.
5. Los recursos que destine el Estado de manera extraordinaria por cualquier título.
6. Los recursos que ingresen al Estado como producto de convenios de cooperación internacional o de ayuda humanitaria.
7. Los recursos equivalentes al uno por ciento (1%) del monto de las primas de las pólizas de seguros cobradas por las entidades aseguradoras en los ramos de siniestros causados por eventos siconaturales o tecnológicos.
8. Los recursos provenientes de particulares por cualquier título.

Los recursos previstos en los numerales 1, 2 y 3 de este Artículo serán administrados y mantenidos dentro del presupuesto ordinario de cada órgano o ente. Los recursos previstos en los numerales 4, 5, 6, 7 y 8 de este artículo serán mantenidos y administrados en una entidad financiera estatal designada por el Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos bajo la figura jurídica de fideicomiso, y será dicho Consejo el responsable de la rendición de cuentas por los mismos.

El aporte al que se refiere el numeral 7 de este artículo deberá hacerse dentro de los cinco días hábiles siguientes a la percepción de las primas por parte de las entidades aseguradoras.

## Artículo 48

### Cooperación Internacional

Los organismos de cooperación internacional deberán acudir ante el Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos con el objeto de orientar y coordinar sus aportes hacia las áreas y sectores identificados como prioritarios.

## TÍTULO VI

### DE LAS RESPONSABILIDADES, INFRACCIONES Y SANCIONES

#### Capítulo I

##### Disposiciones Generales

## Artículo 49

### Legitimación

Toda persona natural o jurídica podrá acudir ante las instancias respectivas, o ante los órganos controladores de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, según sea el caso, a fin de denunciar cualquier situación que ponga en peligro la vida, los bienes propios o de terceros, por el incumplimiento con lo establecido en esta Ley y en las demás disposiciones legales dictadas con ocasión de ella.

## Artículo 50

### Obligatoriedad

El cumplimiento de la política nacional de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos constituye una obligación para las personas naturales y jurídicas, de carácter público o privado, conforme al principio de corresponsabilidad en el proceso de desarrollo sustentable de la Nación. Artículo 51

### Responsabilidad Patrimonial del Estado

El Estado responderá patrimonialmente a las víctimas o a sus causahabientes por las pérdidas humanas y materiales generadas por las acciones u omisiones de todos los entes que lo integran y por las acciones derivadas de procedimientos administrativos, legislativos o jurisdiccionales en los casos en que los mismos contravengan el contenido de esta Ley, sin menoscabo de las responsabilidades políticas, administrativas y penales a que dieren lugar.

## Artículo 52

### Imprescriptibilidad de las Acciones Administrativas

Las acciones administrativas dirigidas a la sanción de los infractores previstas en esta Ley son imprescriptibles.

## Artículo 53

### Competencia

La competencia para la aplicación de sanciones derivadas de las infracciones administrativas en materia de riesgos siconaturales y tecnológicos, corresponde a la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos y a los órganos contralores de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos, en cada caso. El procedimiento aplicable es el establecido en la ley que regula los procedimientos administrativos.

#### Artículo 54

##### Procesamiento de Denuncias

Los órganos contralores de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos, de acuerdo con las funciones establecidas en esta Ley, deben recibir y sustanciar las denuncias relacionadas al ámbito de su competencia y están facultados para adoptar las medidas necesarias para reducir o corregir el riesgo existente.

#### Capítulo II

##### Medidas Extraordinarias, Preventivas y de Seguridad

#### Artículo 55

##### Medidas Extraordinarias

En caso de existir situaciones de peligro, o de haber sido declarado el Estado de Alarma, ante la inminente ocurrencia de amenazas de origen natural o tecnológico, los órganos contralores de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos podrán ordenar el desalojo preventivo de las zonas en riesgo, y coordinar con los entes competentes la reubicación de las personas y familias afectadas. Artículo 56

##### Norma Técnicas de Seguridad y Protección

El incumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección establecidas en la legislación vigente, dará origen a la medida de suspensión de la construcción, el desalojo o el cierre temporal del inmueble o establecimiento, mientras se subsane la situación que generó la medida.

#### Artículo 57

##### Medidas Preventivas

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional, Estatal y Municipal de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos o los órganos contralores de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos o los órganos contralores de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos, según el caso, dispondrá de amplias facultades de fiscalización para determinar el cumplimiento de la presente Ley, sus reglamentos y demás normas que la desarrollen y para exigir el cumplimiento de prácticas o conductas destinadas a la observancia de dichas normas, y podrán aplicar las medidas preventivas a que hubiera lugar en el curso del correspondiente procedimiento administrativo, a fin de evitar las consecuencias perjudiciales que pudieran derivarse de los hechos sancionables de conformidad con esta Ley. Las medidas podrán consistir en:

1. Clausura temporal de las construcciones, establecimientos, instalaciones o infraestructuras.

2. Prohibición temporal de las actividades generadoras de riesgo.
3. Desalojo de personas y bienes.
4. Constitución de fianza de fiel cumplimiento.
5. Cualquier otra medida que se considere necesaria, tendente a corregir, mitigar o evitar la generación de escenarios de riesgos.

#### Artículo 58

##### Medidos de Seguridad

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional, Estatal y Municipal de Gestión Integral, de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos o los órganos controladores de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, según el caso, podrán imponer medidas de seguridad, conjuntamente con la aplicación de la sanción en caso que hubiere lugar a ello, a fin de evitar las consecuencias perjudiciales que pudieran derivarse de los hechos sancionados de conformidad con esta Ley. Las medidas podrán consistir en:

1. Clausura temporal o definitiva de las obras, establecimientos, instalaciones o infraestructuras.
2. Prohibición temporal o definitiva de las actividades generadoras de riesgo.
3. Demolición de lo construido a costa del infractor.
4. Efectiva reparación del daño causado a costa del infractor.
5. Cualquier otra medida que se considere necesaria, tendente a corregir, mitigar o evitar la generación de escenarios de riesgos.

#### Capítulo III

##### De las Infracciones y Sanciones Administrativas

#### Artículo 59

##### Otorgamiento de Permisos Indevidos

Todo funcionario público y funcionaria pública que otorgue permisos, licencias, concesiones, autorizaciones u otro tipo de acto administrativo para la construcción de cualquier obra de infraestructura en zonas declaradas de riesgo o contribuya de algún modo a generar situaciones de riesgo o desastre, será sancionado o sancionada con multas de mil unidades tributarias (1.000 U.T.) a cinco mil unidades tributarias (5.000 U.T.), sin menoscabo de las demás responsabilidades a que hubiere lugar.

Igual sanción corresponderá al funcionario o funcionaria que dictare medidas judiciales que propicien la generación de situaciones de riesgos o desastre.

#### Artículo 60

##### Construcción Riesgosa

Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que construya o promueva la construcción en zonas declaradas de riesgo, con inobservancia de las variables urbanas y de los planes de desarrollo local; o que promueva la reconstrucción de viviendas destruidas en zonas declaradas de riesgo, será sancionada con la demolición de lo construido y multa de cien Unidades Tributarias (100 U.T) a diez mil Unidades Tributarias (10.000 U.T.), sin menoscabo del establecimiento de otras responsabilidades a que hubiere lugar.

#### Artículo 61

##### Proporcionalidad de las Medidas

La Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos o los órganos contralores de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, según el caso, impondrán las medidas necesarias para prevenir, mitigar y corregir el daño o peligro a que hubiere lugar, manteniendo la debida proporcionalidad y adecuación con el supuesto de hecho y con el fin perseguido. Artículo 62

##### Reincidencia

Toda persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que en un lapso de cinco años reincida en la comisión de las infracciones establecidas en este Título, será sancionada con un aumento de la multa entre el cincuenta por ciento (50%) y cien por ciento (100%) de la originalmente aplicada, dependiendo, de la gravedad de la infracción y simultáneamente con la suspensión temporal o definitiva de la actividad origen del daño.

## TÍTULO VII

### DISPOSICIONES FINALES

#### Primera

##### Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos dictará, en el plazo de un año, las directrices para la formulación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que incluye las actividades de evaluación de impactos, amenazas, vulnerabilidades y la estrategia nacional de adaptación al cambio climático. La coordinación de su formulación será responsabilidad del despacho ministerial al que corresponda el área de ambiente.

#### Segunda

##### Entrada en Vigencia

La presente Ley entrará en vigencia a partir de su publicación en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.

#### Tercera

##### Reglamentación

El Ejecutivo Nacional reglamentará esta Ley en el término de un año contado a partir de su entrada en vigencia, pudiendo dictar, a tales efectos, reglamentos parciales.

Cuarta

Derogatoria

Queda derogado el Decreto N° 3.481, mediante el cual se crea la Comisión Nacional de Gestión de Riesgos, de fecha 17 de febrero de 2005, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.132, de fecha 22 de febrero de 2005, y cualquier otra disposición que colide con lo establecido en la presente Ley.

Dada, firmada y sellada en el Palacio Federal Legislativo, sede de la Asamblea Nacional, en Caracas, a los tres días del mes de julio de dos mil ocho. Año 198° de la Independencia y 149° de la Federación. CILIA FLORES

Presidenta de la Asamblea Nacional

SAÚL ORTEGA CAMPOS

Primer Vicepresidente

JOSÉ ALBORNOZ URBANO

Segundo Vicepresidente

IVÁN ZERPA GUERRERO

Secretario

Palacio de Miraflores, en Caracas, a los treinta y un días del mes de diciembre de dos mil ocho. Años 198° de la Independencia, 149° de la Federación y 10° de Revolución Bolivariana.

Cúmplase,

(L.S.)

