

#### **IV. Plan de Trabajo y de vinculaciones del Proyecto Asociativo de Investigación**

**1. Área a la cual pertenece el Plan de Trabajo:** Prevención de Desastres.

**2. Palabras claves.** Prevención de desastres, hidrología, hidráulica torrencial, producción de sedimentos en cuencas.

**3. Título de la Propuesta:**

**PROCEDA<sup>1</sup>**  
***INUNDACIONES POR ALUDES TORRENCIALES***  
***EN CUENCAS DE LA REGIÓN DEL MACIZO AVILA***

**4. Objetivos.**

**Objetivo general**

- A partir del establecimiento de una cuenca experimental en el macizo del Avila se propone profundizar en el conocimiento tanto de la hidráulica torrencial como de las condiciones hidrometeorológicas y de transporte de sedimentos propias de las cuencas del macizo con el fin de ayudar a diseñar medidas de prevención de acontecimientos extremos como el ocurrido en Diciembre de 1999.

**Objetivos específicos:**

- Estudiar la dinámica torrencial de la cuenca y su relación con la precipitación y otras situaciones meteorológicas, geológicas y de cobertura vegetal.
- Cuantificar en un contexto controlado los fenómenos transporte de sedimentos, relación lluvia-escurrimiento-transporte de sedimentos etc.
- Desarrollar y aplicar modelos de simulación que puedan ser validados con la información recabada en la cuenca.
- Implantar y evaluar sistemas de alerta temprana.
- Dar acceso público vía Internet a todos los datos medidos en la cuenca.
- Formar personal especializado en estudios de prevención de desastres.

**5. Fundamentación.**

En este proyecto se propone dar respuesta a las siguientes preguntas asociadas a cuencas tropicales y en particular a las situadas en la región Andino-Costera de Venezuela:

- ¿Cuál es la relación entre eventos meteorológicos extremos y la ocurrencia de aludes torrenciales en cuencas situadas en el trópico ?

---

<sup>1</sup> PROyecto de Cuenca Experimental Del macizo Avila

- ¿ Cuáles son los umbrales de intensidad de precipitación que pueden generar aludes torrenciales ?
- ¿ Cuál es la relación entre la precipitación y el transporte de peñones por el cauce principal ?
- ¿ Cuáles son los sistemas de alerta temprana más adecuados para el tipo de cuencas en estudio ?

El Centro de Estudios de Desastres Ambientales de la Facultad de Ingeniería de la UCV está integrado por investigadores con amplia experiencia en proyectos de investigación en hidráulica y modelos de simulación en ríos. Este centro tendrá como principal responsabilidad la coordinación general del proyecto así como la concepción y desarrollo de los modelos de simulación que serán aplicados. Asimismo, participará en la selección de la cuenca experimental y en el diseño, ubicación y manejo de las estaciones de medición.

El Departamento de Hidrometeorología de la Facultad de Ingeniería de la UCV participará en el selección de la cuenca y en el diseño y planificación de las estaciones climáticas e hidrográficas. Este departamento tiene vasta experiencia en la planificación de redes de estaciones meteorológicas y ha desarrollado tecnología propia de estaciones automáticas con transmisión en tiempo real.

FUNVISIS coordinará la instalación de instrumento de monitoreo geotécnico y sísmológico. Este centro tiene una vasta experiencia en investigaciones sísmológicas en nuestro país y dispone de un plantel de investigadores altamente capacitados en esta área.

Las tres dependencias serán responsables del seguimiento, recolección y análisis de los datos recabados.

## **6. Duración estimada del Plan de Trabajo del Grupo.**

La duración estimada del proyecto es de cinco años. Es importante destacar que la utilidad de una cuenca experimental crece con el tiempo ya que las inferencias estadísticas que pueden obtenerse son mejores en la medida que aumentan las series de tiempo de datos recabados. Por tanto, se el presente proyecto no es más que la etapa inicial de un programa de investigación científica a largo plazo.

## **7. Significado y relevancia de la propuesta.**

A raíz de los eventos catastróficos ocurridos en Diciembre de 1999 que afectaron principalmente la zona norte costera de Venezuela se puso en evidencia la vulnerabilidad de las zonas urbanizadas existentes a eventos hidrometeorológicos extremos. Desafortunadamente, para la mencionada fecha no existía en las cuencas que generaron las crecientes ninguna estación meteorológica que registrara el evento. Por otra parte, existe un gran desconocimiento sobre las relaciones que existen entre los eventos meteorológicos extremos con la con la producción de sedimentos que puede de generar aludes torrenciales.

En este proyecto se propone establecer una cuenca experimental en el macizo Avila que permita obtener conocimientos sobre estos fenómenos. Se espera que esta investigación ayude a diseñar medidas de prevención de inundaciones por aludes torrenciales que tomen en cuenta las características particulares de la región montañosa norte de Venezuela.

## 8. Viabilidad de la propuesta.

Las instituciones proponentes así como los investigadores participantes tienen amplia experiencia en el área de hidrometeorología y en hidráulica.

El profesor Reinaldo García, coordinador del proyecto y de grupo del CEDA-UCV, ha participado en numerosos proyectos de investigación en el área de modelos de simulación en hidráulica. El grupo de investigación del CEDA-IMF-UCV ha desarrollado numerosos proyectos en el área de hidráulica de ríos (ver ref. 6-13 y 19).

El profesor Abraham Salcedo, coordinador de grupo del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, fue el creador del proyecto VENEHMET donde se concibió la red nacional de estaciones meteorológicas.

La profesora Nuris Orihuela, coordinadora del grupo de FUNVISIS, ha participado en diversos proyectos de instalación de instrumentos de medición de fenómenos sísmicos a nivel nacional y tiene una amplia experiencia en proyectos de geofísica.

Es importante destacar que el presente proyecto ya cuenta con el apoyo del gobierno de Francia y de investigadores franceses del CNRS y CEMAGREF. En efecto, motivado por la catástrofe del Estado Vargas de Diciembre de 1999, el Ministro Francés para la Cooperación realizó una visita a Venezuela para evaluar algunos canales de ayuda de la República de Francia. De esta visita resultó una decisión conjunta de las autoridades venezolanas y francesas para colaborar en la mitigación de tales eventos climatológicos-hidrológicos.

El monto otorgado por Francia es de 600.000 francos franceses (unos Bs.60.000.000) los cuales serán utilizados para financiar la participación de los investigadores franceses, la adquisición de imágenes satelitales SPOT e instrumentos de medición.

La participación francesa es particularmente interesante ya que es dicho país existe una amplia experiencia en el uso de cuencas experimentales para estudios de hidráulica torrencial. Tal es el caso de las cuencas del Draix situadas al sur de los Alpes cuya creación se remonta a 1983 (ver referencias 1-5 y 14-18). Estas cuencas son manejadas por el CEMAGREF y el Servicio de Restauración de Terrenos Montañosos y constituyen laboratorios a escala real para lograr conocimientos que conduzcan al diseño de obras de prevención de fenómenos catastróficos como el ocurrido en el Estado Vargas en diciembre de 1999. Igualmente existen otras cuencas experimentales al sur de Francia con más de veinte años de funcionamiento, las cuales son manejadas por el CNRS.

El proyecto propuesto contará con la participación del Dr. Pierre Usselmann del CNRS y del Dr. Didier Richard del CEMAGREF. Es importante destacar que en el marco de la cooperación Francesa se ha hecho particular énfasis en que, dado que considerando que el proyecto constituye un esfuerzo de investigación científica a largo plazo, es esencial garantizar la participación de instituciones nacionales que permita dar continuidad al proyecto en el tiempo.