HUGO CHÁVEZ FRÍAS

Refrendado

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

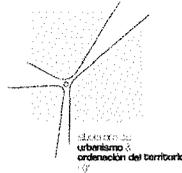
[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)  
Apéndice H :  
Manual Básico de HEC-GeoRAS 10

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )



Universidad de Granada



Laboratorio de Urbanismo y Ordenación del Territorio

**Manual Básico de  
HEC-GeoRAS 10  
(3ª edición)**

*Emilio Molero Melgarejo*

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Curso de Especialización  
**Modelación de ríos con HEC-RAS y SIG:  
Régimen permanente 1-D**

Granada, Febrero de 2013

**Edificio Politécnico  
Campus de Fuentenueva  
18071 Granada**

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **Manual Básico de HEC-GeoRAS 10**

© 2013 *Emilio Molero*

- 1. Introducción**
- 2. ¿Qué es HEC-GeoRAS 10?**
- 3. ¿Para qué sirve HEC-GeoRAS?**
- 4. Instalación de HEC-GeoRAS**
- 5. Activación de HEC-GeoRAS**
- 6. Cartografía necesaria**
- 7. Esquema de trabajo**
- 8. Proceso**
  - 8.1. Trabajo previo con ArcGis 10 (Ras Geometry)**
  - 8.2. Modelización del flujo con HecRas**
  - 8.3. Trabajo final con ArcGis 10 (Ras Mapping)**
  - 8.4. Visualización 3D**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## 1. Introducción

El presente manual básico fue desarrollado para el uso de la extensión HEC-GeoRAS en su versión 10 para ArcGis 10 en el curso de especialización “Modelación de ríos con HEC-RAS y SIG: régimen permanente 1-D”, impartido en la Universidad de Granada, España, en Febrero de 2013.

## 2. ¿Qué es HEC-GeoRAS 10?

Hec-GeoRAS 10 es una extensión para ArcGis 10 desarrollada conjuntamente por el *Hydrologic Engineering Center (HEC)* del *United States Army Corps of Engineers* y el *Environmental System Research Institute (ESRI)*. Básicamente es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades especialmente diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten bajo el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilitar y complementar el trabajo con HEC-RAS.

## 3. ¿Para qué sirve HEC-GeoRAS?

HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a HEC-RAS datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río, secciones transversales.... Posteriormente los resultados obtenidos de calados y velocidades se exportan desde HEC-RAS a ArcGis y pueden ser procesados para obtener mapas de inundación y riesgo.

## 4. Instalación de HEC-GeoRAS

Antes de instalar HEC-GeoRAS es necesario tener instalado ArcGis 10 y activadas las extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst para las operaciones de post-proceso de datos. La extensión es gratuita y fácilmente descargable junto al manual de usuario y ejemplos de aplicación, desde la página web:

[http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas\\_downloads.html](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas_downloads.html)

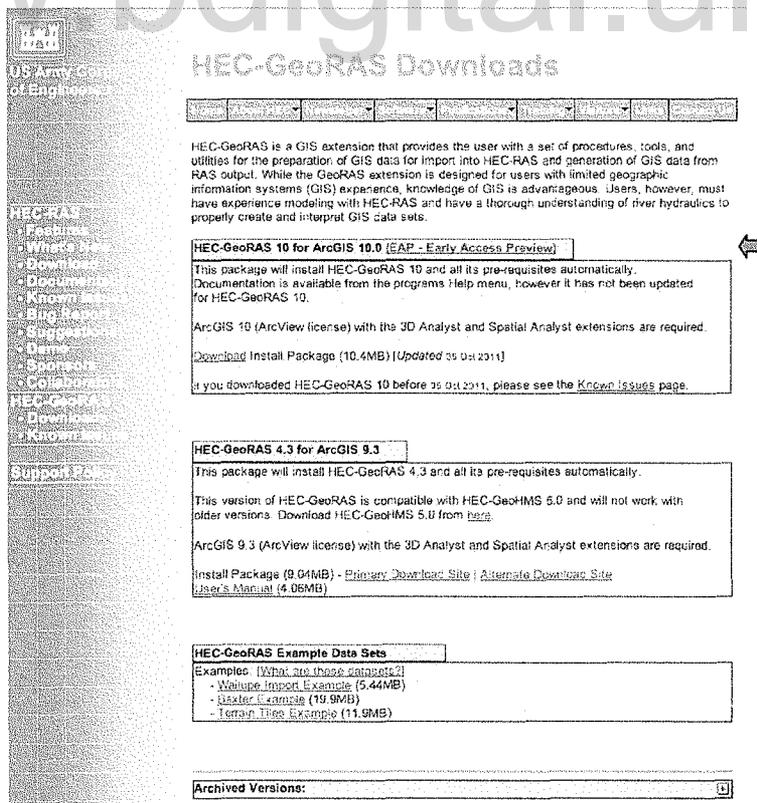


Fig.1. Área de descarga de la aplicación

Se trata de un archivo ejecutable (*HEC-GeoRAS 10.0\_Setup.msi*)

### 5. Activación de HEC-GeoRAS

La activación de las extensiones se realiza desde el desplegable Tools/Extensions y basta con marcar las casillas correspondientes a *3D Analyst* y *Spatial Analyst*,. Pulsaremos *Close* para cerrar la ventana.

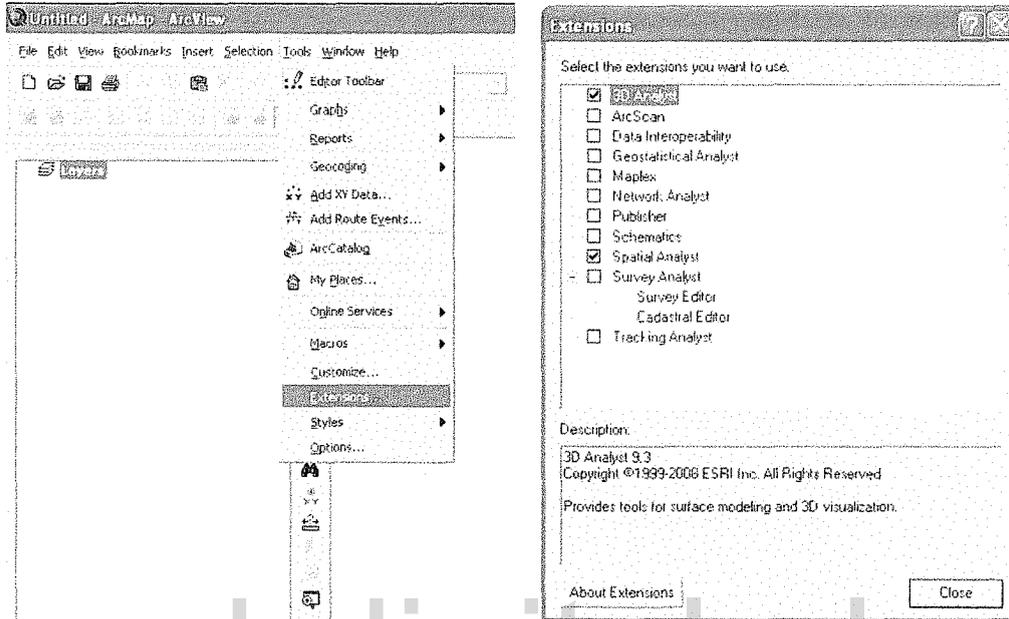


Fig.2. Activación de las extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst

La activación de la barra de Herramientas HEC GeoRAS se realiza pulsando con el botón derecho sobre el espacio no ocupado por los menús desplegables (a la derecha de *Help*) y marcando la casilla correspondiente a *HEC GeoRAS*.

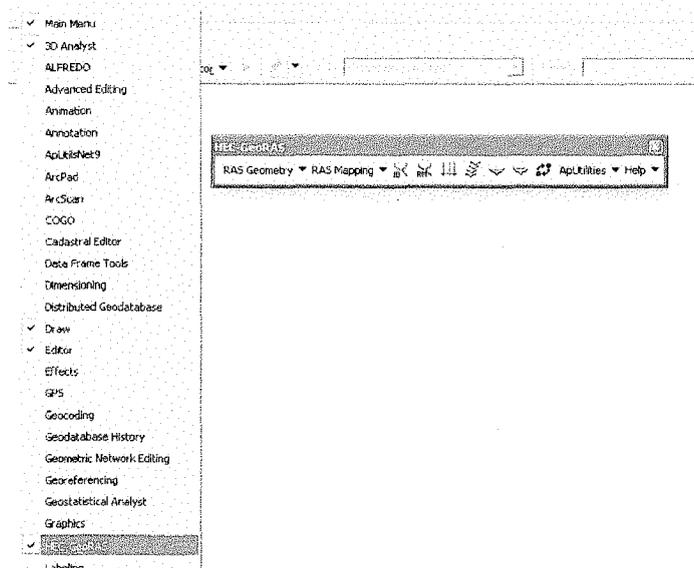


Fig.3. Activación de la Aplicación Hec-Geo Ras

El resultado es aparición de una nueva barra de herramientas con varios menú desplegable (RAS Geometry, RAS Mapping, ApUtilities), además de varios nuevos botones.

## 6. Cartografía necesaria

Es necesario un **MDT** (modelo digital del terreno) en formato vectorial **TIN** (Triangulated Irregular Network) lo más detallado posible. Este modelo puede generarse con la extensión 3d Analyst a partir de un fichero .dbf (dbase) de puntos acotados o a partir de un fichero de Cad de curvas de nivel en cualquier formato (dxf o dwg). También es posible utilizar el Mdt 5m generado para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) en el caso de ausencia de cartografía más detallada (ver Anexos). De este TIN se extraerán los datos geométricos de las secciones transversales.

El fichero de Cad que contiene las curvas de nivel, debe llevar asociado a cada registro de la base de datos una columna o atributo que indique su cota. Antes de empezar a trabajar es importante revisar este atributo o en caso contrario comprobar que se trata de polilíneas Z.