## **9. Metodologías a seguir.**

Se describen las metodologías en función de las actividades del proyecto

### **Selección de la cuenca experimental**

La primera etapa del proyecto comenzará con la selección de la cuenca experimental más apropiada ubicada en el macizo Avila. Para este fin se considerarán, entre otros, los siguientes criterios:

- Existencia de estaciones meteorológicas, hidrométricas o sísmicas con amplia serie de datos.
- Tendencia de la cuenca a generar amenazas en zonas urbanizadas.
- Similitud geomorfológica e hidrográfica con cuencas de la región.
- Facilidad de acceso que permita la instalación y mantenimiento de las estaciones de medición.
- Seguridad.

Para la selección definitiva se realizarán reuniones con los integrantes del grupo de trabajo y con expertos en distintas especialidades a fin de garantizar que la cuenca seleccionada cuente con todas las características necesarias para la investigación propuesta.

### **Elaboración de mapas**

Se elaborarán mapas temáticos en un Sistema de Información Geográfica que permitan describir las características relevantes de la cuenca en estudio. Se prevé desarrollar mapas de Vegetación, Suelos, Geología, Geotécnia, Topografía, Climáticos, etc.

### **Ubicación de las estaciones y pozos de observación**

Se ubicarán las estaciones climáticas, hidrográficas tomando en consideración las características propias de la cuenca y los criterios aceptados internacionalmente. Asimismo se ubicarán los pozos de observación donde se medirán los niveles freáticos.

### **Instalación de las estaciones climáticas e hidrométricas**

Se diseñarán e instalarán las estaciones de medición siguiendo los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) a través de las normas existentes (ver referencias de la WMO). Las estaciones serán del tipo automático y contarán con dispositivos de transmisión de datos en tiempo real a estaciones de recepción remotas conectadas a través de una red de telefonía celular.

### **Perforación de pozos de observación**

Se perforarán pozos y se instalarán los dispositivos de medición de niveles y almacenamiento y transmisión de datos. Esta información es de particular interés para determinar el flujo de aguas subterráneas en la cuenca así como sus variaciones estacionales y con cada tormenta.

### **Plan de recolección y mantenimiento**

No todos los datos podrán recabarse en forma automática. Por ejemplo, las mediciones de caudal líquido y sólido deberán realizarse a intervalos periódicos y crecientes excepcionales. Para ello se diseñará un plan de recolección de datos de campo. Adicionalmente este plan

contempla las visitas de mantenimiento requerido por los instrumentos ubicados en cada estación.

### **Seguimiento de peñones**

Se seleccionarán peñones representativos ubicados a lo largo de los cauces principales de la cuenca. Se establecerán las características y coordenadas de cada peñón mediante GPS diferencial y se colocarán imanes. Luego de cada creciente se irá al campo y utilizando un magnetómetro se ubicarán los peñones. En cada caso se estimará el desplazamiento total y la velocidad promedio.

### **Mediciones de infiltración**

Se seleccionarán distintos puntos a lo largo de la cuenca y se efectuarán mediciones de infiltración siguiendo los métodos aceptados internacionalmente en función del tipo de suelo existente en cada punto.

### **Mediciones de volúmenes de sedimentos**

En la zona de la estación hidrográfica se construirá una playa de deposición. La finalidad de esta estructura es atrapar los sedimentos transportados por el torrente en una creciente dada. Se efectuarán mediciones topográficas mediante un teodolito electrónico antes y después de una creciente. Mediante diferencia de elevaciones se estimará el volumen total acumulado entre las mediciones.

### **Instalación y evaluación de sistemas de alerta temprana**

Se instalarán sistemas de alerta temprana en función de las características de la cuenca. Los datos recabados en campo servirán para evaluar su funcionamiento y potencial utilización en otras regiones del país.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidrológicos.**

Se desarrollará un modelo hidrológico adaptado a las características de la región. Se partirá de modelos existentes que utilizan la ecuación de onda cinemática y se evaluarán igualmente los basados en la onda difusiva. La utilización de datos de campo completos que se obtendrán de la cuenca experimental constituye una oportunidad única para enriquecer los modelos existentes y evaluar su capacidad predictiva para fenómenos extraordinarios.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidráulicos**

Se desarrollará un modelo hidráulico de inundaciones unidimensional basado en las ecuaciones de la onda dinámica que incluyen los términos no lineales. Es importante mencionar que dadas las altas pendientes que existen en estas cuencas, es necesario que el modelo considere las transiciones de flujo subcrítico a supercrítico y viceversa. Este modelo tendrá como entrada los hidrogramas generados por el modelo hidrológico y dará como resultados los caudales y niveles de flujo en cada sección del cauce. El modelo será calibrado utilizando las mediciones obtenidas en la cuenca.

Se desarrollará un modelo de aguas subterráneas que será acoplado al modelo de flujo en canales. Este modelo utilizará el método de elementos finitos y tomará en cuenta las permeabilidades y otras características existentes de la cuenca.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos de transporte de sedimentos.**

En conjunto con el modelo de inundaciones se desarrollará un modelo de transporte de sedimentos que tome en consideración las características del flujo torrencial y del sedimento propio de estos cauces.

El modelo será calibrado a partir de los datos medidos en campo.

### **Desarrollo y mantenimiento de página Web**

Se desarrollará una página WEB donde el público tenga acceso a toda la información que se vaya procesando así como a los datos en forma cruda que se estén recabando. Se incluirá igualmente la información histórica y estadística. La página WEB dará cuenta de los resultados de los modelos utilizados y del funcionamiento de los sistemas de alerta.

### **Generación de recursos humanos**

Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es que la cuenca experimental sirva como un laboratorio a escala real para la realización de trabajos especiales de grado (TEG) a nivel de pregrado y maestría así como tesis doctorales. El proyecto prevé la realización de al menos ocho TEG y dos Tesis doctorales. Todos los trabajos estarán dirigidos por los investigadores responsables del proyecto en conjunto con los investigadores de CEMAGREF y CNRS en Francia. Igualmente el proyecto prevé contar con estudiantes doctorales de Francia los cuales trabajarán en conjunto con los estudiantes venezolanos.

10. Cronograma de actividades por año, en el cual se exprese, para cada uno de los participantes, la distribución de tareas del plan de actividades con metas claramente establecidas y evaluables en el tiempo.

Actividad	Participante	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Selección de la cuenca experimental	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Elaboración de mapas	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Ubicación de las estaciones y pozos de observación	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Instalación de las estaciones climáticas, hidrométricas y sismológicas	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Perforación de pozos de observación	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Plan de recolección y mantenimiento	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Recolección de datos y mantenimiento de estaciones	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Seguimiento de peñones	CEDA-UCV					
Mediciones de infiltración	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Mediciones de volúmenes de sedimentos	CEDA-UCV					
Instalación y evaluación de sistemas de alerta temprana	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidrológicos	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidráulicos	CEDA-UCV					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos de transporte de sedimentos	CEDA-UCV					
Desarrollo y mantenimiento de página Web	CEDA-UCV					

### 11. Descripción de resultados preliminares.

No existen experiencias previas en nuestro país de estudios como el propuesto. Sin embargo, como se indicó anteriormente, en Francia existen cuencas experimentales donde se han realizado investigaciones similares aunque en el ambiente de los Alpes (ver referencias 1-10). Esta experiencia será incorporada en la realización del proyecto propuesto.