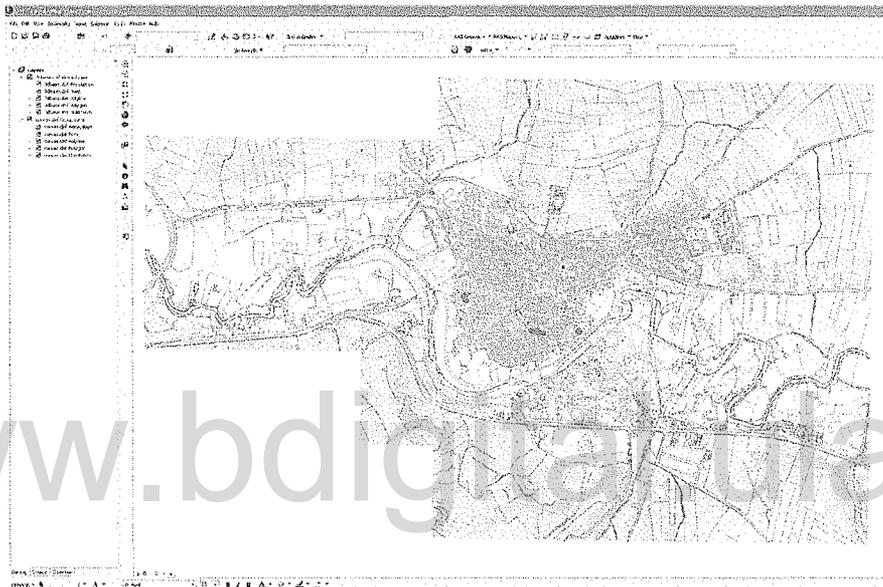


Fig.4. Fichero cad utilizado para generar el MDT vectorial

## 7. Esquema de trabajo

El proceso consta de tres pasos:

- Un **PREPROCESO** (trabajo previo con ArcGis y HEC-GeoRAS), para generar un archivo de importación para HEC-RAS que va a contener la información geométrica de las secciones transversales.
- La **modelización del flujo con HEC-RAS** y generación del archivo de exportación para ArcGis,
- y un **POSTPROCESO**, nuevamente con ArcGis y HEC-GeoRAS, que genera los resultados finales: superficies de inundación para cada periodo de retorno, grids de profundidad, visualización 3d ...

## 8. Proceso

### 8.1. Trabajo previo con ArcGis (RasGeometry)

- **Creación de un nuevo proyecto de ArcGis.** *File/New*

- **Generación del modelo digital de elevaciones (mdt):** A partir de cartografía base comercial 3d, generamos un mdt vectorial o TIN:

Cargamos los archivos de cad “3dbase.dxf”, “curvas.dxf”, “puntos.dxf”, “texto.dxf” y “resto3d.dxf”.

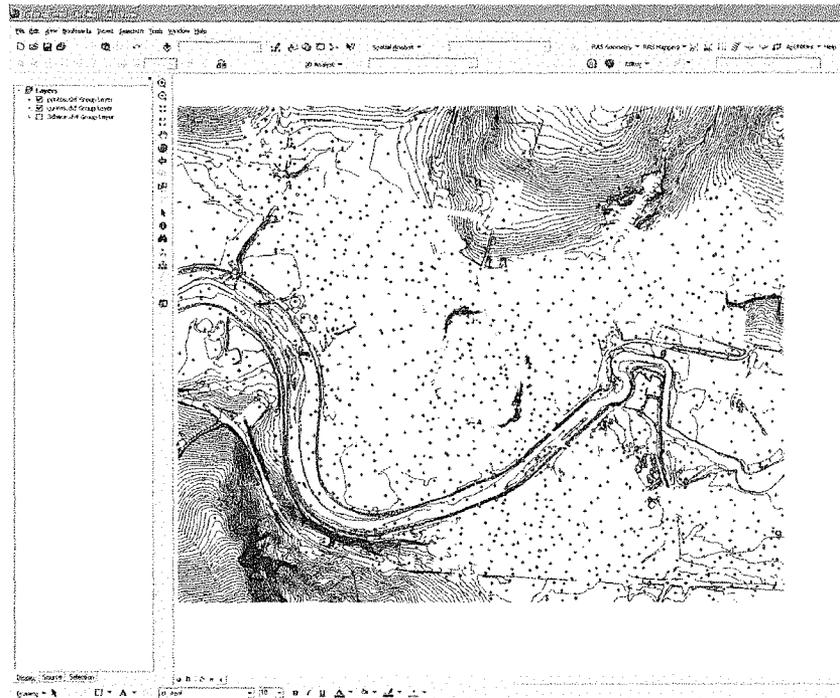
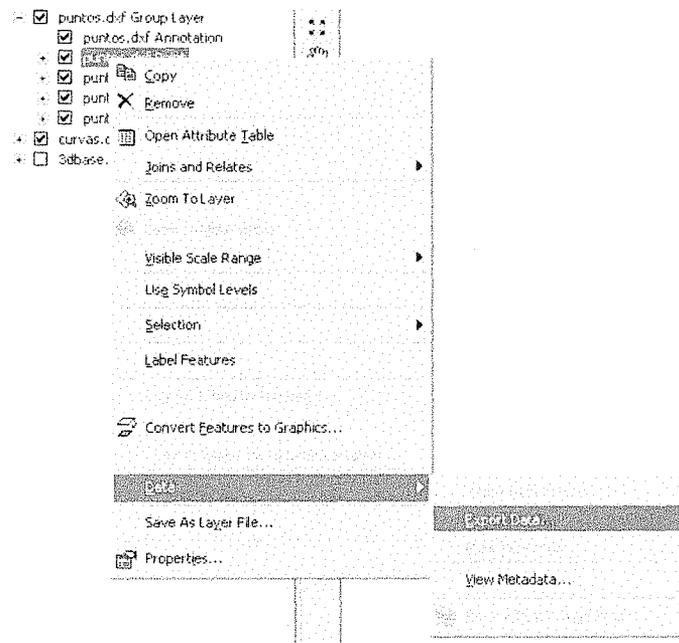
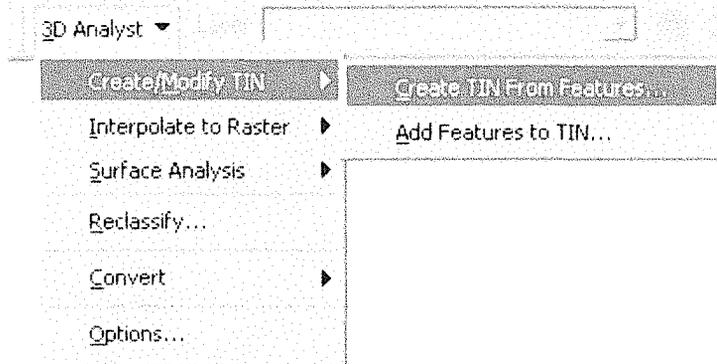


Fig 5. Capas Cad utilizadas para la generación del Modelo TIN.

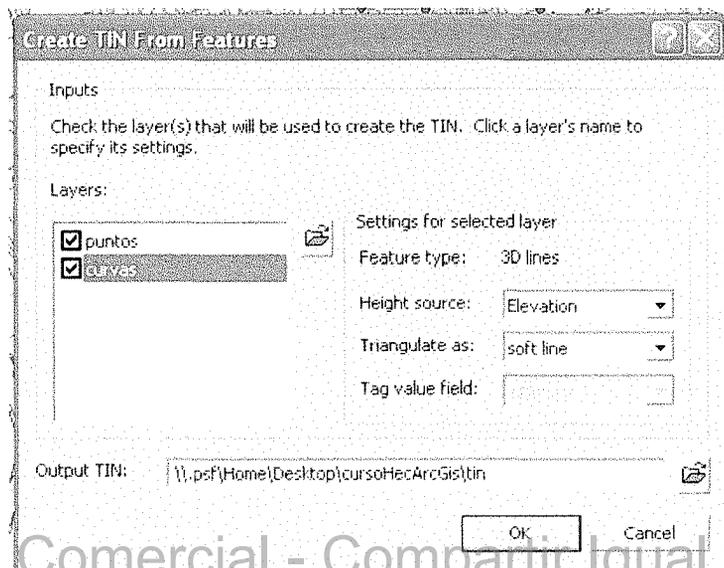
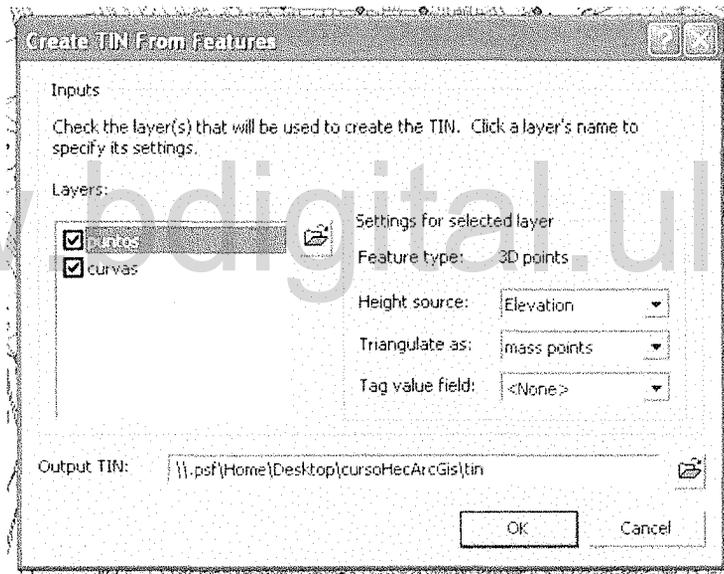
Convertimos los archivos de puntos y de curvas a formato shapefile (.shp), pulsando sobre la capa con el botón derecho y seleccionando Data/export data.



Con las nuevas curvas de nivel y los puntos acotados, desde la barra de herramientas del 3D Analyst y mediante la herramienta *Create/Modify/Create TIN from Features* generamos el Tin.



Elegimos *Shape* en la casilla *Height source* si es una polilínea Z o el atributo que represente la cota, en nuestro caso *elevation* (ver figuras).



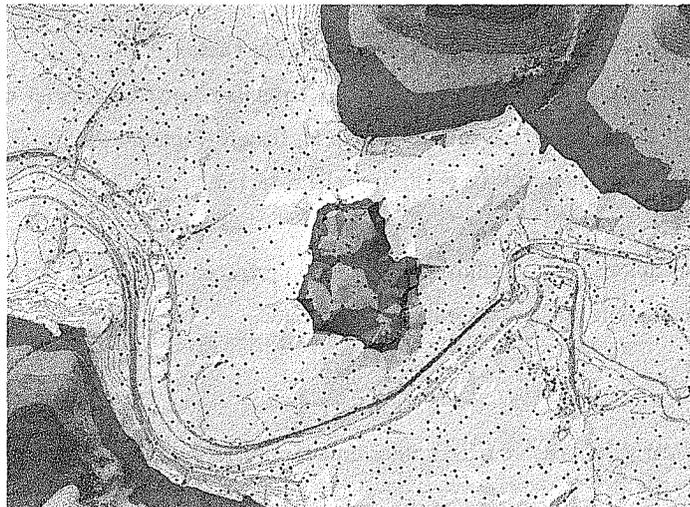
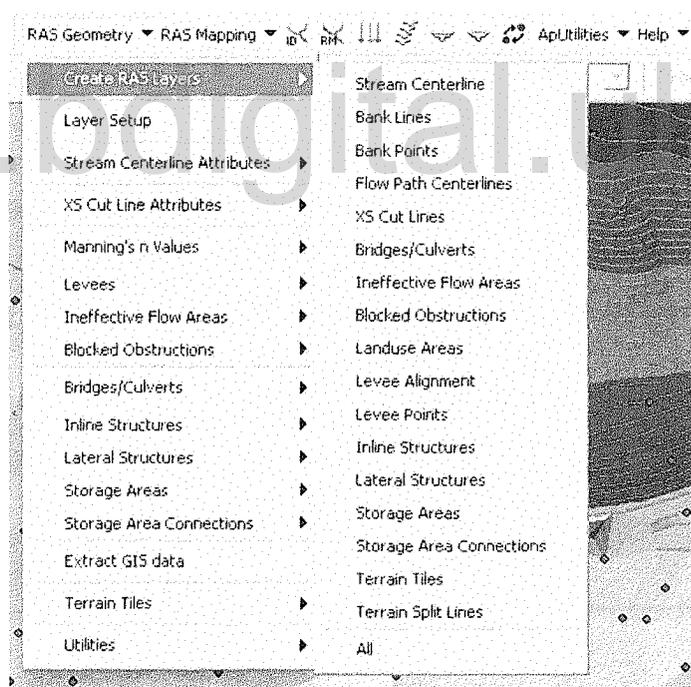


Fig.6. Capas para la generación del TIN y resultado.

**El menú desplegable RasGeometry:** Las herramientas contenidas en este menú se muestran en el orden en el que se deben utilizar.



**CREATE RAS LAYER:** Crea las capas o shapes de geometría (vacíos)

**LAYER SETUP:** Especifica los temas para el fichero de importación

**STREAM CENTERLINE ATTRIBUTES:** Añade topología y atributos al cauce del río.

**XS CUT LINE ATTRIBUTES:** Añade topología y atributos a las secciones transversales

**EXTRACT GIS DATA:** Crea el archivo de importación para HEC-RAS

## Los pasos básicos posteriores a la generación del mdt son: (8 pasos)

### 1. Dibujar el cauce (river.shp), editando el tema vacío:

**RasGeometry/Create Ras Layer/ Stream Centerline:** introducimos el nombre o dejamos el que sale por defecto (river). Con esto se crea un fichero vectorial (de líneas) en una geodatabase (tutorial.mdb) en el que vamos a digitalizar el eje del río.

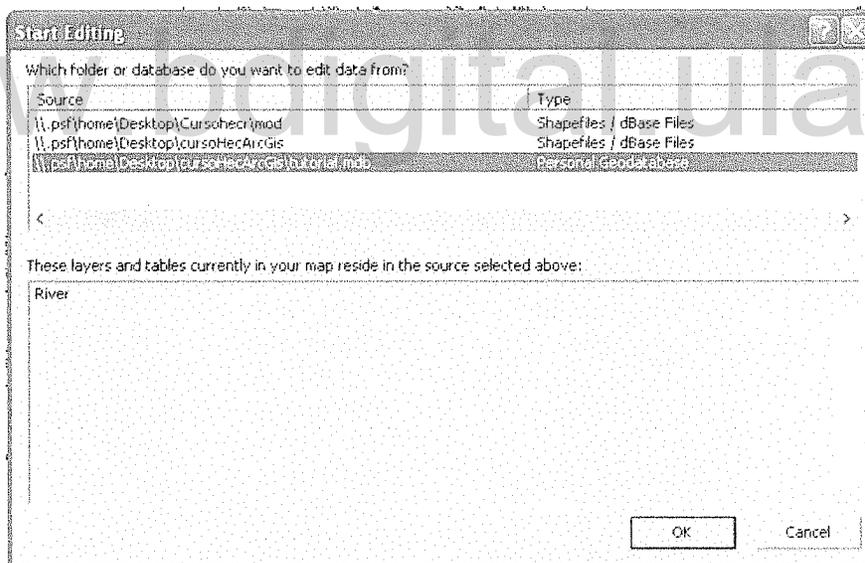
Reglas:

1. Las uniones entre tramos tienen que ser perfectas, es decir ningún hueco entre ellas.
2. Se digitaliza de aguas arriba a aguas abajo.

Para digitalizar y dar nombre a los tramos creados utilizaremos la barra de EDICION:



Pulsando sobre el desplegable Editor, elegimos la opción Start Editing y buscamos el directorio de nuestra geodatabase (tutorial.mdb). Pulsamos OK.



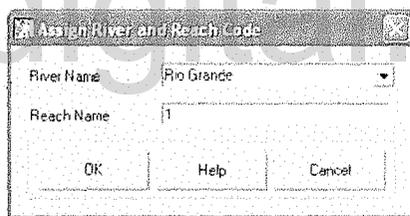
Dibuja segmentos con sucesivos click del botón izquierdo del ratón que no son más que puntos de una polilínea, para cerrar la polilínea hacemos doble click sobre el botón izquierdo. Según se va digitalizando si damos al botón derecho aparecen unas opciones muy útiles para la digitalización. Además podemos salir de la pantalla gráfica para hacer zoom o activar alguna capa y volver a digitalizar sin perder la digitalización. Una vez terminada la edición Volvemos al desplegable Editor y seleccionamos Stop Editing.



Fig.7. Edición del eje del cauce “river.shp”.



Quando se han digitalizado todos los tramos hay que nombrarlos indicando el nombre del río y del tramo. Pulsando este botón, se va marcando tramo a tramo y en cada tramo se introduce el nombre del río y el del tramo. A nuestro río le damos el nombre Rio Grande y al tramo el valor 1. Pulsamos OK.



En el caso de que tengamos algún afluente debemos determinar el punto de intersección, nombrándolo con esta herramienta.

## 2. Dibujar las líneas que definen los márgenes “banks”:

Desde el desplegable RAS Geometry / Create RAS Layer / Banks Lines, generamos la capa vacía y procederemos a digitalizarla de la misma forma que previamente hicimos con el eje del río. En este caso debemos comprobar que en la casilla Target se encuentra el nombre de la capa que queremos editar, en nuestro caso Banks.



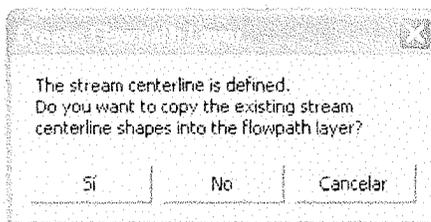
Fig.8. Edición de los límites del cauce o “banks.shp”.

**3. Dibujar los “flowpaths” o centroides de las zonas por donde preveamos que circulará el flujo de agua:**

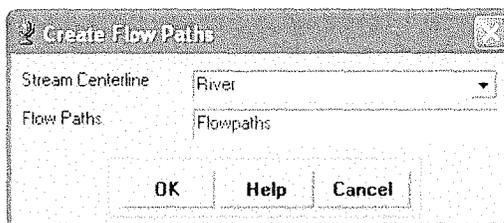
RAS Geometry / Create RAS Layer / Flow Path Centerlines: El corte de estas líneas con las secciones transversales definen los puntos entre los que se medirá automáticamente, siguiendo esa línea, la distancia entre secciones por las márgenes.

**Reglas:**

1. Se deben digitalizar (de aguas arriba a aguas abajo) una línea por cada lado del río, incluyendo el eje del cauce principal (stream centerline), pero como este eje ya está hecho, es recomendable **aceptar la opción** que da el programa de copiarlo automáticamente. Elegimos SI.



Bastará ahora con cerciorarnos de que se toma el eje del río correcto y se le deja el nombre por defecto para los Flowpaths.



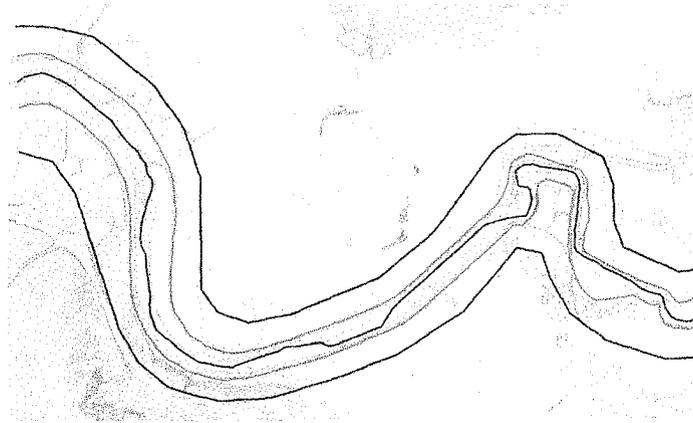


Fig.9. Edición de los "flowpaths.shp".