### 12. Resultados esperados en cada etapa o fase del plan de trabajo.

Etapa	Resultados
Año 1	Mapas de topografía, climáticos, geológicos. Instalación de primeras estaciones climáticas. Instalación de una estación hidrográfica. Establecimiento de página web.
Año 2	Instalación de primeras estaciones climáticas. Instalación de una estación hidrográfica. Mapas de geotecnia. Modelo hidrológico. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.
Año 3	Instalación y evaluación de sistemas de alerta. Mapas de vegetación, suelos. Calibración del modelo hidrológico. Modelo hidráulico de canales.
Año 4	Modelo hidráulico de aguas subterráneas. Modelo de transporte de sedimentos. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.
Año 5	Modelos calibrados. Evaluación de sistemas de alerta temprana. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.

### 13. Impacto o aplicabilidad de los resultados. Posibles receptores de los productos del Proyecto de investigación a ser desarrollado.

Una de las principales causas del desastre ocurrido en Diciembre de 1999 en el Estado Vargas fue el desconocimiento del fenómeno natural que impidió tomar medidas preventivas que hubiesen podido minimizar las pérdidas humanas y materiales. Como se dijo anteriormente, al momento de ocurrir dicho desastre no existía ninguna estación meteorológica en funcionamiento en la zona por lo que la magnitud precisa del evento se desconoce.

Las investigaciones que se proponen realizar en el marco del presente proyecto permitirán generar conocimiento adaptado a las condiciones propias de esta región tropical y así se ayudará tomar medidas de prevención que minimicen la magnitud de futuros desastres.

Los receptores de los productos del proyecto serán aquellas organizaciones que se encargan de planes de contingencia, prevención de riesgos y manejo de emergencias.

### 14. Referencias Bibliográficas.

1. Bergougnoux L., Misguich-Ripault J., Firpo J-L., André J., Cambon J.-P, Mathys N., Olivier J.-E., 1995, *Mesure in situ de la concentration des matières en suspension: mise au point d'une sonde optique. Compte rendu de recherches n 3 en érosion et hydraulique torrentielle*, pp 63-77.
2. Buttafuoco G., 1993, *Bilan de la production d'érosion dans le bassin versant du Brusquet. Rapport de stage Cemagref Grenoble et Institut d'écologie et Hydrologie forestière de Castiglione (Italie)*, 18 p. + Annexes

3. Cambon J.-P., Mathys N., Meunier M., Olivier J.-E., 1990, Mesure des débits solides et liquides sur des bassins versants expérimentaux de montagne. *IAHS publ. n°193*, pp. 231-238.
4. Cemagref, 1988, Les bassins versants expérimentaux de Draix - Présentation et synthèse. *Division protection contre les érosions Grenoble*, 37 p.
5. Coulmeau P., 1987, Quelques éléments sur la géomorphologie et les processus érosifs observés dans le bassin du Laval dans Bassins versants expérimentaux de Draix, compte-rendu de recherche n°1 en érosion et hydraulique torrentielle, *Cemagref Grenoble*.
6. García, F.R., Saavedra, I., Febres, B., Valera, E., and Villoria, C. "A two-dimensional computational model to simulate suspended sediment transport and bed changes". *Journal of Hydraulic Research*. Vol. 37, No. 3, 1999.
7. López, J.L. y Nemer, N., 1998, "Modelación Matemática del Movimiento de Sedimentos y Deformaciones del Lecho en Ríos Trenzados", Primeras Jornadas Venezolanas de Investigación sobre el Río Orinoco, Caracas, 16 al 20 de Noviembre.
8. Gil, C., López, J.L. y Saavedra, I., 1998, "Aplicación de un Modelo de Redes para Estudios de Distribución de Flujo en el Río Orinoco Primeras Jornadas Venezolanas de Investigación Sobre el Río Orinoco, Caracas, 16 al 20 de Noviembre.
9. López, J.L. y Falcón, M., 1999, "Calculation of Bed Changes in Mountain Streams", *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, Marzo, Vol.125, No.3, p263-271.
10. López, J.L. and Perez-Hernandez D., 1999, "Some Morphological Aspects of the Orinoco River", *IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Genova, Italy, September 6-10*.
11. López, J.L. y Falcón Marco, 1999, "Modelación Matemática del Flujo y Transporte de Sedimentos en Ríos de Montaña", *Revista de La Facultad de Ingeniería, UCV*, Julio, 2000, No.2.
12. López, José L., 1999, "Herramientas Numéricas para Simulación de Crecientes Fluviales", II Encuentro Internacional de Investigadores en Hidráulica, Hidrología y Recursos Hídricos", Cuenca, Ecuador, 13 al 15 de Diciembre.
13. López, José L., García Reinaldo, y Pérez H., 2000, David, "Los Aludes Torrenciales de Diciembre de 1999 en Venezuela", XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina, 22 al 27/10/2000.
14. Mathys N., Brochot S., Meunier M., 1996, L'érosion des Terres Noires dans les Alpes du sud : contribution à l'estimation des valeurs annuelles moyennes (bassins versants expérimentaux de Draix, Alpes de Haute-Provence). *Revue de géographie alpine*, tome 1984, n°2, 1996, pp. 17-27.
15. Mathys N., Meunier M., 1989, Mesure et interprétation du processus d'érosion dans les marnes des Alpes du sud à l'échelle de la petite ravine. Colloque transport solide, *la Houille Blanche* n°3/4, 1989, pp. 188-192.
16. Meunier M., Mathys N., Cambon J.-P., 1995, Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur 3 bassins du site expérimental de Draix dans *Compte-rendu de recherche n°3*.

BVRE de Draix. *Etudes du Cemagref*, série équipements pour l'eau et l'environnement n°21, pp.125-140.

17. Richard D., 1995, Slope instability ; erosion and solid transport in steep mountain catchments : Laboratory and field experimentations. *Eroslope project*. Final report ; 75 p.
18. Richard D., 1997, Les bassins versants expérimentaux de Draix (04) : étude de l'érosion et du transport solide torrentiels à partir de mesures in situ. Actes des 13<sup>èmes</sup> journées du réseau érosion Erosion en montagnes semi-arides et méditerranéennes, *bull. n° 17 du réseau érosion*, 1997, ORSTOM Montpellier.
19. Wiczorek, G.F., Larsen, M.C., Eaton, L.S., James, Garcia, R., Jimenez, V., Hernandez, D.P., Rodriguez, J.A., Urbani, F. "Catastrophic landslides and flooding in coastal Venezuela, December 15-17, 1999". Conference of the Association of Engineering Geologists. San Jose, California, 09/19-26, 2000.
20. WMO. World Meteorological Organization. Guide to meteorological instruments and methods of observation. 1996 (sixth edition) ISBN : 92-63-16008-2
21. WMO. World Meteorological Organization. Technical Regulations Basic Documents No. 2 Volume I--General meteorological standards and recommended practices, 1988
22. WMO. World Meteorological Organization. Technical Regulations Basic Documents No. 2 Volume III Hydrology, 1988.
23. WMO. World Meteorological Organization. Guide to climatological practices 1983 (second edition).
24. WMO. World Meteorological Organization. Guide to hydrological practices 1994 (fifth edition).

#### **V. Dotación de los Laboratorios o Unidades de Investigación participantes**

La dotación de las unidades de investigación se incluye en un anexo al final de la propuesta.

## 1. Equipos.

Descripción	Justificación	Ubicación
Estaciones climatológicas automáticas	Se instalarán tres estaciones climatológicas en distintos puntos de la cuenca. Estas estaciones dispondrán de instrumentos de medición de precipitación, temperatura, evaporación, etc. así como dispositivos de almacenamiento y transmisión de la información.	cuenca del macizo Avila
Estaciones hidrométrica	Esta estación se ubicará en un punto adecuado del cauce principal y permitirá medir caudales líquidos y sólidos	cuenca del macizo Avila
Cámara de video	estas cámaras se ubicarán en dos secciones del cauce principal y estarán dotadas de un sistema de arranque automático que las activarán al momento de una creciente. Esto permitirá filmar crecientes extraordinarias sin necesidad de un operador.	cuenca del macizo Avila
Sistema de posicionamiento global GPS diferencial	Este GPS de alta precisión se utilizará para ubicar estaciones de muestreo, obstáculos, peñones, sitios de medición, etc.	CEDA-UCV
Sistemas de transmisión y recepción en tiempo real	Estos sistemas se instalaran en el CEDA-UCV, DHM-UCV y FUNVISIS para captura de los datos de campo en tiempo real	CEDA-UCV, DHM-UCV, FUNVISIS
Computadores PENTIUM III	Se utilizarán para la recepción, almacenamiento y procesamiento de los datos de campo así como en el desarrollo de los modelos de simulación.	CEDA-UCV, DHM-UCV, FUNVISIS
Magnetómetro	Se utilizarán para la ubicación y seguimiento de peñones	CEDA-UCV
Dispositivos de imán para seguimiento de peñones	Se utilizarán para la ubicación y seguimiento de peñones	cuenca del macizo Avila
Medidores automáticos de nivel en pozos	Se instalarán medidores de nivel en cada uno de los pozos	cuenca del macizo Avila

### I. Datos del Coordinador del Proyecto Asociativo de Investigación

Apellidos y Nombres	GARCIA MARTINEZ, FRANCISCO REINALDO
Cédula de Identidad	V-4.766.807
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO CIVIL-HIDRÁULICO, DOCTORADO.
Lugar de trabajo	INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR TITULAR
Dirección donde reside	AVE. SANZ, SECTOR EL CONVENTO II, EDIFICIO EL ALGARROBO, APTO. 13-A. EL MARQUES, CARACAS
Teléfono(s)	605-3160, 605 3131
Fax	605 3040
Correo Electrónico	REGARCIA@IMF.ING.UCV.VE

## II. Datos de los otros miembros del Grupo de Investigación

Apellidos y Nombres	LOPEZ SANCHEZ, JOSE LUIS
Cédula de Identidad	3.230.917
Nacionalidad	VENEZOLANO
Profesión y nivel de formación	INGENIERO HIDRÁULICO, PhD
Lugar de trabajo	INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR TITULAR
Dirección donde reside	APT. NO.1, PISO 1, RES. ACACIAS PLAZA, AV. LAS ACACIAS, URB. LA FLORIDA. CARACAS. TEL. 793- 2054
Teléfono(s)	605 3131/3041
Fax	605 3040
Correo Electrónico	JLOPEZ@IMF.ING.UCV.VE

Apellidos y Nombres	FALCON ASCANIO, MARCO ANTONIO
Cédula de Identidad	
Nacionalidad	VENEZOLANO
Profesión y nivel de formación	INGENIERO CIVIL-HIDRÁULICO, PhD
Lugar de trabajo	INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR TITULAR
Dirección donde reside	
Teléfono(s)	605 3131/3041
Fax	605 3040
Correo Electrónico	

Apellidos y Nombres	SALCEDO, ABRAHAM
Cédula de Identidad	3.974.088
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO HIDROMETEOROLOGISTA.
Lugar de trabajo	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HODROMETEOROLOGICA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR
Dirección donde reside	URB. BOLEITA CALLE B. EDF. JARDÍN LOS RUCES. TORRE B APTO. B93. LOS RUCES, EDO. MIRANDA
Teléfono(s)	HAB. 2383905 OFICINA: 6053049 6053049
Fax	6053039
Correo Electrónico	ASALCEDO@REACCIUN.VE

Apellidos y Nombres	RIVERO RAVELL, MARCO POLO
Cédula de Identidad	2.128.318
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO HIDROMETEOROLOGÍSTA
Lugar de trabajo	DEPARTAMENTO DE HIDROMETEOROLOGIA, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR AGREGADO
Dirección donde reside	
Teléfono(s)	605-3039
Fax	
Correo Electrónico	

Apellidos y Nombres	NURIS ORIHUELA
Cédula de Identidad	
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	LICENCIADA EN FÍSICA M. SC.
Lugar de trabajo	FUNVISIS
Cargo que desempeña	DIRECTORA
Dirección donde reside	
Teléfono(s)	257 9985/7672/9346
Fax	
Correo Electrónico	FUNVISIS@INTERNET.VE

Apellidos y Nombres	JOSE ANTONIO RODRIGUEZ
Cédula de Identidad	4.086.304
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO GEÓLOGO
Lugar de trabajo	FUNVISIS
Cargo que desempeña	DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
Dirección donde reside	URBANIZACIÓN EL CAFETAL, AVENIDA RAÚL LEONI
Teléfono(s)	986.65.14
Fax	
Correo Electrónico	DPTOCT@FUNVISIS.INTERNET.VE

### III. Datos de los Centros participantes

#### Institución 1:

Denominación. (Unidad, Laboratorio, Instituto, etc.).	INSTITUTO
Institución a la cual pertenece.	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Siglas de la institución.	IMF
Dependencia: indique desde el nivel jerárquico más alto hasta el específico donde el investigador está adscrito (Universidad, Facultad, Escuela, Departamento, etc).	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, FACULTAD DE INGENIERIA, INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS
Ubicación geográfica: Ciudad, Estado.	CARACAS, D.F.
Dirección, Teléfono, Fax, correo electrónico.	EDIF. INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS, PISO 2. CIUDAD UNIVERSITARIA, LOS CHAGUARAMOS, CARACAS

#### Director de Institución 1:

Apellidos y Nombres	LOPEZ SANCHEZ, JOSE LUIS
Cédula de Identidad	3.230.917
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO CIVIL, M. Sc., PhD
Lugar de trabajo	INSTITUTO DE MECANICA DE FLUIDOS, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Cargo que desempeña	PROFESOR TITULAR- DIRECTOR DEL IMF
Dirección donde reside	Apt. No.1, Piso 1, Res. Acacias Plaza, Av. Las Acacias, Urb. La Florida. Caracas. Tel. 793-2054
Teléfono(s)	605 3131
Fax	605 3040
Correo Electrónico	<a href="mailto:JLOPEZ@IMF.ING.UCV.VE">JLOPEZ@IMF.ING.UCV.VE</a>

**Institución 2:**

Denominación. (Unidad, Laboratorio, Instituto, etc.).	DEPARTAMENTO
Institución a la cual pertenece.	FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Siglas de la institución.	
Dependencia: indique desde el nivel jerárquico más alto hasta el específico donde el investigador está adscrito (Universidad, Facultad, Escuela, Departamento, etc).	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DEPARTAMENTO DE HIDROMETEOROLOGIA
Ubicación geográfica: Ciudad, Estado.	CARACAS, VENEZUELA
Dirección, Teléfono, Fax, correo electrónico.	605

**Director de Institución 2:**

Apellidos y Nombres	SALCEDO, ABRAHAM
Cédula de Identidad	3.974.088
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	INGENIERO HIDROMETEOROLOGISTA
Lugar de trabajo	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, FACULTAD DE INGENIERIA, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DEPARTAMENTO DE HIDROMETEOROLOGIA
Cargo que desempeña	JEFE DE DEPARTAMENTO
Dirección donde reside	URB. BOLEITA CALLE B. EDF. JARDÍN LOS RUCES. TORRE B APTO. B93. LOS RUCES, EDO. MIRANDA
Teléfono(s)	605 3049/3039
Fax	
Correo Electrónico	<a href="mailto:ASALCEDO@REACCIUN.VE">ASALCEDO@REACCIUN.VE</a>

**Institución 3:**

Denominación. (Unidad, Laboratorio, Instituto, etc.).	FUNDACIÓN
Institución a la cual pertenece.	MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
Siglas de la institución.	FUNVISIS
Dependencia: indique desde el nivel jerárquico más alto hasta el específico donde el investigador está adscrito (Universidad, Facultad, Escuela, Departamento, etc).	
Ubicación geográfica: Ciudad, Estado.	CARACAS, VENEZUELA
Dirección, Teléfono, Fax, correo electrónico.	Funvisis, El Llanito, Caracas.