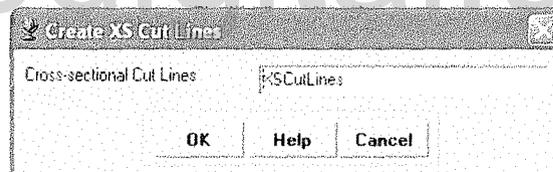
2. Es necesario definir, para cada segmento, su situación: izquierdo (left), derecho (right) o cauce (channel).



Define la posición de "flow path centerlines", al pulsarlo se van señalando los segmentos de línea con el cursor y en la caja de dialogo se elige la posición que corresponda.

#### 4. Dibujar las secciones transversales:

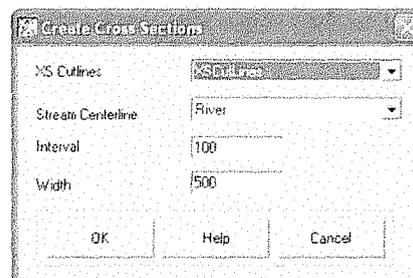
RAS Geometry / Create RAS Layer / XS Cutlines. De nuevo generamos el archivo vacío al que llamaremos XSCutlines.



Reglas:

- a. No se pueden cortar dos secciones.
- b. Las secciones cortan perpendicularmente al flujo, se digitaliza **desde el margen izquierdo al derecho** y deben cortar **solo UNA vez** tanto al eje como a los banks y a las líneas flowpaths.

La edición puede hacerse de forma manual o utilizando la herramienta automática



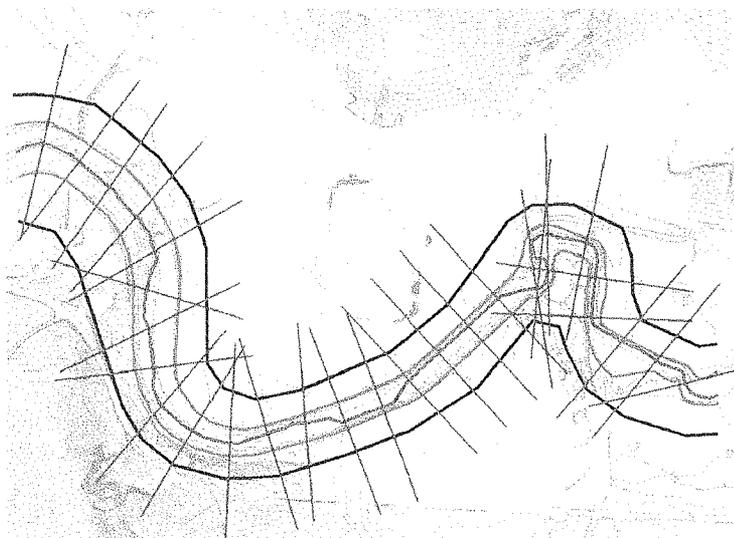


Fig.10. Edición de las secciones transversales o "XScutlines.shp".

Como se puede apreciar el resultado no es muy adecuado y habrá que modificarlo para que se cumplan las reglas anteriores. Editaremos la capa utilizando en este caso la opción Modify Feature de la ventana Task y el botón Edit tools:

Tomando esta herramienta nos vamos a una de nuestras secciones. Pulsamos con el botón izquierdo (doble clic) para seleccionar la sección a modificar. Pulsamos el botón derecho y seleccionamos Insert Vertex. Se genera un nuevo vértice. Ahora podemos mover cualquiera de los vértices para adecuar la sección a las exigencias señaladas.

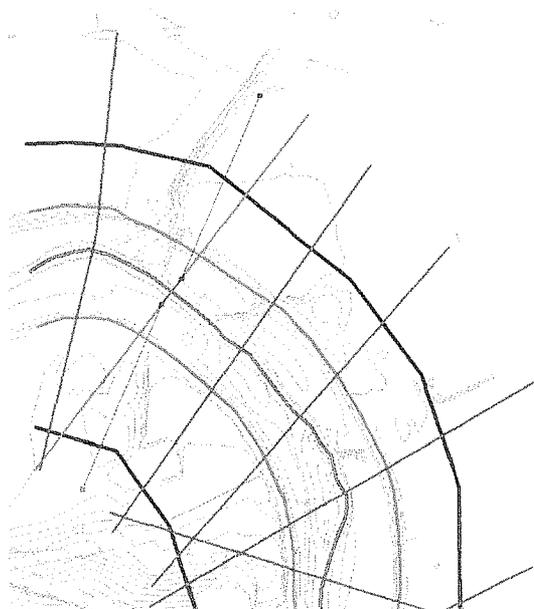
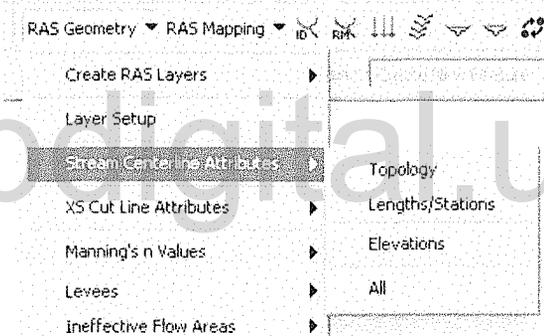


Fig.11. Detalle de la edición de las secciones transversales

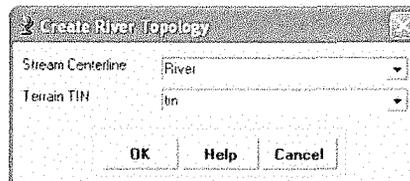


Fig.12. Elementos necesarios para definir la geometría del cauce.

A estos elementos les añadimos topología y la componente Z mediante nuestro mdt (TIN):

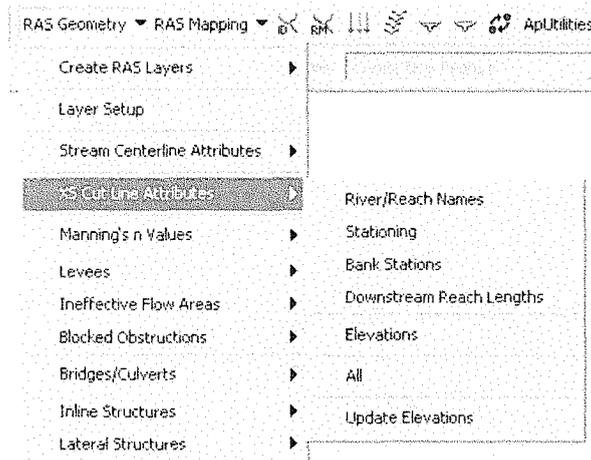


5. **Añadir topología y elevación al cauce: Ras Geometry / Stream Centerline Attributes** añade información automáticamente a cada elemento, generando capas en 3 dimensiones.



Es necesario seguir el orden de ejecución que se indica (Topology, Lengths/Station, Elevations o directamente All) y comprobar el esperado “successfully”. Se obtiene la capa river3D

6. De igual forma se añade **topología y elevación a las secciones transversales: Ras Geometry / XS Cut Line Attributes**



Se realizan las operaciones consecutivamente o directamente se elige All.

7. Comprobar las capas antes de llevarlas a HecRas: **Ras Geometry / Layer Setup** nos permite visualizar los ficheros a incluir en el archivo de importación.
8. Crear el **fichero de importación** para HEC-RAS: **Ras Geometry / Extract GIS data** que prepara el fichero que posteriormente será leído por Hec-Ras. Este fichero de texto se guarda con formato *.sdf*.

Guardamos el proyecto de ArcGis. File/ Save as... podemos llamarlo: Tutorial.mxd

## 8.2. Trabajo con HecRas

- Crear un nuevo proyecto (*RioGrande.prj*)
- Editar la geometría: **Edit/Geometric Data**

Importar el archivo de geometría: **File/ Import Geometry Data/GIS format** buscando el archivo *.sdf* generado por ArcGis.

En las opciones de importación elegir Unidades del sistema métrico **SI (metric) units**. Pulsamos Next.

Comprobamos los datos en la pestaña *River Reach Stream Lines*. Pulsamos Next

En la pestaña *Cross Sections and IB Nodes*, añadimos la información en las ventanas **Import River** e **Import Reach** y redondeamos el número que nos identifica las secciones. Round Selected RS.

The screenshot shows the 'Import Geometry Data' dialog box. The 'Node Types in Table' section has checkboxes for 'Cross Sections (CS)', 'Bridges and Culverts (BR/Culv)', 'Inline Structures (IS)', and 'Lateral Structures (LS)', all of which are checked. The 'Import River' and 'Import Reach' fields are both set to 'Rio Grande'. The 'Import As' field is also set to 'Rio Grande'. The '# RS = 27' and '# New = 27' fields are visible. Below the table, there are options for 'Match Import File RS to Existing Geometry RS' (checked), 'Matching Tolerance' (set to 0.01), and 'Round Selected RS' (set to 0 decimal places). There are also options for 'Generate RS Based on main channel lengths' and 'Create RS in kilometers' or 'Create RS in meters'.

Import File	Import File	Import File	Import As	Import	Import
River	Reach	RS	RS	Status	Data
1	Rio Grande	1	2799.999	2800	new
2	Rio Grande	1	2700	2700	new
3	Rio Grande	1	2600	2600	new
4	Rio Grande	1	2500	2500	new
5	Rio Grande	1	2400	2400	new
6	Rio Grande	1	2300	2300	new
7	Rio Grande	1	2200	2200	new
8	Rio Grande	1	2100	2100	new
9	Rio Grande	1	1999.999	2000	new
10	Rio Grande	1	1899.999	1900	new
11	Rio Grande	1	1800.113	1800	new
12	Rio Grande	1	1699.999	1700	new

Pulsamos Finished – Import Data.