**Director de Institución 3:**

Apellidos y Nombres	ORIHUELA, NURIS
Cédula de Identidad	4.289.428
Nacionalidad	VENEZOLANA
Profesión y nivel de formación	LICENCIADA EN FISICA, M.Sc.
Lugar de trabajo	FUNVISIS
Cargo que desempeña	DIRECTORA
Dirección donde reside	Calle Julieta Navarro, Casa n° 7, Sector Los Haticos, El Junquito
Teléfono(s)	257 9985/7672/9346
Fax	
Correo Electrónico	FUNVISIS@INTERNET.VE

#### **IV. Plan de Trabajo y de vinculaciones del Proyecto Asociativo de Investigación**

**1. Área a la cual pertenece el Plan de Trabajo:** Prevención de Desastres.

**2. Palabras claves.** Prevención de desastres, hidrología, hidráulica torrencial, producción de sedimentos en cuencas.

**3. Título de la Propuesta:**

**PROCEDA<sup>1</sup>**  
***INUNDACIONES POR ALUDES TORRENCIALES***  
***EN CUENCAS DE LA REGIÓN DEL MACIZO AVILA***

**4. Objetivos.**

**Objetivo general**

- A partir del establecimiento de una cuenca experimental en el macizo del Avila se propone profundizar en el conocimiento tanto de la hidráulica torrencial como de las condiciones hidrometeorológicas y de transporte de sedimentos propias de las cuencas del macizo con el fin de ayudar a diseñar medidas de prevención de acontecimientos extremos como el ocurrido en Diciembre de 1999.

**Objetivos específicos:**

- Estudiar la dinámica torrencial de la cuenca y su relación con la precipitación y otras situaciones meteorológicas, geológicas y de cobertura vegetal.
- Cuantificar en un contexto controlado los fenómenos transporte de sedimentos, relación lluvia-escurrimiento-transporte de sedimentos etc.
- Desarrollar y aplicar modelos de simulación que puedan ser validados con la información recabada en la cuenca.
- Implantar y evaluar sistemas de alerta temprana.
- Dar acceso público vía Internet a todos los datos medidos en la cuenca.
- Formar personal especializado en estudios de prevención de desastres.

**5. Fundamentación.**

En este proyecto se propone dar respuesta a las siguientes preguntas asociadas a cuencas tropicales y en particular a las situadas en la región Andino-Costera de Venezuela:

- ¿Cuál es la relación entre eventos meteorológicos extremos y la ocurrencia de aludes torrenciales en cuencas situadas en el trópico ?

---

<sup>1</sup> Proyecto de Cuenca Experimental Del macizo Avila

- ¿ Cuáles son los umbrales de intensidad de precipitación que pueden generar aludes torrenciales ?
- ¿Cuál es la relación entre la precipitación y el transporte de peñones por el cauce principal ?
- ¿ Cuáles son los sistemas de alerta temprana más adecuados para el tipo de cuencas en estudio ?

El Centro de Estudios de Desastres Ambientales de la Facultad de Ingeniería de la UCV está integrado por investigadores con amplia experiencia en proyectos de investigación en hidráulica y modelos de simulación en ríos. Este centro tendrá como principal responsabilidad la coordinación general del proyecto así como la concepción y desarrollo de los modelos de simulación que serán aplicados. Asimismo, participará en la selección de la cuenca experimental y en el diseño, ubicación y manejo de las estaciones de medición.

El Departamento de Hidrometeorología de la Facultad de Ingeniería de la UCV participará en el selección de la cuenca y en el diseño y planificación de las estaciones climáticas e hidrográficas. Este departamento tiene vasta experiencia en la planificación de redes de estaciones meteorológicas y ha desarrollado tecnología propia de estaciones automáticas con transmisión en tiempo real.

FUNVISIS coordinará la instalación de instrumento de monitoreo geotécnico y sísmológico. Este centro tiene una vasta experiencia en investigaciones sísmológicas en nuestro país y dispone de un plantel de investigadores altamente capacitados en esta área.

Las tres dependencias serán responsables del seguimiento, recolección y análisis de los datos recabados.

## **6. Duración estimada del Plan de Trabajo del Grupo.**

La duración estimada del proyecto es de cinco años. Es importante destacar que la utilidad de una cuenca experimental crece con el tiempo ya que las inferencias estadísticas que pueden obtenerse son mejores en la medida que aumentan las series de tiempo de datos recabados. Por tanto, se el presente proyecto no es más que la etapa inicial de un programa de investigación científica a largo plazo.

## **7. Significado y relevancia de la propuesta.**

A raíz de los eventos catastróficos ocurridos en Diciembre de 1999 que afectaron principalmente la zona norte costera de Venezuela se puso en evidencia la vulnerabilidad de las zonas urbanizadas existentes a eventos hidrometeorológicos extremos. Desafortunadamente, para la mencionada fecha no existía en las cuencas que generaron las crecientes ninguna estación meteorológica que registrara el evento. Por otra parte, existe un gran desconocimiento sobre las relaciones que existen entre los eventos meteorológicos extremos con la con la producción de sedimentos que puede de generar aludes torrenciales.

En este proyecto se propone establecer una cuenca experimental en el macizo Avila que permita obtener conocimientos sobre estos fenómenos. Se espera que esta investigación ayude a diseñar medidas de prevención de inundaciones por aludes torrenciales que tomen en cuenta las características particulares de la región montañosa norte de Venezuela.

## 8. Viabilidad de la propuesta.

Las instituciones proponentes así como los investigadores participantes tienen amplia experiencia en el área de hidrometeorología y en hidráulica.

El profesor Reinaldo García, coordinador del proyecto y de grupo del CEDA-UCV, ha participado en numerosos proyectos de investigación en el área de modelos de simulación en hidráulica. El grupo de investigación del CEDA-IMF-UCV ha desarrollado numerosos proyectos en el área de hidráulica de ríos (ver ref. 6-13 y 19).

El profesor Abraham Salcedo, coordinador de grupo del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, fue el creador del proyecto VENEHMET donde se concibió la red nacional de estaciones meteorológicas.

La profesora Nuris Orihuela, coordinadora del grupo de FUNVISIS, ha participado en diversos proyectos de instalación de instrumentos de medición de fenómenos sísmicos a nivel nacional y tiene una amplia experiencia en proyectos de geofísica.

Es importante destacar que el presente proyecto ya cuenta con el apoyo del gobierno de Francia y de investigadores franceses del CNRS y CEMAGREF. En efecto, motivado por la catástrofe del Estado Vargas de Diciembre de 1999, el Ministro Francés para la Cooperación realizó una visita a Venezuela para evaluar algunos canales de ayuda de la República de Francia. De esta visita resultó una decisión conjunta de las autoridades venezolanas y francesas para colaborar en la mitigación de tales eventos climatológicos-hidrológicos.

El monto otorgado por Francia es de 600.000 francos franceses (unos Bs.60.000.000) los cuales serán utilizados para financiar la participación de los investigadores franceses, la adquisición de imágenes satelitales SPOT e instrumentos de medición.

La participación francesa es particularmente interesante ya que es dicho país existe una amplia experiencia en el uso de cuencas experimentales para estudios de hidráulica torrencial. Tal es el caso de las cuencas del Draix situadas al sur de los Alpes cuya creación se remonta a 1983 (ver referencias 1-5 y 14-18). Estas cuencas son manejadas por el CEMAGREF y el Servicio de Restauración de Terrenos Montañosos y constituyen laboratorios a escala real para lograr conocimientos que conduzcan al diseño de obras de prevención de fenómenos catastróficos como el ocurrido en el Estado Vargas en diciembre de 1999. Igualmente existen otras cuencas experimentales al sur de Francia con más de veinte años de funcionamiento, las cuales son manejadas por el CNRS.

El proyecto propuesto contará con la participación del Dr. Pierre Usselmann del CNRS y del Dr. Didier Richard del CEMAGREF. Es importante destacar que en el marco de la cooperación Francesa se ha hecho particular énfasis en que, dado que considerando que el proyecto constituye un esfuerzo de investigación científica a largo plazo, es esencial garantizar la participación de instituciones nacionales que permita dar continuidad al proyecto en el tiempo.

## **9. Metodologías a seguir.**

Se describen las metodologías en función de las actividades del proyecto

### **Selección de la cuenca experimental**

La primera etapa del proyecto comenzará con la selección de la cuenca experimental más apropiada ubicada en el macizo Avila. Para este fin se considerarán, entre otros, los siguientes criterios:

- Existencia de estaciones meteorológicas, hidrométricas o sísmicas con amplia serie de datos.
- Tendencia de la cuenca a generar amenazas en zonas urbanizadas.
- Similitud geomorfológica e hidrográfica con cuencas de la región.
- Facilidad de acceso que permita la instalación y mantenimiento de las estaciones de medición.
- Seguridad.

Para la selección definitiva se realizarán reuniones con los integrantes del grupo de trabajo y con expertos en distintas especialidades a fin de garantizar que la cuenca seleccionada cuente con todas las características necesarias para la investigación propuesta.

### **Elaboración de mapas**

Se elaborarán mapas temáticos en un Sistema de Información Geográfica que permitan describir las características relevantes de la cuenca en estudio. Se prevé desarrollar mapas de Vegetación, Suelos, Geología, Geotécnia, Topografía, Climáticos, etc.

### **Ubicación de las estaciones y pozos de observación**

Se ubicarán las estaciones climáticas, hidrográficas tomando en consideración las características propias de la cuenca y los criterios aceptados internacionalmente. Asimismo se ubicarán los pozos de observación donde se medirán los niveles freáticos.

### **Instalación de las estaciones climáticas e hidrométricas**

Se diseñarán e instalarán las estaciones de medición siguiendo los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) a través de las normas existentes (ver referencias de la WMO). Las estaciones serán del tipo automático y contarán con dispositivos de transmisión de datos en tiempo real a estaciones de recepción remotas conectadas a través de una red de telefonía celular.

### **Perforación de pozos de observación**

Se perforarán pozos y se instalarán los dispositivos de medición de niveles y almacenamiento y transmisión de datos. Esta información es de particular interés para determinar el flujo de aguas subterráneas en la cuenca así como sus variaciones estacionales y con cada tormenta.

### **Plan de recolección y mantenimiento**

No todos los datos podrán recabarse en forma automática. Por ejemplo, las mediciones de caudal líquido y sólido deberán realizarse a intervalos periódicos y crecientes excepcionales. Para ello se diseñará un plan de recolección de datos de campo. Adicionalmente este plan

contempla las visitas de mantenimiento requerido por los instrumentos ubicados en cada estación.

### **Seguimiento de peñones**

Se seleccionarán peñones representativos ubicados a lo largo de los cauces principales de la cuenca. Se establecerán las características y coordenadas de cada peñón mediante GPS diferencial y se colocarán imanes. Luego de cada creciente se irá al campo y utilizando un magnetómetro se ubicarán los peñones. En cada caso se estimará el desplazamiento total y la velocidad promedio.

### **Mediciones de infiltración**

Se seleccionarán distintos puntos a lo largo de la cuenca y se efectuarán mediciones de infiltración siguiendo los métodos aceptados internacionalmente en función del tipo de suelo existente en cada punto.

### **Mediciones de volúmenes de sedimentos**

En la zona de la estación hidrográfica se construirá una playa de deposición. La finalidad de esta estructura es atrapar los sedimentos transportados por el torrente en una creciente dada. Se efectuarán mediciones topográficas mediante un teodolito electrónico antes y después de una creciente. Mediante diferencia de elevaciones se estimará el volumen total acumulado entre las mediciones.

### **Instalación y evaluación de sistemas de alerta temprana**

Se instalarán sistemas de alerta temprana en función de las características de la cuenca. Los datos recabados en campo servirán para evaluar su funcionamiento y potencial utilización en otras regiones del país.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidrológicos.**

Se desarrollará un modelo hidrológico adaptado a las características de la región. Se partirá de modelos existentes que utilizan la ecuación de onda cinemática y se evaluarán igualmente los basados en la onda difusiva. La utilización de datos de campo completos que se obtendrán de la cuenca experimental constituye una oportunidad única para enriquecer los modelos existentes y evaluar su capacidad predictiva para fenómenos extraordinarios.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidráulicos**

Se desarrollará un modelo hidráulico de inundaciones unidimensional basado en las ecuaciones de la onda dinámica que incluyen los términos no lineales. Es importante mencionar que dadas las altas pendientes que existen en estas cuencas, es necesario que el modelo considere las transiciones de flujo subcrítico a supercrítico y viceversa. Este modelo tendrá como entrada los hidrogramas generados por el modelo hidrológico y dará como resultados los caudales y niveles de flujo en cada sección del cauce. El modelo será calibrado utilizando las mediciones obtenidas en la cuenca.

Se desarrollará un modelo de aguas subterráneas que será acoplado al modelo de flujo en canales. Este modelo utilizará el método de elementos finitos y tomará en cuenta las permeabilidades y otras características existentes de la cuenca.

### **Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos de transporte de sedimentos.**

En conjunto con el modelo de inundaciones se desarrollará un modelo de transporte de sedimentos que tome en consideración las características del flujo torrencial y del sedimento propio de estos cauces.

El modelo será calibrado a partir de los datos medidos en campo.

### **Desarrollo y mantenimiento de página Web**

Se desarrollará una página WEB donde el público tenga acceso a toda la información que se vaya procesando así como a los datos en forma cruda que se estén recabando. Se incluirá igualmente la información histórica y estadística. La página WEB dará cuenta de los resultados de los modelos utilizados y del funcionamiento de los sistemas de alerta.

### **Generación de recursos humanos**

Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es que la cuenca experimental sirva como un laboratorio a escala real para la realización de trabajos especiales de grado (TEG) a nivel de pregrado y maestría así como tesis doctorales. El proyecto prevé la realización de al menos ocho TEG y dos Tesis doctorales. Todos los trabajos estarán dirigidos por los investigadores responsables del proyecto en conjunto con los investigadores de CEMAGREF y CNRS en Francia. Igualmente el proyecto prevé contar con estudiantes doctorales de Francia los cuales trabajarán en conjunto con los estudiantes venezolanos.