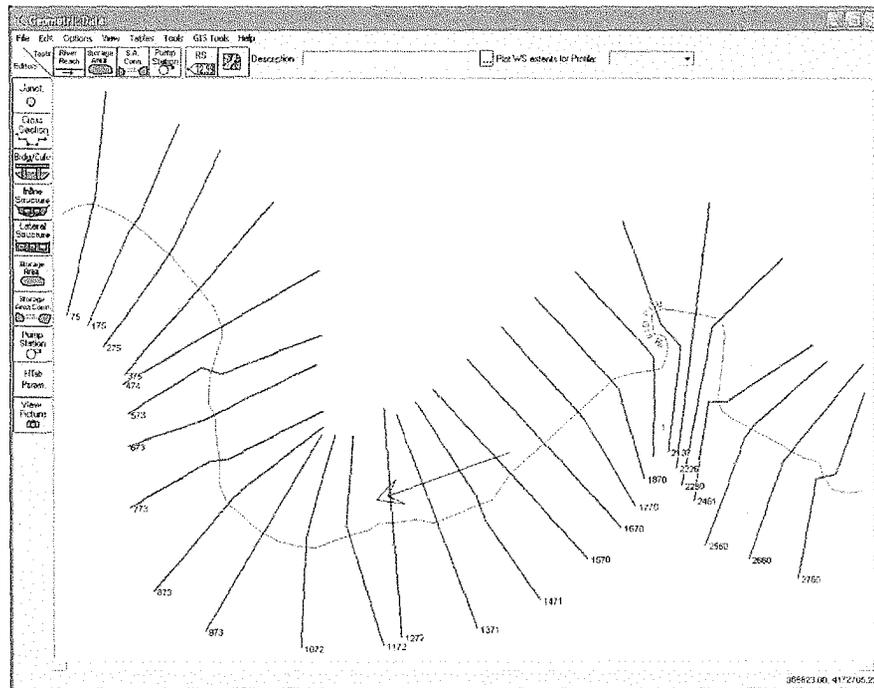


Fig.9. Resultado de la importación de la geometría desde HecRas.

En el desplegable **Tables/Manning's n or k values...** rellenar los valores de n para el cauce y las laderas.

Desde **Tools/Graphical Cross Section Edit...** visualizar y corregir las secciones transversales, añadir leeves, áreas inefectivas de flujo....

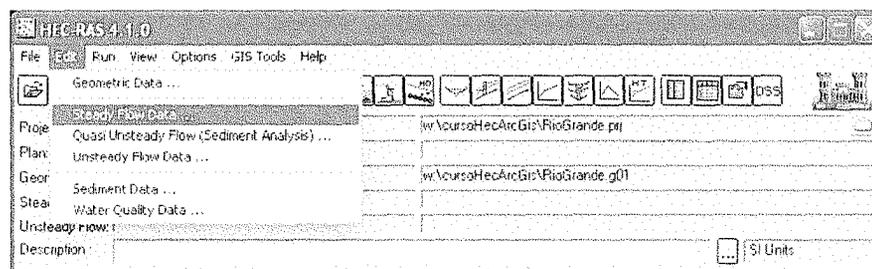
Desde **Tools/Cross Section Point Filter**, elegir **Multiple Locations**, añadir todas las secciones, y hacer click sobre **Filter Points on Selected XS**. (Obligatorio para secciones de más de 500 puntos).

Desde **Tools/Xs Interpolation**, añadir las secciones interpoladas que deseemos

Añadir **Bridges y/o Culvert**

Salvar el archivo de geometría **File/Save Geometry Data** (Tutgeom o RioGrande.g01)

- Editar los datos hidráulicos **Edit/Steady Flow Data:**



Rellenar los Caudales para cada periodo de retorno y elegir las condiciones de contorno **Reach boundary Condition**.

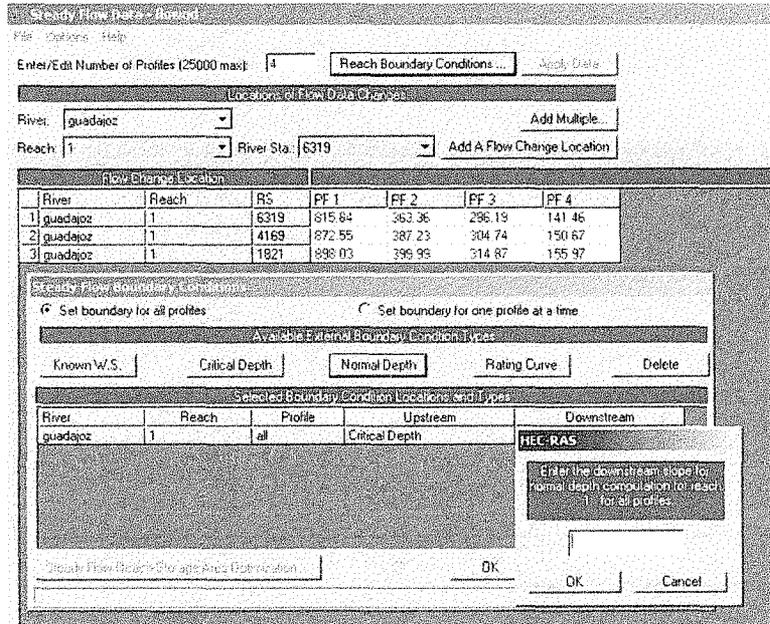


Fig.10. Hec-RAS: Edición de los datos de flujo.

Salvar el archivo de datos de flujo **File/Save Flow Data** (Tutflow o RioGrande.f01)

- ❑ Correr el modelo Run/Steady Flow Analysis escogiendo siempre el régimen de flujo Mixto y revisar las salidas:

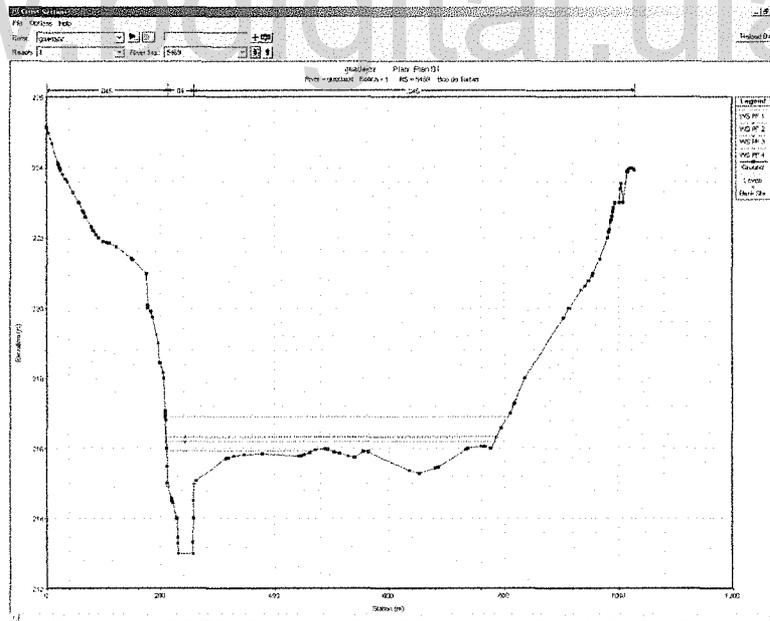


Fig.11. Hec-RAS: Revisión de las secciones transversales.

- ❑ Revisamos de nuevo las secciones, añadimos *leeves*, movemos los *banks*...

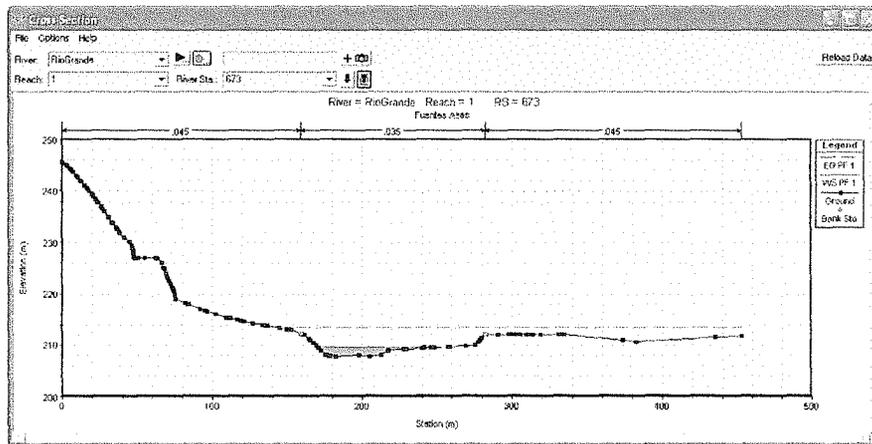


Fig.12. Hec-RAS: Nueva revisión de las secciones transversales.