10. Cronograma de actividades por año, en el cual se exprese, para cada uno de los participantes, la distribución de tareas del plan de actividades con metas claramente establecidas y evaluables en el tiempo.

Actividad	Participante	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Selección de la cuenca experimental	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Elaboración de mapas	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Ubicación de las estaciones y pozos de observación	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Instalación de las estaciones climáticas, hidrométricas y sismológicas	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Perforación de pozos de observación	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Plan de recolección y mantenimiento	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Recolección de datos y mantenimiento de estaciones	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Seguimiento de peñones	CEDA-UCV					
Mediciones de infiltración	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Mediciones de volúmenes de sedimentos	CEDA-UCV					
Instalación y evaluación de sistemas de alerta temprana	CEDA-UCV Dept.Hidromet. FUNVISIS					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidrológicos	CEDA-UCV Dept.Hidromet.					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos hidráulicos	CEDA-UCV					
Desarrollo, calibración, validación y aplicación de modelos de transporte de sedimentos	CEDA-UCV					
Desarrollo y mantenimiento de página Web	CEDA-UCV					

### 11. Descripción de resultados preliminares.

No existen experiencias previas en nuestro país de estudios como el propuesto. Sin embargo, como se indicó anteriormente, en Francia existen cuencas experimentales donde se han realizado investigaciones similares aunque en el ambiente de los Alpes (ver referencias 1-10). Esta experiencia será incorporada en la realización del proyecto propuesto.

### 12. Resultados esperados en cada etapa o fase del plan de trabajo.

<b>Etapa</b>	<b>Resultados</b>
<b>Año 1</b>	Mapas de topografía, climáticos, geológicos. Instalación de primeras estaciones climáticas. Instalación de una estación hidrográfica. Establecimiento de página web.
<b>Año 2</b>	Instalación de primeras estaciones climáticas. Instalación de una estación hidrográfica. Mapas de geotecnia. Modelo hidrológico. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.
<b>Año 3</b>	Instalación y evaluación de sistemas de alerta. Mapas de vegetación, suelos. Calibración del modelo hidrológico. Modelo hidráulico de canales.
<b>Año 4</b>	Modelo hidráulico de aguas subterráneas. Modelo de transporte de sedimentos. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.
<b>Año 5</b>	Modelos calibrados. Evaluación de sistemas de alerta temprana. Artículos en revistas arbitradas y conferencias.

### 13. Impacto o aplicabilidad de los resultados. Posibles receptores de los productos del Proyecto de investigación a ser desarrollado.

Una de las principales causas del desastre ocurrido en Diciembre de 1999 en el Estado Vargas fue el desconocimiento del fenómeno natural que impidió tomar medidas preventivas que hubiesen podido minimizar las pérdidas humanas y materiales. Como se dijo anteriormente, al momento de ocurrir dicho desastre no existía ninguna estación meteorológica en funcionamiento en la zona por lo que la magnitud precisa del evento se desconoce.

Las investigaciones que se proponen realizar en el marco del presente proyecto permitirán generar conocimiento adaptado a las condiciones propias de esta región tropical y así se ayudará tomar medidas de prevención que minimicen la magnitud de futuros desastres.

Los receptores de los productos del proyecto serán aquellas organizaciones que se encargan de planes de contingencia, prevención de riesgos y manejo de emergencias.

### 14. Referencias Bibliográficas.

1. Bergougnoux L., Misguich-Ripault J., Firpo J-L., André J., Cambon J-P, Mathys N., Olivier J.-E., 1995, *Mesure in situ de la concentration des matières en suspension: mise au point d'une sonde optique. Compte rendu de recherches n°3 en érosion et hydraulique torrentielle*, pp 63-77.
2. Buttafuoco G., 1993, *Bilan de la production d'érosion dans le bassin versant du Brusquet. Rapport de stage Cemagref Grenoble et Institut d'écologie et Hydrologie forestière de Castiglione (Italie)*, 18 p. + Annexes

3. Cambon J.-P., Mathys N., Meunier M., Olivier J.-E., 1990, Mesure des débits solides et liquides sur des bassins versants expérimentaux de montagne. *IAHS publ. n°193*, pp. 231-238.
4. *Cemagref*, 1988, Les bassins versants expérimentaux de Draix - Présentation et synthèse. *Division protection contre les érosions Grenoble*, 37 p.
5. Coulmeau P., 1987, Quelques éléments sur la géomorphologie et les processus érosifs observés dans le bassin du Laval dans Bassins versants expérimentaux de Draix, compte-rendu de recherche n°1 en érosion et hydraulique torrentielle, *Cemagref Grenoble*.
6. García, F.R., Saavedra, I., Febres, B., Valera, E., and Villoria, C. "A two-dimensional computational model to simulate suspended sediment transport and bed changes". *Journal of Hydraulic Research*. Vol. 37, No. 3, 1999.
7. López, J.L. y Nemer, N., 1998, "Modelación Matemática del Movimiento de Sedimentos y Deformaciones del Lecho en Ríos Trenzados", Primeras Jornadas Venezolanas de Investigación sobre el Río Orinoco, Caracas, 16 al 20 de Noviembre.
8. Gil, C., López, J.L. y Saavedra, I., 1998, "Aplicación de un Modelo de Redes para Estudios de Distribución de Flujo en el Río Orinoco Primeras Jornadas Venezolanas de Investigación Sobre el Río Orinoco, Caracas, 16 al 20 de Noviembre.
9. López, J.L. y Falcón, M., 1999, "Calculation of Bed Changes in Mountain Streams", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Marzo, Vol.125, No.3, p263-271.
10. López, J.L. and Perez-Hernandez D., 1999, "Some Morphological Aspects of the Orinoco River", *IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, Genova, Italy, September 6-10.
11. López, J.L. y Falcón Marco, 1999, "Modelación Matemática del Flujo y Transporte de Sedimentos en Ríos de Montaña", *Revista de La Facultad de Ingeniería, UCV*, Julio, 2000, No.2.
12. López, José L., 1999, "Herramientas Numéricas para Simulación de Crecientes Fluviales", II Encuentro Internacional de Investigadores en Hidráulica, Hidrología y Recursos Hídricos", Cuenca, Ecuador, 13 al 15 de Diciembre.
13. López, José L., García Reinaldo, y Pérez H., 2000, David, "Los Aludes Torrenciales de Diciembre de 1999 en Venezuela", XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina, 22 al 27/10/2000.
14. Mathys N., Brochot S., Meunier M., 1996, L'érosion des Terres Noires dans les Alpes du sud : contribution à l'estimation des valeurs annuelles moyennes (bassins versants expérimentaux de Draix, Alpes de Haute-Provence). *Revue de géographie alpine*, tome 1984, n°2, 1996, pp. 17-27.
15. Mathys N., Meunier M., 1989, Mesure et interprétation du processus d'érosion dans les marnes des Alpes du sud à l'échelle de la petite ravine. Colloque transport solide, *la Houille Blanche* n°3/4, 1989, pp. 188-192.
16. Meunier M., Mathys N., Cambon J.-P., 1995, Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur 3 bassins du site expérimental de Draix dans *Compte-rendu de recherche n°3*.

BVRE de Draix. *Etudes du Cemagref*, série équipements pour l'eau et l'environnement n°21, pp.125-140.