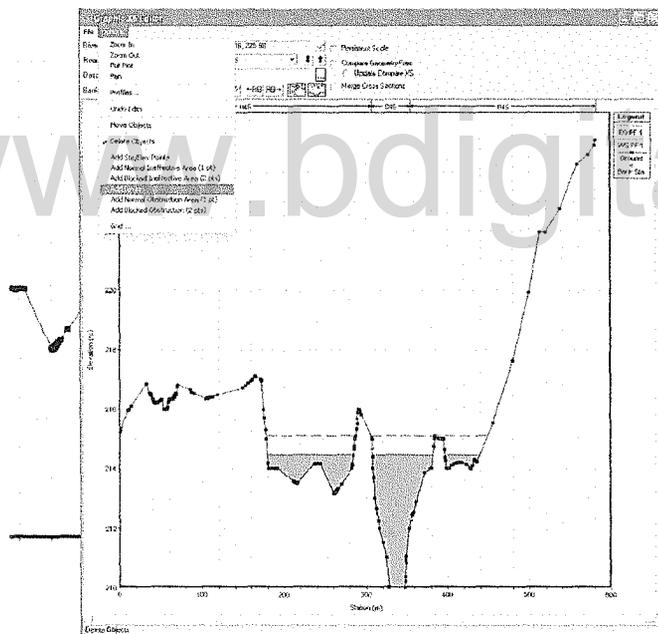
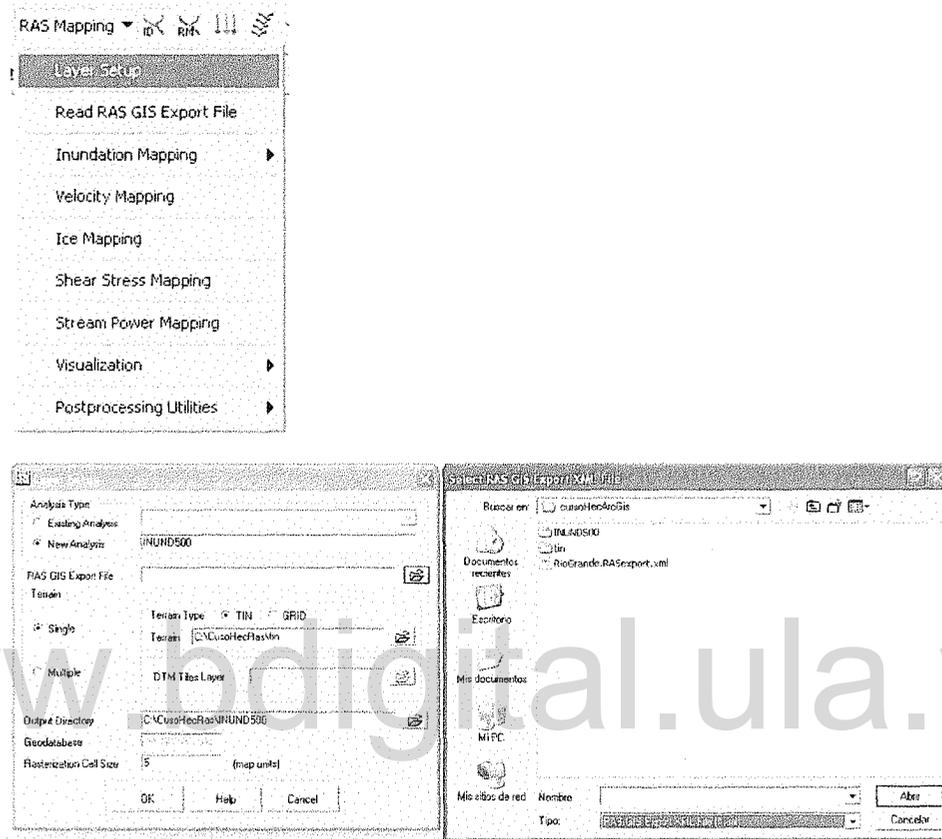


Fig.13. Hec-RAS: Nuevos Leevos

- Una vez hechas las correcciones podemos guardar y generar el archivo de exportación *File/export GIS Data (RioGrande.RASexport.sdf)*, para poder terminar la modelización desde ArcGis.

### 8.3. Trabajo final con ArcGis.

Desde el desplegable **RAS Mapping** elegir **Layer setup** y buscar los datos que se solicitan.



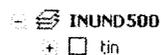
En **output directory** introducir un nombre sencillo, con ruta de disco corta y sin espacios ni acentos. El último apartado **Rasterization Cell size** se refiere al tamaño de pixel que tendrán los datos resultantes

El fichero de exportación de HecRas (en formato **.sdf** debemos convertirlo a **.xml**., para ello usamos la barra de herramientas de la extensión Hec GeoRAS.



Permite convertir el archivo SDF a XML para su correcta lectura desde HecRAS

Al pulsar OK se genera un nuevo Data Frame llamado **INUND 500**



Desde el desplegable **RAS Mapping** elegimos **Read RAS GIS Export file**.

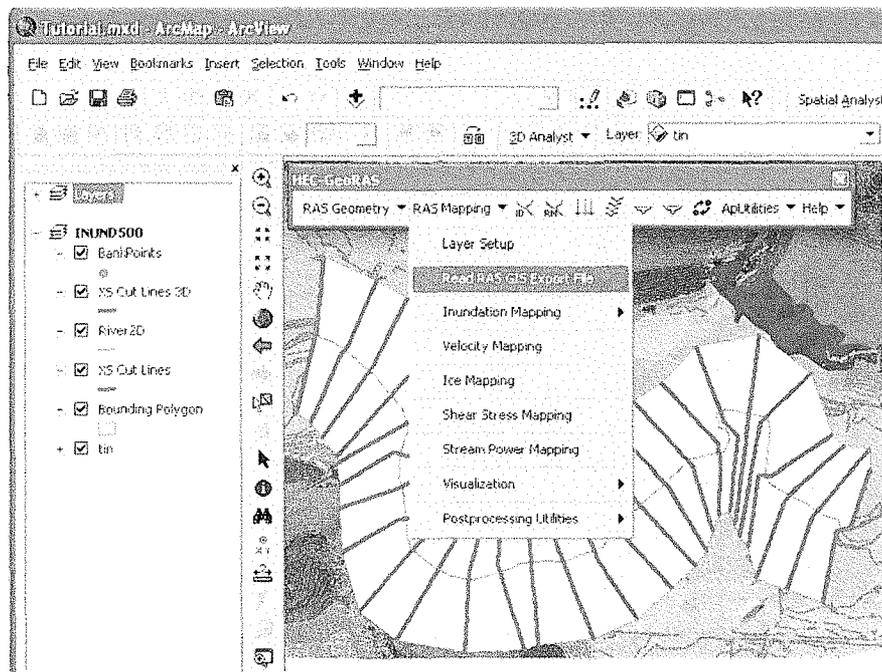
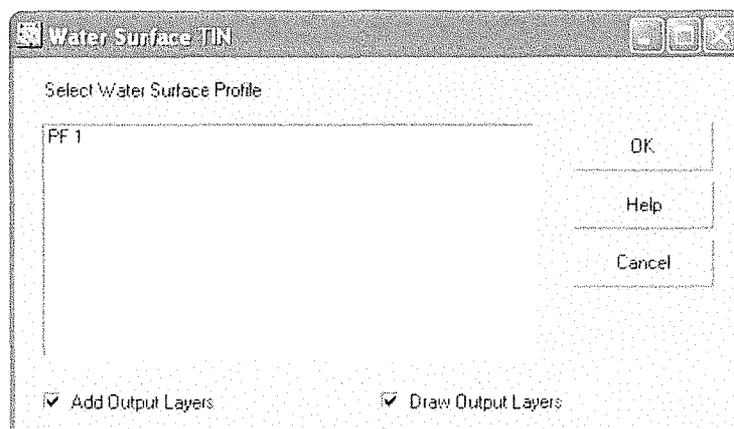


Fig.14. Resultado de la lectura del archivo de exportación.

Al leer el archivo de exportación, *RioGrande.RASexport.xml*, se generan una serie de capas y los coloca en la vista, en un nuevo data frame. Entre ellos el tin, y unos ficheros vectoriales BP (Bounding Polygons), que son la superficie máxima de ocupación de las secciones transversales (habrá tantos de estos BP como perfiles haya, y lógicamente serán idénticos)

Con **RAS Mapping/Inundation Mapping/Water Surface Generation**, el tin va a ser recortado por "bounding polygon". En la ventana de dialogo que aparece debemos seleccionar el perfil que deseemos y pulsar OK.



**RAS Mapping/Inundation Mapping/Floodplain Delineation**, En este proceso se crearán las zonas de inundación para cada perfil, es decir para cada caudal que se haya establecido en Hec-Ras.

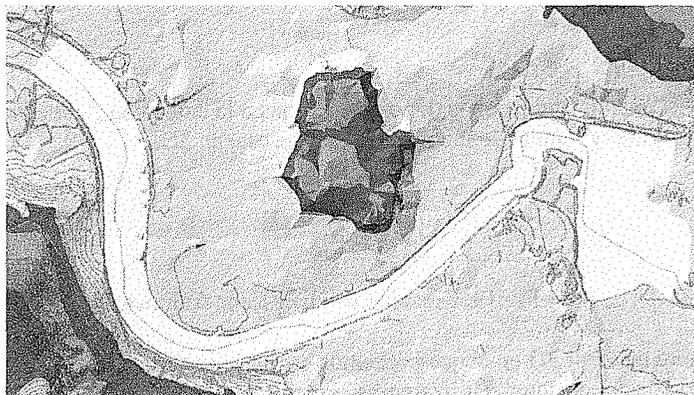


Fig.15. Llanura de inundación para el periodo de retorno considerado

Además se genera un grid con el calado o profundidad en cada punto de la llanura de inundación que podemos simbolizar con los intervalos que deseamos.

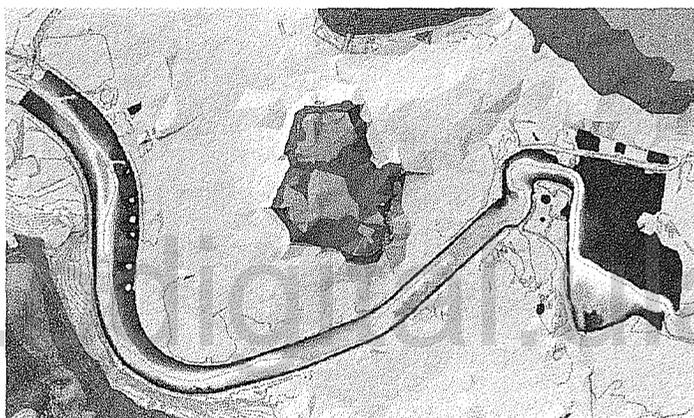


Fig.16. Grid de profundidad.