17. Richard D., 1995, Slope instability ; erosion and solid transport in steep mountain catchments : Laboratory and field experimentations. *Eroslope project*. Final report ; 75 p.
18. Richard D., 1997, Les bassins versants expérimentaux de Draix (04) : étude de l'érosion et du transport solide torrentiels à partir de mesures in situ. Actes des 13<sup>èmes</sup> journées du réseau érosion Erosion en montagnes semi-arides et méditerranéennes, *bull. n° 17 du réseau érosion*, 1997, ORSTOM Montpellier.
19. Wieczorek, G.F., Larsen, M.C., Eaton, L.S., James, Garcia, R., Jimenez, V., Hernandez, D.P., Rodriquez, J.A., Urbani, F. "Catastrophic landslides and flooding in coastal Venezuela, December 15-17, 1999". Conference of the Association of Engineering Geologists. San Jose, California, 09/19-26, 2000.
20. WMO. World Meteorological Organization. Guide to meteorological instruments and methods of observation. 1996 (sixth edition) ISBN : 92-63-16008-2
21. WMO. World Meteorological Organization. Technical Regulations Basic Documents No. 2 Volume I--General meteorological standards and recommended practices, 1988
22. WMO. World Meteorological Organization. Technical Regulations Basic Documents No. 2 Volume III Hydrology, 1988.
23. WMO. World Meteorological Organization. Guide to climatological practices 1983 (second edition).
24. WMO. World Meteorological Organization. Guide to hydrological practices 1994 (fifth edition).

#### **V. Dotación de los Laboratorios o Unidades de Investigación participantes**

La dotación de las unidades de investigación se incluye en un anexo al final de la propuesta.

1. Equipos.

Descripción	Justificación	Ubicación
Estaciones climatológicas automáticas	Se instalarán tres estaciones climatológicas en distintos puntos de la cuenca. Estas estaciones dispondrán de instrumentos de medición de precipitación, temperatura, evaporación, etc. así como dispositivos de almacenamiento y transmisión de la información.	cuenca del macizo Avila
Estaciones hidrométrica	Esta estación se ubicará en un punto adecuado del cauce principal y permitirá medir caudales líquidos y sólidos	cuenca del macizo Avila
Cámara de video	estas cámaras se ubicarán en dos secciones del cauce principal y estarán dotadas de un sistema de arranque automático que las activarán al momento de una creciente. Esto permitirá filmar crecientes extraordinarias sin necesidad de un operador.	cuenca del macizo Avila
Sistema de posicionamiento global GPS diferencial	Este GPS de alta precisión se utilizará para ubicar estaciones de muestreo, obstáculos, peñones, sitios de medición, etc.	CEDA-UCV
Sistemas de transmisión y recepción en tiempo real	Estos sistemas se instalaran en el CEDA-UCV, DHM-UCV y FUNVISIS para captura de los datos de campo en tiempo real	CEDA-UCV, DHM-UCV, FUNVISIS
Computadores PENTIUM III	Se utilizarán para la recepción, almacenamiento y procesamiento de los datos de campo así como en el desarrollo de los modelos de simulación.	CEDA-UCV, DHM-UCV, FUNVISIS
Magnetómetro	Se utilizarán para la ubicación y seguimiento de peñones	CEDA-UCV
Dispositivos de imán para seguimiento de peñones	Se utilizarán para la ubicación y seguimiento de peñones	cuenca del macizo Avila
Medidores automáticos de nivel en pozos	Se instalarán medidores de nivel en cada uno de los pozos	cuenca del macizo Avila

## CONTRATO

Entre Francisco Reinaldo García, portador de la Cédula de Identidad N° . 4.766.807 quien en lo adelante y a los efectos de este contrato se denominará EL INVESTIGADOR por una parte; y por la otra XXXXXXXXXXXXXXXX, portador de la Cédula de Identidad XXXXXXXx, quien en lo sucesivo y a los mismos efectos se denominará EL CONTRATADO se ha acordado celebrar el presente contrato de Honorarios Profesionales, el cual se registrá por las siguientes estipulaciones:

**PRIMERA:** EL CONTRATADO conviene en prestar sus servicios profesionales para EL INVESTIGADOR, a los fines de realizar la siguiente actividad: XXXXXXXXXXXXXXXX, en el marco del proyecto de investigación N° G-2000001528 denominado "PROCEDA: INUNDACIONES POR ALUDES TORRENCIALES EN CUENCAS DE LA REGIÓN DEL MACIZO AVILA". El CONTRATADO deberá XXXXXXXXXXXXXXXX.

**SEGUNDA:** Hasta finalizar la vigencia del presente contrato, EL CONTRATADO se obliga a presentar al INVESTIGADOR, informes trimestrales de las actividades realizadas.

**TERCERA:** EL CONTRATADO expresamente declara que hará cesión ilimitada a favor del INVESTIGADOR de los derechos de explotación sobre la obra creada o que llegare a crear, es decir, sobre el resultado de los trabajos objeto del presente contrato, en virtud de lo cual autoriza únicamente a EL INVESTIGADOR para la divulgación de los mismos. En igual sentido podrá EL INVESTIGADOR ejercer esta facultad sin necesidad de autorización de EL CONTRATADO, en consecuencia podrá ejercer en nombre propio los derechos morales sobre la obra, en la medida que ello sea necesario para su explotación, todo lo anterior de conformidad con lo previsto en el artículo 59° de la Ley Sobre el Derecho de Autor.

**CUARTA:** EL CONTRATADO conviene que la prestación de sus servicios tiene la consideración de extraordinaria y urgente con arreglo a las normas vigentes, queda expresamente entendido que EL CONTRATADO se obliga a ejecutar el trabajo especificado en la cláusula primera por sí solo o bajo su dirección, mediante la contraprestación establecida en la cláusula quinta de este contrato, que EL INVESTIGADOR se obliga a satisfacer

**QUINTA:** EL CONTRATADO recibirá como contraprestación de las obligaciones que asume y por concepto de Honorarios Profesionales la cantidad de seis millones setecientos diecinueve mil ciento doce bolívares (Bs. 6.719.112,°°) en doce (12) cuotas de quinientos cincuenta y nueve mil novecientos veintiséis bolívares (Bs. 559.926,°°) mensuales previa entrega de informes sobre las actividades realizadas conforme a lo previsto en la cláusula segunda del presente contrato.

**SEXTA:** La vigencia del presente contrato será desde el 01 de Junio de 2001 hasta el 30 de Mayo de 2002.

**SÉPTIMA:** El incumplimiento por parte del CONTRATADO de alguna de las disposiciones aquí contenidas, producirá la resolución inmediata del presente contrato, sin pago de indemnización alguna por ninguna de las partes, así mismo, las partes podrán rescindir unilateralmente el presente contrato, en cualquier oportunidad, previa notificación por escrito, con por lo menos treinta (30) días continuos de anticipación

**OCTAVA:** EL CONTRATADO autoriza AL INVESTIGADOR para que efectúe todas las retenciones legalmente procedentes.

**NOVENA:** Además de las obligaciones que por el presente contrato asume EL CONTRATADO, se obliga a cumplir las obligaciones que del mismo se deriven, conforme a la equidad, el uso y la ley.

**DÉCIMA:** De todos los efectos que puedan derivarse del presente contrato las partes eligen como domicilio especial la ciudad de Caracas y conviene en someterse a los tribunales de su jurisdicción.

Se hacen dos (2) ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto, en ciudad de Caracas, a los 01 días del mes de Junio de Dos Mil Uno.

EL INVESTIGADOR

EL CONTRATADO