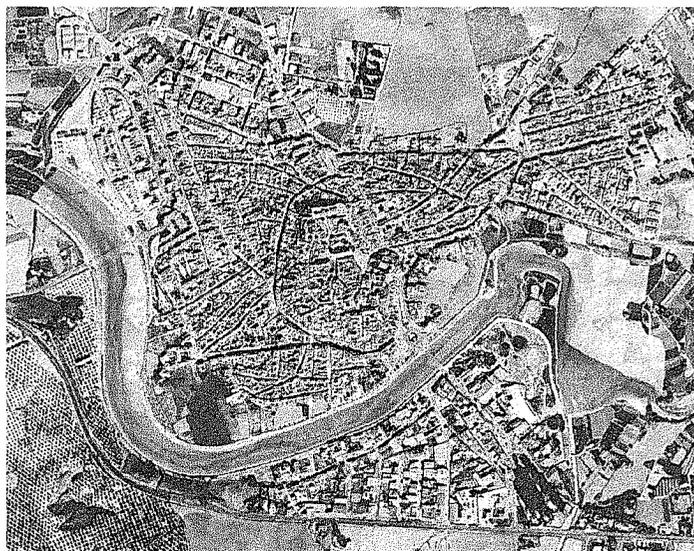


Fig.17. Imagen final de la llanura de inundación con ortoimagen de fondo.

## 8.4. Visualización 3D

Para la visualización tridimensional, posible gracias a la extensión ArcScene, es necesario cargar las capas (ortofoto y llanura de inundación) en una escena 3D.



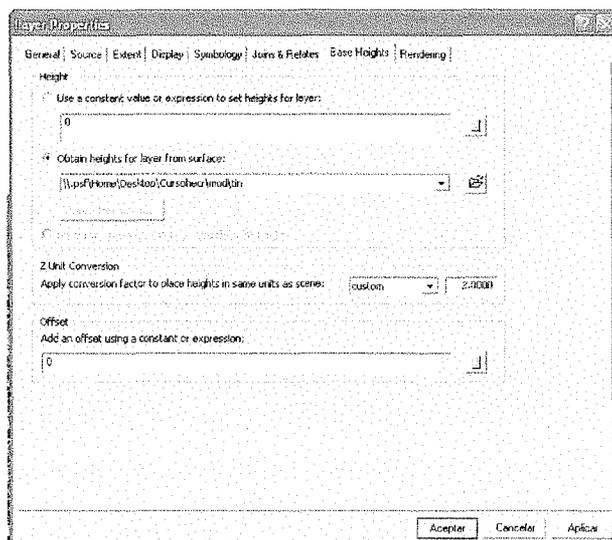
Fig.18. Creación de una escena tridimensional.

Esto nos abre un visor 3D en el que podremos cargar la cartografía que deseemos y visualizarla en un entorno tridimensional. Utilizaremos el menú desplegable **3D Scene/Add theme**



Fig.19. Visualización en el entorno 3D

Para añadirle las propiedades tridimensionales a cada una de las capas de información utilizamos el desplegable **Layer Properties /Base Height**



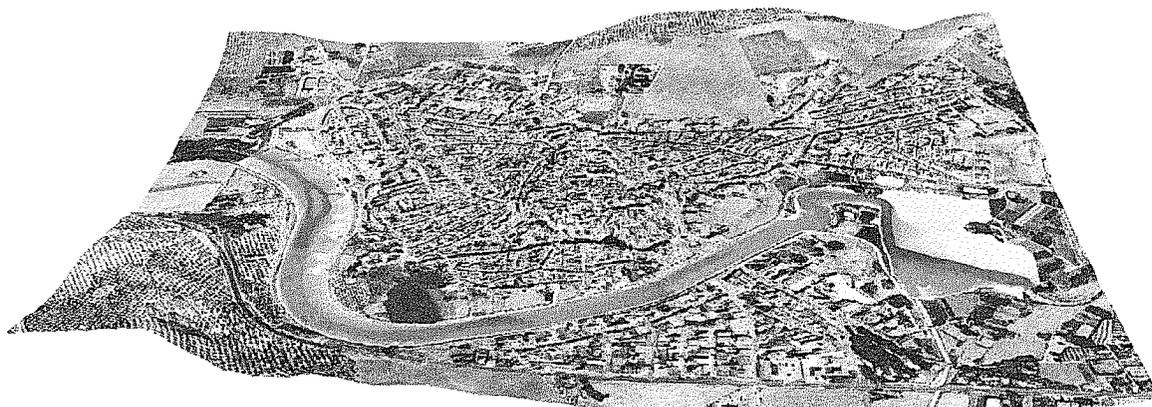


Fig.20. Llanura de inundación y ortofotografía en el visor 3d

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## REFERENCIAS

Hydrologic Engineering Center (2002). *HEC-GeoRAS, An extension for support of HEC-RAS using ArcView*. U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA

Environmental Systems Research Institute (1996). *ArcView Gis: Using ArcView GIS*, ESRI inc, Redlands, CA

Hydrologic Engineering Center (2002). *HECRAS (version 3.1), River Analysis System, User's Manual*, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Center (2002). *HECRAS (version 3.1), River Analysis System, Hydraulic Technical Reference Manual*, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Center (2002). *HECRAS (version 3.1), River Analysis System, Applications Manual*, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**Apéndice I:**  
Glosario de Términos

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela  
(CC BY - NC - SA 3.0 VE )

**Avenida torrencial:** flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también porque el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detritos, incrementando su contenido de agua. Además, el confinamiento lateral ayuda a mantener la profundidad del flujo facilitando un cierto tipo de ordenamiento de partículas sólidas y el desarrollo de oleaje. El ordenamiento se refiere a que los clastos más grandes tienden a quedar cerca de la superficie del flujo, lo que se conoce como gradación inversa. Por otra parte, el caudal pico que presentan estos flujos puede ser hasta 40 veces mayor que aquellos que causan una inundación. Otra característica que distingue a estos flujos es la forma de la depositación del material sólido; cuando el flujo de detritos alcanza el ápice del abanico de depositación, el canal se amplía y los clastos más gruesos son expulsados hacia los lados para formar una especie de alborgones y el frente es sobrepasado por el material fino que viajaba tras ellos hasta detenerse tomando una forma lobulada gruesa (Hungry et al., 2001 en Servicio Nacional de Geología y Minería, 2007)

**Abanico aluvial:** es un depósito de sedimentos en forma de abanico que se crea cuando la pendiente de una corriente fluvial disminuye abruptamente (Tarbuck *et. al* 2005)

**Capacidad y competencia:** la capacidad se refiere a la carga máxima de partículas sólidas que una corriente puede transportar, mientras que la competencia de una corriente indica el tamaño de grano máximo que ésta puede transportar. La competencia de una corriente aumenta en un valor igual al cuadrado de su velocidad.

La velocidad de una corriente determina su competencia y el aumento de caudal determina su capacidad (Tarbuck *et. al* 2005)

**Deslizamiento:** es un movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una deformación cortante. (Servicio Nacional de Geología y Minería. Proyecto Multinacional Andino, 2007).

**Desastres:** alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente, causadas por un suceso natural o generado por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. (Linayo 2009)

**Evaluación del Riesgo:** se refiere a la metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (ONU, 2009)

**Falla:** plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento (Tarbuck *et. al* 2005).

**Intensidad de lluvia:** es el caudal de agua que pasa una determinada superficie, es decir, el volumen de agua caído por unidad de tiempo y superficie. Se mide habitualmente en  $mm/h$  o en  $l/(s \cdot ha)$ . La relación de paso entre estas unidades es:  $60 \text{ mm/h} = 166,6667$

$I/(s \cdot ha)$ . La intensidad de lluvia depende de la duración de la lluvia, por lo que es necesario definir un intervalo de referencia (Chow, 1997).

**Mapa de amenaza:** es un mapa que muestra bajo una simbología adecuada las clases de amenaza o la zonificación de la amenaza. (Soeters y Van Westen, 1996 en Servicio Nacional de Geología y Minería, 2007)

**Mancha de Desborde:** es un área inundada o anegada generada por el desbordamiento de una corriente que sobrepasa la capacidad de la sección transversal del canal en ese tramo.

**Mitigación:** La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines (ONU, 2009)

**Preparación:** conjunto de medidas y acciones para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportuna y eficazmente la respuesta y la rehabilitación (Linayo 2009)

**Período de retorno:** es la inversa de la probabilidad de que se presente la lluvia de diseño en un determinado intervalo de tiempo. A mayor período de retorno, mayor intensidad de lluvia. Como guía práctica se puede tomar el valor de la tabla H1:

**Tabla H1.** Períodos de retorno vs situación idónea.

Períodos de Retorno	Situación Idónea
Tr = 5 años	Zonas de baja riqueza del suelo, de baja densidad demográfica (si se permiten inundaciones)
Tr = 10 años	Zonas de riqueza media del suelo, zonas de residencia habitual
Tr = 20-25 años	Zonas de alto valor del suelo, zonas históricas (en las que sea necesaria protección especial)
Tr = 25 años	Emisarios y colectores principales

Fuente: Lacruz y Briceño (2008)

**Peligrosidad o amenaza:** se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un período de tiempo dado y dentro de un área específica (González Vallejo *et. al* 2004)

**Prevención:** conjunto de acciones cuyo objeto es impedir o evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana, causen desastres. (Linayo 2009)

**Plan para la reducción del riesgo:** es un documento que elabora una autoridad, un sector, una organización, una institución o interesado para establecer metas y objetivos específicos para la reducción del riesgo de desastres, conjuntamente con las acciones afines para la consecución de los objetivos trazados (ONU, 2009)

**Resiliencia:** La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (ONU, 2009)

**Respuesta:** se refiere al suministro de servicios de emergencia y de asistencia pública durante o inmediatamente después de la ocurrencia de un desastre, con el propósito de salvar vidas, reducir los impactos a la salud, velar por la seguridad pública y satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada (ONU, 2009)

**Riesgo:** La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas (ONU, 2009)

**Sistema de alerta temprana:** es el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños (ONU, 2009)